

# RAPPORTO AMBIENTE - SNPA

## EDIZIONE 2018





# RAPPORTO AMBIENTE - SNPA EDIZIONE 2018

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della Legge 28 giugno 2016, n.132 "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale".

Esso costituisce un vero e proprio Sistema a rete che fonde in una nuova identità quelle che erano le singole componenti del preesistente Sistema delle Agenzie Ambientali, che coinvolgeva le 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA), oltre a ISPRA. La legge attribuisce al nuovo soggetto compiti fondamentali quali attività ispettive nell'ambito delle funzioni di controllo ambientale, monitoraggio dello stato dell'ambiente, controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, attività di ricerca finalizzata a sostegno delle proprie funzioni, supporto tecnico-scientifico alle attività degli enti statali, regionali e locali che hanno compiti di amministrazione attiva in campo ambientale, raccolta, organizzazione e diffusione dei dati ambientali che, unitamente alle informazioni statistiche derivanti dalle predette attività, costituiranno riferimento tecnico ufficiale da utilizzare ai fini delle attività di competenza della pubblica amministrazione.

Attraverso il Consiglio del SNPA, il Sistema esprime il proprio parere vincolante sui provvedimenti del Governo di natura tecnica in materia ambientale e segnala al MATTEM e alla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano l'opportunità di interventi, anche legislativi, ai fini del perseguimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile, della riduzione del consumo di suolo, della salvaguardia e della promozione della qualità dell'ambiente e della tutela delle risorse naturali.

Citare questo documento come segue:

"RAPPORTO AMBIENTE - SNPA. Edizione 2018. Doc. n. 07/2019", SNPA, Rapporti 07\_2019, Roma, febbraio 2019

ISBN 978-88-448-0943-0

© SNPA, 2019

[www.snambiente.it](http://www.snambiente.it)

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento della pubblicazione online:

Marco Talluri - ARPA Toscana e Renata Montesanti - ISPRA

Progetto Grafico: Elena Porrazzo e Sonia Poponessi - ISPRA

Impaginazione interna: Elena Porrazzo - ISPRA

Roma, febbraio 2019

## 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 l'Annuario dei dati ambientali ISPRA. Il Rapporto è realizzato in un unico volume strutturato in tre parti. La prima descrive le realtà regionali attraverso l'analisi di 16 indicatori; la seconda è composta da brevi articoli che riguardano attività SNPA particolarmente rilevanti e di interesse per la collettività; la terza consiste in brevi articoli riguardanti specificità regionali.

*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 report consists of one document, structured in three parts. The first describes the regional realities through the analysis of 16 indicators; the second is composed of short articles concerning particularly relevant SNPA activities of interest to the community; the third consists of short articles concerning regional specificities.*

**Parole chiave:** ambiente, indicatori, monitoraggio e controlli, aria, acqua, clima, suolo, agenti fisici, biosfera, pericolosità, rifiuti.



# PRESENTAZIONE

Desidero innanzitutto esprimere la mia soddisfazione, a quasi tre anni dalla costituzione del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), nel presentare la seconda edizione del Rapporto Ambiente - SNPA.

Il Rapporto, prodotto finale di un complesso lavoro di reporting, offre un quadro aggiornato della situazione ambientale nel Paese, anche attraverso la presentazione delle attività svolte nel Sistema.

In ottemperanza ai compiti attribuiti al Sistema dalla Legge n. 132 del 2016, l'attività di reporting ambientale svolta fornisce una consapevolezza ambientale basata su informazioni oggettive, affidabili e confrontabili, e consente al Paese di raggiungere gli obiettivi prefissati e di vincere le ulteriori, nuove e importanti sfide che si presenteranno. In particolare, con riferimento al recente "Atto di indirizzo sulle Priorità politiche (2019-2021)" emanato dal Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, il Rapporto offre un quadro di partenza sul "dove siamo", utile a identificare le sfide inderogabili e le conseguenti priorità politiche.

1. Sostenere e mettere a sistema gli impegni e gli accordi assunti a livello europeo e internazionale per lo sviluppo sostenibile; 2. Rafforzare e mettere a sistema le politiche e i programmi in materia di clima ed energia, con particolare attenzione alla mobilità sostenibile e al risparmio energetico; 3. Incrementare la salvaguardia della biodiversità terrestre e del Mar Mediterraneo e assicurare una migliore e più coordinata gestione delle aree protette e del capitale naturale; 4. Potenziare le misure di contrasto del dissesto idrogeologico, migliorare la tutela delle risorse idriche da valorizzare come bene comune e diritto umano universale, contrastare il consumo del suolo; 5. Intensificare la sicurezza del territorio, le attività di bonifica e risanamento ambientale dei siti inquinati, nonché la prevenzione e il contrasto dei danni ambientali e alle terre dei fuochi del Paese; 6. Incrementare l'efficacia ed il lavoro tecnico sulle attività di autorizzazioni e valutazioni ambientali, rafforzare il relativo sistema di trasparenza e di partecipazione a favore dei cittadini; 7. Migliorare la gestione dei rifiuti, puntare alla riduzione della loro produzione, promuovere l'economia circolare, rafforzare la prevenzione e le misure anti-inquinamento con particolare attenzione alla qualità dell'aria; 8. Azzerare e prevenire le procedure d'infrazione sui temi ambientali, rafforzare la partecipazione di sistema alle politiche dell'Unione Europea, garantire la corretta attuazione di progetti e programmi finanziati sui fondi europei; In tale contesto il Rapporto Ambiente - SNPA è un efficace mezzo di conoscenza delle condizioni ambientali in Italia rivolto non solo ai decisori politici e istituzionali, ma anche agli scienziati ai tecnici e ai cittadini. Strumento dal quale attingere sia informazioni, sia suggerimenti, per formulare una corretta analisi delle cause sistemiche dei fenomeni descritti, legati soprattutto ai nostri modelli di sviluppo e stili di vita. Suolo, acqua, aria ed energia, sono essenziali per il benessere umano e un loro sfruttamento incontrollato comprometterebbe non solo il permanere di una loro disponibilità, ma anche i servizi ecosistemici e gli ecosistemi che li producono.

Il documento fornisce anche una panoramica sulle attività svolte nel sistema, attraverso l'analisi di studi, ricerche, e progetti ritenuti particolarmente rilevanti per il SNPA e/o processi, fenomeni ambientali, la cui descrizione, anche con finalità didattica, può essere di interesse per la collettività. Inoltre descrive un quadro su una o più peculiarità delle regioni, sia fra quelle positive sia fra quelle critiche.

Il fine, dunque, di questo documento è certamente quello di essere di supporto alle politiche, ma anche di esortare il confronto tra esperti della materia e cittadinanza, e di stimolare la collettività a modificare i propri comportamenti capaci di produrre effetti sulla quantità e qualità del capitale naturale e in particolare degli ecosistemi.

Un sentito ringraziamento a quanti con dedizione e professionalità hanno permesso il raggiungimento di questo importante traguardo.



---

## Contributi e ringraziamenti

IL DOCUMENTO È STATO REALIZZATO A CURA DI:

### **Comitato Tecnico di Redazione (CDR)**

Mariaconchetta GIUNTA – Coordinatore Gdl 2 Reporting del TIC V (ISPRA)

Cristina FRIZZA – Coordinatore RR-TEM-V02 (ISPRA)

Annamaria CARICCHIA – (ISPRA)

Paola Sonia PETILLO – (ARPA Campania)

Roberto MALLEGGNI – (ARPAE Emilia-Romagna)

Raffaella MARIGO – (ARPA Lombardia)

Mauro VALENTINI – (ARPA Lombardia)

Pina NAPPI – (ARPA Piemonte)

Erminia SGARAMELLA – (ARPA Puglia)

Marilù ARMATO – (ARPA Sicilia)

Maddalena BAVAZZANO – (ARPA Toscana)

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-V02 è costituita da:**

Cristina FRIZZA – Coordinatore RR-TEM-V02 (ISPRA)

Annamaria CARICCHIA – (ISPRA)

Armando LOMBARDI – (ARTA Abruzzo)

Ersilia DI MURO – (ARPA Basilicata)

Vincenzo SORRENTI – (ARPA Calabria)

Paola Sonia PETILLO – (ARPA Campania)

Roberto MALLEGGNI – (ARPAE Emilia-Romagna)

Sara PETRILLO – (ARPA Friuli Venezia Giulia)

Rosangela LONETTO – (ARPA Lazio)

Federico GRASSO – (ARPA Liguria)

Raffaella MARIGO – (ARPA Lombardia)

Miriam SILENO – (ARPA Marche)

Michela PRESUTTI – (ARPA Molise)

Pina NAPPI – (ARPA Piemonte)

Erminia SGARAMELLA – (ARPA Puglia)

Sergio PILURZU – (ARPA Sardegna)

Marilù ARMATO – (ARPA Sicilia)

Maddalena BAVAZZANO – (ARPA Toscana)

Helmut SCHWARZ – (ARPA Bolzano)

Jacopo MANTOAN – (ARPA Trento)

Paolo STRANIERI – (ARPA Umbria)

Marco CAPPIO BORLINO – (ARPA Valle d'Aosta)

Giovanna ZIROLDO – (ARPA Veneto)

**La RR-TEM-V02** attraverso la funzione di interfaccia tra il CDR e gli autori SNPA e di monitoraggio dei flussi informativi, ha favorito un completo aggiornamento dei dati e la realizzazione dei documenti.

### **Ulteriori referenti annessi alla RR-TEM-V02:**

Giovanni FINOCCHIARO – (ISPRA)

Alessandra GALOSI – (ISPRA)

Silvia IACCARINO – (ISPRA)

Matteo SALOMONE – (ISPRA)

Luca SEGAZZI – (ISPRA)

Paola SESTILI – (ISPRA)

Mauro VALENTINI – (ARPA Lombardia)

Angiolo MARTINELLI – (ARPA Lazio)

Debora MANCANIELLO – (ARPA Marche)

Marco TALLURI – (ARPA Toscana)

Barbara BERTOSSI – (ARPA Bolzano)

Sara FAVRE – (ARPA Valle d'Aosta)

Task Force Annuario – (ISPRA)

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

### **LE INFOGRAFICHE SONO STATE REALIZZATE DA:**

Matteo SALOMONE – (ISPRA)

Francesca BALDI – (ARPA Toscana)

Gabriele ROSSI – (ARPA Toscana)

### **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, il Coordinatore del TIC V Marcello MOSSA VERRE (Direttore generale ARPA Toscana); il co-coordinatore del TIC V Fabio CARELLA (Direttore generale ARPA Lombardia). Un particolare ringraziamento al dottor Michele CAMISASCA.

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



# INDICE

|                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUZIONE                                                                                                                                                                                                                                                          | 7  |
| SINTESI DELLO STATO DELL'AMBIENTE                                                                                                                                                                                                                                     | 10 |
| INDICATORI AMBIENTALI                                                                                                                                                                                                                                                 | 19 |
| • Controlli SNPA (AIA e Seveso)                                                                                                                                                                                                                                       | 24 |
| • Siccità Idrologica                                                                                                                                                                                                                                                  | 26 |
| • Particolato (PM10)                                                                                                                                                                                                                                                  | 28 |
| • Aree di tutela ambientale                                                                                                                                                                                                                                           | 30 |
| • Aziende agricole che aderiscono a misure ecocompatibili e che praticano agricoltura biologica                                                                                                                                                                       | 32 |
| • Consumo di suolo                                                                                                                                                                                                                                                    | 34 |
| • Inventario dei fenomeni franosi d'Italia (IFFI)                                                                                                                                                                                                                     | 36 |
| • Indice di qualità stato chimico delle acque superficiali                                                                                                                                                                                                            | 38 |
| • Indice di qualità stato ecologico delle acque superficiali                                                                                                                                                                                                          | 40 |
| • Indice di qualità stato chimico delle acque sotterranee (SCAS)                                                                                                                                                                                                      | 42 |
| • Stato ecologico delle acque marino costiere                                                                                                                                                                                                                         | 44 |
| • Produzione Rifiuti urbani                                                                                                                                                                                                                                           | 46 |
| • Raccolta differenziata                                                                                                                                                                                                                                              | 48 |
| • Superamenti dei valori di riferimento normativo per campi elettromagnetici generati da impianti per radiotelecomunicazione ed elettrodotti                                                                                                                          | 50 |
| • Sorgenti di rumore controllate e percentuale per cui si è riscontrato almeno un superamento dei limiti                                                                                                                                                              | 52 |
| • Comunicazione ambientale                                                                                                                                                                                                                                            | 54 |
| FOCUS                                                                                                                                                                                                                                                                 | 57 |
| SINTESI                                                                                                                                                                                                                                                               | 57 |
| 1. MONITORAGGIO E CONTROLLI                                                                                                                                                                                                                                           | 63 |
| • L'utilizzo dei dati satellitari per la valutazione degli effetti sanitari delle temperature estreme e dell'inquinamento atmosferico a Roma (ARPA Lazio)                                                                                                             | 63 |
| • La qualità delle misurazioni di emissioni in atmosfera (ISPRA)                                                                                                                                                                                                      | 67 |
| • Mappatura amianto in Piemonte - telerilevamento aereo e con droni (ARPA Piemonte)                                                                                                                                                                                   | 71 |
| • Sinergia tra modellazione matematica e monitoraggio ambientale a supporto della gestione ambientale delle operazioni di movimentazione di sedimenti in ambito portuale e costiero: standardizzazione di metodi a partire da casi applicativi (ISPRA e ARPA Liguria) | 75 |
| • PhytoNumb3rs: Un toolkit a supporto della determinazione della densità cellulare del fitoplancton con il metodo di Utermöhl (ARPA Puglia)                                                                                                                           | 78 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| • Valutazione ecologica del fitoplancton marino mediante un giudizio di esperto (ARPA Lazio)                                                                                                                                                                            | 82         |
| • La taratura della strumentazione e la riferibilità metrologica delle misure (ARPA Piemonte)                                                                                                                                                                           | 86         |
| • L'analisi forense nelle contaminazioni ambientali da prodotti (ARPA Liguria)                                                                                                                                                                                          | 88         |
| <b>2. CLIMA</b>                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>91</b>  |
| • Il poor man's ensemble operativo presso ARPAL (ARPA Liguria)                                                                                                                                                                                                          | 91         |
| • L'Osservatorio Clima e i servizi climatici (ARPAE Emilia-Romagna)                                                                                                                                                                                                     | 95         |
| • Le temperature dei mari italiani dal 1900 ad oggi (ISPRA)                                                                                                                                                                                                             | 99         |
| <b>3. ATMOSFERA</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>103</b> |
| • Misure di qualità dell'aria in 3D (ARPA Valle d'Aosta)                                                                                                                                                                                                                | 103        |
| • Progetto LIFE BrennerLEC: gestione dinamica del traffico autostradale per ridurre le emissioni di inquinanti (APPA Bolzano - APPA Trento)                                                                                                                             | 107        |
| • L'evidenza della combustione della biomassa legnosa in Emilia-Romagna (ARPAE Emilia-Romagna)                                                                                                                                                                          | 110        |
| • PM10 secondario inorganico, principale componente del particolato nella pianura lombarda (ARPA Lombardia)                                                                                                                                                             | 113        |
| • SW open source per la gestione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (ARPA Valle d'Aosta)                                                                                                                                                                | 116        |
| • Idrocarburi non metanici e ozono: studio delle serie storiche ed eventuali criticità derivanti dalla contestuale presenza dei due parametri (ARPA Basilicata)                                                                                                         | 120        |
| • <i>Artificial neural networks</i> per la previsione della qualità dell'aria in condizioni meteo simulate – primi risultati del modello INTEL-Air (ARPA Sicilia)                                                                                                       | 125        |
| <b>4. BIOSFERA</b>                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>131</b> |
| • Progetto Pilota ISPRA-ARPA Campania. Redazione di protocolli di monitoraggio, campionamento e analisi finalizzati alla valutazione della dispersione accidentale nell'ambiente di colza geneticamente modificato nella regione Campania. (ARPA Campania e ISPRA)      | 131        |
| <b>5. GEOSFERA</b>                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>137</b> |
| • Studio delle variazioni delle condizioni di pericolosità da frana lungo la rete dei sentieri e delle modifiche della circolazione idrica sotterranea avvenute nel territorio del Parco Nazionale dei Monti Sibillini a seguito degli eventi sismici 2016-2017 (ISPRA) | 137        |
| • Approccio integrato nella caratterizzazione dei siti contaminati da solventi clorurati tramite phytoscreening e camera di accumulo (ARTA Abruzzo)                                                                                                                     | 141        |
| <b>6. IDROSFERA</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>147</b> |
| • Il telerilevamento da satellite per il monitoraggio delle praterie di Posidonia oceanica (ARPA Calabria)                                                                                                                                                              | 147        |
| • Progetto EOMORES: monitoraggio della qualità delle acque del lago Trasimeno tramite immagini satellitari e misure <i>in situ</i> (ARPA Umbria)                                                                                                                        | 151        |
| • Monitoraggio della presenza di sostanze perfluorurate nel biota (fauna ittica) (ARPA Toscana)                                                                                                                                                                         | 154        |

|                                                                                                                                                                                         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| • Procedura per l'analisi dei superamenti delle Concentrazione della Soglia di Contaminazione (CSC) riscontrati nel corso del monitoraggio dei corpi idrici sotterranei (ARPA Sardegna) | 157        |
| <b>7. RIFIUTI</b>                                                                                                                                                                       | <b>161</b> |
| • Approccio sistemico alla definizione dello spreco alimentare (ISPRA)                                                                                                                  | 161        |
| • Progetto di ricerca e controllo dei Siti a Rischio Interramento Rifiuti (R.I.R.) (ARPA Molise)                                                                                        | 166        |
| • Le indagini merceologiche sulla composizione dei RSU, monitoraggio sulla qualità della raccolta differenziata (ARPA Marche)                                                           | 170        |
| <b>8. AGENTI FISICI</b>                                                                                                                                                                 | <b>175</b> |
| • Sperimentazione sull'utilizzo della tecnologia 5G per la telefonia mobile a Milano (ARPA Lombardia)                                                                                   | 175        |
| • La rete di monitoraggio della brillantezza del cielo notturno nel Veneto (ARPA Veneto)                                                                                                | 178        |
| • Le autorizzazioni "in deroga" per le manifestazioni musicali: proposta di un criterio semplificato di valutazione della popolazione esposta (ARPA Sicilia)                            | 182        |
| • I licheni come rivelatori del rischio ambientale (ARPA Calabria)                                                                                                                      | 185        |
| • Progetto radon: misure per 1000 famiglie (ARPA Friuli Venezia Giulia)                                                                                                                 | 189        |
| <b>9. AGENTI CHIMICI</b>                                                                                                                                                                | <b>193</b> |
| • Applicazione e validazione di un nuovo metodo per la determinazione del Glifosate e dell'AMPA (ARPA Sicilia)                                                                          | 193        |
| <b>10. COMUNICAZIONE AMBIENTALE</b>                                                                                                                                                     | <b>197</b> |
| • La Rete "Comunicazione e Informazione SNPA" (ARPA Toscana e ISPRA)                                                                                                                    | 197        |
| • L'uso delle APP per conoscere l'ambiente intorno a noi in tempo reale (ARPA Piemonte)                                                                                                 | 201        |
| • ARPAV Temporal APP, ARPAV Temporal Bot e Webapp Temporal: i nuovi servizi di ARPAV dedicati ai temporal (ARPA Veneto)                                                                 | 203        |
| • Eco-Eventi Trentino (ARPA Trento)                                                                                                                                                     | 206        |
| <b>SPECIFICITÀ REGIONALI</b>                                                                                                                                                            | <b>209</b> |
| <b>SINTESI</b>                                                                                                                                                                          | <b>209</b> |
| <b>1. MONITORAGGIO E CONTROLLI</b>                                                                                                                                                      | <b>213</b> |
| • Monitoraggio delle emissioni odorigene (ARPA Puglia)                                                                                                                                  | 213        |
| • Analisi preliminare per la rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio di qualità dell'aria nella Val d'Agri - Basilicata (ARPA Basilicata)                             | 216        |
| • Il Progetto Speciale Cave - Un nuovo sistema integrato di controllo (ARPA Toscana)                                                                                                    | 220        |
| • Accompagnamento ambientale alle "Grandi opere: un esempio di gestione di multiproblematiche ambientali (ARPA Liguria)                                                                 | 225        |

|                                                                                                                                                                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>2. ATMOSFERA</b>                                                                                                                                                                                                                               | <b>229</b> |
| • Biomonitoraggio della qualità dell'aria in Abruzzo tramite i licheni: risultati delle misurazioni del periodo 2013-2017 (ARTA Abruzzo)                                                                                                          | 229        |
| • La previsione e la valutazione regionale del PM10 – il sistema modellistico SPIAIR (ARPA Veneto)                                                                                                                                                | 233        |
| <b>3. BIOSFERA</b>                                                                                                                                                                                                                                | <b>237</b> |
| • Individuazione degli elementi della rete ecologica regionale: sviluppo e utilizzo di una metodologia di ARPA Piemonte (ARPA Piemonte)                                                                                                           | 237        |
| <b>4. GEOSFERA</b>                                                                                                                                                                                                                                | <b>241</b> |
| • Monitoraggio del fiume Mera e del lago di Mezzola a seguito dell'evento franoso del Pizzo Cengalo, Val Bondasca (Svizzera) (ARPA Lombardia)                                                                                                     | 241        |
| • La caratterizzazione dei bacini vulcanici laziali: l'approccio sperimentale al caso del lago di Vico e le risultanze delle indagini (ARPA Lazio)                                                                                                | 245        |
| • Amianto: un impegno costante (ARPA Friuli Venezia Giulia)                                                                                                                                                                                       | 248        |
| • Inquinamento diffuso dei suoli: il caso della città di Trieste (ARPA Friuli Venezia Giulia)                                                                                                                                                     | 254        |
| <b>5. IDROSFERA</b>                                                                                                                                                                                                                               | <b>259</b> |
| • Naufragio Concordia: conseguenze ambientali e ripristino dei fondali (ISPRA e ARPA Toscana)                                                                                                                                                     | 259        |
| • Il sistema idrogeologico della Piana di Castelvetro-Campobello di Mazara (TP) e la valutazione del trasferimento degli inquinanti dal corpo idrico sotterraneo ai corpi idrici superficiali connessi (ARPA Sicilia)                             | 264        |
| • Determinazione dello stato quantitativo della falda nella piana di Aosta (ARPA Valle d'Aosta)                                                                                                                                                   | 269        |
| • Ottimizzazione dell'affidabilità dei risultati e dello sforzo di campionamento:<br>Un Approccio Multiplo applicato alla classificazione dello Stato Ecologico della Laguna di Venezia ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (ARPA Veneto e ISPRA) | 273        |
| • Ingressione salina della Piana di Muravera (Sardegna sud-orientale):<br>attività ARPAS per il monitoraggio della falda (ARPA Sardegna)                                                                                                          | 277        |
| • La cetofauna dei mari della Campania: particolarità e minacce (ARPA Campania)                                                                                                                                                                   | 281        |
| • Impatto della pesca a strascico sui fondali marini (ARPA Marche)                                                                                                                                                                                | 287        |
| • Il fenomeno delle mucillagini in mare Adriatico (ARPAE Emilia-Romagna)                                                                                                                                                                          | 290        |
| • Presenza dello Ctenoforo <i>Mnemiopsis leidyi</i> (A. Agassiz, 1865) nel mare Adriatico (ARPAE Emilia-Romagna)                                                                                                                                  | 294        |
| • Contaminazione da Mercurio dell'asta fluviale Paglia – Tevere. Potenziale danno ambientale e inquinamento transfrontaliero (ARPA Umbria)                                                                                                        | 299        |



|                                                                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6. AGENTI FISICI</b>                                                                                                                         | <b>305</b> |
| • La tutela del silenzio nelle Dolomiti: un monitoraggio acustico a passo Sella (APPA Trento)                                                   | 305        |
| • Analisi di radioattività naturale in campioni di sedimenti fluviali della regione Calabria (ARPA Calabria)                                    | 309        |
| <b>7. AGENTI CHIMICI</b>                                                                                                                        | <b>313</b> |
| • Applicazione dell'indicatore CIP (Classe d'Impatto Potenziale) al monitoraggio dei pesticidi nelle acque interne della Sicilia (ARPA Sicilia) | 313        |
| <b>8. AMBIENTE E BENESSERE</b>                                                                                                                  | <b>317</b> |
| • Effetti sanitari a breve termine del PM10 di origine desertica e non desertica sulla salute umana in Sicilia (ARPA Sicilia)                   | 317        |
| • La sorveglianza della legionellosi in Campania (ARPA Campania)                                                                                | 323        |
| • Analisi biologiche su campioni in ambiente <i>indoor</i> in due edifici dopo il sisma dell'Aquila del 6/4/2009 (ARTA Abruzzo)                 | 327        |
| <b>9. COMUNICAZIONE AMBIENTALE</b>                                                                                                              | <b>331</b> |
| • IMPAROSICURO Percorso di formazione sul rischio alluvione (ARPA Liguria)                                                                      | 331        |
| • <i>GreenEvent</i> – Manifestazioni sostenibili (APPA Bolzano)                                                                                 | 334        |



# INTRODUZIONE

ISPRA e le Agenzie regionali e provinciali sono i principali produttori e detentori dei dati e della conoscenza ambientale.

Per una più efficace e omogenea divulgazione dell'informazione ambientale prodotta dal Sistema Nazionale per la Protezione Ambiente, nell'ambito del "Programma triennale 2018-2020" è stata attivata una Rete dei referenti tematici (RR-TEM V02) all'interno del TIC V "Sinanet e reporting, comunicazione, formazione ed educazione ambientale" con due linee di attività; una metodologica e una di produzione di report, dedicate al reporting ambientale. In tale ambito prosegue la produzione del Rapporto Ambiente - SNPA, giunto alla sua seconda edizione.

La fonte dei dati/indicatori è costituita dall'Annuario dei dati ambientali di ISPRA. Il Rapporto è realizzato in un unico volume strutturato in tre parti. La prima parte descrive le realtà regionali attraverso l'analisi di 16 indicatori; la seconda è composta da brevi articoli che riguardano attività SNPA particolarmente rilevanti e di interesse per la collettività; la terza consiste in brevi articoli riguardanti specificità regionali.

Tra le principali attività svolte dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) rientrano: Monitoraggio dello stato dell'ambiente, Vigilanza e Controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, Ricerca, Supporto tecnico-scientifico alle attività degli enti statali, regionali e locali, Raccolta, organizzazione e diffusione dei dati ambientali.

In ottemperanza ai compiti attribuiti dalla Legge n. 132 del 2016, nell'ambito delle attività di reporting svolte dal SNPA, il Rapporto Ambiente, rappresenta un efficace mezzo di conoscenza delle condizioni ambientali in Italia per decisori politici e istituzionali, per scienziati e tecnici e per i cittadini. Il documento descrive e confronta le realtà regionali attraverso l'analisi di 16 indicatori condivisi dal SNPA che descrivono le principali componenti ambientali.



## ACQUE MARINO COSTIERE

Stato ecologico  
54,5% BUONO

EMISSIONI DI GAS SERRA  
1990-2016 -17,5 %

QUALITÀ DELL'ARIA-PM10  
2017

Stazioni di monitoraggio che hanno superato il limite giornaliero 31%

## SUPERAMENTI CEM

1999-luglio 2018  
SRB 119  
RTV 635

VELOCITÀ DI CONSUMO  
DI SUOLO  
2 m<sup>2</sup>/s



Inquinamento  
atmosferico



Acque  
sotterranee



Consumo di suolo



Aree di tutela  
ambientale

L'inquinamento atmosferico è uno dei principali fattori di rischio per la salute umana e per gli ecosistemi. L'andamento delle concentrazioni del particolato PM10 nel medio periodo (2008–2017) è generalmente decrescente; tuttavia i limiti previsti dalla normativa non sono rispettati in gran parte del territorio nazionale e l'obiettivo di raggiungere i livelli raccomandati dall'OMS appare lontano.

A livello nazionale sono stati classificati 869 corpi idrici rispetto ai 1.052 totali (copertura del 82,6%); in termini di superficie, i corpi idrici classificati equivalgono a 245.827 km<sup>2</sup>, che corrisponde a una copertura del 92,1% (totale 267.017 km<sup>2</sup>). La dimensione media dei corpi idrici sotterranei è pari a 254 km<sup>2</sup>. Lo stato chimico del 57,6% dei corpi idrici sotterranei è in classe buono, il 25,0% in classe scarso e il restante 17,4% non è ancora classificato.

Il consumo di suolo in Italia continua a crescere, pur segnando un importante rallentamento negli ultimi anni; tra il 2016 e il 2017 le nuove coperture artificiali hanno riguardato circa 5.400 ettari di territorio, con una velocità di trasformazione di poco più di 14 ettari al giorno; in pratica nell'ultimo periodo, circa 2 m<sup>2</sup> di suolo sono stati irreversibilmente persi ogni secondo.

L'Italia è uno dei Paesi europei più ricchi di biodiversità. A tutela di questa sono presenti 871 aree protette (10,5% del territorio nazionale). Le superfici a zone tutelate includono anche 27 Aree Marine Protette. La Rete Natura 2000, costituita da Zone di Protezione Speciale (ZPS), Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone Speciali di Conservazione (ZSC) comprende 2.613 siti, che occupano il 19,3% del territorio nazionale.



### PRECIPITAZIONI

Nel 2017 inferiori alla media climatologica 1948-2016



### FRANE CENSITE

fino al 2017  
620.808

### AREE PROTETTE

871



### STATO ECOLOGICO DEI LAGHI

20% BUONO  
39% NON BUONO  
41% NON CLASSIFICATO

### STATO CHIMICO DEI FIUMI

75% BUONO  
7% NON BUONO  
18% NON CLASSIFICATO

### AGRICOLTURA BIOLOGICA

2016 - 2017  
Superficie +6,3%  
Operatori +5,2%



### Produzione e raccolta rifiuti di urbani



### Controlli ambientali



### Comunicazione ambientale



### Rumore

Nel 2017, la produzione nazionale dei rifiuti urbani si attesta a 29,6 milioni di tonnellate, con una riduzione dell'1,8% rispetto al 2016.

La percentuale di raccolta differenziata dei rifiuti urbani si attesta, nel 2017 al 55,5% della produzione nazionale, facendo rilevare una crescita di quasi 3 punti percentuali rispetto al 2016 (52,6%). Nonostante l'ulteriore incremento, non viene, tuttavia, ancora conseguito l'obiettivo fissato dalla normativa per il 2012 (65% della produzione nazionale).

L'attività di controllo del SNPA presso gli impianti AIA, nel 2016, è consistita in 2.315 visite ispettive ordinarie e straordinarie AIA regionali e 87 AIA statali. Le verifiche ispettive presso gli stabilimenti Seveso di soglia superiore, gestite a livello statale, sono state 155 nel 2016, mentre quelle svolte presso gli stabilimenti di soglia inferiore, gestite a livello regionale, sono state 50.

Nel 2018, si rilevano 12 milioni di visitatori nei siti Web del SNPA, 921 comunicati stampa, 5.019 notizie e 250 report di informazioni ambientale pubblicati *on-line*. I *social media*, rappresentano attualmente il modo più immediato per comunicare e informare il vasto pubblico, pertanto è interessante notare come le 16 realtà del SNPA utilizzatrici di *Twitter* abbiano diffuso nel 2018 circa 9.000 *tweet* con 77.000 *followers* alla fine dell'anno.

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. Nel 2017, il 32,1% delle sorgenti di rumore (attività/infrastrutture), controllate dalle ARPA/APPA ha presentato almeno un superamento dei limiti normativi.

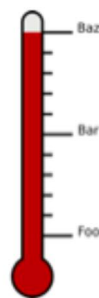
# SINTESI DELLO STATO DELL'AMBIENTE

In ottemperanza ai compiti attribuiti dalla Legge n. 132 del 2016, nell'ambito delle attività di *reporting* svolte dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, il Rapporto Ambiente – SNPA, rappresenta un efficace mezzo di conoscenza delle condizioni ambientali in Italia per decisori politici e istituzionali, per scienziati e tecnici e per i cittadini. Il documento descrive e confronta le realtà regionali attraverso l'analisi di 16 indicatori condivisi dal Sistema che descrivono le principali componenti ambientali. Il Rapporto, realizzato grazie agli esperti del SNPA, rileva che, nonostante il miglioramento osservato in tanti indicatori ambientali, e le azioni intraprese nella giusta direzione da parte del Paese e delle singole realtà regionali, per alcune problematiche ambientali non si sono ancora raggiunti gli obiettivi prefissati per il miglioramento e/o la conservazione delle condizioni ambientali.



Le notizie sulle **attività di controllo** svolte dal sistema presso gli impianti industriali sono generalmente reperibili sui siti Web delle Agenzie e di ISPRA.

Nel 2016 il numero dei controlli ambientali presso gli impianti AIA non si discosta molto da quanto effettuato nel 2015. Nello specifico l'attività di controllo del Sistema presso gli impianti AIA è consistita in 2.315 visite ispettive ordinarie e straordinarie AIA regionali e 87 AIA statali; (2.074 visite AIA regionali e 87 visite AIA statali nel 2015). Per le verifiche ispettive Seveso, le verifiche presso gli stabilimenti Seveso di soglia superiore gestite a livello statale sono aumentate (155 e 19 verifiche ordinarie e straordinarie rispettivamente nel 2016 e 2015), mentre quelle presso gli stabilimenti di soglia inferiore, gestite a livello regionale, sono leggermente diminuite (50 e 64 verifiche ordinarie e straordinarie rispettivamente nel 2016 e 2015).



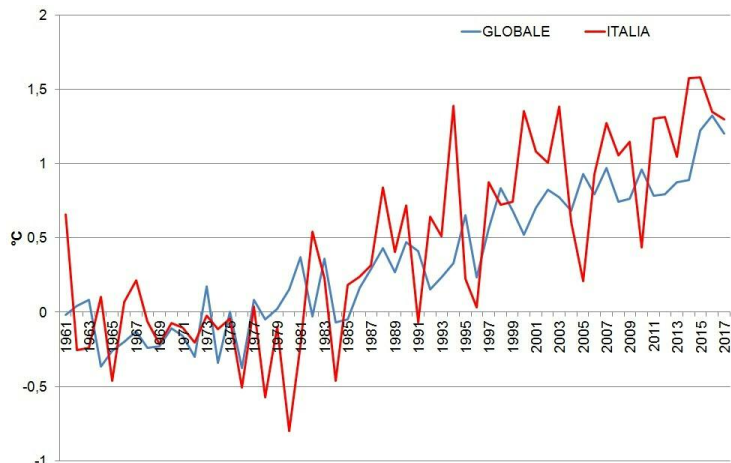
La caratteristica più rilevante del **clima** in Italia nel 2017, è stata la persistenza di condizioni siccitose. Con una precipitazione cumulata media al di sotto della norma del 22% circa, il 2017 si colloca al 2° posto, appena dopo il 2001, tra gli anni più "secchi" dell'intera serie dal 1961.

Nel 2017 l'anomalia, rispetto alla media climatologica 1961-1990, della temperatura media in Italia (+1,30 °C) è stata superiore a quella globale sulla terraferma (+1,20 °C). In Italia, il valore dell'anomalia della temperatura media del 2017 si colloca al 9° posto nell'intera serie, e rappresenta il 26° valore annuale positivo consecutivo. Gli anni più caldi dell'ultimo mezzo secolo, in Italia, sono stati il 2015, il 2014, il 1994, il 2003 e il 2000, con anomalie della temperatura media comprese tra +1,35°C e +1,58°C.

La siccità è una condizione temporanea e relativa di scarsità idrica definita come uno scostamento rispetto a condizioni climatiche medie di un determinato luogo di interesse. Nel 2017, l'apporto di precipitazione sulla scala temporale di 12 mesi è stato inferiore alla media climatologica (periodo di riferimento 1948-2016), e sono stati osservati *deficit* di precipitazione sull'intero territorio nazionale evidenziando una situazione di siccità. Le principali misure di risposta ai cambiamenti climatici sono relative alla mitigazione, quest'ultima consiste nella riduzione delle emissioni di gas serra, e all'adattamento, che ha l'obiettivo di minimizzare le possibili conseguenze negative e di prevenire gli eventuali danni derivanti dai cambiamenti climatici. Tali misure sono fra loro complementari.

In Italia, nel 2016, le emissioni totali di gas serra, espresse in CO<sub>2</sub> equivalente, sono diminuite del 17,5%

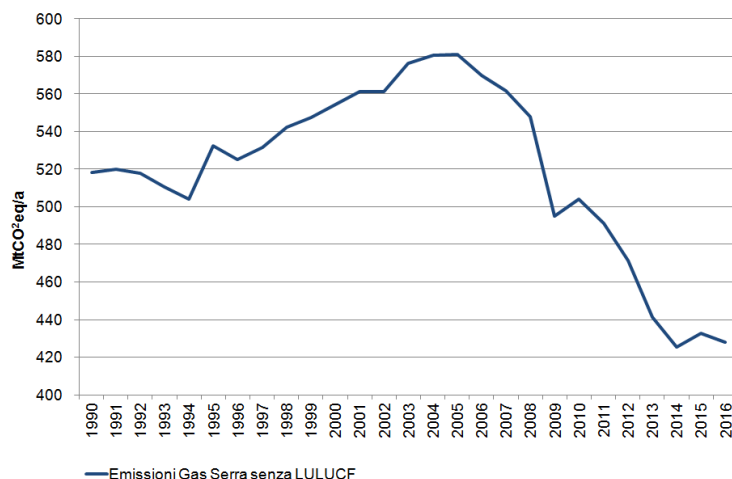
### Serie delle anomalie di temperatura media globale sulla terraferma in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990



Fonte: NCDC/NOAA e ISPRA

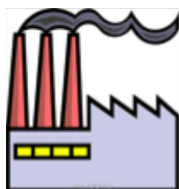
rispetto all'anno base (1990); tale riduzione è anche spiegata dalla recessione economica che ha frenato i consumi negli anni, con conseguente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (-20,4%).

### Emissioni Gas Serra senza LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) (1990-2016)



Fonte: ISPRA





**L'inquinamento atmosferico** è un fattore di rischio per la salute umana e per gli ecosistemi. L'andamento crescente dei livelli atmosferici di PM10 prosegue, coerentemente con quanto osservato in Europa nell'ul-



L'Italia è uno dei Paesi europei più ricchi di **biodiversità**. A tutela di questa sono presenti 871 aree protette che occupano una superficie a terra di oltre 3 milioni di ettari, pari al 10,5% del territorio nazionale, contro una

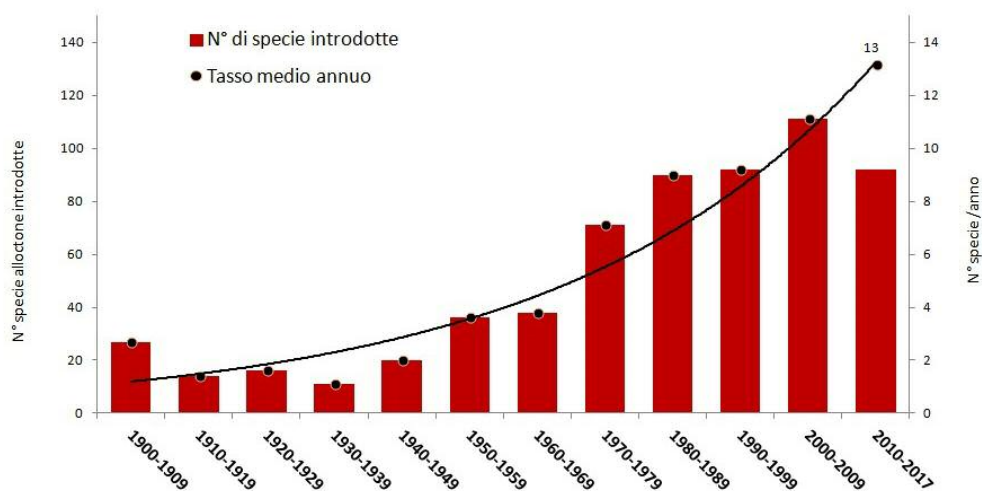
media europea di circa il 15%. Le superfici a mare tutelate includono anche 27 Aree Marine Protette. Si sta sempre più consolidando l'attuazione della Direttiva Habitat e della Rete Natura 2000, attraverso la progressiva designazione dei Siti d'Importanza Comunitaria (SIC) quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC). La Rete Natura 2000, costituita da Zone di Protezione Speciale (ZPS), Siti di importanza Comunitaria (SIC) e Zone Speciali di Conservazione (ZSC) che, al netto delle sovrapposizioni, ammontano a 2.613 siti e occupano una superficie di 6.414.546 ettari, di cui 5.826.775 a terra, pari al 19,3% del territorio nazionale, media di poco superiore a quella europea che è di circa il 18%.

media europea di circa il 15%. Le superfici a mare tutelate includono anche 27 Aree Marine Protette.

Si sta sempre più consolidando l'attuazione della Direttiva Habitat e della Rete Natura 2000, attraverso la progressiva designazione dei Siti d'Importanza Comunitaria (SIC) quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC).

La Rete Natura 2000, costituita da Zone di Protezione Speciale (ZPS), Siti di importanza Comunitaria (SIC) e Zone Speciali di Conservazione (ZSC) che, al netto delle sovrapposizioni, ammontano a 2.613 siti e occupano una superficie di 6.414.546 ettari, di cui 5.826.775 a terra, pari al 19,3% del territorio nazionale, media di poco superiore a quella europea che è di circa il 18%.

### Numero di specie introdotte in Italia a partire dal 1900 e tasso medio annuo di nuove introduzioni, calcolati su 628 specie di data introduttiva certa



Fonte: ISPRA (2017). Banca Dati Nazionale Specie Alloctone. Agg. dicembre 2017.



L'introduzione di specie alloctone potenzialmente invasive costituisce un fattore di rischio per la biodiversità la cui importanza è ormai nota a scala planetaria.

In Italia i dati mostrano che il numero di specie alloctone è in progressivo e costante aumento. I dati a disposizione rappresentano sicuramente una sottostima della consistenza del fenomeno, a causa sia della limitata quantità di studi specifici in determinate aree geografiche, sia della mancanza di un sistema di monitoraggio mirato, sia per il ritardo con cui le specie vengono identificate. L'analisi dei *trend* evidenzia che il fenomeno è divenuto nel tempo sempre più consistente, aumentando rapidamente a partire dal secondo dopoguerra. Tale incremento è correlabile all'aumento degli scambi commerciali e allo sviluppo dei sistemi di trasporto che si è verificato in Europa a partire da quel periodo.



In Italia non si arresta il **consumo di suolo**, la sua perdita a causa della trasformazione di aree agricole e naturali con la costruzione di edifici, infrastrutture o altre coperture artificiali,

viaggia a una velocità di circa 2 m<sup>2</sup> al secondo, poco più di 14 ettari al giorno. Più di 23.000 km<sup>2</sup> del territorio nazionale sono ormai persi con loro i rispettivi servizi ecosistemici. Il fenomeno appare in crescita, ma con un sensibile rallentamento nella velocità di trasformazione, a causa probabilmente della attuale congiuntura economica. Tra il 2016 e il 2017 le nuove coperture artificiali hanno riguardato circa 5.400 ettari di territorio.

In relazione alle ripartizioni geografiche del territorio, i valori percentuali più elevati di suolo consumato si registrano nel Nord (il Veneto e la Lombardia hanno ormai superato il 12% di superficie impermeabilizzata secondo i dati relativi al 2016). A livello provinciale, la percentuale

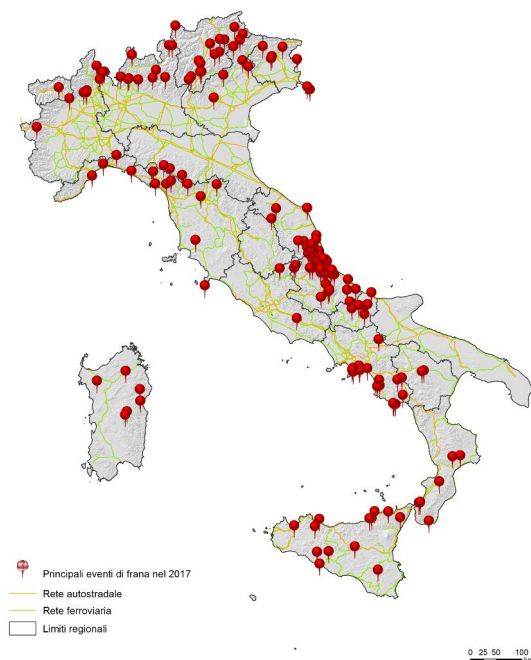
più alta di suolo consumato, rispetto al territorio amministrativo, si osserva per la provincia di Monza Brianza seguita da Napoli e Milano con valori oltre il 30%.



Il territorio italiano è particolarmente soggetto a **pericolosità di origine naturale** per le sue caratteristiche geologiche e geomorfologiche.

Il 2017 è stato caratterizzato da quattordici eventi meteorologici parossistici, con elevati quantitativi di piogge concentrate spesso nell'arco di una giornata, che hanno causato fenomeni di piena improvvisa (flash flood) sia in

### Principali eventi di frana nel periodo gennaio - dicembre 2017



Fonte: ISPRA

ambiente urbano che rurale. I principali eventi franosi sono stati 172 e hanno causato complessivamente 5 vittime, 31 feriti e danni prevalentemente alla rete stradale. In Italia, oltre 8 milioni di abitanti sono residenti in aree a pericolosità idraulica elevata (tempo di ritorno tra 30 e 50 anni) e media (tempo di ritorno tra 100 e 200 anni), mentre la popolazione a rischio frane, se si considerano le 2 classi a maggiore pericolosità (elevata e molto elevata), è pari a oltre 1,2 milioni di abitanti.

In Italia sono state censite 620.808 frane (periodo di riferimento 1116-2017) che interessano un'area di circa 23.700 km<sup>2</sup>, pari al 7,9% del territorio nazionale. Le tipologie di movimento più frequenti, classificate in base al tipo di movimento prevalente, sono gli scivolamenti rotazionali/traslativi (31,9%), i colamenti rapidi (14,9%), i colamenti lenti (12,7%), i movimenti di tipo complesso (9,5%) e le aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi (8,9%).



Si definiscono **acque interne** tutte le acque superficiali, correnti o stagnanti, e tutte le acque sotterranee all'interno della linea di base che serve da riferimento per

definire il limite delle acque territoriali.

A livello nazionale, lo stato ecologico del 43% dei fiumi raggiunge l'obiettivo di qualità (38% buono e 5% elevato), mentre per i laghi solo il 20% (17% buono e 3% elevato). Relativamente allo stato chimico, il 75% dei fiumi presenta uno stato buono, il 7% non buono, mentre il 18% non è stato classificato. Per i laghi, invece, l'obiettivo di qualità viene raggiunto dal 48% dei corpi idrici.

Per le acque sotterranee, nel periodo di classificazione 2010-2015, lo stato chimico (SCAS) del 57,6% dei corpi idrici sotterranei è in classe "buono", il 25% in classe

scarso e il restante 17,4% non ancora classificato, mentre l'indice stato quantitativo (SQUAS), evidenzia che il 61% dei corpi idrici sotterranei è in classe buono, il 14,4% in classe scarso e il restante 24,6% non ancora classificato.



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 all'intervento dell'uomo. L'Ostreopsis cf. ovata è stata riscontrata in 10 regioni costiere. Oltre l'89% delle acque di balneazione costiere è classificato come eccellente.



Le sostanze o gli oggetti che derivano da attività umane o da cicli naturali, di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi costituiscono i **Rifiuti**.

Nel 2017, la produzione nazionale dei rifiuti urbani è di nuovo in calo attestandosi a 29,6 milioni di tonnellate, con una riduzione dell'1,8% rispetto al 2016 (-534 mila tonnellate). Dopo l'aumento riscontrato tra il 2015 e il 2016, sul quale aveva peraltro anche influito il cambiamento della metodologia di calcolo (inclusione nella quota degli RU dei rifiuti inerti derivanti da piccoli interventi di manutenzione delle abitazioni), si rileva dunque una nuova contrazione della produzione.

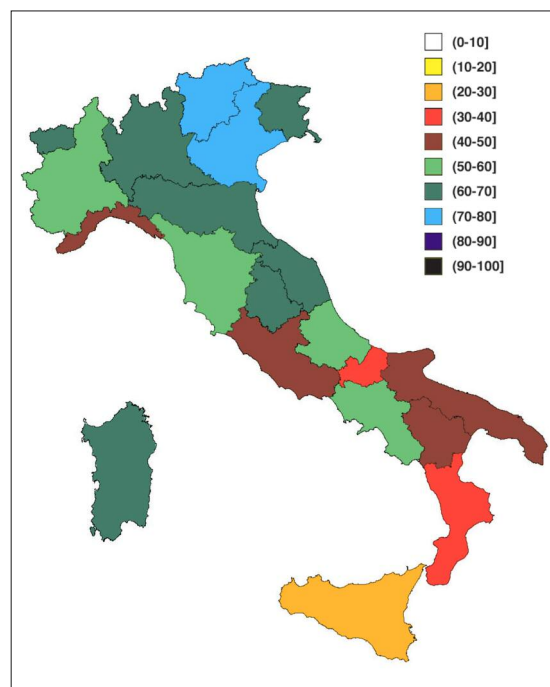
Il calo si riscontra in tutte le macroaree geografiche, risultando pari al -2,2% nel Sud, al -2% nel Centro e al -

1,4% nel Nord. La maggiore contrazione si osserva per l'Umbria (-4,2%), seguita da Molise (-3,1%), Basilicata (-2,8%) e Toscana (-2,7%).

Nella gestione dei rifiuti la raccolta differenziata indica un sistema di raccolta dei rifiuti che prevede una prima differenziazione da parte dei cittadini. Il fine è dunque la separazione dei rifiuti all'origine in modo tale da reindirizzare ciascuna tipologia di rifiuto differenziato verso un idoneo trattamento, che deve essere finalizzato, in via prioritaria, al recupero di materia.

Nel 2017, la percentuale di raccolta differenziata è pari al 55,5% della produzione nazionale. I valori più alti si registrano al Nord (66,2%), i più bassi al Sud (41,9%),

#### Percentuali di raccolta differenziata dei rifiuti urbani per regione (2017)



Fonte: ISPRA

mentre il Centro Italia si colloca poco al di sotto della media nazionale (51,8%). Guardando alle diverse situazioni territoriali, sono 13 le regioni che raccolgono in maniera differenziata oltre la metà dei rifiuti urbani annualmente prodotti. Il Veneto rimane la regione con la più alta percentuale di raccolta differenziata pari al 73,6%.

Non tutte le regioni sono dotate delle necessarie infrastrutture di trattamento dei rifiuti. La scarsità degli impianti fa sì che in molti contesti territoriali si assista a un trasferimento dei rifiuti raccolti in altre regioni o all'estero.



Rimane costante l'attenzione dei cittadini verso la problematica dei **campi elettromagnetici**. In Italia, i casi di superamento dei limiti normativi registrati nel corso dell'attività di controllo effettuata dalle Agenzie, tra il 1999 e luglio 2018 sono stati: 635 per gli im-

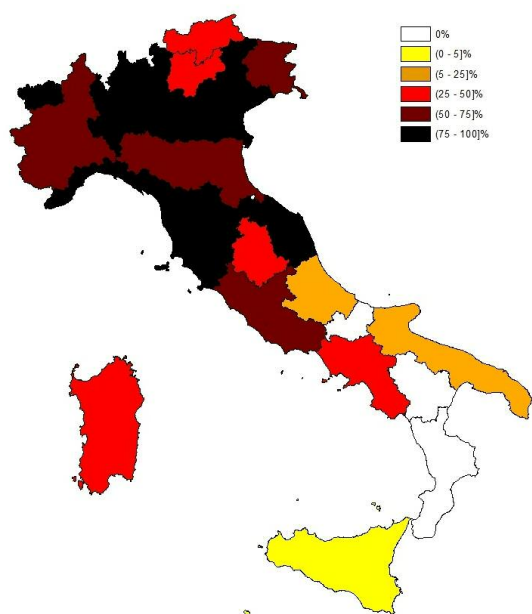
pianti RTV (impianti radiotelevisivi), 119 per le stazioni SRB (stazioni radiobase per la telefonia mobile) e 65 per gli elettrodotti ELF (linee elettriche e cabine di trasformazione). Rispetto a luglio 2017, i casi di superamento dei limiti di legge sono aumentati sia per gli impianti RTV (+3%) sia per le SRB (+8%) mentre per le sorgenti ELF risultano sostanzialmente invariati.



Elevati livelli di **rumore** possono influire sullo stato di benessere; gli effetti del rumore sulla salute comprendono lo *stress*, la riduzione del benessere psicologico e i disturbi del sonno, ma anche problemi cardiovascolari. Gran parte della popolazione italiana è esposta a livelli di ru-

more, diurni e notturni, considerati importanti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. Per il contenimento dell'inquinamento acustico, la normativa nazionale sul rumore ha definito, per le diverse tipologie di sorgenti, valori limiti assoluti per l'ambiente esterno e limiti differenziali, per l'interno degli ambienti abitativi.

#### Percentuale di comuni che hanno approvato il Piano di classificazione acustica sul numero di comuni di ogni Regione/Provincia autonoma (31/12/2017)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

Le sorgenti maggiormente controllate risultano, anche per il 2017, le attività di servizio e/o commerciali (54,9%), seguite dalle attività produttive (29,7%). Tra le infra-

strutture di trasporto, che rappresentano l'8,5% delle sorgenti controllate, quelle stradali rimangono le sorgenti più controllate (6,2% sul totale delle sorgenti controllate).

Nel 2017, il 32,1% delle sorgenti di rumore (attività/infrastrutture), controllate da parte delle ARPA/APPA, ha presentato almeno un superamento dei limiti normativi: l'inquinamento acustico è ancora un problema importante, nonostante la diminuzione dei superamenti rispetto agli anni passati.



Gli **agenti chimici** sono le sostanze potenzialmente pericolose per l'uomo e per l'ambiente. Il loro impiego è diffuso in tutti i settori produttivi e sono incorpo-

rate nella maggior parte degli oggetti di uso comune. Il loro utilizzo è di fondamentale importanza nella vita quotidiana e dà un contributo essenziale al benessere economico anche in termini occupazionali. La produzione globale di sostanze chimiche è aumentata da 1 milione di tonnellate nel 1930 alle diverse centinaia di milioni di tonnellate attuali. L'UE è il secondo produttore mondiale dopo la Cina e si stima che sul mercato europeo siano presenti circa 100.000 sostanze chimiche. L'Italia è il terzo produttore europeo, dopo Germania e Francia, e il decimo a livello mondiale. Le imprese chimiche attive in Italia sono 2.800 e occupano circa 108.000 addetti, ma l'uso dei prodotti chimici interessa tutti i settori produttivi.

Per quanto riguarda gli stabilimenti soggetti al D.Lgs. 105/15, appartenenti alle diverse categorie (soglia superiore e soglia inferiore) e quindi agli obblighi di cui agli artt. 13 e 15, divisi per province e regioni. Si rileva innanzitutto che il numero complessivo degli stabilimenti, presenti in Italia, considerati pericolosi ai fini di un inci-

dente rilevante, è aumentato di circa cinquanta unità (in media + 5,4%). Con i suoi quasi 1.000 stabilimenti soggetti alla Direttiva "Seveso", l'Italia si assesta tra i primi Paesi appartenenti all'UE per numero di impianti, insieme alla Germania e al Regno Unito.



**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 pubbli-

cazioni consultabili *on-line* sono divenuti, ormai, strumenti imprescindibili per divulgare dati e diffondere la cultura ambientale.

Nel 2018, si rilevano 12 milioni di visitatori nei siti Web del Sistema Nazionale per la protezione Ambientale, 921 comunicati stampa, 5.019 notizie e 250 report di informazioni ambientale pubblicati *on-line*.

I *social media*, rappresentano attualmente il modo più immediato per comunicare e informare il vasto pubblico, pertanto è interessante notare come le 16 realtà del SNPA utilizzatrici di *Twitter* abbiano diffuso nel 2018 circa 9.000 *tweet* con 77.000 *followers* alla fine dell'anno.

Nello stesso periodo l'ISPRA e le 8 agenzie che hanno una pagina *facebook* hanno registrato quasi 71.000 "mi piace".



# INDICATORI AMBIENTALI

| Nome Indicatore               | Descrizione/Finalità                                                                                                                                                                                                                                                 | DPSIR | Copertura temporale | Stato e <i>Trend</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Controlli SNPA (AIA e Seveso) | Numero dei 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                                 | R     | 2016                | Nel 2016 il numero dei controlli ambientali presso gli impianti AIA non si discosta molto da quanto effettuato nel 2015. Per quanto attiene invece alle verifiche ispettive Seveso, si è registrato un incremento delle verifiche presso gli stabilimenti di soglia superiore, mentre sono leggermente diminuite le verifiche presso gli stabilimenti di soglia inferiore. |
| Siccità Idrologica            | Quantificare le condizioni di siccità idrologica di un territorio in termini di deviazione statistica della precipitazione occorsa su una data scala temporale rispetto al corrispondente regime pluviometrico, rappresentandole attraverso un'unica mappa tematica  | S     | 2017                | Nel 2017, l'apporto di precipitazione sulla scala temporale di 12 mesi è stato inferiore alla media climatologica (periodo di riferimento 1948-2016), e sono stati osservati deficit di precipitazione sull'intero territorio nazionale.                                                                                                                                   |
| Particolato (PM10)            | Fornire informazioni sullo stato e il <i>trend</i> della qualità dell'aria attraverso l'analisi delle concentrazioni di PM10 misurate in Italia, la verifica del rispetto dei valori limite stabiliti dalla normativa e il confronto con i valori di riferimento OMS | S     | 2008-2017           | L'andamento delle concentrazioni del particolato PM10 nel medio periodo (2008-2017) è generalmente decrescente; tuttavia nel 2017 i limiti previsti dalla normativa non sono rispettati in gran parte del territorio nazionale e l'obiettivo di raggiungere i livelli raccomandati dall'OMS appare lontano.                                                                |

| Nome Indicatore                                                                               | Descrizione/Finalità                                                                                                                                                                                                                                                           | DPSIR | Copertura                             | Stato e Trend                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aree di tutela ambientale                                                                     | Valutare il livello attuale e l'andamento temporale della tutela degli ambienti marini e terrestri presenti sul territorio nazionale tramite i dati di superficie protetta istituita attraverso leggi nazionali e leggi o altri provvedimenti subnazionali.                    | R     | 2003<br>2010<br>2012<br>dicembre 2017 | A tutela della biodiversità, nel nostro Paese sono presenti 871 aree protette, che occupano una superficie a terra di oltre 3 milioni di ettari, pari al 10,5% del territorio nazionale, contro una media europea di circa il 15%. Le superfici a mare tutelate includono anche 27 Aree Marine Protette. La Rete Natura 2000, costituita da Zone di Protezione Speciale (ZPS), Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone Speciali di Conservazione (ZSC) che, al netto delle sovrapposizioni, ammontano a 2.613 siti e occupano una superficie di 6.414.546 ettari, di cui 5.826.775 a terra, pari al 19,3% del territorio nazionale, media di poco superiore a quella europea che è di circa il 18%. |
| Aziende agricole che aderiscono a misure ecocompatibili e che praticano agricoltura biologica | L'indicatore descrive il numero di operatori che praticano agricoltura biologica e la relativa tipologia colturale. Lo scopo dell'indicatore è quello di misurare la tendenza dello sviluppo della conduzione biologica aziendale e la sua diffusione sul territorio agricolo. | D/R   | 2017                                  | Dal 1990 ad oggi l'agricoltura biologica italiana è cresciuta ad un ritmo senza uguali rispetto agli altri paesi UE, sia in termini di superfici che per numero di operatori. Nel 2017 le superfici investite e in conversione bio sono state pari a circa 1,9 milioni di ettari con un incremento del 6,3% rispetto al 2016 e del 71% rispetto al 2010. Gli operatori del settore sono quasi 76.000 con un aumento del 5,2% rispetto al 2016.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Consumo di suolo                                                                              | Definire il grado di impermeabilizzazione dei suoli a scala nazionale e valutare il consumo di suolo                                                                                                                                                                           | P     | 2016-2017                             | Il consumo di suolo in Italia continua a crescere, pur segnando un importante rallentamento negli ultimi anni: tra il 2016 e il 2017 le nuove coperture artificiali hanno riguardato circa 5.400 ettari di territorio, ovvero, in media, poco più di 14 ettari al giorno. Una velocità di trasformazione di circa 2 m <sup>2</sup> di suolo che, nell'ultimo periodo, sono stati irreversibilmente persi ogni secondo.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



| Nome Indicatore                                                | Descrizione/Finalità                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DPSIR | Copertura | Stato e <i>Trend</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inventario dei fenomeni franosi d'Italia (IFFI)                | Fornire un quadro completo e omogeneo della distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio nazionale.<br>L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia rappresenta un utile strumento conoscitivo di base per la valutazione della pericolosità da frana, per la pianificazione territoriale e per la programmazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico.                                                                                                                                             | S     | 2017      | In Italia sono state censite 620.808 frane (periodo di riferimento 1116-2017) che interessano un'area di circa 23.700 km <sup>2</sup> , pari al 7,9% del territorio nazionale. Le tipologie di movimento più frequenti, classificate in base al tipo di movimento prevalente, sono gli scivolamenti rotazionali/traslativi (31,9%), i colamenti rapidi (14,9%), i colamenti lenti (12,7%), i movimenti di tipo complesso (9,5%) e le aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi (8,9%). |
| Indice di qualità stato chimico delle acque superficiali       | Consente di derivare una classe di qualità per gli inquinanti specifici per la definizione dello stato chimico, per le diverse tipologie di corpo idrico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | S     | 2010-2015 | In Italia, il 75% dei fiumi è in uno stato buono, il 7% non buono e il 18% non è stato classificato. Per i laghi, l'obiettivo di qualità è raggiunto nel 48% dei corpi idrici.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Indice di qualità stato ecologico delle acque superficiali     | Consente di derivare una classe di qualità per gli inquinanti specifici per la definizione dello stato ecologico per le diverse tipologie di corpi idrici                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | S     | 2010-2015 | In Italia, il 43% dei fiumi raggiunge l'obiettivo di qualità (38% buono e 5% elevato), il 41% è al disotto mentre il 16% non è stato classificato. Per i laghi, solo il 20% raggiunge l'obiettivo di qualità (17% buono e 3% elevato) mentre il 39% è di qualità inferiore e il 41% non è classificato.                                                                                                                                                                                  |
| Indice di qualità stato chimico delle acque sotterranee (SCAS) | Definire, dal punto di vista chimico, il grado di compromissione degli acquiferi per cause antropiche rispetto alle condizioni naturali. È utile per individuare gli impatti antropici e le criticità ambientali nei corpi idrici sotterranei al fine di indirizzare le azioni di risanamento, attraverso gli strumenti di pianificazione, in modo da rimuovere le cause e/o prevenire il peggioramento dello stato chimico e di conseguenza permettere il raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati dalla normativa | S     | 2010-2015 | In Italia sono stati classificati 869 corpi idrici su 1.052 totali (copertura del 82,6%). Lo stato chimico è buono nel 57,6% dei corpi idrici sotterranei e scarso nel 25%; il restante 17,4% non è ancora classificato.                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| Nome Indicatore                             | Descrizione/Finalità                                                                                                                                                                                                                      | DPSIR | Copertura | Stato e <i>Trend</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stato ecologico delle acque marino costiere | Classificare lo stato di qualità dei corpi idrici marino costieri utilizzando degli Elementi di Qualità Biologica (EQB) macroinvertebrati bentonici (indice M-AMBI), angiosperme (PREI), macroalghe (indice CARLIT) e fitoplancton (Chla) | S     | 2010-2015 | Lo Stato Ecologico delle acque marino costiere italiane è alquanto eterogeneo, sia per il numero di corpi idrici identificati per distretto sia per classificazione ecologica. Nei Distretti delle Alpi Orientali, dell'Appennino Centrale e della Sardegna, gran parte dei corpi idrici (80% e oltre) è in stato di qualità buono.                                                                                                                                                                 |
| Produzione Rifiuti urbani                   | Misurare la quantità totale e pro capite di rifiuti urbani generati.                                                                                                                                                                      | P     | 2017      | Nel 2017, la produzione nazionale dei rifiuti urbani si attesta 29,6 milioni di tonnellate, facendo rilevare una riduzione dell'1,8% rispetto al 2016 (-534 mila tonnellate). Dopo l'aumento riscontrato tra il 2015 e il 2016, sul quale aveva peraltro anche influito il cambiamento della metodologia di calcolo (inclusione nella quota degli RU dei rifiuti inerti derivanti da piccoli interventi di manutenzione delle abitazioni), si rileva dunque una nuova contrazione della produzione. |
| Raccolta differenziata                      | Verificare il raggiungimento degli obiettivi di raccolta differenziata                                                                                                                                                                    | R     | 2017      | Nel 2017, la percentuale di raccolta differenziata si attesta al 55,5% circa della produzione nazionale, (+ 3 punti % rispetto al 2016). Un contributo rilevante all'aumento della percentuale è ascrivibile alla riduzione della produzione del rifiuto urbano indifferenziato. Nonostante l'incremento, registrato a livello nazionale, nel 2017 ancora non è raggiunto l'obiettivo del 60%, fissato dalla normativa nazionale per il 2011.                                                       |

| Nome Indicatore                                                                                                                            | Descrizione/Finalità                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DPSIR | Copertura | Stato e <i>Trend</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Superamenti dei valori di riferimento normativo per campi elettromagnetici generati da impianti per radiotelecomunicazione ed elettrodotti | Quantificare le situazioni di non conformità rilevate dall'attività di controllo, svolta dalle ARPA/APPA, sulle sorgenti di radiofrequenze (RF) (impianti radiotelevisivi (RTV) e stazioni radio base (SRB)) e sulle sorgenti a bassa frequenza (ELF) presenti sul territorio nazionale e le azioni di risanamento.             | S/R   | 1999-2018 | In Italia, i casi di superamento dei limiti normativi registrati nel corso dell'attività di controllo effettuata dalle Agenzie, tra il 1999 e luglio 2018 sono stati: 635 per gli impianti RTV, 119 per le stazioni SRB e 65 per gli elettrodotti ELF. Rispetto a luglio 2017, i casi di superamento dei limiti di legge sono aumentati sia per gli impianti RTV (+ 3%) sia per le SRB (+8%) mentre per le sorgenti ELF risultano sostanzialmente invariati.                   |
| Sorgenti di rumore controllate e percentuale per cui si è riscontrato almeno un superamento dei limiti                                     | 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. | D/S   | 2017      | Le sorgenti maggiormente controllate risultano, anche per il 2017, le attività di servizio e/o commerciali (54,9%), seguite dalle attività produttive (29,7%). Tra le infrastrutture di trasporto, che rappresentano l'8,5% delle sorgenti controllate, quelle stradali rimangono le sorgenti più controllate (6,2% sul totale delle sorgenti controllate).                                                                                                                    |
| Comunicazione ambientale                                                                                                                   | Descrive la comunicazione e l'informazione ambientale delle Agenzie attraverso Web, social media e prodotti editoriali di informazione ambientale                                                                                                                                                                               | R     | 2018      | Tutte le agenzie presentano sul sito Web pubblicazioni, documenti e prodotti divulgativi. Il Web risulta essere il principale canale dell'informazione ambientale. Nel 2018, riguardo alle attività di diffusione <i>on-line</i> dei prodotti di reporting e comunicazione ambientali svolta dal Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale (SNPA) si rilevano 12 milioni di visitatori dei siti Web, 921 comunicati stampa, 5.019 notizie e 250 <i>report</i> ambientali. |

# CONTROLLI AMBIENTALI DI SISTEMA AIA/SEVESO

Francesca Minniti  
ISPRA

## Messaggi chiave

Le notizie sulle attività di controllo svolte dal sistema presso gli impianti industriali sono generalmente reperibili sui siti Web delle Agenzie e di ISPRA.

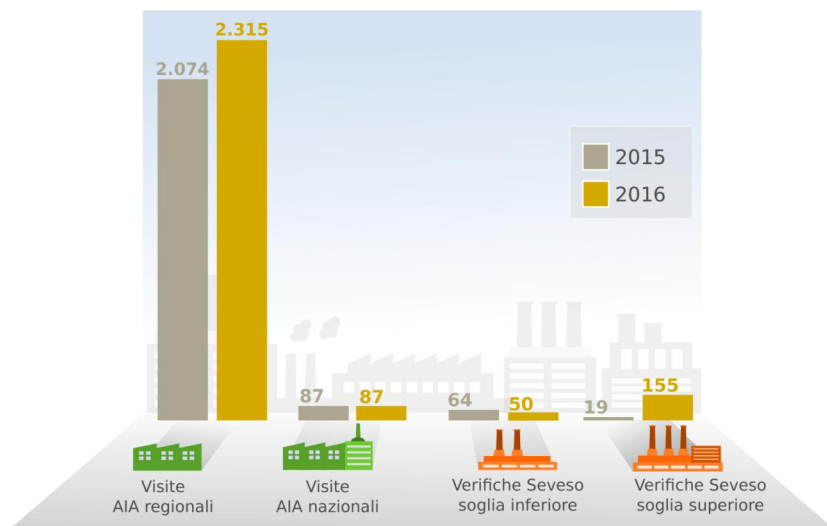
Il "Rapporto controlli ambientali del SNPA - AIA/SEVESO" è il risultato dell'attività di raccolta, valutazione ed elaborazione dei dati relativi alle attività di controllo svolte dall'intero Sistema presso gli impianti industriali soggetti all'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) e alla normativa SEVESO. Il rapporto, prodotto dal gruppo di lavoro interagenziale n. 38 - Area 6 del Piano Triennale SNPA 2014-2016, è aggiornato annualmente.

## Messaggi in pillole

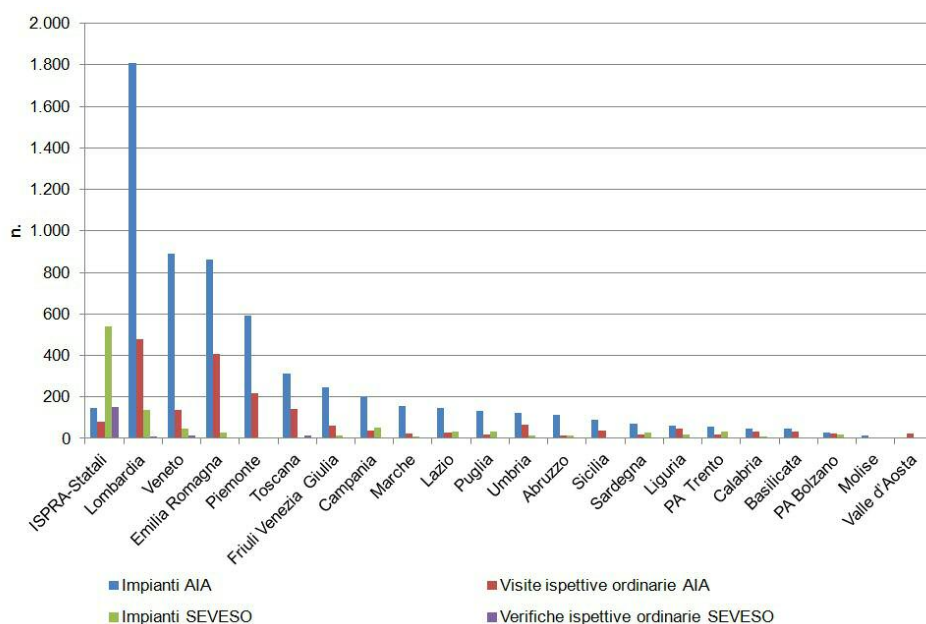
Nel 2016 l'attività di controllo del Sistema presso gli impianti AIA è consistita in 2.315 visite ispettive ordinarie e straordinarie AIA regionali e 87 AIA statali; non si discosta molto da quanto effettuato nel 2015 (2.074 visite AIA regionali e 87 visite AIA statali).

Per quanto attiene invece alle verifiche ispettive Seveso, per effetto delle nuove modalità operative previste dal D.Lgs. 105/2015, le verifiche presso gli stabilimenti Seveso di soglia superiore gestite a livello statale sono aumentate (155 e 19 verifiche ordinarie e straordinarie rispettivamente nel 2016 e 2015), mentre quelle presso gli stabilimenti di soglia inferiore, gestite a livello regionale, sono leggermente diminuite (50 e 64 verifiche ordinarie e straordinarie rispettivamente nel 2016 e 2015). In quest'ultimo caso i controlli sono stati condotti da Lombardia, Toscana, Veneto e Puglia.

## Controlli SNPA presso stabilimenti AIA e Seveso



## Numero di impianti AIA Statali, Seveso Soglia Superiore e relative visite ispettive (ISPRA); numero di impianti AIA regionali, Seveso Soglia Inferiore e relative visite ispettive (Regioni/Province autonome) – Attività 2016



Fonte: ISPRA, ARPA-APPA. Nota: non sono disponibili i dati controlli AIA regionali della Calabria

La Lombardia ha il maggior numero di impianti con AIA regionali, seguita dal Veneto, dall'Emilia-Romagna e dal Piemonte. Il numero delle sole visite ispettive ordinarie AIA regionali evidenzia come quasi la metà delle regioni ha garantito il controllo su più del 50% degli impianti autorizzati presenti nei diversi territori, con rilievo per l'Emilia-Romagna e la Toscana che hanno un elevato numero di impianti e per quelle regioni con minor numero di installazioni come la Liguria, l'Umbria, la Valle d'Aosta, la Basilicata, il Molise, la P.A. di Bolzano e la Calabria. Diversamente, in Lombardia, i controlli hanno riguardato il 27% dei 1.810 impianti con AIA regionali, tale valore è probabilmente dovuto all'elevata presenza di

impianti appartenenti alla categoria 6 – All. VIII, Parte II del D.Lgs. 152/06, di minore impatto ambientale, pari a 912. Riguardo ai controlli AIA statali, ISPRA, con il supporto delle Agenzie regionali territoriali (ex art. 29-decies c.11 D.Lgs. 152/06), con 78 visite ordinarie ha assicurato il controllo sul 53% degli impianti autorizzati (148); per gli stabilimenti Seveso soglia superiore, le commissioni ispettive con ISPRA/ARPA/APPA (ex All.H p.to 3 del D.Lgs. 105/15), con 150 verifiche ordinarie, hanno garantito il controllo del 28% dei 540 impianti soglia superiore. Tutto il sistema ha comunque garantito la coerenza del numero di controlli svolti con quanto programmato ad inizio anno.

# SICCITÀ IDROLOGICA

Stefano Mariani, Giovanni Braca  
ISPRA

## Messaggi chiave:

La siccità è una condizione temporanea e relativa di scarsità idrica definita come uno scostamento rispetto a condizioni climatiche medie di un determinato luogo di interesse. Pertanto, non è da confondere con il fenomeno di aridità che indica una condizione di permanente carenza di risorse idriche. Non esiste un'unica definizione di siccità, occorre infatti specificare a quale ambito di fenomeni, siano essi naturali, sociali, o economici, si fa riferimento. Si parla, quindi, di siccità meteorologica in caso di relativa scarsità di precipitazioni; di siccità idrologica in presenza di un apporto idrico relativamente scarso nel suolo, nei corsi d'acqua, o nelle falde acquifere; di siccità agricola in caso di carenza di acqua rispetto all'usuale fabbisogno per l'irrigazione; di siccità socio-economica se riferita al complesso dei consumi sul territorio. Lo Standardized Precipitation Index (SPI) è l'indice comunemente usato a livello nazionale e internazionale per quantificare, su una data scala temporale, il deficit o il surplus di precipitazioni nelle aree di interesse rispetto al valore medio: valori positivi indicano una precipitazione maggiore della

media, ossia condizioni umide; valori negativi indicano una precipitazione minore della media, ossia condizioni siccitose più o meno estreme.

## Messaggi in pillole

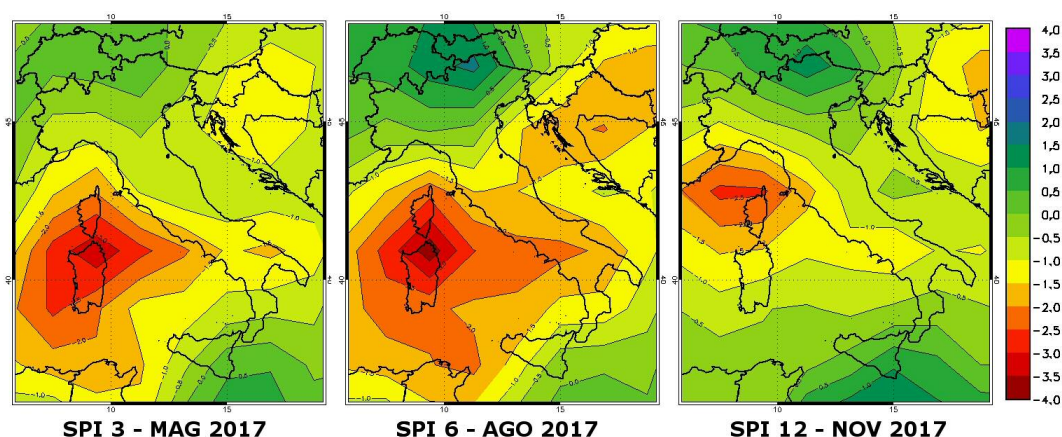
Le mappe di Standardized Precipitation Index (SPI) a 12 mesi del Bollettino di Siccità di ISPRA, che sono ottenute utilizzando le reanalisi di precipitazione a 2.5° del *National Centers for Environmental Prediction/Department of Energy* (NCEP/DOE reanalysis), forniscono una valutazione a livello nazionale delle condizioni di siccità idrologica quantificando il deficit o il surplus di precipitazione sulla scala di un anno, scala alla quale si manifestano gli effetti sulla portata dei fiumi e sulle falde acquifere. Nel corso del 2017, le mappe di SPI a 12 mesi evidenziano una situazione di siccità per l'intero territorio italiano. Il livello di severità raggiunto dagli eventi di siccità nel 2017 è reso ancora più evidente dalle mappe mensili di SPI a 3 e a 6 mesi pubblicate sul Bollettino di Siccità di ISPRA. Tale situazione è confermata anche da quanto riportato nei bollettini idrologici mensili redatti dai servizi idrologici di livello regionale.

## Numero di impianti AIA Statali, Seveso Soglia Superiore e relative visite ispettive (ISPRA); numero di impianti AIA regionali, Seveso Soglia Inferiore e relative visite ispettive (Regioni/Province autonome) – Attività 2016



Fonte: ISPRA, ARPA-APPA. Nota: non sono disponibili i dati controlli AIA regionali della Calabria

Mappe a scala nazionale del "Bollettino mensile di siccità" di ISPRA rappresentanti i valori di SPI a 3 mesi per giugno 2017, SPI a 6 mesi per agosto 2017 e SPI a 12 mesi per novembre 2017



Legenda: SPI > 2,0 Estremamente umido; da 1,5 a 1,99 Molto umido; da 1,0 a 1,49 Moderatamente umido; da -0,99 a 0,99 Vicino alla norma; da -1,49 a -1 Siccità moderata; da -1,99 a -1,5 Siccità severa; < -2,0 Siccità estrema

Fonte: Fonte: Elaborazione ISPRA su NCEP Reanalysis 1 data

Le mappe di SPI a 12 mesi presenti nell'Annuario dei dati ambientali 2018 evidenziano per il 2017 una situazione di siccità sulla quasi totalità del territorio italiano. L'analisi è stata condotta elaborando le serie di precipitazione cumulata su 12 mesi ottenute dai dati giornalieri di reanalisi NCEP e considerando come periodo di riferimento gli anni 1948-2016.

Sulla base di tali mappe, eventi di siccità severi/estremi sono risultati più evidenti a partire da agosto 2017, pur rappresentando il risultato di un deficit di precipitazione protratto nel corso dei 12 mesi precedenti. Una valutazione più di dettaglio è resa possibile dall'analisi delle mappe di SPI a 3 e a 6 mesi, (pubblicate online nel Bollettino di Siccità di ISPRA [http://www.isprambiente.gov.it/pre\\_meteo/siccitas/](http://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/siccitas/)).

Questa analisi evidenzia come il fenomeno di siccità abbia

interessato dall'inizio del 2017 (e in alcune casi già dalla fine del 2016) i territori del Nord, per poi investire l'Italia centro-settentrionale e successivamente il Sud e le Isole. La situazione di deficit di precipitazione/deficit idrico è riportata anche nei bollettini idrologici o di siccità che sono stati emessi nel periodo in esame, con cadenza mensile, dagli uffici regionali preposti al monitoraggio idro-meteorologico. Inoltre, tale situazione è stata tenuta sotto stretto monitoraggio ai fini della gestione della risorsa idrica da parte degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici istituiti presso le Autorità di Bacino Distrettuali, nonché dal Comitato tecnico di coordinamento nazionale degli Osservatori istituito presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (v. [http://www.isprambiente.gov.it/pre\\_meteo/idro/idro.html](http://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/idro.html)).



# QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE: PARTICOLATO (PM10)

Giorgio Cattani, Alessandro Di Menno di Bucchianico, Alessandra Gaeta, Alessandra Galosi, Giuseppe Gandolfo, Francesca Lena, 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 (2008–2017) è generalmente decrescente; tuttavia i limiti previsti dalla normativa non sono rispettati in gran parte del territorio nazionale e l'obiettivo di raggiungere i livelli raccomandati dall'OMS appare lontano.

## Messaggi in pillole

L'andamento decrescente dei livelli atmosferici di PM10 prosegue, coerentemente con quanto osservato in Europa nell'ultimo decennio, come risultato della riduzione

congiunta delle emissioni di particolato primario e dei principali precursori del secondario (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca). Tuttavia, avendo come orizzonte temporale il 2020, in riferimento all'esposizione a breve termine della popolazione, oltre al lontanissimo obiettivo di raggiungere i livelli raccomandati dall'OMS (nel 76% dei casi si registrano oltre tre superamenti della soglia di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la media giornaliera), anche rispettare l'obiettivo previsto dalla normativa (non più di 35 superamenti della soglia di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in un anno) su tutto il territorio nazionale sembra piuttosto difficile: nel 2017 non era rispettato nel 31% dei casi.

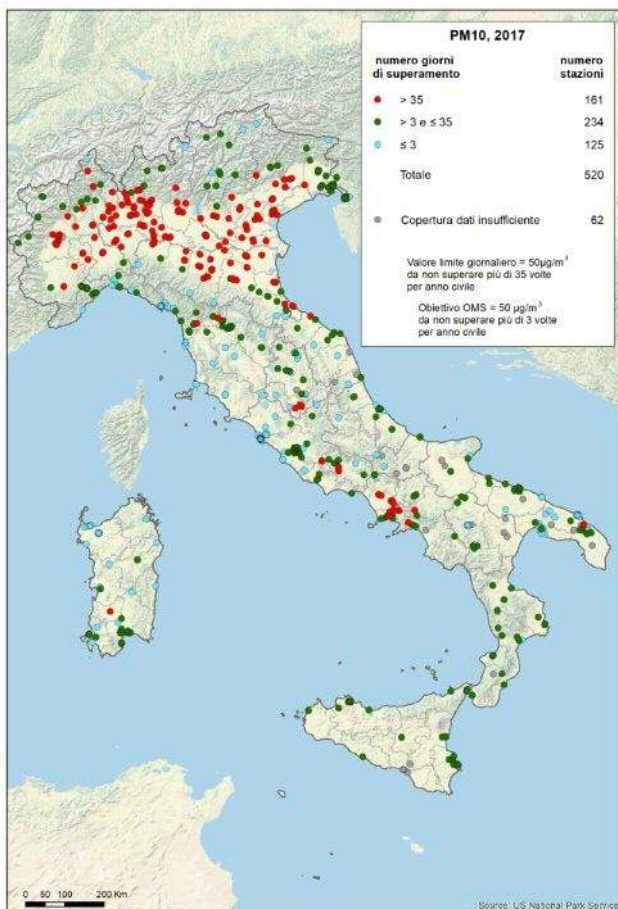
**PM10: percentuale delle stazioni di monitoraggio che nel 2017 hanno superato il limite di Legge**



*\*Limite di legge: 35 superamenti in un anno della soglia di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (media giornaliera)*



**Figura: PM10, 2017: Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute (D.Lgs. 155/2010)**



Fonte: ISPRA

I superamenti del valore limite giornaliero sono stati numerosi e diffusi solo nelle regioni del bacino padano (Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna) e in Campania. I superamenti interessano anche, con frequenza e diffusione spaziale minore, il Friuli (zona di Pianura, Pordenone e Provincia), la Toscana (provincia

di Lucca e di Pistoia), il Lazio (zona della Valle del Sacco) e l'Umbria (zona della Conca Ternana); in questi casi i superamenti sono per lo più limitati a specifiche aree dove esistono localmente fonti emmissive significative e/o condizioni meteorologiche che favoriscono l'accumulo degli inquinanti.

# AREE DI TUTELA AMBIENTALE

## (AREE TERRESTRI E MARINE PROTETTE E RETE NATURA 2000)

Giovanni Finocchiaro, Claudio Piccini, Stefania Ercole  
ISPRA

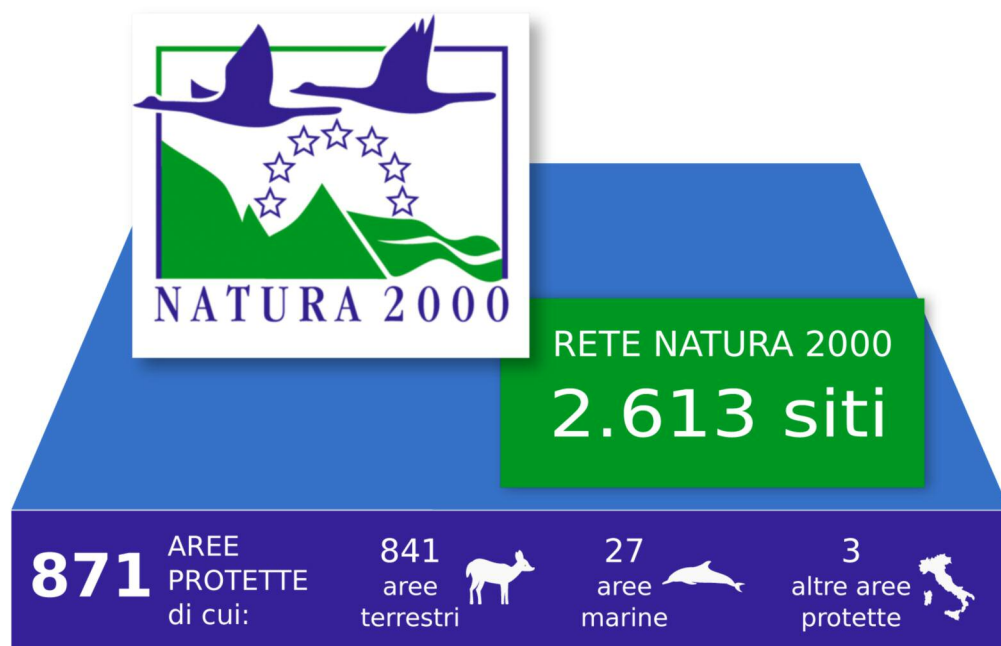
### Messaggi chiave:

L'Italia aderisce a numerose convenzioni e accordi internazionali volti alla tutela della biodiversità, quali la Convenzione sulla Diversità Biologica. La Rete Natura 2000, che nasce nell'ambito delle Direttive europee Uccelli e Habitat, tutela il 19,3% della superficie terrestre nazionale (la media europea è di circa il 18%). Le Aree protette occupano il 10,5% del territorio nazionale, verso una media europea di circa il 15%.

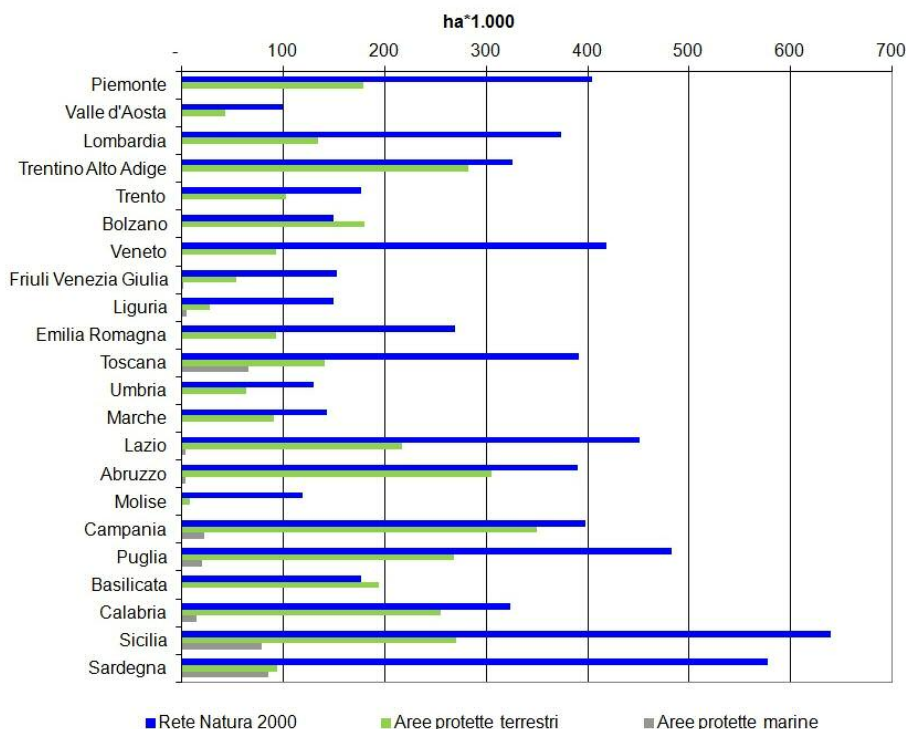
### Messaggi in pillole

La Rete Natura 2000, costituita da Zone di Protezione Speciale (ZPS), Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone Speciali di Conservazione (ZSC), al netto delle sovrapposizioni, comprende 2.613 siti che occupano una superficie di 6.414.546 ha, di cui 5.826.775 a terra. A tutela della biodiversità, nel nostro Paese sono presenti 871 aree protette, che occupano una superficie a terra di oltre 3 milioni di ettari. Le superfici a mare tutelate includono anche 27 Aree Marine Protette.

### Biodiversità: aree protette



## Distribuzione regionale delle superfici tutelate (escluso il Santuario per i mammiferi marini)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati MATT, V EUAP (2003); MATTM, VI EUAP (2010), MATTM (2012; gennaio 2017)

Il processo di trasformazione dei SIC in ZSC, avviatosi nel 2013 in tre regioni italiane (Valle d'Aosta, Friuli Venezia Giulia e Basilicata), si è attuato gradualmente in quasi tutte le altre regioni italiane, fatta eccezione per il Veneto, l'Emilia-Romagna, l'Abruzzo e la Campania che non presentano ancora ZSC designate. Da sottolineare invece il completamento dell'iter da parte della Liguria e dell'Umbria. La superficie terrestre protetta è costituita in gran parte da Parchi Nazionali (46,3%) e Parchi Naturali Regionali (40,9%). Le regioni che concorrono maggiormente al totale nazionale sono la Campania (350.204 ettari; 11,1% del totale nazionale) e l'Abruzzo

(305.051 ettari; 9,6%). Le regioni che hanno tutelato la maggior percentuale del proprio territorio sono l'Abruzzo (28,3%), la Campania (25,8%) e la P.A. di Bolzano (24,4%). La Sicilia e la Sardegna sono le regioni in cui ricade la maggior parte della superficie marina protetta ed anche, unitamente alla Campania, il maggior numero di aree protette marine (6). Nel Lazio, si contano 5 aree protette marine, ma una superficie complessiva tutelata molto più esigua rispetto alle situazioni sopra descritte. Al contrario, in Toscana la sola presenza del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano tutela un'estensione di quasi 57.000 ettari.

# AZIENDE AGRICOLE CHE ADERISCONO A MISURE ECOCOMPATIBILI E CHE PRATICANO AGRICOLTURA BIOLOGICA

Alessandra Galosi, Luca Segazzi  
ISPRA

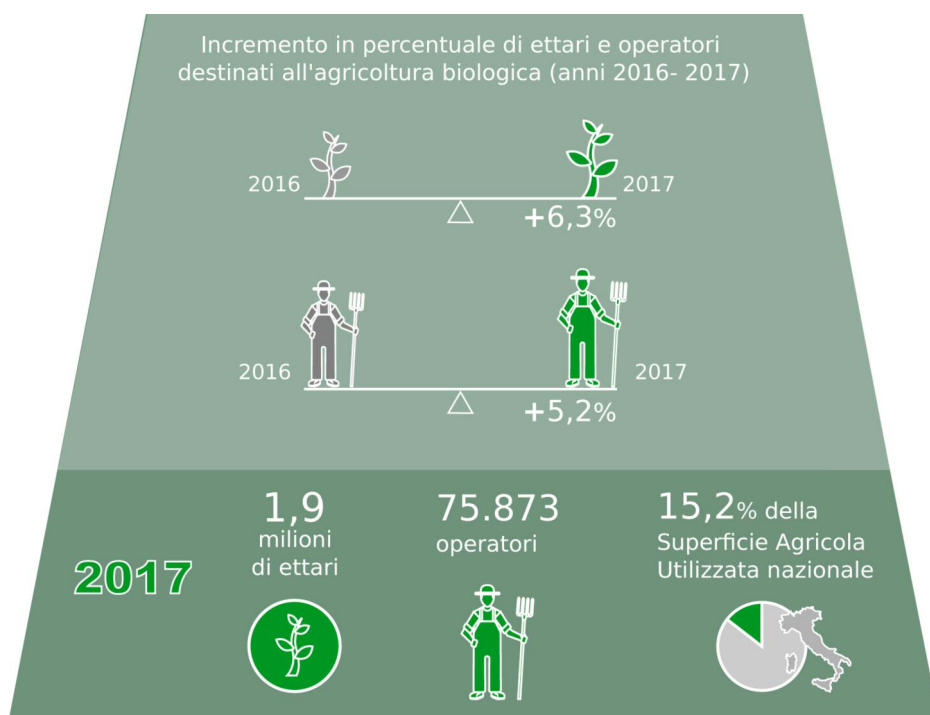
## Messaggi chiave:

L'analisi della conduzione biologica aziendale consente di conoscere l'adozione delle pratiche 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.

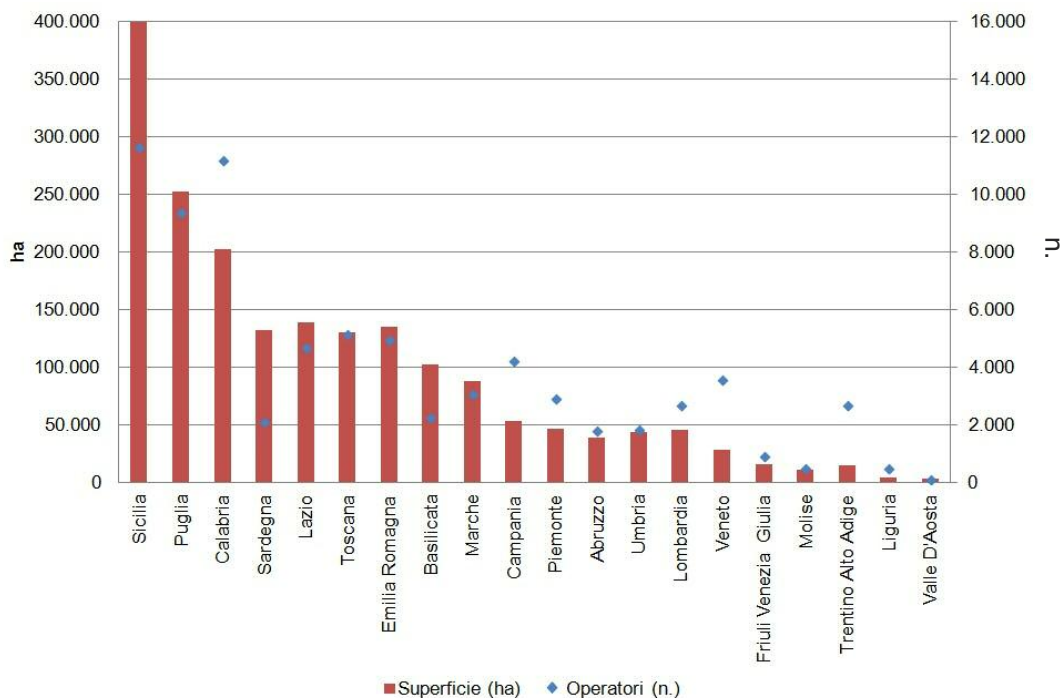
## Messaggi in pillole

Nel 2017 la superficie coltivata secondo il metodo biologico o in conversione, in Italia, è pari a circa 1,9 milioni di ettari, con un incremento del 6,3% rispetto al 2016. I principali orientamenti produttivi riguardano le colture foraggere, i pascoli ed i cereali. Gli operatori del settore sono oltre 75.873, con un aumento del 5,2% rispetto al 2016. L'incidenza percentuale del biologico, rispetto ai dati nazionali (Istat, SPA 2016), è pari al 15,2% della SAU nazionale e al 5,8% delle aziende agricole del Paese.

## Agricoltura biologica: superficie coltivata e operatori addetti



## Operatori controllati e superficie agricola utilizzata (SAU) con metodo biologico (2017)



Fonte: SINAB

Le aziende biologiche sono distribuite prevalentemente nelle regioni meridionali come Sicilia, Calabria e Puglia. La superficie biologica di queste tre regioni rappresenta il 46% dell'intera superficie biologica nazionale. In termini di superficie, al primo posto risulta la Sicilia, seguita dalla Puglia e dalla Calabria. Per quanto riguarda le ti-

pologie di colture, i prati pascolo (544.048 ha), le colture foraggere (376.573 ha) e i cereali (305.871 ha) rappresentano i principali orientamenti produttivi del biologico. Relativamente agli allevamenti animali, il pollame (2.903.532 capi) e gli ovini (736.502 capi) sono le tipologie zootecniche maggiormente presenti.

# CONSUMO DI SUOLO

Giovanni Finocchiaro, Marco Di Leginio  
ISPRA

## Messaggi chiave:

Per consumo di suolo si intende il suolo consumato a seguito di una variazione di copertura: da una copertura non artificiale a ad una artificiale. Più di 23.000 km<sup>2</sup> del territorio nazionale risultano ormai persi con loro i rispettivi servizi ecosistemici. Il fenomeno appare in crescita, ma con un sensibile rallentamento nella velocità di trasformazione, a causa probabilmente della attuale congiuntura economica.

## Messaggi in pillole

Il consumo di suolo in Italia continua a crescere, pur segnando un importante rallentamento negli ultimi

anni: tra il 2016 e il 2017 le nuove coperture artificiali hanno riguardato circa 5.400 ettari di territorio, ovvero in media poco più di 14 ettari al giorno: circa 2 m<sup>2</sup> di suolo sono stati persi irreversibilmente ogni secondo. Dopo aver toccato anche gli 8 m<sup>2</sup> al secondo degli anni 2000 e il rallentamento iniziato nel periodo 2008-2013 (tra i 6 e i 7 m<sup>2</sup> al secondo), il consumo di suolo si è consolidato negli ultimi tre anni, con una velocità ridotta di consumo di suolo. Il fenomeno appare, quindi, ancora in crescita, ma con un sensibile rallentamento nella velocità di trasformazione, probabilmente dovuto alla attuale congiuntura economica più che a una reale aumentata sensibilità ambientale verso le problematiche della conservazione del suolo e della sua funzionalità.

### Suolo consumato a livello nazionale. Anno 2017



**7,65%** di suolo perduto  
pari a poco più di 23.000 km<sup>2</sup>

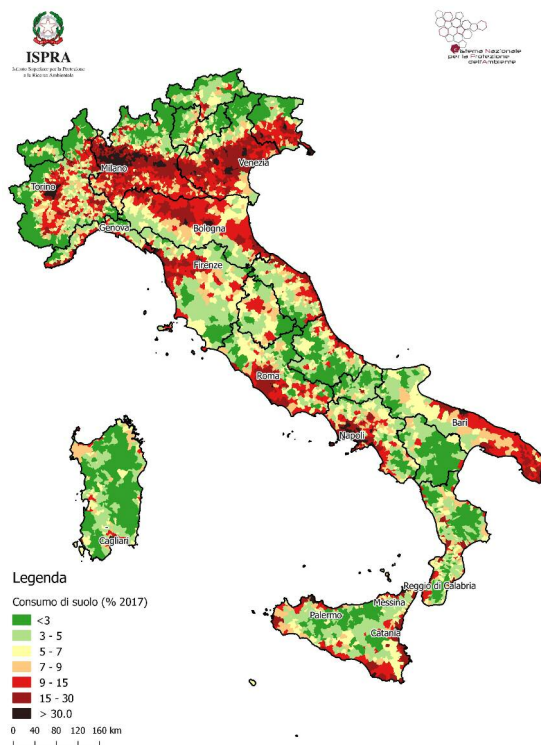


**5.400** ettari  
di territorio consumato  
tra il 2016 e il 2017



poco più di **14** ettari  
persi al giorno (media)

## Percentuale di consumo di suolo a livello comunale (2017)



Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

In termini assoluti, in Italia sono oggi irreversibilmente persi circa 23.000 km<sup>2</sup> di suolo. Prendendo in esame le ripartizioni geografiche del territorio italiano, i valori percentuali più elevati si registrano al Nord. Il Veneto, la Lombardia e la Campania hanno ormai superato il 10% di superficie impermeabilizzata con un sensibile incremento, in termini di ettari consumati tra il 2016

ed il 2017, registrato soprattutto in Veneto.

I risultati evidenziano un consumo soprattutto reversibile, essendo più del 60% dei cambiamenti interessato da cantieri e altre aree in terra battuta che in buona parte saranno probabilmente convertiti in consumo di suolo permanente nei prossimi anni.

# INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI D'ITALIA (IFFI)

Paola Sestili, Alessandro Trigila, Carla Iadanza  
ISPRA

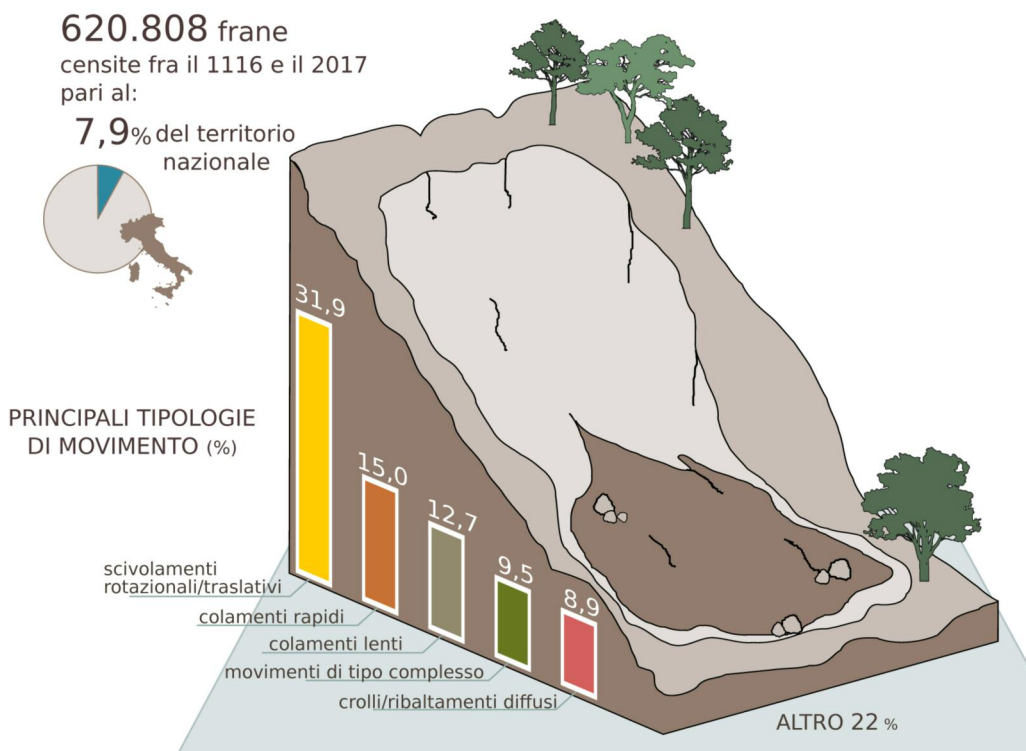
## Messaggi chiave:

La maggior parte dei fenomeni franosi presenta delle riattivazioni nel tempo: periodi di quiescenza di durata pluriennale o plurisecolare si alternano, soprattutto in occasione di eventi pluviometrici intensi, a periodi di ri-mobilizzazioni.

## Messaggi in pillole

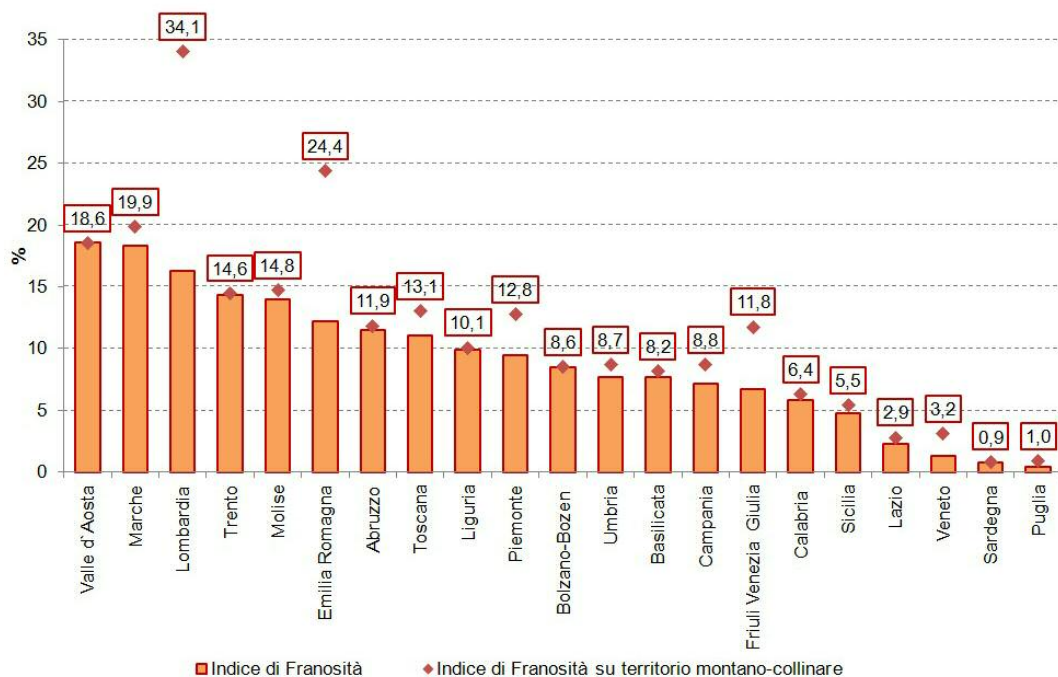
In Italia sono state censite 620.808 frane (periodo di riferimento 1116-2017) che interessano un'area di circa 23.700 km<sup>2</sup>, pari al 7,9% del territorio nazionale. Le tipologie di movimento più frequenti, classificate in base al tipo di movimento prevalente, sono gli scivolamenti rotazionali/traslativi (31,9%), i colamenti rapidi (14,9%), i colamenti lenti (12,7%), i movimenti di tipo complesso (9,5%) e le aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi (8,9%).

## Fenomeni franosi in Italia. Anno 2017





## Indici di franosità



Fonte: ISPRA

L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI), realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province autonome, fornisce un quadro sulla distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio italiano e sui più importanti parametri ad essi associati. Fino ad oggi il progetto ha censito 620.808 (periodo di riferimento 1116-2017) fenomeni franosi che fanno dell'Italia il paese europeo maggiormente interessato da tale fenomeno. Le frane sono estremamente diffuse a causa delle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio italiano, che è per il 75% montano-collinare. I fattori più importanti per l'innescio dei fenomeni di instabilità sono le precipita-

zioni brevi ed intense e quelle persistenti. Invece, i fattori antropici assumono un ruolo sempre più determinante tra le cause predisponenti, con azioni sia dirette, quali tagli stradali, scavi, sovraccarichi dovuti a edifici, sia indirette quali ad esempio la mancata manutenzione del territorio e delle opere di difesa del suolo. A livello regionale, l'indice di franosità (rapporto tra area in frana e area totale regionale) varia tra lo 0,4% della Puglia e il 18,6% della Valle D'Aosta, mentre l'indice di franosità su territorio montano-collinare (rapporto tra area in frana e area montano collinare) tra lo 0,9% della Sardegna e il 34,1% della Lombardia).

# INDICE DI QUALITÀ STATO CHIMICO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Silvia Iaccarino, Serena Bernabei, Giancarlo De Gironimo, Francesca Piva  
ISPRA

## Messaggi chiave:

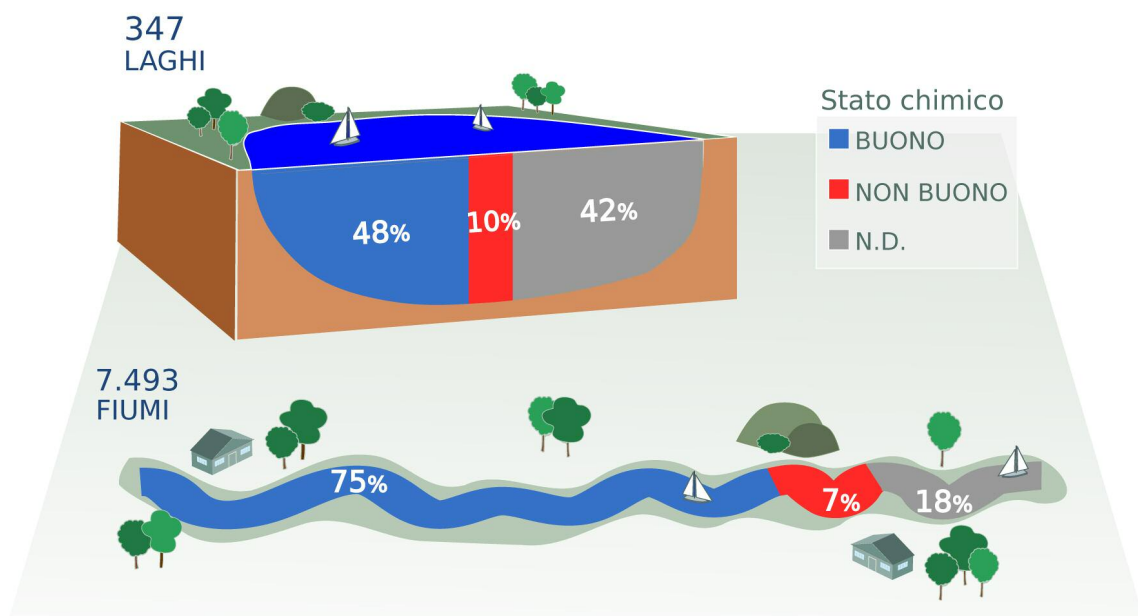
Per la definizione dello “stato chimico” è stata predisposta a livello comunitario una lista di sostanze inquinanti, indicate come “prioritarie” e “pericolose prioritarie” con i relativi Standard di Qualità Ambientale (SQA). Gli SQA rappresentano i valori di concentrazione che per le sostanze inquinanti della lista non devono essere superati nei corpi idrici (acque, sedimenti, biota) ai fini della classificazione del “buono stato chimico”.

## Messaggi in pillole

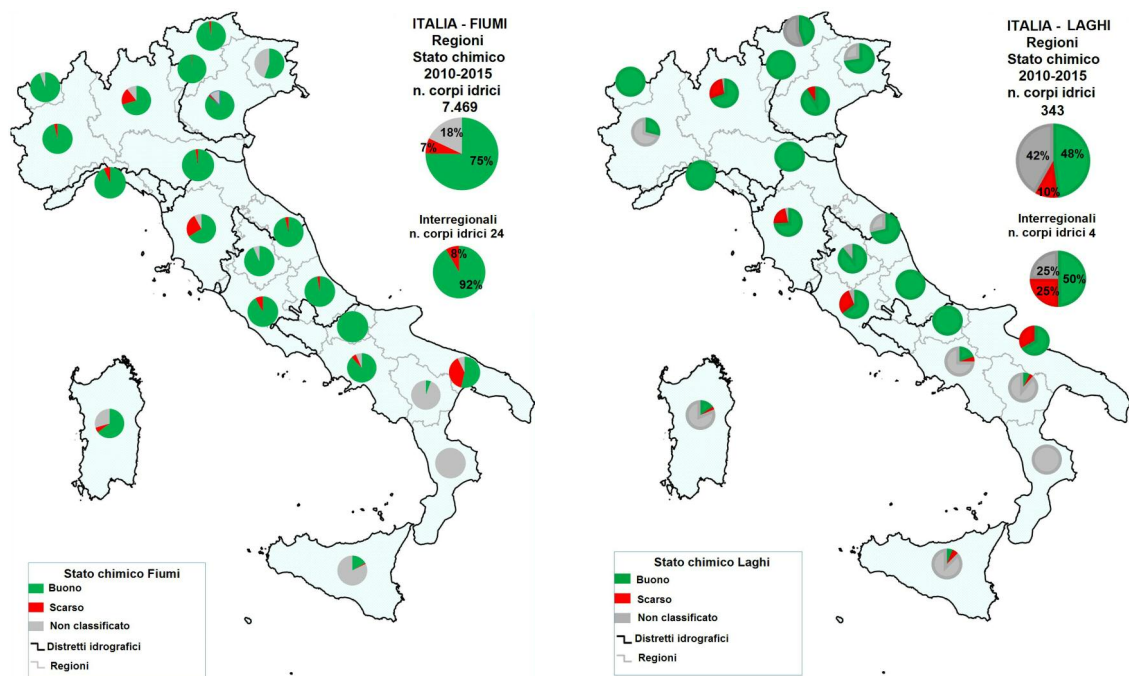
Sulla base dei dati trasmessi nel 2016 in Europa, attraverso il *Water Information System for Europe* - WISE, negli otto distretti idrografici nazionali, i corpi idrici superficiali interni identificati sono 7.840, di cui 7.493 fiumi e 347 laghi.

A livello nazionale, il 75% dei fiumi è in uno stato buono, il 7% non buono e il 18% non è stato classificato. Per i laghi, l'obiettivo di qualità è raggiunto nel 48% dei corpi idrici.

## Indice di qualità stato chimico delle acque superficiali



## Indice di qualità stato chimico dei fiumi e dei laghi (2010-2015)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati *Water Information System for Europe* - WISE, Reporting WFD, trasmessi da Autorità distrettuali e Regioni

La maggior parte dei distretti presenta una percentuale di corpi idrici fluviali in stato buono che varia dal 65% della Sardegna al 94% dell'Appennino Centrale. Nei distretti Appennino Meridionale e Sicilia invece, è in uno stato buono rispettivamente solo il 37% e il 16% dei corpi idrici, con percentuali ragguardevoli di corpi idrici non classificati in entrambi i distretti (59% e 83% rispettivamente). Analizzando lo stato chimico a livello regionale, i corpi idrici fluviali sono 7.469 (sono esclusi i 24 interregionali). Le regioni che hanno una percentuale di corpi idrici in stato buono superiore al 90% sono Piemonte, Valle d'Aosta, Liguria, Emilia-Romagna, Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo e le province autonome di Trento e Bolzano. Il Molise presenta il 100% dei corpi

idrici che raggiungono l'obiettivo di qualità. Le più alte percentuali di corpi idrici non classificati si rilevano in Calabria (100%), Basilicata (94%), Sicilia (82%) e Friuli-Venezia Giulia (44%).

È da evidenziare l'alta percentuale dei corpi idrici lacustri non classificati (42%, a livello nazionale): la classificazione è particolarmente scarsa nei distretti Appennino Meridionale, Sicilia e Sardegna. A livello regionale, la Valle d'Aosta, Liguria, Emilia-Romagna, Abruzzo, Molise e la provincia di Bolzano registrano il 100% dei corpi idrici lacustri in stato buono. Le più alte percentuali di corpi idrici non classificati si trovano in Calabria (100%), Basilicata (89%), Campania (75%) e Piemonte (71%).

# INDICE DI QUALITÀ STATO ECOLOGICO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Silvia Iaccarino, Serena Bernabei, Giancarlo De Gironimo, Francesca Piva  
ISPRA

## Messaggi chiave:

L'obiettivo di qualità ecologica stabilito dalla Direttiva 2000/60/CE è inteso come la capacità del corpo idrico di supportare comunità animali e vegetali ben strutturate e bilanciate, quali strumenti biologici fondamentali per sostenere i processi autodepurativi delle acque.

## Messaggi in pillole

Sulla base dei dati trasmessi nel 2016 in Europa, attraverso il Water Information System for Europe - WISE, negli otto distretti idrografici nazionali, i corpi idrici superficiali interni identificati sono 7.840, di cui 7.493 fiumi e 347 laghi.

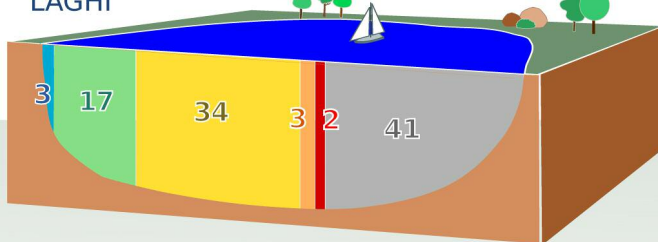
A livello nazionale, il 43% dei fiumi raggiunge l'obiettivo di qualità (38% buono e 5% elevato), il 41% è al disotto, mentre il 16% non è stato classificato. Per i laghi, solo il 20% raggiunge l'obiettivo di qualità (17% buono e 3% elevato), mentre il 39% è di qualità inferiore.

## Indice di qualità stato ecologico delle acque superficiali

### Stato ecologico

- ELEVATO
- BUONO
- SUFFICIENTE
- SCARSO
- CATTIVO
- N.D.

347  
LAGHI

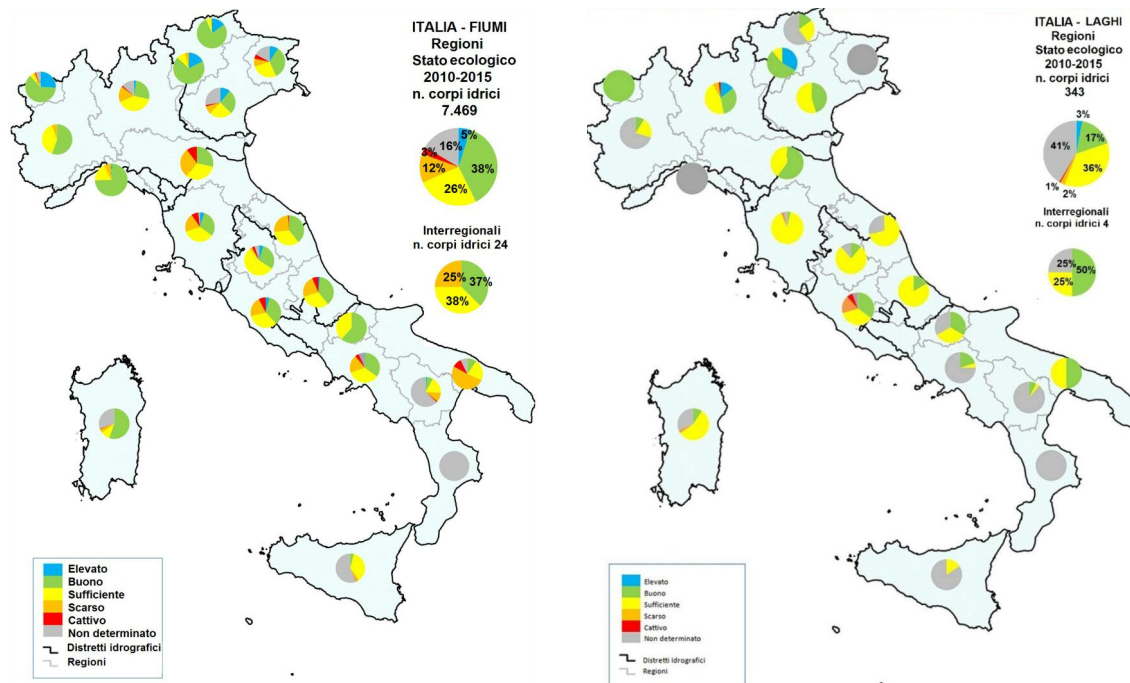


7.493  
FIUMI



valori espressi in %

## Indice di qualità stato ecologico dei fiumi e dei laghi (2010-2015)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati *Water Information System for Europe* - WISE, Reporting WFD. Dati trasmessi da Autorità Distrettuali e

Per i distretti Alpi Orientali, Serchio e Sardegna, l'obiettivo di qualità è raggiunto in oltre il 50% dei fiumi. Percentuali ragguardevoli di corpi idrici non classificati si rilevano nei distretti Sicilia, Appennino Meridionale e Sardegna (56%, 55%, 30% rispettivamente).

A livello regionale, per la qualità ecologica dei fiumi sono stati esclusi dalle elaborazioni i 24 corpi idrici interregionali, appartenenti tutti al Distretto Padano ma non attribuibili alle regioni che ne fanno parte. Il totale, quindi, dei corpi idrici fluviali, a livello regionale, è di 7.469. La più alta percentuale di raggiungimento dell'obiettivo di qualità buono si registra nella provincia di Bolzano (94%), in Valle d'Aosta (88%), nella provincia di

Trento (86%) e in Liguria (75%), mentre percentuali elevate di corpi idrici non monitorati si riscontrano in Calabria (100%), Basilicata (63%) e Sicilia (56%).

Per quanto riguarda i corpi idrici lacustri è preponderante, in quasi tutti i distretti, lo stato di qualità sufficiente. Da segnalare il 41% dei laghi non classificati: le percentuali più elevate sono nei distretti Sicilia e Appennino Meridionale (rispettivamente 84% e 73%). A livello regionale, il raggiungimento dell'obiettivo di qualità buono si registra soprattutto in Valle d'Aosta (100%), seguita dalla provincia di Bolzano (89%) e dall'Emilia-Romagna (60%). Il Friuli-Venezia Giulia, la Liguria e la Calabria presentano il 100% dei corpi idrici non classificati.

# INDICE DI QUALITÀ STATO CHIMICO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Silvia Iaccarino<sup>1</sup>, Marilena Insolubile<sup>1</sup>, Giancarlo De Gironimo<sup>1</sup>, Francesca Piva<sup>1</sup>, Marco Marcaccio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ISPRA, <sup>2</sup>ARPAE Emilia-Romagna

## Messaggi chiave:

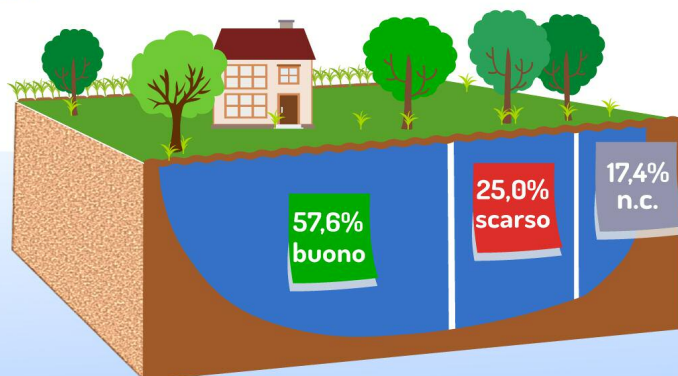
L'indice di stato chimico delle acque sotterranee (SCAS) è definito sulla base della presenza nei corpi idrici di sostanze chimiche contaminanti (D.Lgs. 30/09) derivanti dalle attività antropiche; insieme allo stato quantitativo (disponibilità della risorsa idrica), permette la definizione dello stato complessivo del corpo idrico.

## Messaggi in pillole

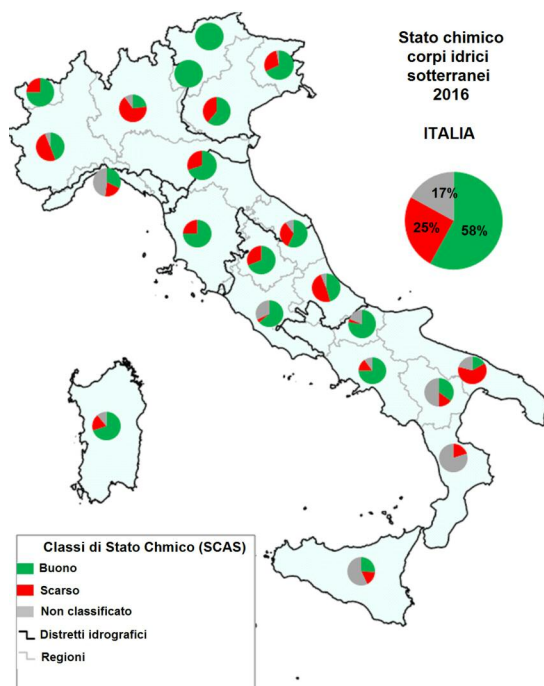
A livello nazionale sono stati classificati 869 corpi idrici rispetto ai 1.052 totali (copertura del 82,6%); in termini di superficie, i corpi idrici classificati equivalgono a 245.827 km<sup>2</sup>, che corrisponde a una copertura del 92,1% (totale 267.017 km<sup>2</sup>). La dimensione media dei corpi idrici sotterranei è pari a 254 km<sup>2</sup>. Lo stato chimico del 57,6% dei corpi idrici sotterranei è in classe buono, il 25,0% in classe scarso e il restante 17,4% non è ancora classificato.

## Indice di qualità stato chimico delle acque sotterranee

869 corpi idrici classificati  
82,6% del totale



## Indice SCAS per Distretto idrografico, numero e superficie dei corpi idrici sotterranei (2010-2015)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati WFD 2000/60/CE, Reporting 2016

Nel Distretto del Serchio (ITD) tutti gli 11 corpi idrici sono classificati e nel distretto Alpi Orientali (ITA) un solo corpo idrico non è classificato su 118 totali. I distretti Alpi Orientali e Serchio presentano il maggiore numero di corpi idrici nello stato buono, anche se in termini di superficie è il distretto Sardegna (ITG) a raggiungere la massima percentuale (86,7%) di corpi idrici nello stato buono. Nel Distretto Padano (ITB) si riscontra la maggiore incidenza dello stato chimico scarso, sia come numero di corpi idrici (26,3%), sia come superficie (49,2%).

A livello regionale, in Liguria, Basilicata e Sicilia circa il 50% dei corpi idrici sotterranei non è stato ancora classificato; in Calabria il valore raggiunge l'80%. In Lombardia si rileva la più alta percentuale dei corpi idrici sotterranei in classe "scarso" (67%), seguita dalla Puglia (62%), Piemonte (50%) e Abruzzo (48%). Le province autonome Trento e Bolzano, invece, hanno tutti i corpi idrici in classe "buono"; valori elevati si riscontrano anche in Molise (78%), Valle d'Aosta, Toscana e Campania (75%).



# STATO ECOLOGICO DELLE ACQUE MARINO COSTIERE

Silvia Iaccarino, Marina Penna

ISPRA

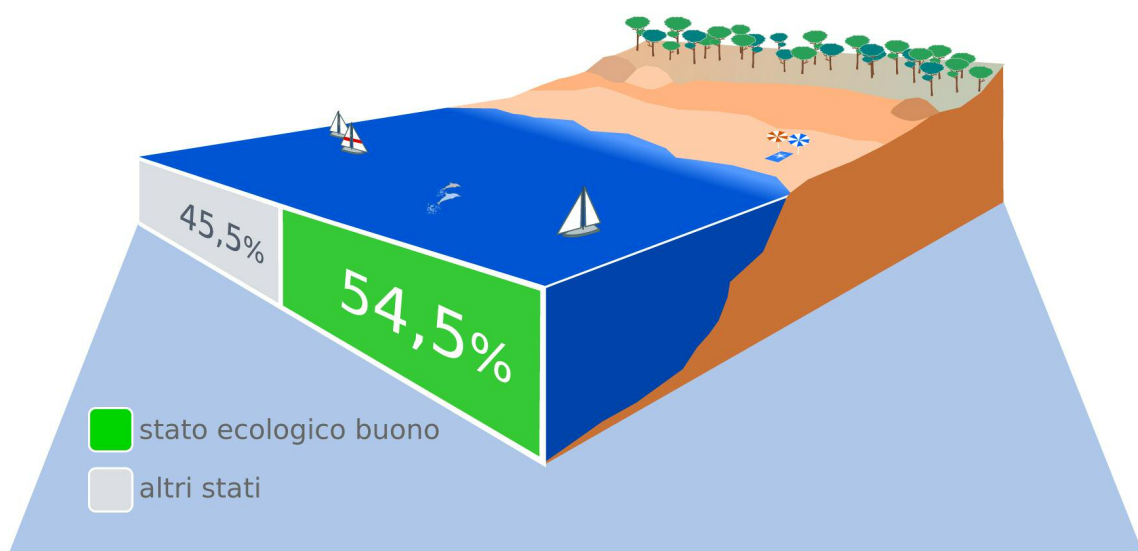
## Messaggi chiave:

La definizione dello stato ecologico 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. Lo stato ecologico è descritto attraverso cinque classi di qualità: Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso e Cattivo. Permette di verificare l'efficacia dei programmi di misure per il contenimento delle pressioni messe in campo dalle Amministrazioni competenti e il raggiungimento degli obiettivi fissati dalla normativa.

## Messaggi in pillole

A livello nazionale più del 50% dei corpi idrici marino costieri (54,5%) è in buono Stato Ecologico e i Distretti delle Alpi orientali, dell'Appennino Centrale e della Sardegna presentano un numero di corpi idrici in stato buono maggiore o uguale all'80%. Tuttavia, paragonando i singoli Distretti si osserva una certa disomogeneità, che si esprime sia a livello di numero di corpi idrici identificati per Distretto, sia per classificazione ecologica.

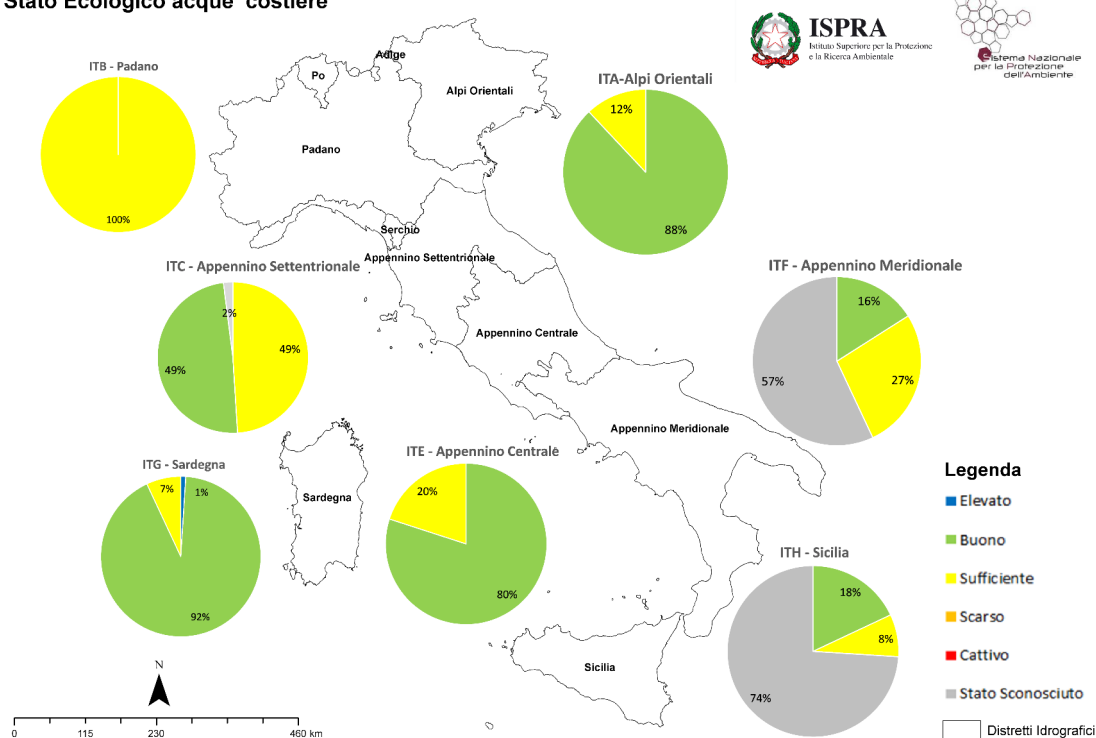
## Acque marino costiere: stato ecologico





## Stato ecologico dei corpi idrici marino costieri italiani per Distretto idrografico (2010-2016)

### Stato Ecologico acque costiere



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del Reporting II RMBP fornito dalle Autorità di Bacino

Nel distretto Alpi Orientali (25 corpi idrici) l'88% dei corpi idrici marino costieri si trova in uno stato ecologico buono, a fronte del restante 12% il cui stato è sufficiente. Nel distretto Padano (2 corpi idrici) il 100% dei corpi idrici è in stato ecologico sufficiente. L'Appennino Centrale (25 corpi idrici) presenta una situazione confrontabile con quella del distretto Alpi Orientali, con l'80% dei corpi idrici in stato buono e il 20% in stato sufficiente. Nel distretto

dell'Appennino Settentrionale, il 49% dei corpi idrici, su un totale di 51, si trova nello stato buono e nello stato sufficiente. Nei distretti Appennino Meridionale (176 corpi idrici) e Sicilia (65 corpi idrici), la percentuale di corpi idrici non classificati è elevata (il 57% e il 74%, rispettivamente). Infine, nel distretto della Sardegna (217 corpi idrici) lo stato ecologico è buono nel 92% dei corpi idrici, sufficiente nel 7% ed elevato nell'1%.

# PRODUZIONE RIFIUTI URBANI

Cristina Frizza, Andrea Lanz  
ISPRA

## Messaggi chiave:

Ai sensi della normativa vigente sono definiti rifiuti urbani (articolo 184 del d.lgs. n. 152/2006):

- a) i rifiuti domestici, anche ingombranti, provenienti da locali e luoghi adibiti ad uso di civile abitazione;
  - b) i rifiuti non pericolosi provenienti da locali e luoghi adibiti ad usi diversi da quelli di cui alla lettera precedente, assimilati ai rifiuti urbani per qualità e quantità;
  - c) i rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade;
  - d) i rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade ed aree private comunque soggette ad uso pubblico o sulle spiagge marittime e lacuali e sulle rive dei corsi d'acqua;
  - e) i rifiuti vegetali provenienti da aree verdi, quali giardini, parchi e aree cimiteriali;
  - f) i rifiuti provenienti da esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriale diversi da quelli di cui alle precedenti lettere b), c) ed e).
- Lo Stato, le Regioni le Province e i Comuni, ciascuno secondo le proprie competenze, contribuiscono alla pia-

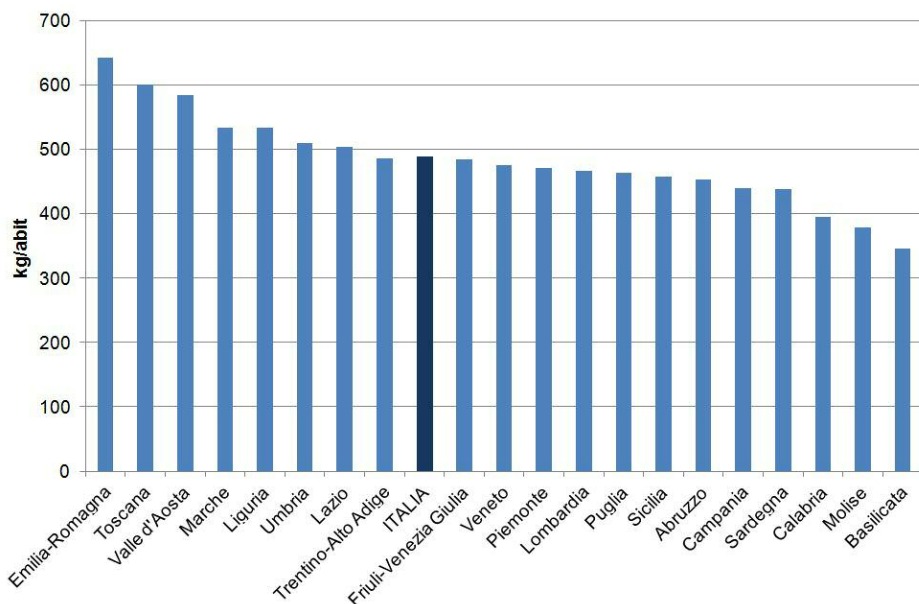
nificazione, organizzazione e attuazione del ciclo di gestione dei rifiuti urbani.

## Messaggi in pillole

Nel 2017, la produzione nazionale dei rifiuti urbani si attesta a 29,6 milioni di tonnellate, facendo rilevare una riduzione dell'1,8% rispetto al 2016 (-534 mila tonnellate). Dopo l'aumento riscontrato tra il 2015 e il 2016, sul quale aveva peraltro anche influito il cambiamento della metodologia di calcolo (inclusione nella quota degli RU dei rifiuti inerti derivanti da piccoli interventi di manutenzione delle abitazioni), si rileva dunque una nuova contrazione della produzione. Tra il 2006 e il 2010 la produzione si è mantenuta costantemente al di sopra dei 32 milioni di tonnellate, attestandosi successivamente, a seguito del brusco calo del biennio 2011-2012 (concomitante con la contrazione dei valori del prodotto interno lordo e dei consumi delle famiglie), su valori quasi sempre inferiori a 30 milioni di tonnellate (solo nel 2016 il quantitativo si è collocato al di sopra di tale soglia).



## Produzione *pro capite* dei rifiuti urbani (2017)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del Reporting II RMBP fornito dalle Autorità di Bacino

I maggiori valori di produzione *pro capite*, con 642 chilogrammi per abitante per anno, si rilevano per l'Emilia-Romagna, il cui dato risulta comunque in calo dell'1,7% rispetto al 2016. Segue la Toscana, il cui *pro capite* si attesta a 600 kg per abitante per anno con (- 2,6% rispetto al 2016). Le regioni con un *pro capite* superiore a quello medio nazionale (489 kg per abitante per anno) sono complessivamente 8: alle 2 sopra citate si aggiungono Valle d'Aosta, Marche, Liguria, Umbria, Lazio e Trentino Alto Adige. Quest'ultima, in ogni caso, si attesta a un valore inferiore ai 500 chilogrammi per abitante per anno.

Analogamente ai precedenti anni, i minori valori di produzione *pro capite* si registrano, nel 2017, per la Basilicata (346 kg per abitante per anno), per il Molise (378

kg per abitante per anno) e per la Calabria (395 kg per abitante per anno).

Va rilevato che il valore di produzione *pro capite* è calcolato in rapporto al numero degli abitanti residenti nel territorio di riferimento e non tiene, pertanto, conto della cosiddetta popolazione fluttuante (legata, ad esempio, ai flussi turistici), che può invece incidere, anche in maniera sostanziale, sul dato di produzione assoluta dei rifiuti urbani e far, pertanto, lievitare il valore di produzione *pro capite*. Parimenti, tale valore può essere influenzato dalla cosiddetta assimilazione che porta a computare, nell'ammontare complessivo dei rifiuti urbani annualmente prodotto, anche rifiuti derivanti da attività artigianali, commerciali e di servizio facenti parte del tessuto urbano.

# RACCOLTA DIFFERENZIATA

Cristina Frizza, Andrea Lanz  
ISPRA

## Messaggi chiave:

Nella gestione dei rifiuti, la raccolta differenziata indica un sistema di raccolta dei rifiuti che prevede una prima differenziazione da parte dei cittadini. Il fine è dunque la separazione dei rifiuti all'origine in modo tale da indirizzare ciascuna tipologia di rifiuto differenziato verso un idoneo trattamento, che deve essere 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.

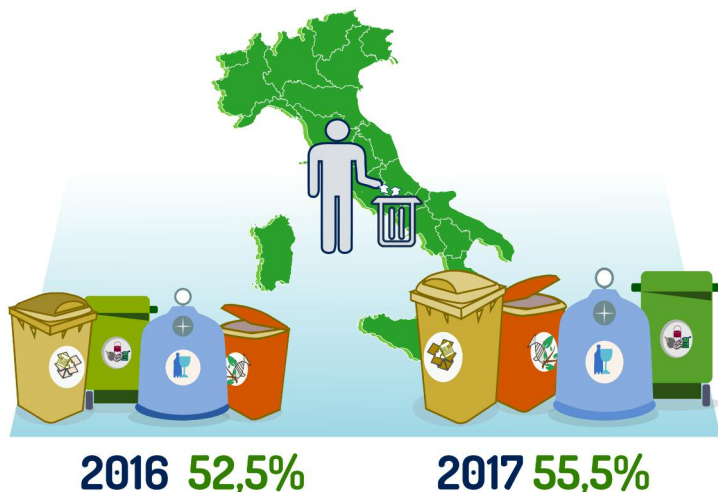
La direttiva quadro sui rifiuti 2008/98/CE affianca agli obiettivi di raccolta previsti dalla normativa italiana target di preparazione per il riutilizzo e riciclaggio. Nel caso dei rifiuti urbani, la direttiva quadro prevede che, entro il 2020, la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio di rifiuti, quali, come minimo, carta, metalli, plastica e vetro provenienti dai nuclei domestici e, possibilmente, di altra origine, nella misura in cui tali flussi di rifiuti siano simili a quelli domestici, siano aumentati complessi-

vamente almeno al 50% in termini di peso.

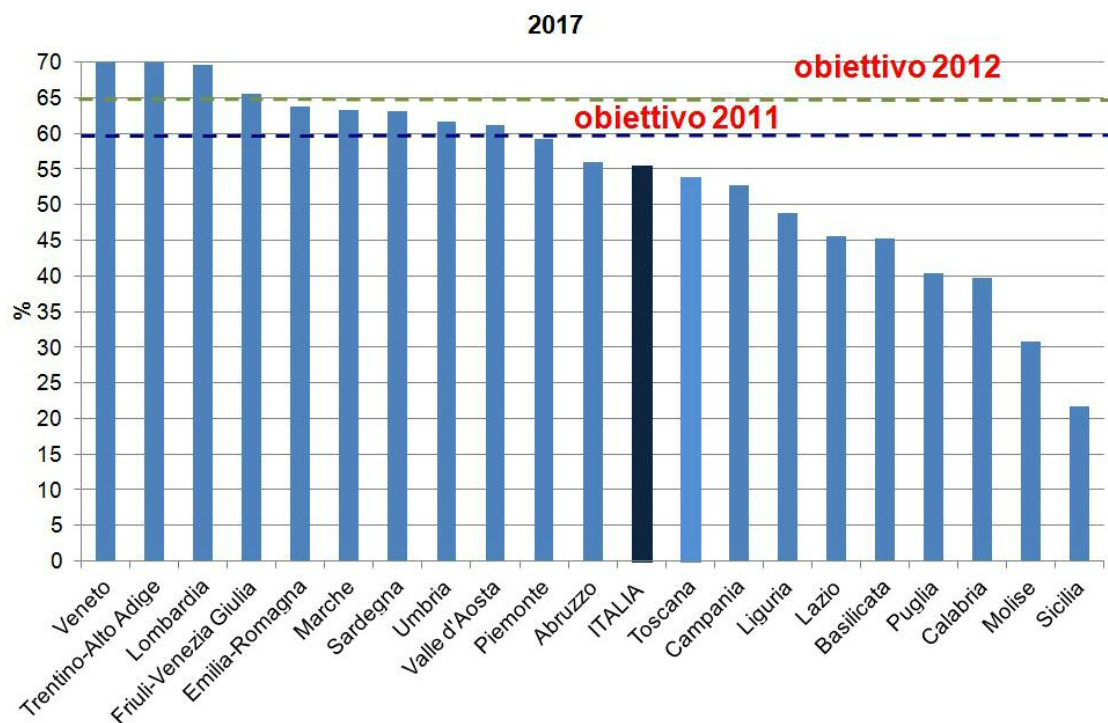
La direttiva quadro è stata ampiamente modificata dalla direttiva 2018/851/UE, che ha aggiunto ulteriori obiettivi per la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio, da conseguirsi entro il 2025 (55%), 2030 (60%) e 2035 (65%).

## Messaggi in pillole

Nel 2017, la percentuale di raccolta differenziata, determinata secondo la metodologia prevista dal DM 26 maggio 2016, è pari al 55,5% della produzione nazionale. In valore assoluto, la raccolta differenziata si attesta a circa 16,4 milioni di tonnellate, aumentando di poco più di 600 mila tonnellate rispetto al 2016. Un contributo rilevante all'aumento della percentuale è, quindi, ascrivibile alla riduzione della produzione del rifiuto urbano indifferenziato, -1,1 milioni di tonnellate tra il 2016 e il 2017. Si segnala che il dato di raccolta differenziata ricomprende, laddove disponibili, i quantitativi di rifiuti organici destinati a compostaggio domestico, pari, nel 2017, a poco meno di 270 mila tonnellate.



# Percentuale di raccolta differenziata dei rifiuti urbani (2017)



Fonte: ISPRA

Nel 2017, la più alta percentuale di raccolta differenziata è conseguita dalla regione Veneto, con il 73,6%, seguita da Trentino Alto Adige, con il 71,6%, Lombardia, con il 69,6% e Friuli Venezia Giulia, con il 65,5%. Tutte queste regioni superano, pertanto, l'obiettivo del 65% fissato dalla normativa per il 2012.

Si collocano al di sopra del 60% di raccolta differenziata l'Emilia-Romagna (63,8%), le Marche (63,2%), la Sardegna (63,1%), l'Umbria (61,7%) e la Valle d'Aosta (61,1%), e al di sopra del 55% (valore medio nazionale) il Piemonte (59,3%) e l'Abruzzo (56%). Toscana e Campania fanno rilevare percentuali di raccolta rispettivamente pari al 53,9% e 52,8%. Nel complesso, pertanto, sono

13 le regioni che raccolgono in maniera differenziata oltre la metà dei rifiuti urbani annualmente prodotti. La Liguria fa registrare una percentuale del 48,8%, il Lazio del 45,5% e la Basilicata, con una crescita di oltre 6 punti rispetto al 2016, del 45,3%. Superiore al 40% è la percentuale della Puglia (40,4%, +6 punti rispetto al precedente anno) e prossima a tale valore quella della Calabria (39,7%, +6,4 punti). Il Molise supera per la prima volta la soglia del 30%, attestandosi al 30,7%, e la Sicilia quella del 20%, con un tasso di raccolta del 21,7%. Per quest'ultima regione, le cui percentuali sono ancora lontane dagli obiettivi della normativa, si rileva una crescita di 6,3 punti rispetto alla percentuale del 2016 (15,4%).

# SUPERAMENTI DEI VALORI DI RIFERIMENTO NORMATIVO PER CAMPI Elettromagnetici GENERATI DA IMPIANTI PER Radiotelecomunicazione ED Elettrodotti, AZIONI DI RISANAMENTO

Maria Logorelli  
ISPRA

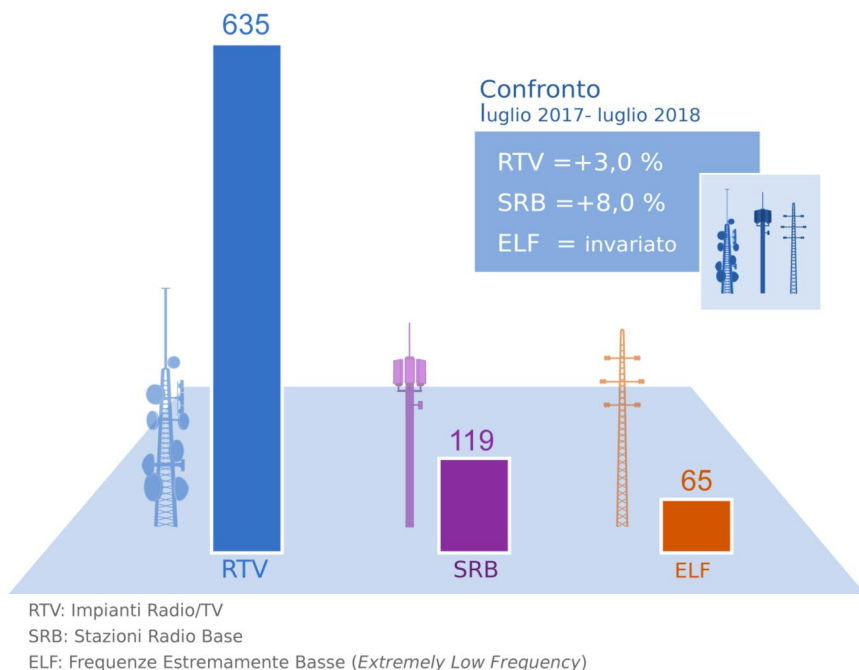
## Messaggi chiave:

Le sorgenti di campo elettromagnetico che presentano delle criticità sono gli impianti radiotelevisivi (RTV), le stazioni radio base per telefonia mobile (SRB) e gli elettrodotti (ELF). La legge quadro n.36/2001 e i relativi decreti attuativi, oltre a introdurre valori limite estremamente cautelativi rispetto allo scenario internazionale, allarga gli obiettivi di tutela, salvaguardando, oltre la salute umana, l'ambiente e il paesaggio.

## Messaggi in pillole

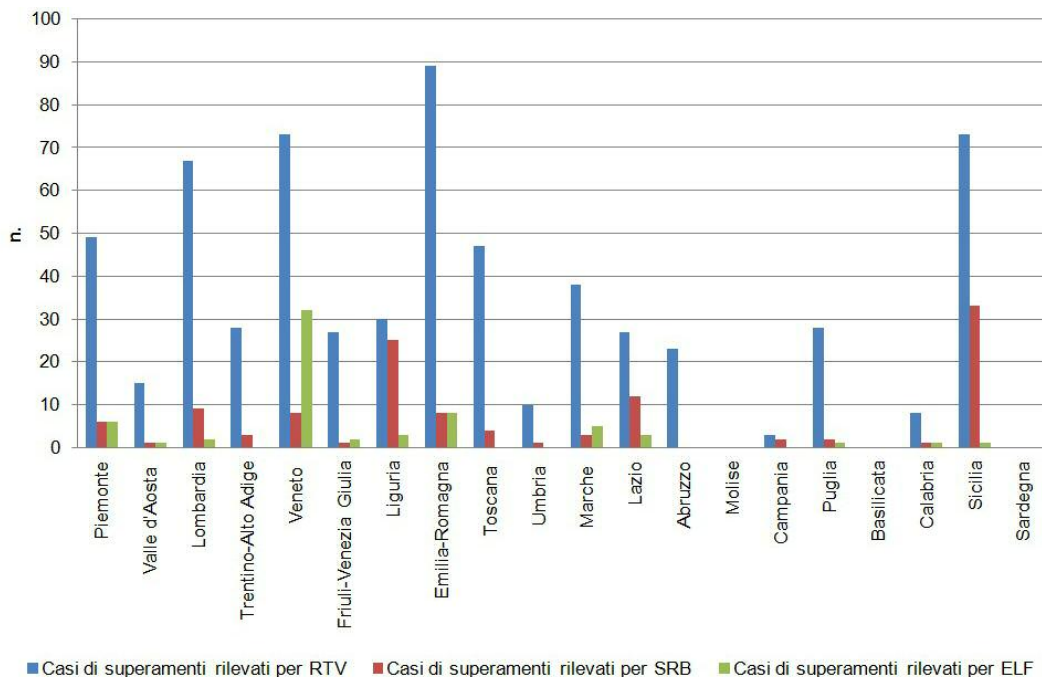
A livello nazionale, i casi di superamento dei limiti normativi registrati nel corso dell'attività di controllo effettuata dalle Agenzie, tra il 1999 e luglio 2018, sono stati: 635 per gli impianti RTV, 119 per le stazioni SRB e 65 per gli elettrodotti ELF. Tra luglio 2017 e luglio 2018, i casi di superamento dei limiti di legge sono aumentati sia per gli impianti RTV (+ 3%), sia per le SRB (+8%), mentre per le sorgenti ELF risultano sostanzialmente invariati (tale valutazione è riferita a 13 regioni che hanno fornito il dato sia per il 2017 che per il 2018)

## Superamenti dei limiti normativi registrati nel corso delle attività di controllo. Anni 1999-luglio 2018



## SUPERAMENTI DEI VALORI DI RIFERIMENTO NORMATIVO PER CAMPI Elettromagnetici GENERATI DA IMPIANTI PER Radiotelecomunicazione ED Elettrodotti, AZIONI DI RISANAMENTO

**Numero di casi di superamento dei limiti normativi generati da impianti di radio telecomunicazione ed elettrodotti (1999-luglio 2018)**



Note: Per le regioni Molise, Basilicata e Sardegna il dato non è disponibile per l'intera serie storica; Per la Campania il dato non copre l'intero arco temporale considerato; Per l'Abruzzo il dato è disponibile solo per gli impianti RTV.

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA (Osservatorio CEM)

I casi di superamento dei limiti di legge, a luglio 2018 rispetto all'anno precedente, sono aumentati sia per gli impianti RTV (+3%), sia per le SRB (+8%), mentre per le sorgenti ELF risultano sostanzialmente invariati. La percentuale dei casi risanati sul totale varia dal 60%, per gli impianti RTV, al 71%, per gli impianti ELF, fino al 79%, per le SRB; la differenza nasce dalla complessità del processo di risanamento (coinvolgimento di più impianti, difficoltà nel mantenimento della stessa qualità del servizio di cui agli atti di concessione) per gli impianti RTV e dalla mancanza, per gli elettro-

dotti, del decreto attuativo della Legge 36/2001 (art.4, c.4) che disciplina i criteri di elaborazione dei piani di risanamento. Il numero di superamenti rilevati in ciascuna regione/provincia autonoma dipende principalmente dai criteri di priorità alla base della pianificazione dell'attività di controllo e dalla pressione sociale a livello locale per le diverse tipologie di sorgenti. Ciò che emerge dal grafico, è che in tutte le regioni/province le maggiori criticità, in termini di superamento del valore limite, riguardano soprattutto gli impianti RTV rispetto alle SRB.

# SORGENTI DI RUMORE CONTROLLATE E PERCENTUALE PER CUI SI È RISCONTRATO ALMENO UN SUPERAMENTO DEI LIMITI

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 47/95 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

Le sorgenti maggiormente controllate risultano, anche per il 2017, le attività di servizio e/o commerciali (54,9%), seguite dalle attività produttive (29,7%). Tra le infrastrutture di trasporto, che rappresentano l'8,5% delle sorgenti controllate, quelle stradali rimangono le sorgenti più controllate (6,2% sul totale delle sorgenti controllate).

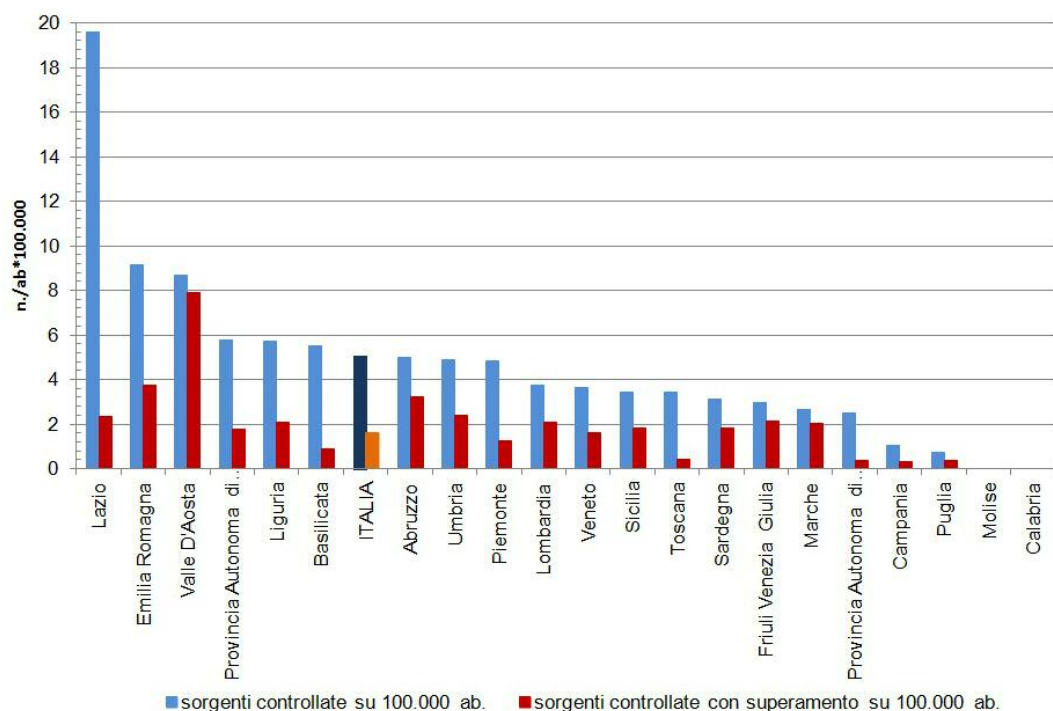
## Sorgenti di rumore maggiormente controllate. Anno 2017





## SORGENTI DI RUMORE CONTROLLATE E PERCENTUALE PER CUI SI È RISCONTRATO ALMENO UN SUPERAMENTO DEI LIMITI

Numero di sorgenti controllate e di sorgenti controllate con superamento su 100.000 abitanti (2017)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT

Nel 2017, il 32,1% delle sorgenti di rumore (attività/infrastrutture), controllate da parte delle ARPA/APPA, ha presentato almeno un superamento dei limiti normativi: l'inquinamento acustico è ancora un problema importante, nonostante la diminuzione dei superamenti rispetto agli anni passati (40,6% nel 2016, 45,6% nel 2015, 46,3% nel 2014, 43,9% nel 2013, 42,6% nel 2012 e 42,2% nel 2011).

Nel 2017, a livello nazionale, per ogni 100.000 abitanti sono state controllate 5,1 sorgenti (4,6 nel 2016) e in 1,6 sorgenti controllate sono stati riscontrati superamenti

dei limiti normativi /1,9 nel 2016). Le regioni in cui l'incidenza di sorgenti controllate è di molto superiore (più del doppio) del dato nazionale sono: il Lazio con 19,6 sorgenti controllate su 100.000 ab., seguito dall' Emilia Romagna con 9,2 e dalla Valle d'Aosta con 8,7. Le regioni in cui è stata invece riscontrata un'incidenza di sorgenti controllate di molto inferiore (meno della metà) del dato nazionale sono: Marche (2,7), Provincia di Trento (2,5), Campania (1) e Puglia (0,7). Dai dati pervenuti risulta che nel 2017 in Molise e Calabria non sono stati effettuati controlli.

# COMUNICAZIONE AMBIENTALE

Alessandra Galosi<sup>1</sup>, Marco Talluri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ISPRA, <sup>2</sup> ARPA Toscana

## Messaggi chiave:

Le principali informazioni concernenti la comunicazione e l'informazione ambientale delle Agenzie sono declinate in più dimensioni: urp, Web, *social media*, relazione con i media, prodotti editoriali di informazione ambientale e convegnistica. Tra tutti, il Web è il principale canale, tutte le Agenzie presentano sul proprio sito pubblicazioni, documenti e prodotti divulgativi.

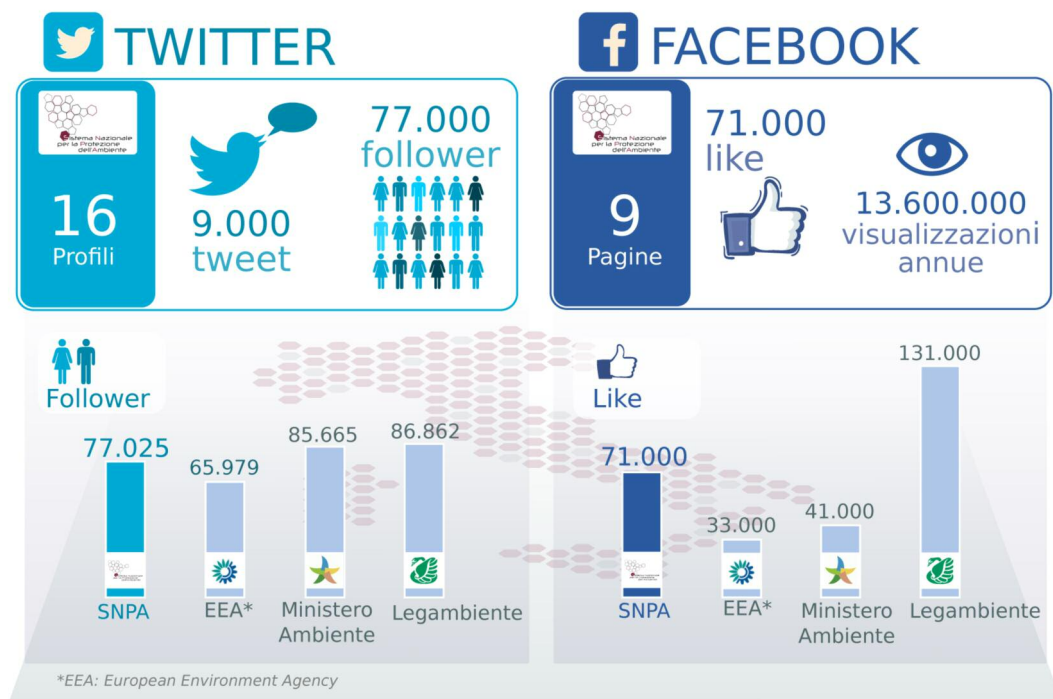
Nel 2018, si rilevano 12 milioni di visitatori nei siti Web del Sistema Nazionale per la protezione Ambientale, 921 comunicati stampa, 5.019 notizie e 250 report di informazioni ambientale pubblicati *on-line*.

## Messaggi in pillole

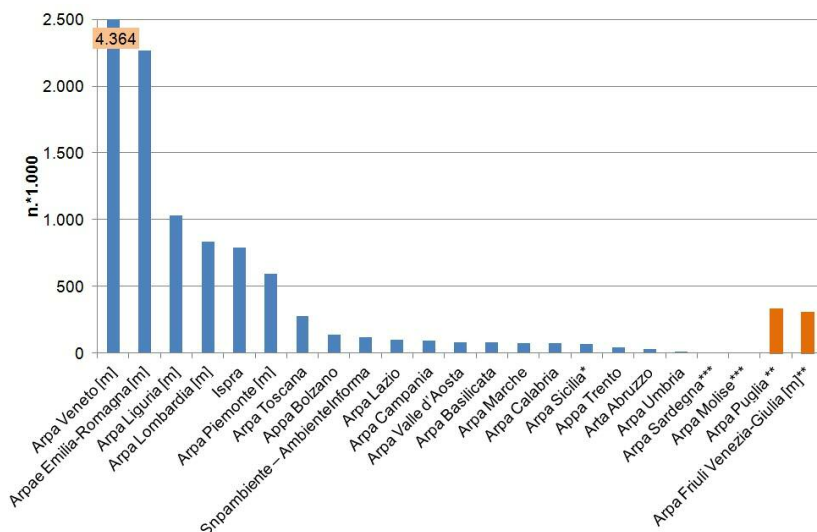
I *social media*, rappresentano attualmente il modo più immediato per comunicare e informare il vasto pubblico, pertanto è interessante notare come le 16 realtà del SNPA utilizzatrici di *Twitter* abbiano diffuso nel 2018 circa 9.000 *tweet* con 77.000 *followers* alla fine dell'anno.

Nello stesso periodo l'ISPRA e le 8 agenzie che hanno una pagina *facebook* hanno registrato quasi 71.000 "mi piace".

## SNPA e *Social media*. Anno 2018



## Numero di utenti delle componenti SNPA (2018)



Legenda:

\* = dati rilevati con Google Analytics da aprile 2018

\*\*= ARPA che usano un software per monitorare la frequentazione del sito Web differente da Google Analytics: Friuli Venezia Giulia (Adobe anal.) e Puglia (Awstats) pertanto i dati rilevati con sistemi diversi rispetto a Google analytics sono solo parzialmente confrontabili.

\*\*\*= Dato non disponibile

[m] siti nei quali sono disponibili le previsioni meteorologiche

Fonte: SNPA

Il grafico soprastante, mostra come ARPA Veneto, ARPA Emilia-Romagna, ARPA Liguria, ARPA Lombardia, ISPRA e ARPA Piemonte presentano il maggior numero di utenti Web. Ciò è attribuibile, ad eccezione dell'ISPRA, all'effetto traino delle informazioni meteo pubblicate su questi siti.

Come contributo alla diffusione della conoscenza ambientale, per una divulgazione capillare dell'informazione tutte le agenzie presentano sul sito Web pubblicazioni, documenti e prodotti divulgativi. In dettaglio, il SNPA nel 2018, diffonde *online*, circa 6.000 Notizie/Comunicati ambientali, 250 report, 15 Annuari/Relazioni/Rapporti sullo stato dell'ambiente. Oltre alla produzione e alla pubblicazione di report intertematici 11 Agenzie e l'ISPRA assicurano,

comunque, l'aggiornamento delle banche dati *online* degli indicatori ambientali accessibili agli utenti esterni. Si riscontra una notevole varietà del numero di report pubblicati, notizie e comunicati ambientali dalle diverse Agenzie.

Da tenere presente che i valori del numero dei comunicati e delle notizie ambientali registrati dalle singole Agenzie possono sensibilmente essere influenzati 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 e all'occorrenza di manifestazioni convegnistiche/fieristiche con rilevanza ambientale.



# FOCUS SINTESI

## Monitoraggio e controlli

ARPA Lazio e Dipartimento di Epidemiologia del Lazio (DEP) hanno avviato un progetto di ricerca epidemiologica, per stimare le **esposizioni della popolazione**, in ambito urbano, alle temperature elevate e all'inquinamento, mediante l'utilizzo dei dati satellitari. Con questo progetto è stato dimostrato come entrambi i fattori agiscano sinergicamente sulla salute, costituendo un problema di sanità pubblica. In merito alla valutazione della **qualità delle misure**, ISPRA ha coordinato una sperimentazione di confronti interlaboratorio con il coinvolgimento delle strutture tecniche SNPA adibite alla misura di emissioni in atmosfera presso impianti industriali. È stato sviluppato un protocollo per l'organizzazione di prove, quale strumento di valutazione "esterna" e indipendente in grado di far emergere aspetti critici nell'esecuzione di una procedura di misura e consentire l'applicazione di eventuali azioni correttive.

ARPA Piemonte nel 2013 ha avviato un progetto sulla mappatura delle coperture con presenza di amianto attraverso tecniche di telerilevamento e GIS in grado di elaborare e classificare automaticamente immagini aeree con identificazione delle **coperture di cemento-amianto**, con relative verifiche in campo. Dal 2017 è stato avviato il rilievo con droni per una più rapida e precisa identificazione dei manufatti delle coperture contenenti cemento-amianto con conseguente riduzione nel numero delle ispezioni in campo. ISPRA ha sviluppato un approccio metodologico, denominato Dr-EAM, in cui la modellistica matematica è utilizzata a supporto del monitoraggio per la quantificazione dei potenziali effetti ambientali legati alla movimentazione di **sedimenti in ambito portuale e costiero**. Con il progetto Se.D.Ri.Port. ARPA Liguria, in sinergia con ISPRA, ha te-

stato il modello Dr-EAM nell'area portuale di La Spezia, fornendo i risultati del monitoraggio fisico, chimico, biologico ed ecotossicologico delle acque portuali per l'implementazione di un modello integrato di gestione dei sedimenti.

ARPA Puglia ha progettato il *toolkit* "PhytoNumb3rs" per il supporto alla determinazione quali-quantitativa del **fitoplancton**, uno dei descrittori dello stato ecologico degli ecosistemi acquatici. *PhytoNumb3rs* rappresenta una innovazione tecnologica che contribuisce a migliorare la qualità dei dati, a ridurre l'eterogeneità e a diminuire il tempo-operatore nelle fasi di analisi e restituzione dei risultati.

Con l'obiettivo di gestire efficacemente i dati sul fitoplancton, ARPA Lazio ha progettato un database, denominato **DBFITOLAZIO**, che raccoglie informazioni provenienti da diverse stazioni di monitoraggio, con diverse frequenze di campionamento nel tempo, garantendo comparabilità e qualità dei dati. ARPA Piemonte illustra l'evoluzione della competenza interna su **attività di tarature** delle metodiche per la misura di parametri fisici che, oltre ad offrire un servizio rivolto sia all'interno che all'esterno dell'Agenzia, ha consentito la crescita della cultura metrologica nell'Agenzia e della consapevolezza sulla qualità dei dati forniti da parte degli utilizzatori di strumentazione di misura e analisi.

Il **trasporto di prodotti petroliferi** via mare ha portato ad un elevato rischio di contaminazione ambientale, dovuta sia a semplici fuoriuscite sia a incidenti rilevanti connessi con questi prodotti. Nella necessità di stabilire in maniera statisticamente certa l'origine della contaminazione, ARPA Liguria ha sviluppato metodologie analitiche chimico forensi in grado di confrontare campioni differenti e definire se essi siano contaminati dallo stesso prodotto idrocarburico.

---

## Clima

Nell'ambito del miglioramento degli strumenti di previsione degli eventi meteorologici estremi, quali precipitazioni di forte intensità a carattere temporalesco, in ARPA Liguria, da alcuni anni, si sta sviluppando un **sistema previsionale** (*Poor Man's Ensemble*) basato su diversi modelli ad area limitata, in grado di fornire una previsione probabilistica dell'evoluzione dello stato dell'atmosfera a piccola scala, con il fine di realizzare uno strumento da utilizzare a fianco dei sistemi di *ensemble* classici. Inoltre, relativamente al tema cambiamenti climatici e relativi impatti che da essi inevitabilmente derivano, al fine di impostare politiche di mitigazione delle emissioni di gas serra e di adattamento alla nuova situazione, la Regione Emilia-Romagna ha deciso l'istituzione, presso ARPAE Emilia-Romagna, di un **Osservatorio sui cambiamenti climatici** e relativi impatti. Infine, sempre nell'ambito delle attività di monitoraggio delle variazioni climatiche in atto, ISPRA ha realizzato un importante studio comparativo sulla **variazione delle temperature medie mensili**, dal 1960 ad oggi, dei **mari** italiani: Adriatico, Ionio e Tirreno.

---

## Atmosfera

Sul tema della qualità dell'aria l'attenzione e l'impegno del SNPA si sostanzia in progetti/prodotti innovativi finalizzati alla conoscenza del fenomeno e all'individuazione di efficaci misure di risanamento. Degni di nota sono: l'esperienza condotta sul **monitoraggio della qualità dell'aria**, in Valle d'Aosta, delle concentrazioni degli **inquinanti lungo il profilo verticale** (3D), spesso meno conosciuto da parte delle agenzie ambientali italiane che generalmente si basano sulle reti delle centraline a terra (2D); il progetto pilota LIFE BrennerLEC

(ARPA Trento, ARPA Bolzano), realizzato su un tratto dell'Autostrada del Brennero, avente come obiettivo la **riduzione delle emissioni** di inquinati atmosferici tramite l'implementazione di misure sperimentali attuate sui veicoli leggeri, tra le quali la gestione dinamica della velocità in funzione delle condizioni di qualità dell'aria; gli studi effettuati sia in ARPAE Emilia-Romagna, sulla **speciazione chimica delle particelle di PM<sub>2,5</sub>**, utilizzata anche per la quantificazione del contributo della sorgente legata alla biomassa legnosa, sia in ARPA Lombardia, sulle polveri sottili, finalizzati alla quantificazione della componente secondaria inorganica; lo sviluppo, in ARPA Valle d'Aosta, di un *software opensource* in grado di consentire la **gestione della rete** di monitoraggio della qualità dell'aria, sia via Web, sia tramite computer o smartphone; lo studio, realizzato in ARPA Basilicata, nel quale sono state analizzate statisticamente le serie storiche dei dati misurati dalle stazioni di misura della qualità dell'aria localizzate in Val d'Agri, valutando eventuali criticità derivanti dalla contestuale presenza di **idrocarburi non metanici e ozono**, e lo studio di nuove soluzioni modellistiche in ARPA Sicilia, attraverso la messa a punto di un modello di previsione dei livelli di concentrazione d'inquinanti in area metropolitana (Air-INTEL), mediante lo sviluppo e l'addestramento di **reti neurali artificiali** supervisionate.

---

## Biosfera

Dopo soia, cotone e mais, il colza è la pianta maggiormente coltivata a livello mondiale anche mediante piante transgeniche. Molti studi hanno evidenziato la possibilità che tale pianta possa diventare infestante anche molto tempo dopo il suo rilascio. A tale proposito, ISPRA e ARPA Campania hanno promosso un progetto pilota, in Campania, per la messa a punto di protocolli

di monitoraggio, campionamento e analisi, da utilizzare per la valutazione della dispersione accidentale nell'ambiente di **colza geneticamente modificato**.

## Geosfera

Il territorio italiano è particolarmente soggetto a pericolosità di origine naturale. A tale proposito, significativo è lo studio nel territorio del Parco Nazionale dei Monti Sibillini realizzato da ISPRA, a seguito degli eventi sismici che hanno interessato l'Italia Centrale tra agosto 2016 e gennaio 2017. Tale studio ha riscontrato modifiche nella circolazione idrica sotterranea con un generale aumento delle portate e **condizioni di pericolosità della rete sentieristica** dovuta al verificarsi di eventi franosi con indotta interruzione della relativa fruibilità. Nell'ambito della caratterizzazione ambientale dei siti contaminati da solventi clorurati, l'ARTA Abruzzo dal 2012 ha adottato un approccio integrato con la tecnica innovativa di *phytoscreening*, con cui si stima la contaminazione nel sottosuolo tramite **campionamento di carote di albero** successivamente sottoposte ad analisi chimiche. La tecnica è integrata con l'utilizzo di camere di flusso poste in prossimità degli alberi ed è stata impiegata nelle aree del SIN Bussi sul Tirino (PE).

## Idrosfera

Il telerilevamento satellitare ottico rappresenta un metodo importante per rilevare, mappare e monitorare gli ecosistemi marino-costieri su vaste aree e postazioni remote. ARPA Calabria già da qualche tempo conduce sperimentazioni, in collaborazione con ISPRA, per lo sviluppo di metodologie di **mappatura da remoto della *Posidonia oceanica*** utilizzando piattaforme satellitari, aeree e droni. ARPA Umbria sta testando, con il Progetto

EOMORES, l'applicazione di un approccio integrato tra utilizzo di immagini satellitari e misure in situ per la valutazione della qualità delle **acque del lago Trasimeno**. La tecnica consente di ottenere una visione di insieme, rapida e frequente, del lago Trasimeno, producendo mappe a medio-alta risoluzione che, validate con i dati di campo, permetteranno di considerare le dinamiche spaziali e temporali dei parametri otticamente attivi delle acque (Solidi Sospesi Totali e Clorofilla).

Le sostanze per-fluoro-alchiliche (PFAS) sono ampiamente utilizzate a partire dagli anni '50 nell'industria e nel commercio e sono presenti in diversi prodotti comuni; l'uso diffuso, lo smaltimento e la scarsa efficienza dei processi di degradazione ambientale hanno portato a una rilevante presenza di **PFAS nel comparto idrico**. ARPA Toscana ha sviluppato una metodica di analisi di questi composti, oltre che nelle acque, anche nel biota proveniente da fauna ittica d'acqua dolce e di mare. ARPA Sardegna ha elaborato una procedura per l'analisi dei **superamenti delle Concentrazione della Soglia di Contaminazione (CSC)** nelle acque sotterranee. La procedura prevede che i superamenti delle CSC siano suddivisi in classi di attenzione al fine di distinguere i campioni che ricadono in aree per le quali è necessario un approfondimento di indagine, da quelle nelle quali non è individuato con certezza un rischio concreto o potenziale di inquinamento del sito.

## Rifiuti

Lo **spreco alimentare** è emerso di recente tra le principali questioni ambientali e socio-economiche che l'umanità si trova ad affrontare. ISPRA ha sviluppato una ricerca complessa per affrontare la tematica con un approccio sistemico. Si può stimare cautelativamente che in Italia, nel periodo 2007-2015, lo spreco alimentare

abbia riguardato circa il 63% dei prodotti alimentari disponibili all'inizio dei prelievi.

L'accurata conoscenza del territorio, e la capacità di individuare e definire i **siti contaminati**, costituiscono un passaggio fondamentale per orientare, con efficacia, la gestione politica, economica e sociale dell'ambiente. È in tale ambito che si inserisce l'attività di ARPA Molise di ricerca dei rifiuti che potrebbero celarsi nel suolo. Di questi siti non si ha alcuna conoscenza, tuttavia, dalla consapevolezza della loro pericolosità per le persone e per l'ambiente è nata l'esigenza di cercare queste aree, per consentirne la bonifica e possibilmente la restituzione al loro uso originario.

Per la definizione della composizione merceologica dei rifiuti urbani la metodica in uso è contenuta nel documento RTI CTN RIF 1/2000. Sulla base di questo metodo, ARPA Marche effettua campagne annuali di **indagini merceologiche sui RU** indifferenziati in ingresso agli impianti di trattamento meccanico biologico e campagne mirate per determinare la qualità delle raccolte differenziate di carta, vetro, metalli, plastica e multimateriale al fine di valutare l'efficienza dei vari sistemi di raccolta comunali.

## Agenti Fisici

### Campi elettromagnetici

I sistemi per le telecomunicazioni hanno recentemente subito un notevole sviluppo e la città di Milano - scelta da parte del Ministero per un primo esempio di utilizzo delle frequenze da 3.7 a 3.8 GHz per la realizzazione di una sperimentazione pre-commerciale della **tecnologia 5G** - è oggetto da parte di ARPA Lombardia di una sperimentazione orientata sia alle procedure autorizzative sia alle tecniche di monitoraggio, peculiari per la nuova tecnologia.

### Inquinamento luminoso

In molte aree del nostro pianeta, soprattutto le più urbanizzate, non si è più in grado di vedere le stelle a causa dell'**inquinamento luminoso**. ARPA Veneto illustra un esempio, praticamente unico in Italia, di sviluppo di una rete di monitoraggio per la valutazione di quanto viene eroso, da parte dell'illuminazione artificiale, di un bene quale quello del "buio" del cielo.

### Rumore

L'inquinamento sonoro rappresenta uno dei principali fattori di degrado della qualità della vita ed è diventato un problema rilevante in particolare nelle aree urbane. ARPA Sicilia propone un metodo semplificato per procedere alle **autorizzazioni in deroga** ai regolamenti sui livelli di inquinamento sonoro in occasione di eventi e manifestazioni all'aperto nel territorio cittadino di Palermo.

### Radiazioni ionizzanti

ARPA Calabria illustra come i **licheni** possono essere utilizzati come accumulatori di sostanze di origine antropica, consentendo una mappatura della presenza di radionuclidi artificiali e metalli pesanti in siti particolarmente pregiati del territorio regionale. L'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti deriva principalmente dalla radioattività naturale, in particolare dal radon. In ARPA Friuli Venezia Giulia sono stati coinvolti i cittadini, in applicazione della **citizen science**, a supporto di una mappatura della presenza di **radon** nelle abitazioni della regione: il coinvolgimento della popolazione, oltre ad aumentare la copertura spaziale delle misure, aiuta a sensibilizzare i cittadini sul problema e stimola l'adozione di attività di bonifica e mitigazione.



### Agenti chimici

Il glifosate è il diserbante più venduto su scala mondiale ma il suo monitoraggio nelle acque è fortemente limitato dalle oggettive difficoltà analitiche. ARPA Sicilia ha condotto un'indagine sulla **presenza del glifosate** e del suo metabolita (AMPA) nelle acque superficiali e sotterranee della regione utilizzando un nuovo metodo di analisi che si è dimostrato idoneo alla ricerca di residui di tali inquinanti nelle acque.

### Comunicazione ambientale

Obiettivo della Rete "Comunicazione e informazione" del SNPA è quello di mettere in comune le esperienze più avanzate sul fronte della comunicazione, integrare le attività svolte dalle Agenzie, nonché realizzare e gestire gli strumenti di comunicazione integrati messi in campo (AmbienteInforma, @SNPAmbiente). ARPA Piemonte ha sviluppato un'**APP** che permette di localizzare il **temporale** in atto e avvisare preventivamente l'utente (LIVESTORM) e un'altra che consente di misurare il **rumore** (OpeNoise). L'Agenzia ha inoltre attivato due bot con cui eroga informazioni utili ai cittadini su pericolo valanghe e allerta meteoidrografica.

ARPA Veneto ha realizzato un sistema di analisi automatica della distribuzione geografica delle precipitazioni intense e in seguito un sistema di diffusione di queste informazioni meteorologiche tramite tecnologie Web e telefonia cellulare: **ARPAV Temporal** APP, ARPAV Temporal bot e la Webapp Temporal. Il marchio "Eco-Eventi Trentino", rilasciato da APPA Trento, certifica la sostenibilità ambientale degli eventi organizzati in provincia di Trento e nasce dalla necessità di garantire la qualità globale delle manifestazioni sportive, turistiche e culturali.



# 1. MONITORAGGIO E CONTROLLI

## L'utilizzo dei dati satellitari per la valutazione degli effetti sanitari delle temperature estreme e dell'inquinamento atmosferico a Roma

Silvia Barberini  
ARPA Lazio

L'ARPA Lazio e il Dipartimento di Epidemiologia del Lazio (DEP) hanno avviato nel 2016 il progetto di ricerca finanziato dal Ministero della Salute "Uso innovativo dei dati satellitari per la stima di esposizioni ambientali finalizzate a valutare gli effetti sanitari delle temperature estreme e dell'inquinamento atmosferico a Roma". L'obiettivo del progetto è quello di utilizzare i dati satellitari come nuovo strumento di stima delle esposizioni ambientali alle temperature elevate e all'inquinamento, sfruttando l'elevata risoluzione spaziale dei dati per poter effettuare degli studi epidemiologici in grado di individuare, in ambito urbano, le differenti condizioni alle quali sono esposti i cittadini.

Studi italiani e internazionali in ambito urbano hanno evidenziato effetti di breve periodo su mortalità e ricoveri per l'esposizione al PM o elevate temperature. Sono state inoltre identificate nella popolazione le fasce più vulnerabili nelle persone anziane con disturbi cronici e in quelle che vivono in contesti disagiati. Nelle città, soprattutto quelle con maggiore estensione e densità abitativa, la distribuzione delle temperature e degli inquinanti varia da zona a zona in funzione delle tipologie del tessuto urbano, della densità delle abitazioni, delle dimensioni degli edifici, delle diverse coperture delle costruzioni e dei vari tipi di suolo. L'elevata risoluzione dei dati satellitari permette di ricostruire la "fisica dell'esposizione" alle temperature elevate e agli inquinanti anche in un contesto urbano dove le variazioni dei

campi sono maggiori. Gli studi evidenziano anche il ruolo delle caratteristiche abitative, della condizione socio-economica e dello stato di salute nell'esposizione e nella suscettibilità della cittadinanza.

È stato, inoltre, dimostrato come inquinamento ed elevate temperature agiscano anche sinergicamente sulla salute, costituendo un problema di sanità pubblica. In condizioni di caldo intenso si rilevano effetti sulla salute anche a valori di concentrazione degli inquinanti atmosferici sul breve periodo inferiori ai valori limite definiti dal D.Lgs.155/2010 per lo stato di qualità dell'aria ambiente.

Il progetto, dopo una fase iniziale di raccolta dei dati relativi all'inquinamento atmosferico, alla temperatura, alle emissioni, alla meteorologia, alle reti stradali e all'uso del territorio, prevede lo sviluppo di modelli di esposizione al particolato (PM10/PM2.5) e alla temperatura, con una risoluzione spaziale del kilometro quadrato, un'analisi statistica dei dati epidemiologici sui ricoveri e sulla mortalità causa-specifica per la stima degli effetti sanitari di lungo e breve periodo e, infine, la definizione di un sistema integrato di allarme su inquinamento e ondate di calore per Roma, graduato per aree di rischio.

I modelli di esposizione e l'analisi statistica sugli effetti sanitari sono sviluppati dal DEP mentre l'ARPA Lazio si occupa dell'implementazione del sistema d'allarme congiunto temperatura-inquinamento, oltre a fornire i dati di qualità dell'aria, sia della rete di monitoraggio regionale che del modello di dispersione, e i dati di temperatura.

Vengono di seguito illustrate le diverse attività e il relativo stato di avanzamento.

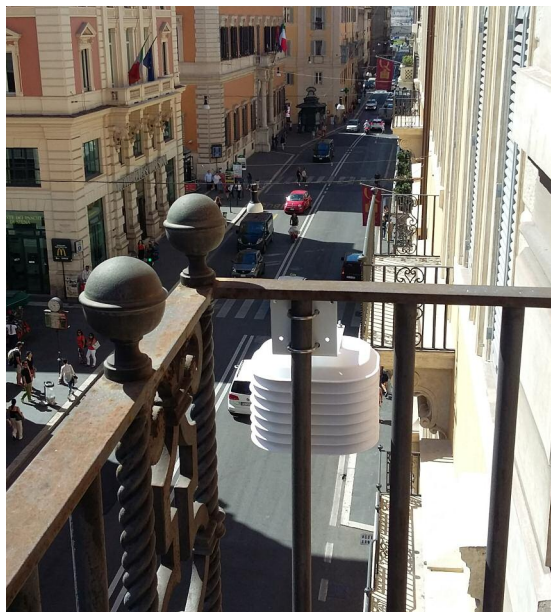
**a. Sviluppo di un modello di esposizione all'inquinamento.** È stato realizzato un modello di esposizione statistico multivariato utilizzando i parametri relativi

all'uso del territorio, alle reti stradali e alla densità di popolazione, per calibrare i dati satellitari di *Aerosol Optical Depth* (AOD), registrati dal sensore MODIS a bordo dei satelliti NASA "Aqua" e "Terra", con le concentrazioni di PM. Sono state definite nel periodo 2006-2014 le stime giornaliere di PM10 e PM2.5 per ogni cella 1x1 km in cui è stato suddiviso il territorio del Lazio. Queste stime sono state validate usando i dati misurati delle concentrazioni giornaliere di PM della rete di monitoraggio della qualità dell'aria e i modelli di dispersione dell'ARPA Lazio. I risultati del modello di esposizione verranno spazialmente attribuiti dal DEP a 150.000 persone presenti all'interno di uno studio di coorte (lo studio Longitudinale Romano, parte del Programma Statistico Nazionale, che include più di un milione di adulti, basato su dati amministrativi dei residenti a Roma, "seguiti" a partire dal Censimento della Popolazione del 2001). È inoltre previsto, lo sviluppo di un modello statistico per stimare simultaneamente gli effetti di breve e lungo periodo del PM sulla mortalità causa-specifica e sulle ospedalizzazioni a Roma.

**b. Sviluppo di un modello di esposizione alla temperatura.** È stato sviluppato un modello statistico multivariato per calibrare i dati satellitari di *Land Surface Temperature* con i dati di temperatura osservati e derivare, stime giornaliere di temperatura dell'aria per ogni cella di 1x1 km del Lazio nel periodo 2002-2014. Queste stime saranno validate utilizzando i dati di temperatura derivati da una campagna di misurazione. I risultati del modello di esposizione verranno associati ai dati giornalieri di mortalità e morbosità in tutti i comuni del Lazio al fine di stimare gli effetti acuti delle temperature per aree rurali, sub-urbane e urbane. La mappa giornaliera del modello

di esposizione verrà associata alla popolazione dello Studio Longitudinale Romano per stimare la variabilità dell'effetto delle elevate temperature dovute alle isole di calore a Roma. Gli effetti sanitari saranno anche stimati all'interno di sottogruppi di popolazione sensibili a causa dell'area di residenza o di caratteristiche socio-demografiche o cliniche pregresse. L'ARPA Lazio collabora alla validazione delle stime per la temperatura dell'aria nella città di Roma fornendo i dati misurati dalle stazioni micrometeorologiche, da alcuni sensori presenti nelle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria, da alcune altre reti di misura meteorologica (ARSIAL, Protezione Civile, Osservatorio Meteorologico del Duomo), e attraverso i dati di una campagna appositamente programmata nel comune di Roma. L'Agenzia ha progettato una campagna termometrica con un'elevata risoluzione spaziale sul territorio della città all'interno del raccordo. Le 30 postazioni sono state individuate tenendo conto della presenza dei sensori di altre reti e preferendo le zone che, in base a studi passati, si erano rivelate maggiormente sensibili alle ondate di calore. I campionatori utilizzati nella campagna sono costituiti da termometri protetti da schermi solari passivi. I sensori termometrici scelti sono stati già utilizzati in analoghe ricerche estensive che richiedono un elevato numero di punti di monitoraggio, sono impostati per accendersi automaticamente e rilevare la temperatura ogni 15 minuti. La campagna di misura è iniziata il primo luglio 2018 con la finalità di registrare i dati estivi, ma considerata la capacità di *storage* dei sensori, vengono raccolti anche i dati relativi ai mesi successivi, per eventuali studi futuri sugli effetti congiunti di inquinamento e temperature rigide. I dati raccolti nel periodo luglio-settembre saranno confrontati con le temperature stimate a partire dai dati satellitari. Que-

**Figura 1: Sensore di temperatura su via del Corso**



Fonte: ARPA Lazio

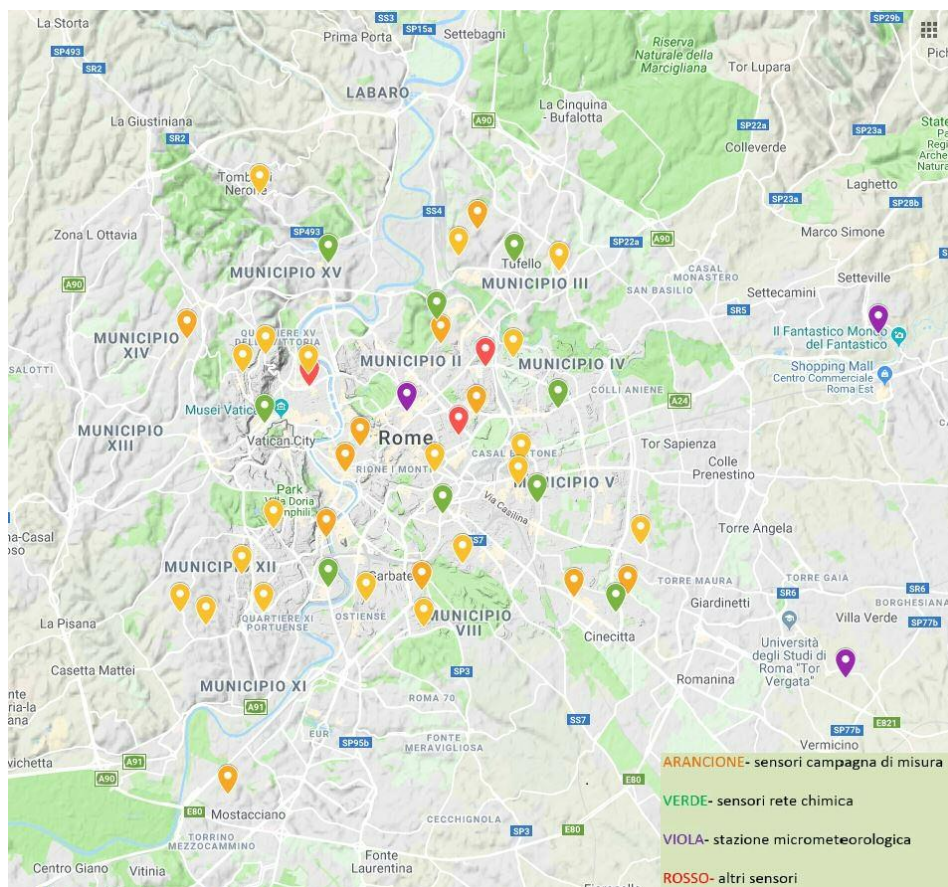
sta attività permetterà di definire per Roma, l'intensità dell'isola di calore urbana, identificare le aree più calde della città e osservare come le diverse zone della città reagiscono ad un'ondata di calore.

c. Realizzazione di un **sistema integrato di allarme per inquinamento e ondate di calore** sul territorio di Roma, graduato in aree omogenee. Il sistema nascerà dall'integrazione dei già esistenti sistemi di previsione dell'inquinamento atmosferico (ARPA Lazio) e di allerta caldo, attivo nel periodo maggio-settembre (Dipartimento Protezione Civile, DEP).

Il DEP ha sviluppato per Roma un sistema di previsione e allarme caldo (*Heat Health Watch Warning System, HHWWS*) che restituisce, ogni giorno da maggio a settembre, un livello d'allerta stimato per la

città per la giornata in corso ed i due giorni successivi. L'ARPA realizza quotidianamente le previsioni a 5 giorni dei principali inquinanti atmosferici, per l'area di Roma con una risoluzione spaziale di 1kmX1km. I dati previsionali a 3 giorni di entrambi i sistemi verranno analizzati e integrati per definire un sistema di allarme congiunto. Partendo dai modelli di esposizione sviluppati, la città di Roma sarà suddivisa in aree omogenee per gli effetti sanitari congiunti di temperatura elevata e inquinamento atmosferico. Sarà così possibile una graduazione del sistema di allerta congiunto, mentre l'attuale sistema d'allerta caldo restituisce attualmente un livello unico su tutta la città. Il modello in via di sviluppo sarà basato sulle concentrazioni di Ozono ( $O_3$ ), i cui livelli sono massimi nel periodo estivo, e di PM per cui è già nota un'interazione con le elevate temperature. Il modello sarà implementato in via sperimentale nella stagione estiva 2019 per valutarne la *performance* e apportarne eventuali modifiche. I dati raccolti permetteranno anche di avviare uno studio sull'effetto congiunto di temperature rigide e inquinamento atmosferico sulla salute, in modo da valutare l'utilità dello sviluppo di un sistema di allerta anche nella stagione invernale.

Figura 2: Postazioni di misura della temperatura su Roma



Fonte: ARPA Lazio

## Bibliografia

Alessandrini ER *et al.* 2013. [Air pollution and mortality in twenty-five Italian cities: results of the EpiAir2 Project]. *Epidemiol Prev*; 37: 220-229. Italian.  
IARC. 2013. Scientific Publication No. 161: Air Pollution and Cancer.

IPCC. 2013. Contribution of Working Group I "The Physical Science Basis". Cambridge, UK and New York, NY, USA.  
Schifano P *et al.* 2012. Changes in the effects of heat on mortality among the elderly from 1998-2010: results from a multicenter time series study in Italy. *Environ Health*; 11:58.

## La qualità delle misurazioni di emissioni in atmosfera

Barbara Bellomo, Paolo de Zorzi  
ISPRA

Nel mondo delle misure lo sviluppo e l'implementazione di strumenti per l'assicurazione e controllo della qualità (QA/QC) delle stesse rappresenta, un elemento ineludibile per il miglioramento delle capacità tecniche dei laboratori. La qualità delle misurazioni si poggia sostanzialmente su quattro pilastri: i) la convalida dei metodi di misura, ii) la disponibilità e l'uso di materiali di riferimento, iii) la definizione e applicazione di procedure di controllo interno iv) la partecipazione a prove valutative attraverso confronti interlaboratorio. Quest'ultima è uno strumento ben noto alle strutture tecniche SNPA e viene comunemente utilizzata nell'ambito delle proprie attività di QA/QC.

Non deve fare eccezione, in questo contesto, il settore delle misure delle emissioni in atmosfera, il quale, tuttavia, per tipologia di "misurando" e modalità di svolgimento delle misure, presenta alcune peculiarità che lo rendono di maggiore complessità.

Nell'ambito del Programma Triennale 2014-2016 del Sistema Nazionale di Protezione Ambientale (SNPA), si è svolta la "Sperimentazione di Confronti Interlaboratorio per le misure di emissioni in atmosfera". Il progetto, coordinato da ISPRA, ha coinvolto le strutture tecniche SNPA adibite alla misura di emissioni in atmosfera presso impianti industriali.

Gli obiettivi principali del progetto sono stati:

- verifica delle qualità e affidabilità delle misure delle emissioni in atmosfera effettuate dalle ARPA/APPA durante i controlli e individuazione di interventi migliorativi;

- confronto tra le capacità strumentali e le procedure operative per le misure delle emissioni in atmosfera nel sistema agenziale;

- addestramento e formazione del personale.

La sperimentazione ha affrontato questi temi, sviluppando un protocollo per l'organizzazione di prove valutative, quale strumento di valutazione "esterna" e indipendente in grado di far emergere aspetti critici nell'esecuzione di una procedura di misura e consentire l'applicazione di eventuali azioni correttive. La partecipazione a prove valutative è, infatti, un potente strumento a supporto della dimostrazione di competenza di un laboratorio rispetto a richieste di "clienti", enti di regolazione o organismi di accreditamento.

L'attività sperimentale è stata svolta a Milano utilizzando l'impianto sperimentale LOOP di RSE S.p.A (Ricerche sul Sistema Energetico) ed è stata articolata in due campagne di interconfronto, di quattro sessioni ciascuna, effettuate nel secondo semestre 2015 e nel primo semestre 2016. L'impianto sperimentale LOOP consente la simulazione delle emissioni da processi di combustione da sorgenti fisse, attraverso la produzione di miscele campione a concentrazione nota, metrologicamente controllata, contenente i principali macroinquinanti di interesse. L'impianto è idoneo sia allo svolgimento di confronti interlaboratorio sia per la conduzione di sperimentazioni su nuovi metodi o per l'ottimizzazione di quelli esistenti. L'attività, sia in termini tecnici che gestionali, è stata preziosa nel fornire indicazioni utili agli operatori, oggi patrimonio del SNPA. Gli esiti positivi della sperimentazione sono stati quindi il presupposto per far rientrare questa tipologia di prove valutative all'interno di un'attività permanente di sistema che è stata avviata nel corso del 2018.



## Il Confronto Interlaboratorio

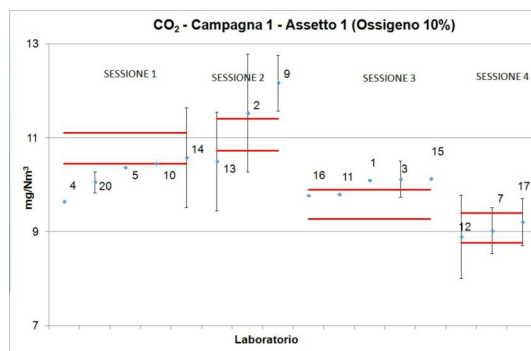
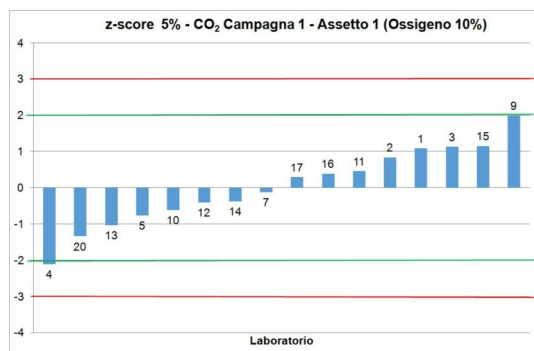
Al confronto interlaboratorio hanno partecipato 17 Agenzie del SNPA, organizzate in 38 squadre, costituite complessivamente da 137 operatori tecnici che si sono confrontati sulle misure di velocità, temperatura, vapore acqueo, ossigeno, monossido e biossido di carbonio, ossidi di azoto e biossido di zolfo, presenti nella miscela gassosa in diverse concentrazioni. L'attività si è svolta in un arco temporale di diversi mesi, su due campagne di misura, ciascuna costituita da 4 sessioni di prova. Il personale tecnico delle Agenzie è stato impegnato in misure (dirette e/o indirette) dei principali parametri normalmente rilevati durante i controlli delle emissioni in atmosfera presso le aziende soggette ad autorizzazione, utilizzando i metodi di misura, gli strumenti e le procedure operative abitualmente adottate presso le loro strutture.

Le modalità di svolgimento della prova nell'arco temporale definito, al fine di consentire un'omogenea valutazione delle prestazioni dei diversi laboratori nel tempo, ha richiesto di eseguire operazioni di normalizzazione del valore misurato dal laboratorio rispetto

al valore di riferimento assegnato a ciascuna proprietà di interesse in ogni specifica sessione di misura. La maggior parte delle squadre partecipanti ha effettuato le misure di tutti i parametri resi disponibili nel flusso gassoso, in alcuni casi utilizzando più strumenti e diversi metodi analitici. Non tutte le squadre hanno fornito il risultato corredato dalla relativa incertezza di misura.

I dati analitici restituiti dai laboratori partecipanti al confronto interlaboratorio sono stati confrontati con i valori di riferimento assegnati alla miscela prodotta nell'impianto LOOP ed elaborati statisticamente. La valutazione dell'accettabilità dei dati di ciascun laboratorio è stata effettuata sulla base dei punteggi di z-score (z), in accordo alle norme ISO 13528:2015 e UNI CEI EN ISO/IEC 17043:2010. Le prestazioni dei laboratori in termini di z-score sono risultate generalmente positive, con aspetti più problematici attesi per la misura di ossidi azoto e ossidi di zolfo, connessi alla tipologia di parametro e alla maggiore complessità del metodo. Nella Figura 1 sono riportate, a puro titolo esemplificativo, le modalità di rappresentazione grafica degli esiti della prova valutativa per il biossido di carbonio.

Figura 1: CO<sub>2</sub> - Risultati delle misure e z-score



Fonte: GdI 16 SNPA PT 2014-2016



L'esperienza svolta ha consentito di raccogliere informazioni sulle modalità di esecuzione dei controlli in atmosfera da parte delle Agenzie Ambientali, in termini di metodi utilizzati, strumenti, procedure di misura, sistemi di calcolo dell'incertezza, modalità di elaborazione e restituzione dei risultati. L'osservazione delle informazioni acquisite e degli esiti del confronto interlaboratorio ha permesso un'analisi comparativa delle prestazioni dei laboratori e una verifica della qualità e affidabilità delle misure. La natura del progetto ha fatto emergere, inoltre, il valore aggiunto legato alla funzione di addestramento e formazione del personale impegnato nelle attività di misura e del personale ispettivo. I dettagli dei risultati conseguiti sono illustrati nel documento *"Rapporto Finale di Interconfronto sulle misure di emissioni in atmosfera presso l'impianto sperimentale LOOP e sulla formazione e addestramento del personale"*, approvato dal Consiglio SNPA (DOC. N.7 del 15/05/2017), disponibile sul sito internet ISPRA <http://www.isprambiente.gov.it/it>.

### La "prova" continua

Con successiva deliberazione del Consiglio SNPA, nel 2017 è stato dato seguito ad una proposta di attività di sistema riassumibile:

- nell'organizzazione sistematica di confronti interlaboratorio per la valutazione della competenza tecnica delle Agenzie sulle misure di emissioni in atmosfera;
- nella messa a punto di protocolli e procedure armonizzate da utilizzare sull'intero territorio nazionale durante i controlli ambientali;
- nella formazione e addestramento in campo del personale.

Tale azione è perfettamente in linea con l'obiettivo del perseguimento della maggiore omogeneità ed efficacia

nelle attività di controllo da parte dei laboratori delle Agenzie, richiamato dalla Legge n. 132 del 28 giugno 2016, istitutiva del SNPA.

Nell'ambito della struttura organizzativa deputata all'implementazione del Piano Triennale 2018-2020 (TIC IV – Gruppo di lavoro 3) è stata prevista la costituzione di una Rete Tematica dedicata (RR-TEM Emissioni in atmosfera), con la funzione di interagire e supportare ISPRA nell'organizzazione dei confronti interlaboratorio sul tema. ISPRA assicura il coordinamento tecnico-scientifico della Rete, il collegamento e lo scambio di informazioni tra la RR-TEM Emissioni in atmosfera con le altre reti esistenti. La Rete assicura altresì il proprio supporto nella realizzazione delle attività di addestramento in campo (presso l'impianto LOOP di RSE a Milano), di approfondimento tecnico e di formazione. La programmazione di una nuova campagna di prove valutative sulla misura delle emissioni in atmosfera è stata fatta rientrare nella più generale pianificazione annuale (2018-2019) dei confronti interlaboratorio organizzati all'interno del SNPA e tra settembre e ottobre 2018 è stata realizzata la nuova campagna di prove valutative sulle emissioni in atmosfera. Nella nuova campagna, a cui hanno partecipato 13 agenzie, è stato introdotto, oltre ai parametri oggetto della sperimentazione, la determinazione del contenuto di inquinanti organici. I risultati delle misure dei laboratori sono al momento in fase di acquisizione da parte di ISPRA per le analisi statistiche di competenza e gli esiti della prova saranno diffusi nei primi mesi del 2019.

### Sviluppo internazionale

In tale contesto assume un ruolo importante il recente lavoro attivato dal CEN TC 264/WG 45, a cui partecipano ISPRA ed RSE, con l'obiettivo di definire a livello europeo

---

i requisiti per gli schemi di prove valutative (*Proficiency Testing*) per le emissioni in atmosfera. Nei Paesi europei, infatti, si osserva un quadro estremamente diversificato in termini di disegni sperimentali, obiettivi e modalità di organizzazione di confronti interlaboratorio/prove valutative, che richiedono rapidamente, anche con riferimento ai requisiti della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17043, un intervento di armonizzazione e regolazione.

## Bibliografia

---

UNI EN ISO/IEC 17043:2010 “Valutazione della conformità – requisiti generali per prove valutative interlaboratorio”

ISO 13528:2015 (E) “Statistical Methods for use in Proficiency testing by interlaboratory Comparisons”.

## Mappatura Amianto in Piemonte - telerilevamento aereo e con droni

Enrico Bonansea  
ARPA Piemonte

### Premessa

Il progetto di mappatura regionale delle coperture con presenza di amianto attraverso tecniche di telerilevamento è stato avviato nel 2013 da ARPA Piemonte con la collaborazione al suo interno di più strutture quali il Polo Amianto, i Dipartimenti territoriali e il Nucleo Sistema Informativo Geografico.

Il progetto è iniziato con l'analisi delle precedenti esperienze maturate in ambito nazionale e internazionale, al fine di valutare l'applicabilità tecnica ed economica delle differenti metodologie alla scala ed estensione spaziale della mappatura regionale in Piemonte.

L'analisi delle principali esperienze realizzate tra il 2000 e il 2010 ha evidenziato punti di forza ma anche criticità come costi generalmente elevati, tempi di realizzazione lunghi e conseguente applicabilità a porzioni di territorio limitate.

Si è reso pertanto necessario delineare una nuova metodologia in grado di rispondere all'esigenza di:

- un immediato avvio operativo con applicabilità del modello a scala regionale;
- costi ridotti, mediante l'uso di dati già disponibili e l'impiego di sole risorse professionali e strumentali disponibili all'interno dell'Agenzia.

### Il telerilevamento aereo

Sono state utilizzate tecniche di analisi da telerilevamento e GIS in grado di elaborare e classificare auto-

maticamente immagini aeree disponibili con identificazione delle caratteristiche radiometriche e tessiture tipiche delle coperture tradizionali di cemento-amianto, distinguibili di norma dalle altre coperture tradizionali (tetti in coppi, metallo, bitume, etc.).

Sono pertanto state utilizzate le ortoimmagini della ripresa aerea ICE 2009-2011 realizzate dalla Regione Piemonte (bande del visibile (R, G, B) e dell'infrarosso vicino NIR) con risoluzione spaziale di 0,4 m e ortorettificate tramite nuovo DTM (Digital Terrain Model) realizzato con il contestuale rilievo Lidar.

Il metodo impostato (Mappatura speditiva da telerilevamento) consiste nell'estrarre automaticamente dalle ortofoto un primo livello di "coperture con potenziale presenza di cemento amianto" e una successiva fase di elaborazione in ambiente GIS per la definizione puntuale degli edificati implicati.

Nella prima fase, le immagini vengono elaborate con tecniche di analisi *object oriented* mentre nella seconda i risultati della classificazione sono sottoposti a più passaggi di post-elaborazione in ambiente GIS finalizzati a integrare i dati rispetto alla cartografia tecnica regionale e alla strutturazione dei risultati in banca dati. Una terza fase prevede la verifica e l'integrazione dei risultati attraverso fotointerpretazione tradizionale.

L'approccio alla classificazione delle coperture degli edifici ha dovuto tenere in considerazione l'enorme variabilità delle tipologie di edifici, dei materiali impiegati per le coperture civili e industriali, del loro diverso grado e stato di conservazione e della disomogeneità delle caratteristiche dei fotogrammi della ripresa aerea utilizzata in aree geografiche diverse.

La metodologia è stata applicata su un'area di indagine prioritaria di circa 10.000 km<sup>2</sup>, coinvolgendo completamente o parzialmente più di 600 comuni la cui popolazione residente è pari a circa il 75% della popolazione

regionale. L'attività di analisi è stata completata nel 2014 e ha portato all'individuazione di oltre 128.000 coperture georeferenziate di edifici potenzialmente contenenti cemento amianto.

A partire da tali risultati è stata avviata l'attività di sopralluogo in campo da parte dei Dipartimenti provinciali che prevede la verifica della natura delle coperture, la raccolta delle informazioni sulle caratteristiche e la valutazione sullo stato delle coperture.

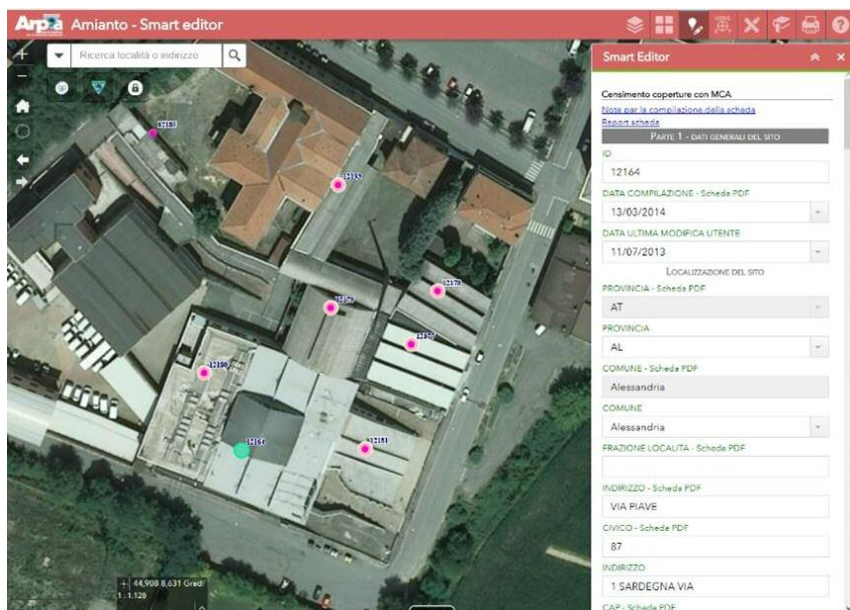
Attualmente oltre il 64% delle coperture è stato verificato *in situ* identificando circa 38.000 coperture contenenti cemento amianto e circa 9.000 coperture bonificate.

## La verifica in campo e la creazione del sistema informativo

Al fine di agevolare il più possibile tali attività di censimento, è stata sviluppata un'apposita applicazione GIS, Sistema Informativo Mappatura Amianto, che permette ai Dipartimenti territoriali di ARPA Piemonte di creare e aggiornare in tempo reale i dati inerenti le fasi sopralluogo alimentando una base dati unica e centralizzata. Tutti i dati sono inseriti nel Sistema Informativo Geografico agenziale consentendo la loro integrazione con gli altri livelli informativi del sistema e la loro gestione e diffusione attraverso il Geoportale agenziale (Figura 1).

A partire dal 2015 è stato sviluppato un servizio Web semplificato per l'accesso da parte dei cittadini denominato "Mappatura Amianto in Piemonte" fruibile dal

Figura 1: Il Sistema informativo Mappatura Amianto



Fonte: Elaborazione ARPA Piemonte

Geoportale agenziale attraverso il quale è possibile accedere a tutti i dati di sintesi e cartografici, resi inoltre disponibili come Open Data.

### Approfondimenti ed evoluzioni: l'impiego di droni e l'analisi con reti neurali

A partire dal 2016 sono stati attivati progetti finalizzati a integrare i rilievi con droni APR (Aeromobile a pilotaggio remoto) per i monitoraggi ambientali in ARPA Piemonte.

Nel 2017 è stato avviato uno specifico progetto (tuttora in corso) finalizzato a sperimentare e valutare l'efficacia del rilievo con drone per l'analisi delle coperture in cemento amianto. In particolare si intende verificare l'applicabilità per:

- una più rapida e più precisa identificazione dei manufatti delle coperture contenenti cemento-amianto con conseguente riduzione del numero delle ispezioni;
- la possibilità di estendere le verifiche in aree difficilmente raggiungibili e ispezionabili con sopralluogo tradizionale;
- la produzione di una base dati funzionale a una restituzione tridimensionale e quindi volumetrica delle coperture (Figura 2).

Nel 2017 sono stati effettuati rilievi su diverse aree residenziali e industriali di tre comuni in provincia di Cuneo attraverso l'impiego di APR ultraleggero ad ala fissa.

Tutti i dati derivanti dai rilievi sono stati quindi elaborati internamente all'Agenzia e integrati nel Sistema Infor-

**Figura 2: Esempio di elaborazione fotogrammetrica 3D dei dati rilevati con drone**



Fonte: Elaborazione ARPA Piemonte

---

mativo Geografico agenziale, attraverso la produzione per via fotogrammetrica di ortoimmagini, *point cloud*, modelli digitali del terreno (DTM e DSM) (*Digital Terrain Model* e *Digital Surface Model*).

La metodologia di rilievo e classificazione con drone ha consentito di riconoscere un cospicuo numero di coperture in MCA (Manufatti Contenti Amianto) non individuate da telerilevamento aereo a causa delle loro dimensioni limitate (minori di 10 m<sup>2</sup>), per presenze di ombre o schermature nelle riprese aeree.

La metodologia si è rivelata quindi utile e complementare all'analisi su base regionale specialmente per individuare edifici di piccole dimensioni, per analizzare porzioni di territorio coperte da immagini con caratteristiche non ottimali e per effettuare verifiche e controlli locali sullo stato delle bonifiche.

Un ulteriore livello di approfondimento e di evoluzione del sistema è rappresentato dall'introduzione di tecniche di *machine learning* nel campo dell'analisi dei dati telerilevati (immagini aeree o da drone). È attualmente in corso una prima sperimentazione di tecniche di analisi con reti neurali in grado di apprendere e riconoscere differenti tipologie di coperture degli edifici. I primi risultati appaiono molto interessanti e aprono nuove frontiere di evoluzione e innovazione.

## Sitografia

---

[http://webgis.arpa.piemonte.it/amianto\\_storymap\\_webapp/](http://webgis.arpa.piemonte.it/amianto_storymap_webapp/)



## Sinergia tra modellazione matematica e monitoraggio ambientale a supporto della gestione ambientale delle operazioni di movimentazione di sedimenti in ambito portuale e costiero: standardizzazione di metodi a partire da casi applicativi

David Pellegrini<sup>1</sup>, Rosella Bertolotto<sup>2</sup>, Iolanda Lisi<sup>1</sup>,  
Alessandra Feola<sup>1</sup>, Andrea Salmeri<sup>1</sup>, Francesco Venti<sup>1</sup>,  
Simona Macchia<sup>1</sup>, Maria Elena Piccione<sup>1</sup>,  
Antonello Bruschi<sup>1</sup>, Stefania Magri<sup>2</sup>, Patrizia De Gaetano<sup>2</sup>,  
Mauro Quagliati<sup>2</sup>, Marcello Di Risio<sup>3</sup>, Davide Pasquali<sup>3</sup>,  
Andrea Pedroncini<sup>4</sup>, Maurizio Ferla<sup>1</sup>  
1 ISPRA, 2 ARPA Liguria, 3 ICEA-Università Aquila, 4 DHI

Le operazioni di movimentazione (dragaggio e/o sversamento) di sedimenti in aree marino-costiere possono alterare il naturale equilibrio chimico, fisico e biologico dell'ecosistema, prevalentemente per l'incremento della concentrazione dei sedimenti fini in sospensione e dei contaminanti eventualmente associati.

La scelta della tecnica di escavo e delle modalità operative può modificare in modo significativo le modalità di risospensione e dispersione dei sedimenti. Al rilascio dei sedimenti in colonna d'acqua consegue la formazione di una nuvola di torbida, la cui dinamica è influenzata dalla frazione del volume di sedimenti perso in corrispondenza del mezzo dragante e dalle caratteristiche morfologiche e idrodinamiche del sito.

I modelli matematici costituiscono uno strumento di supporto per le diverse fasi di progettazione delle operazioni di movimentazione, per la valutazione di alternative di progetto (ad esempio nella scelta della tecnologia di dragaggio, nell'individuazione delle migliori finestre temporali) nonché per la pianificazione delle attività di monitoraggio, consentendo l'ottimizzazione

delle risorse necessarie a garantire un accurato controllo dei potenziali effetti sull'ambiente.

La corretta applicazione dei modelli richiede informazioni e dati di campo (es. meteorologici, idrodinamici, batimetrici e sedimentologici) che possono essere desunti da studi pregressi e da specifiche attività di monitoraggio effettuate prima, durante e dopo l'esecuzione degli interventi.

In corso d'opera, un adeguato piano di monitoraggio permette anche di introdurre tempestivamente misure di mitigazione ed eventualmente di intensificare le frequenze previste, qualora si verificano superamenti dei valori di riferimento definiti nell'*ante operam* (Eisma, 2006; CEDA/IADC, 2018).

Un pre-requisito basilare per il corretto utilizzo dei modelli matematici a supporto degli studi ambientali è pertanto la mutua interazione con il monitoraggio ambientale. I modelli sono di ausilio per la corretta pianificazione, ed eventuale revisione in corso d'opera, di reti di monitoraggio ambientali "sito-specifiche", in quanto supportano sia l'individuazione della corretta area da monitorare, sia l'ottimizzazione della strategia di monitoraggio in termini di numerosità, posizionamento delle stazioni e frequenze di campionamento (ad esempio, in funzione di valutazioni idrodinamiche e morfologiche). Il monitoraggio, d'altro canto, fornisce dati importanti e necessari all'implementazione, calibrazione e validazione dei modelli numerici, e di conseguenza anche alla verifica dell'attendibilità delle semplificazioni modellistiche attuate e degli effetti previsti in fase di valutazione della fattibilità degli interventi (CEDA, 2015; Lisi *et al.*, 2017).

Nel contesto delle proprie attività tecnico-scientifiche di supporto alla gestione della movimentazione dei sedimenti attraverso strumenti modellistici, ISPRA ha sviluppato un approccio metodologico flessibile,

consistente ed integrato, denominato Dr-EAM (*Environmental Assessment Method related to Dredging activity*), con l'obiettivo di quantificare i potenziali effetti ambientali legati alle attività di escavo in aree portuali e bacini confinati, mediante la sintesi delle risultanze modellistiche di scenari multipli di dragaggio, in funzione della variabilità meteo climatica ed idrodinamica dello specifico sito di studio.

La metodologia Dr-EAM, inizialmente sviluppata per il caso studio di Rada di Augusta (Feola *et al.*, 2016), si inserisce negli scenari realistici di lungo periodo nel più ampio contesto dell'Approccio Modellistico Integrato (AMI), presentato nel Manuale ISPRA "La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere" (Lisi *et al.*, 2017) sviluppato nell'ambito di rapporti di collaborazione tra l'Università dell'Aquila e DHI. Tale Manuale è nato dall'esigenza di colmare la mancanza di metodologie condivise in ambito nazionale e internazionale, a cui gli operatori del settore e gli Enti competenti al controllo potessero riferirsi per la previsione, l'analisi e il confronto dei potenziali effetti ambientali generati da diverse modalità di operazioni di movimentazione di sedimenti (IMDC, 2012; GBRMPA, 2012; EPA, 2016). Facendo tesoro di approfondimenti scientifici condotti negli anni da ISPRA in collaborazione con diverse professionalità (Lisi *et al.*, 2012; 2016; Feola *et al.*, 2015; 2016), sono state messe a sistema le informazioni di letteratura e sono stati definiti approcci standardizzati per l'impostazione degli studi modellistici (es. definizione del termine sorgente, scelta e durata degli scenari di modellazione) e delle tecniche di analisi e sintesi dei risultati in funzione delle fasi operative del ciclo della movimentazione (escavo/trasporto/sversamento), delle peculiarità degli ambiti di intervento (aree costiere, comprensive delle aree litoranee e di transizione, bacini

semi-chiusi e aree al largo) e della tipologia di effetti ambientali attesi nel breve e nel lungo periodo. Il Manuale promuove, inoltre, Schede Informative di Progetto (SIP), contenenti le principali informazioni (ambientali e operative) che dovrebbero essere acquisite per una migliore applicazione e verifica degli studi modellistici e per arricchire la disponibilità di dati di campo in vista di progetti futuri.

La sinergia tra ISPRA e ARPAL mira a sviluppare buone pratiche e metodi standardizzati di supporto alla pianificazione e all'ottimizzazione di reti di monitoraggio mediante l'interazione con la modellistica matematica (idrodinamica e trasporto), anche beneficiando di esperienze condotte nell'ambito di progetti di ricerca e sviluppo, quali Se.D.Ri.Port. e GEREMIA, finanziati dal Programma di cooperazione Italia-Francia Marittimo 2014-2020).

Nell'ambito del progetto Se.D.Ri.Port., ISPRA e ARPAL collaborano nell'implementazione di modelli numerici finalizzati alla quantificazione dei potenziali effetti ambientali legati alla dispersione dei sedimenti risospesi durante attività di escavo nell'area portuale di La Spezia. Il progetto mira a condividere procedure e strategie in ambito transfrontaliero, mediante l'implementazione del metodo Dr-EAM. L'attività modellistica sviluppata in condivisione tra ISPRA e ARPAL potrà costituire un'occasione di approfondimento dei principi metodologici delle tecniche di analisi proposte nel metodo Dr-EAM mediante applicazione a nuovi contesti operativi, beneficiando di nuovi dati sito-specifici. Saranno utilizzate le SIP proposte nel Manuale ISPRA per l'acquisizione e la condivisione, con approcci standardizzati, di informazioni e dati (ambientali e progettuali), nelle diverse fasi di progetto/monitoraggio al fine di testare la loro applicabilità, proporre eventuali modifiche e massimizzarne l'utilità a supporto dell'implementazione dell'approccio



modellistico proposto (AMI).

Il progetto GEREMIA ha come obiettivo la definizione di strumenti di *governance* per la prevenzione e il contenimento dell'inquinamento e per il miglioramento della qualità delle acque portuali. Le attività di ISPRA, svolte in collaborazione con ARPAL e con il Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente dell'Università Politecnica delle Marche, mirano ad estendere l'applicazione del modello Sediquasoft®, attualmente utilizzato nella normativa nazionale per la gestione dei sedimenti portuali, utilizzandolo anche per la valutazione della qualità delle acque portuali. In tale contesto, la collaborazione con ARPAL si sviluppa attraverso la pianificazione ed attuazione del monitoraggio fisico, chimico, biologico ed ecotossicologico delle acque portuali, i cui risultati serviranno all'implementazione del *software* per la definizione di un indice integrato.

## Bibliografia

CEDA, 2015. *Environmental Monitoring Procedures*. Central Dredging Association-CEDA, Aprile 2015, Rotterdamseweg-The Netherlands, pp. 24.

CEDA/IADC, 2018. *Dredging for Sustainable Infrastructure*. CEDA/IADC, The Hague, The Netherlands. Revision no. 1021 logged at 2017-10-05 13:35.

Eisma D., 2006. *Dredging in Coastal Water*. Published by Taylor & Francis plc., London, UK, ISBN: 978-0-415-39111-5, pp. 244.

EPA, Environmental Protection Agency, 2016. *Environmental impact assessment of marine dredging proposals - Technical guidance*, Environmental protection Authority, Western Australia, pp. 26.

Feola A., Lisi I., Venti F., Salmeri A., Pedroncini A., Romano E., 2015. *A methodological modelling approach to assess the potential environmental impacts of dredging*

*activities*. In Proc. Of CEDA. Dredging Days, Innovative Dredging Solutions for Ports, Rotterdam

Feola A., Lisi I., Salmeri A., Venti F., Pedroncini A., Gabellini M., Romano E., 2016. *Platform of integrated tools to support environmental studies and management of dredging activities*, J. Environ. Manag. 166, 357-373.

Lisi I., 2012. *Development of an integrated system to the estimation and the environmental management of resuspension induced by dredging activities*. [tesi in italiano]. Univ. of L'Aquila, Italy.

Lisi I., Di Risio M., De Girolamo P. and Gabellini M., 2016. *Engineering tools for the estimation of dredging-induced sediment resuspension and coastal environmental management*, In: Intech, (Ed), Applied Studies of Coastal and Marine Environment, 55-83.

Lisi I., Feola A., Bruschi A., Di Risio M., Pedroncini A., Pasquali D. & Romano E., 2017. *La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere*. Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017, pp.144

## PhytoNumb3rs: un *toolkit* a supporto del metodo conta di fitoplancton (tecnica di Utermöhl)

Maria Rosaria Vadrucci, Leonilde Roselli,  
Caterina De Santis, Tiziana Di Festa, Stefania D'ARPA,  
Daniela Donadei, Marisa Florio, Emanuela Longo,  
Flavia Maci, Sergio Ranieri, Mariangela Spinelli,  
Annamaria Pastorelli, Nicola Ungaro  
ARPA Puglia

Il fitoplancton è uno degli elementi di qualità biologica incluso nelle direttive europee WFD - 2000/60/CE e MSFD - 2008/56/CE, quale descrittore dello stato ecologico degli ecosistemi acquatici. Tali direttive sono state recepite in Italia dai rispettivi D.Lgs. 152/2006 e D.Lgs. 190/2010.

Nello specifico, nell'ambito del piano di monitoraggio dei corpi idrici superficiali ai sensi D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., finalizzato alla valutazione dello stato di qualità ambientale e alla verifica della conformità delle acque alla specifica destinazione d'uso, ARPA Puglia esegue il monitoraggio del fitoplancton in diverse categorie di corpi idrici (C.I.). Complessivamente, le attività sono svolte con le frequenze previste dal piano in 12 C.I. nella categoria "Acque di Transizione", 6 C.I. nella categoria "Laghi/Invasi", 39 C.I. nella categoria "Acque Marino-Costiere" distribuiti su 42 transetti posizionati perpendicolarmente ai circa 1.000 km di costa pugliese, oltre a 2 C.I. che comprendono al loro interno "Acque destinate alla produzione di acqua potabile".

Per quanto riguarda le attività previste dal D.Lgs. 190/2010 (*Strategia Marina*), quelle specifiche sul fitoplancton riguardano l'analisi della biodiversità delle comunità fitoplanctoniche, effettuata in 6 transetti lungo i quali sono posizionate tre stazioni a 3, 6 e 12 NM (miglio

nautico) dalla costa, e la ricerca delle specie non indigene in ambito portuale. Le analisi del fitoplancton sono eseguite da diversi operatori afferenti a cinque laboratori presenti in ogni Dipartimento Provinciale di ARPA Puglia.

Il numero di campioni analizzato da tutti i laboratori, compresi anche i campioni d'acqua prelevati durante le emergenze ambientali, sono stimabili in circa un migliaio all'anno. La determinazione quali-quantitativa del fitoplancton viene eseguita tradizionalmente utilizzando il metodo di Utermöhl (UNI EN 15204:2006). Tuttavia, nonostante i numerosi tentativi effettuati per uniformare i protocolli operativi, essi variano ancora ampiamente tra laboratori a scapito dell'armonizzazione dei dati e della comparabilità dei risultati. Inoltre, l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton richiede all'operatore un numero elevato di ore di lavoro al microscopio, variabile a seconda della complessità e della diversità della comunità fitoplanctonica osservata. In tale contesto, ARPA Puglia ha progettato il *toolkit* "PhytoNumb3rs" (Vadrucci *et al.*, 2018) con lo scopo di supportare sia il personale tecnico sia quello di ricerca che lavora sul fitoplancton nello svolgimento di tutte le fasi associate al metodo di Utermöhl (1958).

Il toolkit PhytoNumb3rs si sviluppa su tre fogli di calcolo Excel® interconnessi da funzioni macro sviluppate in *Visual Basic Application*:

1. Raw Data Sheet (RDS)/Foglio di lavoro Dati Grezzi, in cui si inseriscono i dati grezzi provenienti dai conteggi effettuati sui singoli *taxa*. In questo foglio l'operatore riporta le informazioni relative alle strategie di conteggio (C= campi, T= transetti, F= fondo camera) e agli ingrandimenti utilizzati, nonché le informazioni sull'anagrafica del campione. Nel RDS sono anche contenute le liste di riferimento dei *taxa* divise per categoria di acque (laghi

LA, acque marine MC e di transizione AT), inoltre è inclusa anche la lista dei *taxa* fitoplanctonici redatta dal MATTM per il progetto Strategia Marina (D.Lgs. 190/10). Il RDS è corredato da funzioni macro per le seguenti funzionalità: i) selezione dei *taxa* dalle liste di riferimento attraverso un menù a tendina e gestione automatica di inserimento e aggiornamento di nuovi *taxa*; ii) conteggio automatico del numero totale di cellule per *taxon*, del numero totale di cellule per strategia di conteggio, del numero di cellule per classe dimensionali del nano- e del microfitoplancton e del numero totale di cellule.

2. Sedimentation Chambers Data Sheet (SCDS)/Tartura Camere di Sedimentazione, contiene tutti i dati relativi all'area e al volume delle camere di sedimentazione utilizzate nelle analisi.

3. Enumeration Data Sheet (EDS)/Foglio di Calcolo Conta Fitoplancton, calcola la densità cellulare (espressa in cell/L) utilizzando una serie di funzioni macro sviluppate in *Visual Basic Application*. Tali funzioni sono organizzate in una fase di *input* e una di *output* gestite da una serie numerata di pulsanti di azione. Nella fase di *input*, l'operatore inserisce manualmente il livello di significatività richiesto per l'analisi (i.e.  $p < 0.05$ ) e le caratteristiche del microscopio; inoltre importa in sequenza il SCDS e il RDS, quest'ultimo specifico del campione oggetto dell'analisi. Nella fase di *output* l'operatore crea l'elenco floristico con l'abbondanza cellulare ed i rispettivi limiti di confidenza (CL) dei singoli *taxa* e una tabella riportante la densità cellulare totale e dei principali gruppi/classi tassonomiche (Diatomee, Dinoflagellati, Altro fitoplancton e Cianobatteri-solo per la categoria laghi e invasi). L'EDS calcola, in funzione della strategia di conteggio e dell'ingrandimento utilizzato nonché del

volume sedimentato, il limite di quantificazione (*detection limit*). Un segnale di *alert* compare (la densità cellulare del *taxon* viene evidenziata in arancione) nel caso in cui il *taxon* venga conteggiato al disotto del limite di quantificazione. Il *toolkit*, infine, può eseguire l'*export* dei dati in diversi formati (Tabelle o Elenchi).

L'organizzazione di *PhytoNumb3rs* è riportata in uno schema semplificato (Figura 1) indicante le connessioni tra i tre file Excel. Le fasi di *input* e di *output* sono rappresentate nei box.

*PhytoNumb3rs* è uno strumento *user-friendly* (Vadrucci *et al.*, 2018) poiché progettato interamente con Excel ovvero un *software* facilmente accessibile a tutti gli operatori del settore.

L'uso di *PhytoNumb3rs* consente di migliorare l'operatività sul campione supportando l'analista, *step by step*, in tutte le fasi del metodo che vanno dal conteggio delle cellule e inserimento di dati sui fogli dati grezzi, al calcolo dei risultati, alla gestione ed archiviazione dei dati ottenuti, oltre all'esportazione degli stessi in formati definiti.

*PhytoNumb3rs* rappresenta un'innovazione tecnologica che risponde a numerose esigenze degli operatori del settore in quanto contribuisce a migliorare la qualità dei dati e a ridurre l'eterogeneità poiché, attraverso l'applicazione di procedure automatizzate, si escludono errori di *typing* e di calcolo; consente di calcolare le caratteristiche di prestazione necessarie per le procedure di controllo di qualità associate ai risultati analitici secondo la UNI EN 15204 (limiti di confidenza e di quantificazione); consente una notevole riduzione del tempo-operatore per le fasi di calcolo delle densità cellulari e di compilazione dei data-base. Inoltre, essendo un'applicazione *free-access* sviluppata in Excel®, la sua facile accessibilità a tutti gli operatori può consentire una maggiore interoperabilità ed una migliore integrazione

**PhytoNumb3rs Toolkit version 1.0**

**Input**

**Enumeration Data Sheet**

Input DataSheet

Microscope Model  
Level of significance  
Number of SC

1. Import parameters  
2. UploadRaw Data Sheet

**Output**

**Output DataSheet**

Calculation of cell density +CL for classes/ groups and total and for each taxa + alert for detection limit

Export data

| Class | Cell density | CL   |
|-------|--------------|------|
| 1     | 1.0          | 1.0  |
| 2     | 2.0          | 2.0  |
| 3     | 3.0          | 3.0  |
| 4     | 4.0          | 4.0  |
| 5     | 5.0          | 5.0  |
| 6     | 6.0          | 6.0  |
| 7     | 7.0          | 7.0  |
| 8     | 8.0          | 8.0  |
| 9     | 9.0          | 9.0  |
| 10    | 10.0         | 10.0 |

dei dati di fitoplancton prodotti nell'ambito di diversi programmi di ricerca e monitoraggio.

80

## Bibliografia

---

UNI EN 15204, 2006, *European standard. Water quality – Guidance standard for the routine analysis of phytoplankton abundance and composition using inverted microscopy (Utermöhl technique)*. CEN Management Centre, Brussels, pp. 1–40.

Vadrucci M.R., Roselli L., 2018. *PhytoNumb3rs Toolkit User's Guide version 1*. Regional Agency for the Environmental Prevention and Protection (ARPA Puglia), Bari (Italy), 20 pp.

Vadrucci M. R., Roselli L., Castelluccia D., Di Festa T., Donadei D., Florio M., Longo E., D'ARPA S., Maci F., Ranieri S., Spinelli M., Pastorelli A., Ungaro N., 2018. *PhytoNumb3rs: An easy-to-use computer toolkit for counting microalgae by the Utermöhl method*. *Ecological Informatics* (46): 147–155.

## Valutazione ecologica del fitoplancton marino mediante un giudizio esperto

Ilen Bianco  
ARPA Lazio

Il fitoplancton ha un ruolo chiave nelle reti trofiche e nei cicli biogeochimici degli ecosistemi marini (Reynolds, 2006) e rappresenta un gruppo evolutivamente complesso (Baldauf, 2003). Per studiarne la diversità è necessario un approccio multidisciplinare che integri le tecniche di analisi molecolare con quelle di tipo tradizionale utilizzate nei programmi di monitoraggio, basate sulla microscopia ottica (Stern *et al.*, 2018). Studi sulla diversità del plancton con tecniche innovative di *metabarcoding* rivelano grande diversità dei *taxa* appartenenti ai pico- e nanoeucarioti (de Vargas *et al.*, 2015), classi dimensionali difficilmente valutabili con le tecniche di microscopia ottica.

Per la sua importanza negli ecosistemi marini, il fitoplancton è incluso da sempre nei programmi di monitoraggio svolti dalle ARPA, in attuazione delle normative comunitarie e nazionali; tra questi, quello istituito in seguito al recepimento della direttiva quadro sulla Strategia Marina (2008/56/CE) la quale include il fitoplancton in un totale di 4 descrittori (biodiversità, specie non indigene, eutrofizzazione e struttura delle reti trofiche) su 11 previsti per la definizione del GES ("Good Environmental Status"), come riportato nella Decisione della Commissione Europea (2010/477/UE). L'obiettivo del monitoraggio del fitoplancton è quello di valutare i cambiamenti nella struttura del popolamento in termini di composizione ed abbondanza. L'interpretazione di queste variazioni, in risposta a cambiamenti ambientali è tutt'altro che semplice ed è funzione della complessità della relazione "organismo-ambiente"

(Paerl *et al.*, 2015). Lunghe serie temporali di osservazioni del plancton consentono di individuare cambiamenti significativi nei popolamenti fitoplanctonici in risposta ai cambiamenti ambientali (Harris, 2010; Morabito *et al.*, 2018).

Per i 3 diversi programmi di monitoraggio dell'ambiente marino costiero (ai sensi della L. 979/82, del D.Lgs. 152/2006 e del D.Lgs. 190/2010), l'ARPA Lazio, ha raccolto e raccoglie tutt'ora dati sulla composizione qualitativa dei popolamenti fitoplanctonici della costa laziale da oltre 15 anni relativi, in particolare, alla componente nano- e microplanctonica (2-200  $\mu\text{m}$ ) (Figura 1).

Al fine di non disperdere questo enorme bagaglio di informazioni, si è ritenuta necessaria l'integrazione dei dati raccolti nei diversi programmi di monitoraggio. Sono stati presi in considerazione dati relativi alla composizione, con il massimo livello di definizione tassonomica, e all'abbondanza del fitoplancton, relativi ad oltre 1.100 campioni provenienti da 60 stazioni distribuite lungo la costa laziale. I campioni, relativi al periodo com-

**Figura 1: Diatomea planctonica *Chaetoceros lorenzianus*. Bar = 20  $\mu\text{m}$**



Fonte: ARPA Lazio

preso tra il 2002 e il 2017, sono stati prelevati ad una distanza compresa tra 0.3 e 12 miglia nautiche, prevalentemente superficiali (-0,5m), sebbene il programma di monitoraggio istituito per la Strategia Marina preveda prelievi anche in corrispondenza del DCM (*Deep Chlorophyll Maximum*).

Dai 3 programmi di monitoraggio sono state effettuate operazioni di allineamento delle liste tassonomiche e di aggiornamento della nomenclatura algale che hanno reso possibile, con un processo iterativo, la costruzione di un'unica lista fitoplanctonica e conseguentemente di un unico database (DBFITOLAZIO). Per il controllo nomenclaturale sono stati consultati siti di riferimento come ALGAEBASE (Guiry & Guiry, 2017; <http://www.algaebase.org>), per il gruppo dei dinoflagellati CEDIT (Hoppenrath & Elbrachter, 2015; <http://www.dinophyta.org>) e per i gruppi specifici è stata consultata la bibliografia attinente.

Lo studio ha portato alla definizione di una lista di riferimento del fitoplancton per le coste laziali che rappresenta uno strumento di supporto per le attività routinarie di monitoraggio, aumenta la comparabilità dei dati e la loro accessibilità nel tempo e quindi complessivamente accresce la qualità del dato (Zingone *et al.*, 2015). È stata aggiornata, per il Lazio (Bianco *et al.*, 2006; Congestri *et al.*, 2004 - 2006), la lista delle specie fitoplanctoniche potenzialmente dannose che comprende specie potenzialmente produttrici di tossine che possono essere assunte attraverso il consumo di prodotti ittici, specie responsabili di fioriture spesso associate a colorazioni anomale delle acque e specie con attività ittiotossica (Hallegraeff, 2003). Inoltre è stato possibile valutare la presenza di specie non indigene (Corriero *et al.*, 2016).

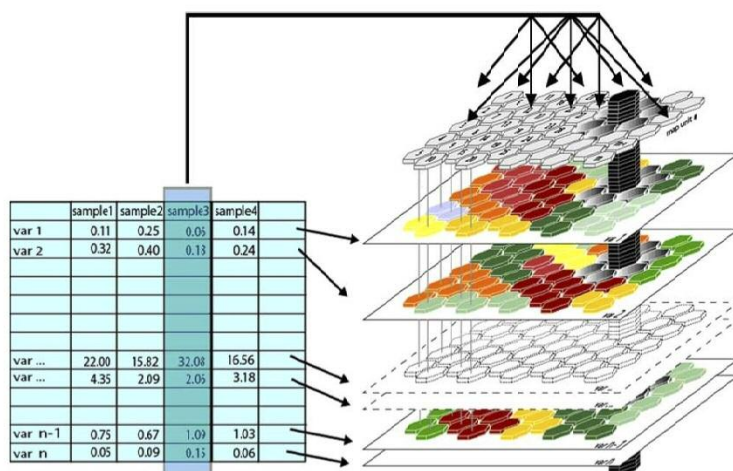
Al fine di effettuare una valutazione ecologica del fitoplancton delle coste laziali si è scelto di utilizzare reti

neurali artificiali e in particolare le Self Organizing Maps (SOMs); queste analisi statistiche consentono la gestione di *database* di dimensioni elevate ed eterogenee in termini spazio-temporali come nel caso del DBFITOLAZIO, caratterizzato da informazioni provenienti da diverse stazioni e diverse frequenze di campionamento nel tempo, definite nell'ambito dei diversi programmi di monitoraggio.

La SOM è una rete neurale artificiale non supervisionata che esegue la proiezione non lineare dei dati da uno spazio multidimensionale in un reticolo a 2 dimensioni ovvero la mappa stessa. Nella fase di apprendimento (Figura 2) ogni unità di mappa è associata a un vettore, costituito da un numero di componenti pari al numero di diverse variabili nel *set* di dati (dati di abbondanza dei diversi *taxa* nel nostro caso) in modo che possa essere visto come un campione sintetico. L'insieme delle componenti *i*-esime di tutti i vettori definisce il piano *i*-esimo della mappa, chiamato anche piano componente, che rappresenta la distribuzione della variabile *i*-esima lungo la SOM. Durante la fase di apprendimento il valore di ciascun campione osservato viene confrontato con ogni unità di mappa e con quella più vicina e i suoi vicini sono identificati e modificati in accordo alle regole di apprendimento della SOM.



Figura 2: Rappresentazione schematica della fase di apprendimento SOM



Fonte: Adattato da Solidoro *et al.*, 2007. Il valore di ciascun campione osservato (colonna della tabella) viene confrontato con ogni unità di mappa e quella più vicina (l'unità di corrispondenza migliore, raffigurata come una barra nera) e i suoi vicini (esagoni grigio scuro vicini alla barra nera) sono identificati e modificati in accordo alle regole di apprendimento della SOM.

L'applicazione della SOM ha permesso di individuare *pattern* ricorrenti nei popolamenti fitoplanctonici ed una loro caratterizzazione spazio-temporale.

Tali *pattern* sono stati successivamente posti in relazione alle condizioni ambientali al fine di individuare, preliminarmente, una possibile corrispondenza tra la composizione del popolamento fitoplanctonico e le condizioni ambientali, in attesa della definizione di un indice per il fitoplancton, come avviene per molti altri indicatori biologici previsti dalla normativa.

## Bibliografia

Baldauf S. L., 2003. *The deep roots of eukaryotes*. Science 300: 1703-1706  
 Bianco I., Congestri R., Sangiorgi V., Albertano P., Zaottini

E., 2006. *Fioriture di microalghe potenzialmente tossiche lungo le coste laziali*. Biologia Marina Mediterranea 13 (1): 947-950

Congestri R., Bianco I., Albertano P., 2004. *Potentially Toxic Thecate Dinoflagellates of Middle Tyrrhenian Coastal Waters (Mediterranean Sea)*. In Steidinger K.A., Landsberg J.H., Tomas C.R. & Vargo G.A. (Editors) - Proceedings of the Xth International Conference on Harmful Algae. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission and Intergovernmental Commission of UNESCO

Congestri R., Bianco I., Sangiorgi V., Capucci E., Albertano P., 2006. *Il fitoplancton delle coste laziali dal 1997 a oggi: struttura della comunità, taxa dominanti e specie tossiche*. Biologia Marina Mediterranea 13 (1): 54-60

Corriero G., Pierri C., Accoroni S., Alabiso G., Bavestrello



- G. *et al.*, 2016. *Ecosystem vulnerability to alien and invasive species: a case study on marine habitats along the Italian coast*. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 26: 26:92-409
- de Vargas C., Audic S., Henry N., Decelle J., Mahé F., Logares R. *et al.*, 2015. *Ocean plankton. Eukariotic plankton diversity in the sunlit ocean*. Science 348 (6237): 1261605 pp.11
- Hallegraeff G. M., 2003. *Harmful algal blooms: a global overview*. In: G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson & A.D. Cembella (Editors). Manual on Harmful Marine Microalgae. UNESCO, Paris. 25-49
- Harris R., 2010. *The L4 time-series: the first 20 years*. Journal of Plankton Research 32 (5): 577-583
- Morabito G., Mazzocchi M.G., Salmaso N., Zingone A., Bergami C., Flaim G. *et al.*, 2018. *Plankton dynamics across the freshwater, transitional and marine research sites of the LTER-Italy Network. Patterns, fluctuations, drivers*. Science of the Total Environment 627: 373-387
- Paerl H. W., Yin K., O'Brien T. D., 2015. *Editorial, SCOR Working Group 137. Global patterns of phytoplankton dynamics in coastal ecosystems: An introduction to the special issue of estuarine, coastal and shelf science estuarine*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 162: 1-3
- Reynolds C. S., 2006. *Ecology of phytoplankton (Ecology, biodiversity and conservation)*. Cambridge University Press, Cambridge (UK)
- Solidoro C., Bandelj V., Barbieri P., Cossarini G., Fonda Umani S., 2007. *Understanding dynamic of biogeochemical properties in the northern Adriatic Sea by using self-organizing maps and k-means clustering*. Journal of geophysical research 112, C07S90 pp.13
- Stern R., Kraberg A. Bresnan E., Kooistra W. H. C. F., Lovejoy C., Montresor M., Morán X. A. G., Not F., Salas R., Siano R., Vulot D., Amaral-Zettler L., Zingone A., Metfies K., 2018. *Molecular analyses of protists in long-term observation programmes – current status and future prospective*. Journal of Plankton Research 40 (5): 519-536
- Zingone A., Harrison P.J., Kraberg A., Lehtinen S., McQuatters-Gollop A., O'Brien T., Sun J., Jakobsen H.H., 2015. *Increasing the quality, comparability and accessibility of phytoplankton species composition time-series data*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 162: 151-160

## La taratura della strumentazione e la riferibilità metrologica delle misure

Laura Anglesio, Giovanni d'Amore  
ARPA Piemonte

Presso la sede di Ivrea di ARPA Piemonte è attivo sin dal primo anno di istituzione dell'Agenzia (1997) un centro di taratura riconosciuto da Accredia come laboratorio accreditato di taratura (LAT) per strumenti di misura dei campi elettromagnetici a radiofrequenze (Accredia LAT069) che recentemente ha esteso il proprio accreditamento alla taratura di radiometri solari.

In relazione alle competenze metrologiche presenti nella sede di Ivrea, è stato recentemente istituito presso questa sede un Servizio di Tarature per tarare internamente alcune tipologie di strumenti utilizzati nell'Agenzia.

Per quanto riguarda i campi elettromagnetici il centro LAT 069 di ARPA Piemonte è in grado di effettuare la taratura accreditata di sensori di campo elettromagnetico a radiofrequenza e antenne nell'intervallo 100 kHz - 4 GHz, nonché di dispositivi generatori e misuratori di potenza (generatori, sensori di potenza e analizzatori di spettro) e di dispositivi a una o più porte quali attenuatori, cavi e terminazioni.

A seguito delle necessità di verifica e controllo della risposta di radiometri UVA e UVE usati presso la rete meteo di ARPA Piemonte, è stato messo a punto un laboratorio ottico per la caratterizzazione di questi strumenti. A partire dall'ottobre 2016, il centro LAT 069 è stato accreditato anche per queste attività e, in particolare, per la taratura di radiometri solari UVA e UVE, in termini di risposta angolare, risposta in lunghezza d'onda e matrice di taratura (tabella riportante in funzione di ogni angolo zenitale  $\alpha$  e per

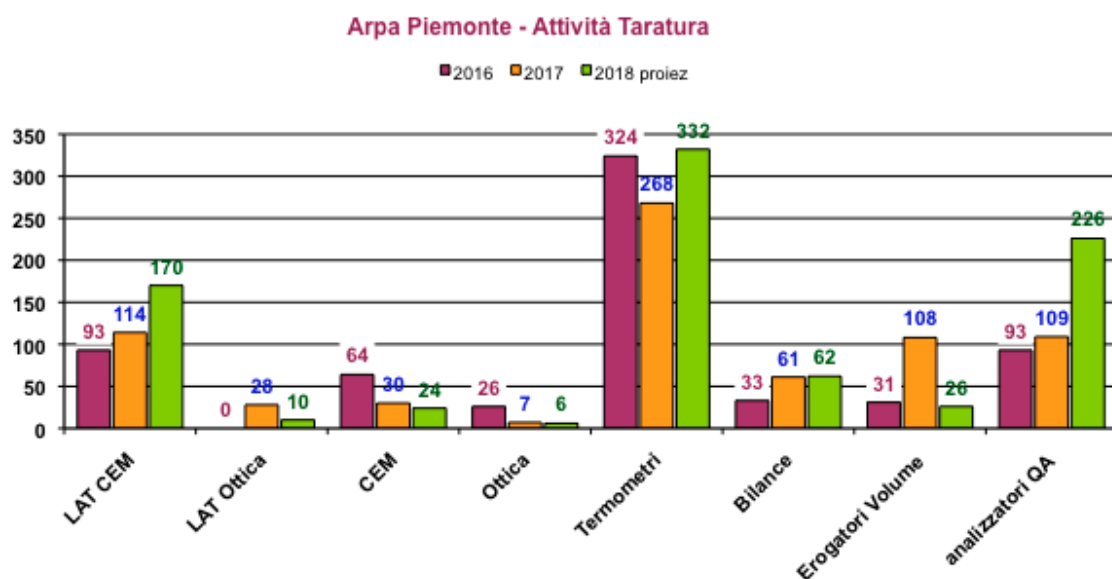
ogni valore di ozono colonnare  $O_3$ , il coefficiente di taratura del radiometro] per la determinazione dell'irradianza UVA e UVE e dell'indice UV. L'accreditamento riguarda inoltre i radiometri UVA per la misura delle sorgenti artificiali.

Alle attività di taratura accreditate, effettuate sia sugli strumenti in dotazione all'Agenzia che per conto terzi (altre Agenzie del SNPA e soggetti pubblici e privati), si sono aggiunte anche le tarature di strumenti di supporto ai laboratori (termometri, dispensatori di volume, bilance) e strumenti utilizzati nella rete di monitoraggio regionale della qualità dell'aria, (analizzatori di Ozono, analizzatori di Ossidi di Azoto, misuratori di flusso e campionatori di particolato).

L'attivazione di un Servizio di Tarature interne, centralizzato presso una delle sedi dell'Agenzia, ha consentito una più efficiente gestione delle riferibilità metrologiche di strumenti utilizzati nei laboratori anche al fine dei percorsi di certificazione e accreditamento. Particolare attenzione ha richiesto la predisposizione di procedure e l'allestimento di catene di misura per gli strumenti della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Per questa tipologia di strumentazione il mantenimento della riferibilità metrologica è problematico a causa dell'utilizzo in campo e della necessità di frequenti controlli di qualità sulla risposta. Nell'ambito delle possibili modalità di gestione di tali aspetti, ARPA Piemonte ha scelto di tarare gli analizzatori di gas presso il proprio laboratorio invece che in campo dove si effettuano le altre attività previste dal D.M. 30 marzo 2017, quali controlli e verifiche di taratura.

In Figura 1 è riportata una sintesi delle tarature accreditate (LAT) e non accreditate effettuate nel periodo 2016-2018 per tipologia di strumento di misura. I dati riportati nel grafico evidenziano, per alcune

Figura 1: Sintesi attività di taratura eseguita dal servizio tarature di ARPA Piemonte nel triennio 2016 – 2018



Fonte: ARPA Piemonte

tipologie di strumentazione, un incremento dovuto alla messa a punto di procedure di tarature su nuovi strumenti. Questo è, ad esempio, il caso degli analizzatori di gas della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (analizzatori di qualità dell'aria) per i quali, nel 2018, si sono messe a punto anche le tarature per gli analizzatori di Ossidi di Azoto oltre che per gli analizzatori di Ozono. Per gli strumenti che prevedono periodicità di taratura non annuale, come nel caso di termometri ed erogatori di volume per cui la periodicità è biennale, l'andamento del numero di tarature dipende da tale fattore.

L'implementazione delle attività di taratura, con la costituzione di specifici laboratori e di un servizio

dedicato alle tarature interne, ha consentito la crescita della cultura metrologica nell'Agenzia e, in modo più specifico, della consapevolezza sulla qualità dei dati forniti da parte degli utilizzatori di strumentazione di misura e analisi.

A tali aspetti si aggiunge una maggiore possibilità di controllo di servizi tecnici, quali manutenzioni e tarature di strumenti, affidati a ditte esterne.

## L'analisi forense nelle contaminazioni ambientali da prodotti petroliferi

Riccardo Narizzano, Fulvia Risso, Alfredo Magherini  
ARPA Liguria

A partire dagli anni '70, il trasporto di prodotti petroliferi in varie forme ha svolto un ruolo di primaria importanza nello sviluppo dell'economia commerciale mondiale. Questo ha inevitabilmente portato ad un elevato rischio di contaminazione ambientale dovuta sia a semplici fuoriuscite sia a incidenti rilevanti connessi con questi prodotti. Lo sversamento incontrollato di prodotti petroliferi, a seguito di incidente o volontario, è un evento che comporta sempre serie ripercussioni sull'intero ecosistema (ad esempio inquinamento di falde acquifere e litorali, avvelenamento della fauna, ecc...). Quando la quantità del prodotto petrolifero fuoriuscito è elevata e il rilascio in ambiente avviene in un breve periodo di tempo, situazione tipica dei grandi incidenti come la rottura di oleodotti e il naufragio di petroliere, si ha un'immediata minaccia sulla fauna locale e una contaminazione ambientale che può persistere anche anni dopo il rilascio. Quando invece l'immissione in ambiente avviene in quantità più modeste, ma si protrae per lungo tempo, il rischio maggiore è la grande e incontrollata diffusione della contaminazione.

In questo scenario l'identificazione del prodotto immesso in ambiente e l'individuazione della provenienza sono di cruciale importanza per definire l'entità del danno e attribuire eventuali responsabilità. Poiché qualunque procedimento legale conseguente ad uno sversamento di greggio in ambiente deve essere supportato da robuste evidenze scientifiche, che colleghino l'inquinamento alla possibile sorgente, è necessario sviluppare metodologie analitiche chimico forensi (CEN/TR 15522-2, 2012; ASTM D 5739-00, 2013) in grado di confrontare

campioni differenti e stabilire in maniera statisticamente certa se essi siano contaminati dallo stesso prodotto idrocarburico.

### L'impronta digitale del petrolio

Il greggio estratto dalle profondità della superficie terrestre è una miscela complessa di svariate migliaia di differenti tipi di composti la cui composizione varia in funzione del luogo di estrazione, fino al singolo pozzo. Questa grande varietà di composizione ha due principali aspetti: l'estrema complessità analitica e la possibilità di trovare composti specifici relativi all'origine del singolo prodotto petrolifero. I composti specifici, relativi alla zona geografica in cui si è formato ed è stato estratto il petrolio, prendono il nome di *biomarker* (marcatori biologici) (Hester e Harrison, 2008). I *biomarker* sono composti presenti in piccolissime quantità derivanti dalle biomasse che hanno originato il greggio; essi sono dei veri e propri fossili molecolari in quanto la loro struttura rimanda alla loro origine biologica. La determinazione di queste molecole, presenti in bassissime concentrazioni in una miscela complessa di sostanze come un petrolio greggio, richiede specifiche tecniche analitiche come la gascromatografia abbinata alla spettrometria di massa (GC-MS). È possibile isolare famiglie di composti dalla miscela del greggio in base ad una loro massa caratteristica e, successivamente, identificare le specifiche molecole di interesse (Figura 1), grazie sia alla GC-MS sia ad un notevole impegno da parte dell'analista. Le peculiari caratteristiche dei *biomarker* che li rendono adatti ad essere utilizzati in una indagine chimico forense per collegare il prodotto inquinante ritrovato nell'ambiente con la sua origine sono due:

1) la concentrazione di ciascuno di essi differisce da sorgente a sorgente, pertanto ogni greggio presenta specifici rapporti di concentrazione dei diversi *biomarker*

e questi rapporti costituiscono l'impronta digitale del prodotto petrolifero;

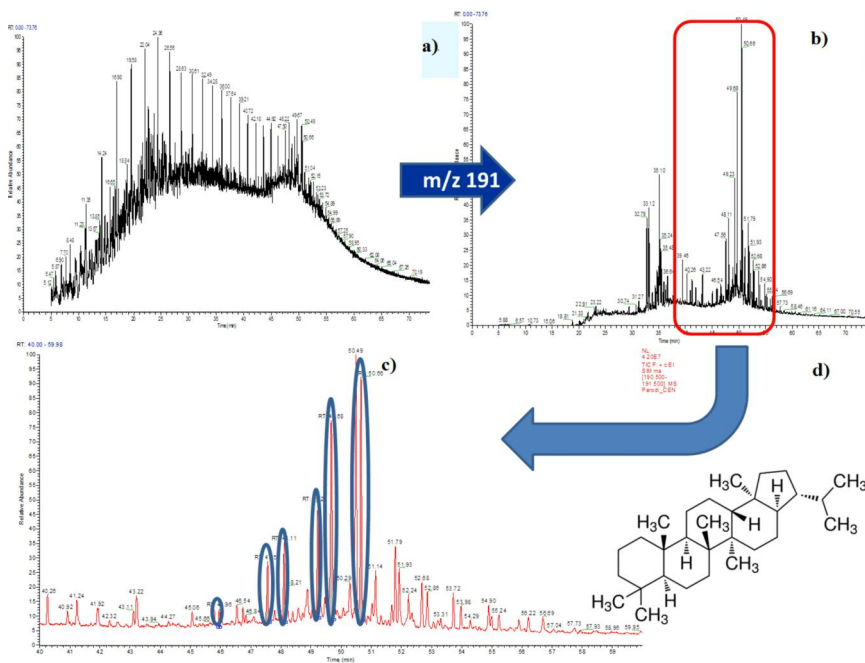
2) l'elevata resistenza di questi composti alla degradazione provocata dagli agenti atmosferici e ambientali rende l'impronta digitale del greggio non variabile nel tempo entro determinati valori di tolleranza.

Anche questo aspetto è di fondamentale importanza in quanto il prodotto petrolifero, una volta sversato in ambiente, inizia immediatamente a cambiare la propria composizione. L'entità e il tipo di variazione dipendono sia dalle condizioni atmosferiche sia dal comparto ambientale con cui il prodotto viene a contatto (suolo, acqua,...), oltre che,

naturalmente, dal tempo intercorso dall'inizio dello sversamento. La combinazione di elevata resistenza al cambiamento dovuta agli agenti atmosferici, a differenza degli altri composti costituenti il greggio, e di abbondanza relativa altamente specifica del luogo di origine, rende i *biomarker* di fondamentale importanza sia per determinare la tipologia di greggio sia per collegare l'inquinamento all'origine. Il confronto tra la composizione dell'inquinamento e quello della possibile sorgente (origine) viene effettuato tramite la comparazione delle impronte digitali dei due prodotti, ottenute misurando i rapporti di concentrazione dei *biomarker* e di un certo numero di altri speci-

**Figura 1: Schema di analisi di *biomarker* della famiglia degli opani presenti in un greggio mediante gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa**

a) Cromatogramma del petrolio greggio; b) isolamento della famiglia degli opani mediante il loro caratteristico rapporto massa molecolare/carica ( $m/z$  191); c) identificazione e selezione degli opani caratteristici; d) Struttura molecolare di un opano.



Fonte: ARPAL

**Figura 2: Campione di greggio prelevato in mare al largo di Imperia dopo 140 ore dallo sversamento avvenuto nell'area industriale di Genova. L'accordo del campione con l'origine è stato positivo**



Fonte: ARPAL

fici composti (ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici). Tale confronto rende possibile la comparazione anche per prodotti ritrovati nell'ambiente dopo numerosi giorni e ad elevata distanza dall'origine come evidenziato in Figura 2.

Nelle figure 1 e 2 viene riportata l'analisi di uno sversamento di petrolio greggio avvenuto nella zona industriale di Genova. Il campione di prodotto petrolifero in acqua di mare prelevato 140 ore dopo al largo di Imperia ha dato esito positivo al confronto con l'origine.

## Bibliografia

- ASTM D 5739-00, 2013. *Standard practice for oil spill source identification by gas chromatography and positive ion electron impact low resolution mass spectrometry*.
- CEN/TR 15522-2, 2012. *Oil spill identification – Waterborne petroleum and petroleum products – Part 2: Analytical methodology and interpretation of results based on GC-FID and GC-MS low resolution analyses* (CEN/TR 15522-2:2012:E).
- Hester R.E., Harrison R.M., 2008. *Environmental Forensics, Issues in Environmental Science and Technology*. v. 26 Royal Society of Chemistry.

## 2. CLIMA

### Il *Poor Man's Ensemble* operativo presso ARPAL

Matteo Corazza  
ARPA Liguria

Il territorio italiano è caratterizzato da un'orografia complessa, spesso associata a bacini di dimensioni molto piccole, particolarmente sensibili a precipitazioni intense e a carattere convettivo che possono portare ad eventi alluvionali improvvisi (*flash floods*). La Liguria è solo uno dei tanti esempi di questa configurazione, con bacini in gran parte di dimensioni di pochi km<sup>2</sup>, caratterizzati da tempi di reazione dei reticoli idrografici a precipitazioni intense dell'ordine dell'ora. Conseguenza di questo è l'impossibilità di gestire le emergenze idrologiche mediante l'utilizzo di osservazioni, rendendo necessario un sistema previsionale ad alta risoluzione realistico, in grado di fornire indicazioni sulle possibili precipitazioni di forte intensità a carattere temporalesco. Questo contesto ha portato negli scorsi anni allo sviluppo di numerosi modelli numerici operativi per la previsione meteorologica ad alta risoluzione, che attualmente raggiungono risoluzioni orizzontali dell'ordine di 1-2 km e implementano una dinamica non idrostatica capace di simulare in modo esplicito i fenomeni convettivi. La predicibilità di questi fenomeni è molto breve e dipende fortemente dall'evento considerato: è quindi cruciale affiancare agli strumenti modellistici deterministici metodi che permettano la caratterizzazione della predicibilità dell'evento.

ARPAL da alcuni anni sta sviluppando un *Poor Man's Ensemble* (PME) basato su diversi modelli ad area limitata operativi in Italia (Cosmo Italia, Bolam/Moloch, WRF). A differenza di un *ensemble* classico, che al fine di caratterizzare la predicibilità dell'atmosfera utilizza un nu-

mero determinato (tipicamente qualche decina) di simulazioni dello stesso modello caratterizzate da condizioni iniziali e/o parametri della fisica opportunamente perturbati all'interno dell'errore stimato, i membri di un *Poor Man's Ensemble* sono costituiti da simulazioni operative indipendenti, svolte con strumenti modellistici a volte anche molto diversi tra loro e generalmente pensati per una previsione deterministica. Il PME di ARPAL è capace di fornire una previsione probabilistica dell'evoluzione dello stato dell'atmosfera a piccola scala, con il fine di costruire uno strumento da utilizzare a fianco dei sistemi di *ensemble* classici.

Dagli anni '90 sono disponibili strumenti per la caratterizzazione della predicibilità atmosferica su scala globale che hanno rivoluzionato l'approccio alle previsioni meteorologiche (i più noti esempi sono rappresentati dagli *Ensemble Prediction Systems* - EPS - del *National Centers for Environmental Prediction* - NCEP, USA - e dell'*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* - ECMWF). Questi strumenti sono tuttavia finalizzati alla previsione delle incertezze su larga scala e su tempi medio-lunghi (*synoptic instabilities*) e non permettono di evidenziare la predicibilità sulla scala spazio temporale dei fenomeni temporaleschi (*convective instabilities*). Gli errori associati a queste scale crescono molto più velocemente di quelli a larga scala ma la loro ampiezza satura dopo poche ore e viene assorbita in poco tempo dalla crescita maggiore, anche se più lenta, degli errori associati alle scale più grandi.

Per superare questo problema negli scorsi anni sono stati proposti molti sistemi di *ensemble* ad area limitata, basati su modelli ad alta risoluzione anche in grado di simulare in modo esplicito i fenomeni convettivi, con soluzioni innovative per gestire sia le condizioni iniziali e al contorno, sia le incertezze associate alle approssimazioni dei modelli stessi. Questi strumenti sono molto

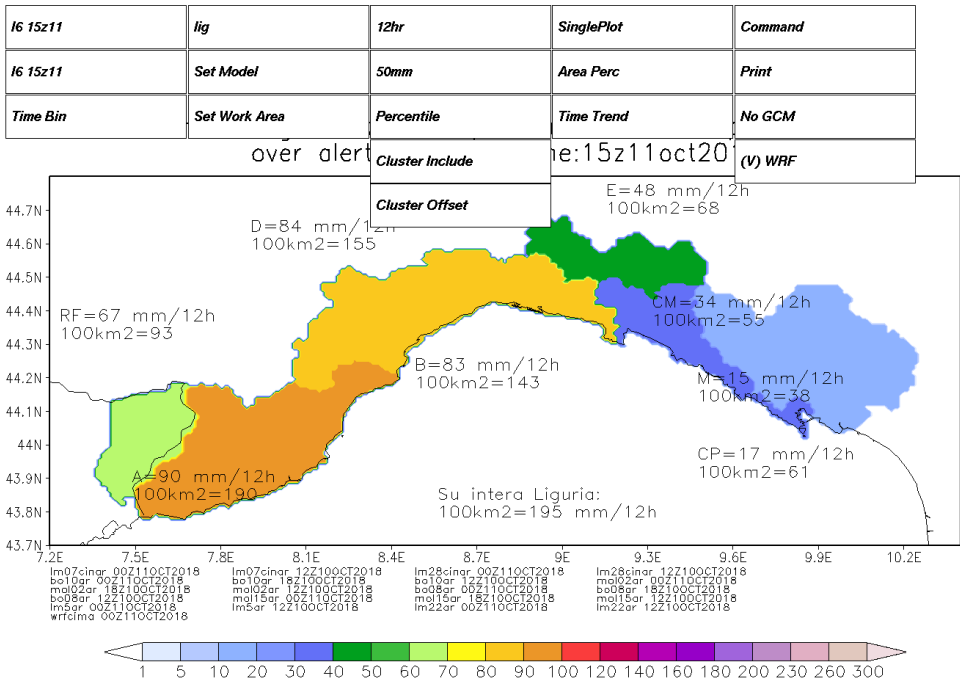


promettenti, tuttavia, per come sono costruiti è presente il rischio che i risultati siano dominati dal segnale associato alla predicibilità di larga scala, soprattutto se il numero di elementi degli *ensemble* ad alta risoluzione è dello stesso ordine di grandezza di quello degli *ensemble* globali e se le informazioni utilizzate per le condizioni al contorno provengono da un *ensemble* di larga scala.

L'utilizzo di un PME come quello sviluppato in ARPAL può essere affiancato agli strumenti di *ensemble* classici proprio per aiutare a mitigare questo rischio. Se da

una parte un PME non consente un pieno controllo delle strategie con cui le condizioni iniziali e al contorno per i membri dell'*ensemble* vengono costruite, dall'altra questi membri sono costituiti da modelli operativi ad alta risoluzione pienamente indipendenti nella formulazione di condizioni iniziali e al contorno, così come nel modo in cui la dinamica e la fisica dei modelli sono implementate. Questo permette di massimizzare le differenze fra i membri dell'*ensemble* anche su piccola scala, allo stesso tempo garantendo che ognuno dei membri rappresenti una simulazione deterministica ottimizzata

Figura 1: Esempio di interfaccia utente del *Poor Man's Ensemble*



Fonte: ARPAL

**Nota:** L'immagine rappresenta l'80° percentile della precipitazione areale cumulata in 12 ore alle 15 UTC dell'11 Ottobre 2018. I valori per precipitazioni non localizzate su aree di 10x10 km<sup>2</sup> sono riportati nella seconda riga. In fondo alla figura sono evidenziali i membri dell'*ensemble*, in questo caso 21 modelli operativi. In alto sono evidenziali i comandi a scomparsa utilizzati per selezionare le variabili e la tipologia di grafico da visualizzare.



dell'evoluzione dell'atmosfera.

Il PME di ARPAL è composto dai modelli operativi disponibili presso il Centro Funzionale della Regione Liguria: diverse versioni di Bolam (risoluzione orizzontale di circa 8 km e circa 10 km) e Moloch (-1,5 km e -2,2 km), con condizioni iniziali e al contorno del modello IFS dell'ECMWF, gestiti direttamente da ARPAL in collaborazione con il CNR-ISAC di Bologna (Corazza *et al.* 2003, 2018); diverse versioni di COSMO Italia (rispettivamente 7,2 km, 2,8 km, 5 km, 2,2 km di risoluzione orizzontale), disponibili nell'ambito della rete nazionale dei Centri Funzionali (Schättler and Montani, 2005). Recentemente è stato aggiunto il *run* del modello WRF con risoluzione di circa 1,5 km gestito da Fondazione CIMA. Al fine di aumentare il numero di elementi vengono considerati anche i modelli operativi inizializzati nelle ore precedenti, in una finestra (*lag*) generalmente di 12 ore precedenti l'istante di inizializzazione dell'*ensemble*. Il numero di elementi considerati varia a seconda *lag* considerato: nel caso sia di 12 ore è compreso fra 15 e 21 modelli ad area limitata.

L'*ensemble* è sviluppato in ambiente GrADS con un'interfaccia grafica interattiva che permette agli utenti di scegliere in tempo reale le variabili da visualizzare. Un esempio è riportato in Figura 1 per l'evento sulla Liguria dell'11 Ottobre 2018.

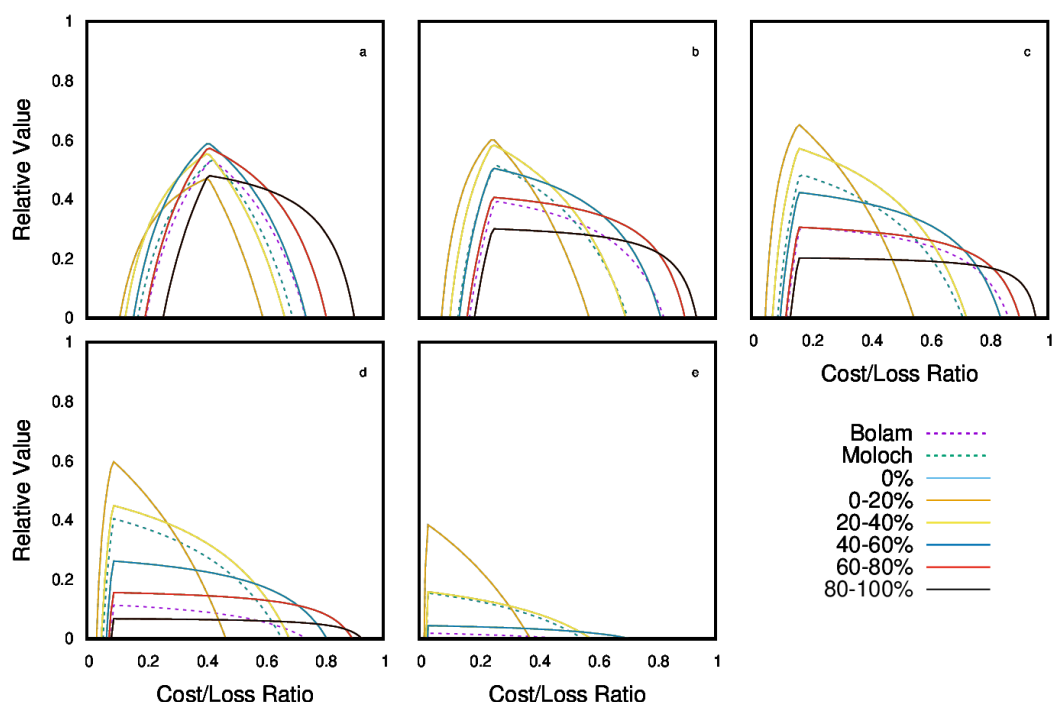
Un'ampia descrizione del sistema e delle sue prestazioni nel triennio 2014-2016 è riportata in Corazza *et al.* (2018). Attualmente il PME è utilizzato anche per l'elaborazione di diversi prodotti operativi disponibili ogni 6 ore, corrispondenti al passo di aggiornamento delle catene modellistiche gestite da ARPAL. Tra questi prodotti sono compresi la fornitura di variabili statistiche relative alla precipitazione per la versione ligure del modello di frane del CNR-IRPI di Perugia, così come per il monitoraggio

della discarica di Scarpino, nel territorio di Genova. Il PME è anche utilizzato per la fornitura di dati meteorologici per la modellistica idrologica finalizzata al monitoraggio del Torrente Polcevera, nell'ambito dell'emergenza del Ponte Morandi. È inoltre operativa una versione focalizzata sulle aree di allertamento della Regione Toscana ed è in fase di test un'interfaccia per l'inizializzazione con metodi probabilistici della modellistica idrologica del Centro Funzionale della Regione Liguria.

Più di 5 anni di utilizzo del *Poor Man's Ensemble* hanno evidenziato che il sistema è capace di fornire un valore aggiunto rispetto all'uso di ognuno dei modelli che lo compongono. Questo è ad esempio mostrato in Figura 2, dove il *Value Score* (Wilks, 2001) per diversi valori di probabilità relativo alla precipitazione cumulata su 3 ore sulla Liguria mostra che il PME garantisce una migliore capacità decisionale rispetto all'utilizzo dei singoli modelli operativi (nella Figura 2 di essi sono mostrati con linee tratteggiate).

Il sistema è in continua e rapida evoluzione: il numero di modelli considerati è in aumento con il fine di sostituire i modelli idrostatici con modelli non idrostatici. È in fase di inserimento, ad esempio, il modello Moloch inizializzato con GFS (risoluzione di -1,3 km) disponibile grazie alle simulazioni operative svolte presso il CNR-ISAC di Bologna (Davolio *et al.*, 2015). È anche prevista l'estensione del sistema a variabili diverse dalla precipitazione, in particolare ampliando i prodotti disponibili per la temperatura a 2 m e i venti a 10 m, attualmente solo visualizzabili per mezzo di *spaghetti plots*. Così come già fatto per la Regione Toscana, il sistema è costruito in modo da permettere di essere esteso a nuove regioni con uno sforzo modesto.

Figura 2: *Value Score* per diverse soglie di probabilità relative rispettivamente a precipitazioni cumulate di 1 (a), 5 (b), 10 (c), 20 (d) e 50 (e) mm/3h.



Fonte: ARPAL

**Nota:** Le linee tratteggiate rappresentano i modelli Bolam e Moloch (periodo di analisi: triennio 2014-2016).

## Bibliografia

Corazza, M., Buzzi, A., Sacchetti, D., Trovatore, E., Ratto, C.F., 2003, *Simulating extreme precipitation with a mesoscale forecast model*, Meteorol. Atmos. Phys. 83, 131-143.

Corazza M., Sacchetti D., Antonelli M., Drofa O., 2018, *The ARPAL operational high resolution Poor Man's Ensemble, description and validation*, Atmospheric Research, 203, 1-15, ISSN 0169-8095, <https://doi.org/10.2016/j.atmosres.2017.11.031>.

Davolio S., F. Silvestro and P. Malguzzi, 2015, *Effects of Increasing Horizontal Resolution in a Convection Permitting Model on Flood Forecasting: The 2011 Dramatic Events in Liguria (Italy)*, J. Hydrometeorology, doi:10.1175/JHM-D-14-0094.1

Schättler, U., and A. Montani, Eds. 2005, *Consortium for Small-Scale Modelling Newsletter*, No. 5, DWD, Offenbach, Germany, 182 pp.

Wilks, D., 2001, *A skill score based on economic value for probability forecasts*, Meteorol. Appl. 8, 209-219.

## L'Osservatorio Clima e i servizi climatici

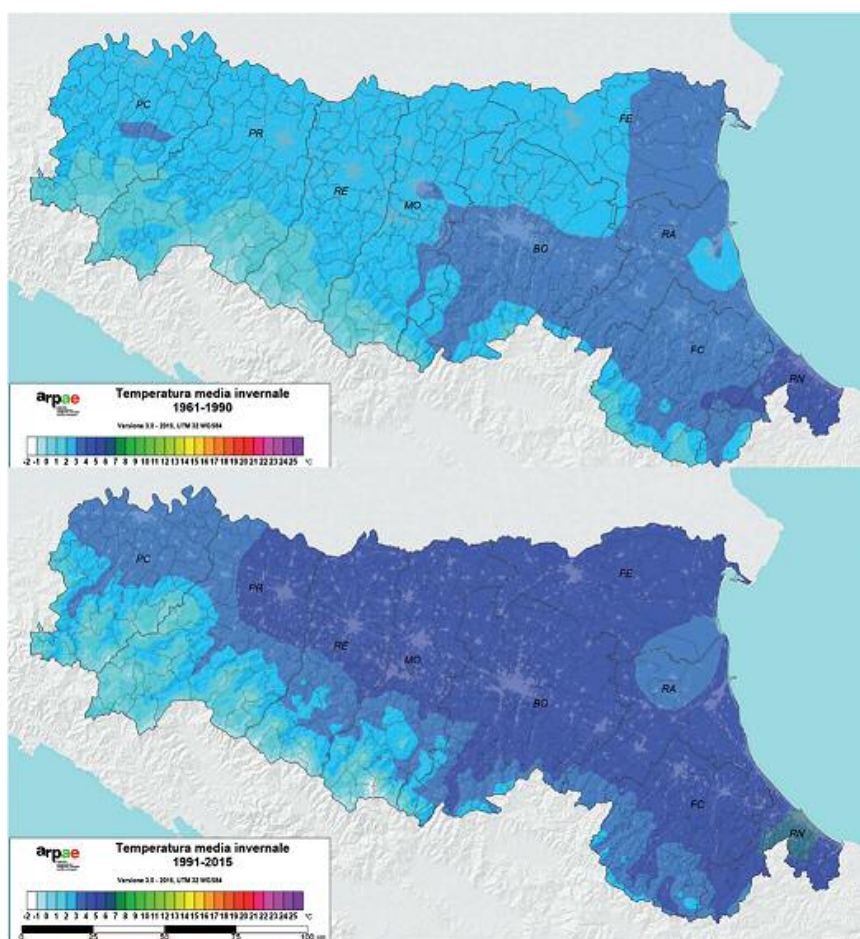
Vittorio Marletto  
ARPAE Emilia-Romagna

Le condizioni climatiche dell'Emilia-Romagna sono notevolmente mutate rispetto ai decenni passati, in parti-

colare rispetto al periodo 1961-1990, che per l'Omm (Organizzazione meteorologica mondiale, *public.wmo.int*) è il riferimento da utilizzare per i confronti con i dati più recenti.

Vi è in effetti un incremento evidente delle temperature e una moderata tendenza alla diminuzione delle preci-

**Figura 1: Temperature medie invernali in Emilia-Romagna in passato e oggi**



Fonte: ARPAE Emilia-Romagna

pitazioni, accompagnata da una notevole redistribuzione stagionale degli eventi piovosi e da più frequenti e intense siccità, “anche se negli ultimi due decenni si è osservata una crescente frequenza e intensità dei fenomeni estremi di maltempo. Si tratta di eventi capaci di rilasciare alcune centinaia di mm di pioggia in pochissime ore, come ad esempio è accaduto nell’alluvione della Val Nure e Val Trebbia del 14 settembre 2015.” (Cacciamani, 2017).

I cambiamenti in atto in Emilia-Romagna sono documentati, tra le altre fonti, in un sintetico atlante climatico regionale (Antolini et al., 2017), pubblicato in seconda edizione nel 2017. Il documento consente di raffrontare in maniera semplice ed immediata il clima presente (anni 1991-2015) con il clima di riferimento (trentennio citato).

Ad esempio, nella Figura 1, viene rappresentato un raffronto tra temperature medie invernali pregresse ed attuali. L’impiego della stessa scala termometrica consente di visualizzare facilmente l’impressionante avanzamento da sudest della fascia termica compresa tra 4 e 5 °C, che in passato si trovava solo nel riminese, mentre oggi occupa l’intera pianura fino a Parma compresa. Nel frattempo, a Rimini, i valori medi invernali sono saliti a 7-8 gradi.

In sostanza, ampie zone della regione si sono scaldate di circa due gradi in inverno, con evidenti conseguenze, per esempio, sulla vegetazione, che risulta sempre più spesso anticipare il proprio ciclo, e sulla permanenza del manto nevoso appenninico, che risulta sempre più aleatoria, con frequenti eventi di piena invernale dei fiumi. Questa tendenza al cambiamento climatico influisce notevolmente su tutte le attività e su tutti gli ambienti della regione e determina la necessità di impostare politiche regionali di mitigazione delle emissioni di gas serra e di adattamento alla nuova situazione, in previ-

sione di un suo peggioramento nei decenni a venire. A supporto di queste nuove necessità, la Regione ha deciso l’istituzione presso ARPAE Emilia-Romagna di un “Osservatorio sui cambiamenti climatici e relativi impatti”, presentato in dettaglio in un recente articolo su Ecoscienza (Cacciamani, 2017).

Come primo prodotto reportistico dell’Osservatorio, nella sua funzione di erogatore di informazioni climatiche, è stato realizzato un volume, Rapporto idrometeoroclima 2017 (Allodi et al., 2018), che descrive l’anno 2017 in Emilia-Romagna dal punto di vista idrologico, meteorologico e climatico.x

Da una breve analisi dei principali contenuti di tale rapporto risulta che il 2017 è stato un anno molto articolato dal punto di vista idrometeoroclimatico, con una prolungata siccità, terminata solo a settembre, una potente ondata di caldo, che ha portato le temperature fino al record di 42,5 °C (il 4 agosto sulle colline di Brisighella, in provincia di Ravenna), e ha visto succedersi un numero molto elevato di fenomeni intensi tra cui: gelate tardive di aprile, temporali fortissimi con grandine e allagamenti in estate, una nevicata improvvisa su Bologna a novembre e anche l’alluvione nella località di Lentigione (Brescello, Re) a dicembre.

Per documentare l’annata e valorizzare la grande quantità di dati e rapporti disponibili presso ARPAE si è quindi deciso di realizzare un Rapporto annuale, il Rapporto idrometeoroclima 2017, che consentisse di riepilogare gli eventi rinviando ad altre pubblicazioni per ulteriori approfondimenti.

Analizzandone brevemente la struttura, tale rapporto si apre con la sintesi dell’anno, intitolata “Il 2017 in pillole”, ed è organizzato in cinque sezioni tematiche dedicate a: analisi mensili, eventi rilevanti (comprese le nevicata in Appennino), situazione idrologica, anomalie rispetto al clima, e, infine, dati marini.

Ogni capitolo contiene il rimando ad altri materiali informativi *on-line* (bollettini, rapporti settimanali, mensili, dati ecc.) consultabili per ulteriori approfondimenti. A completare il quadro informativo, la sezione finale 'Appendici', con schede tecniche di approfondimento sui diversi temi del rapporto (glossario, dati e bollettini idro-meteoclima, dati marini, siccità e allerte emesse).

Il Rapporto 2017 è consultabile e scaricabile in formato pdf sul sito di ARPAE Emilia-Romagna ([https://www.arpae.it/dettaglio\\_documento.asp?id=7120&idlivello=64](https://www.arpae.it/dettaglio_documento.asp?id=7120&idlivello=64)) e, a richiesta (vmarletto@arpae.it), disponibile anche in formato cartaceo. Oltre al rapporto stesso, sul sito di ARPAE sono disponibili individualmente, in una cartella ad accesso libero, i file delle mappe, dei grafici e delle tabelle della sezione Climatologia.

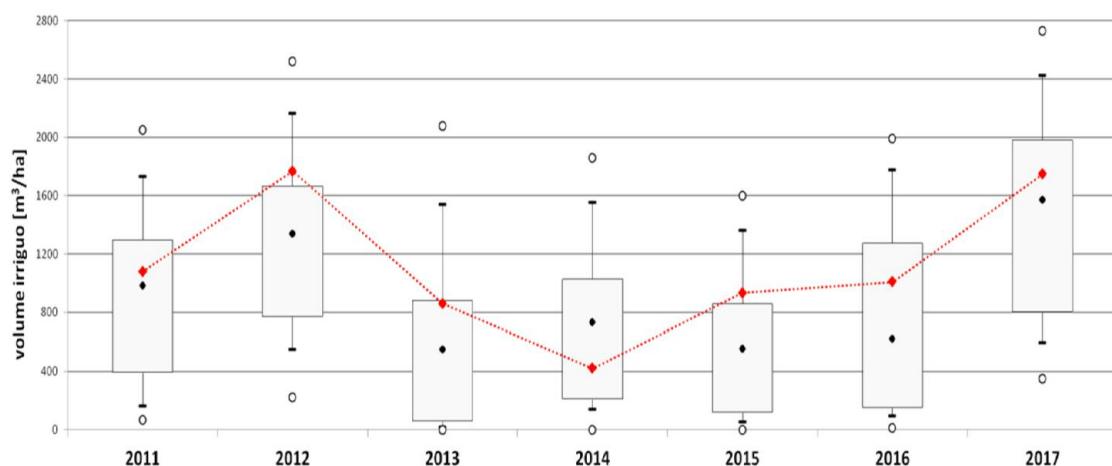
Analizzando i dati contenuti nel rapporto, si evidenzia come nel 2017 siano stati registrati due nuovi "record" climatici: il minimo numero di giorni piovosi (precipitazione  $\geq 1$  mm) dal 1961 (solo 92 giorni contro una media di 125) e il nuovo massimo assoluto della temperatura

massima (media annuale) con 19 gradi, quasi 3 gradi sopra le medie storiche.

Oltre a fornire dati statistici, l'Osservatorio clima sviluppa ed eroga "servizi climatici", una categoria di prodotti considerati molto rilevanti per l'adattamento dei diversi settori al cambiamento del clima in corso e prevedibile. Secondo la citata Omm, i servizi climatici "forniscono informazioni climatiche in modo da facilitare le decisioni prese dagli individui e dalle organizzazioni. Questi servizi necessitano del coinvolgimento dell'utenza, prevedono meccanismi efficaci di accesso e devono rispondere alle effettive necessità dell'utenza stessa".

ARPAE eroga già da diversi anni un "servizio climatico" di previsione stagionale dell'irrigazione, destinato ai consorzi di bonifica regionali (Villani et al., 2014). Prima di ogni estate i consorzi vengono informati della prevedibile domanda irrigua estiva nei loro comprensori. In questi ultimi anni il servizio ha dimostrato un'interessante livello di affidabilità di cui si può avere un'idea esaminando la Figura 2, nella quale le previsioni

**Figura 2: Previsioni stagionali di irrigazione estiva**



Fonte: ARPAE Emilia-Romagna

**Legenda:** (punto mediano in nero) a confronto con le sintesi di fine estate (in rosso)

probabilistiche di irrigazione vengono raffrontate con i consuntivi di fine stagione.

Il servizio sviluppato da ARPAE è stato ulteriormente perfezionato combinandolo con altri prodotti derivanti da elaborazioni satellitari, ed è oggi compreso nella piattaforma Moses, gestita dall'azienda Esri Italia, che ha coordinato il progetto europeo omonimo ([www.moses-project.eu](http://www.moses-project.eu)). Un servizio simile è ora in corso di ulteriore sviluppo nell'ambito di un altro progetto Horizon 2020 ([www.clara-project.eu](http://www.clara-project.eu)).

La catena operativa che conduce alla elaborazione delle previsioni stagionali di irrigazione è molto complessa e articolata e prevede la collaborazione di diversi esperti in telerilevamento, meteorologia, climatologia, agronomia ed informatica, attivi presso il servizio idrometeo-clima di ARPAE. I consorzi di bonifica coinvolti nelle attività dei progetti Moses e Clara hanno cooperato attivamente al perfezionamento dei servizi fornendo indicazioni sulle effettive esigenze e dati di riscontro sui prelievi idrici riscontrati nei propri territori.

## Bibliografia

ARPAE Emilia-Romagna, Allodi A., Antolini G., Celano M., Di Lorenzo M., Marletto V., Nanni S., Pavan V., Pratizzoli W., Renati R., Tomozeiu R., Valentini A., 2018. *Rapporto idrometeoclima dell'Emilia-Romagna - dati 2017*.  
[https://www.arpae.it/dettaglio\\_documento.asp?id=7120&idlivello=64](https://www.arpae.it/dettaglio_documento.asp?id=7120&idlivello=64)  
ARPAE Emilia-Romagna, Antolini G., Pavan V., Tomozeiu R., Marletto V., 2017. *Atlante climatico dell'Emilia-Romagna 1961-2015, edizione 2017*. Isbn: 978-88-87854-44-2. [https://www.arpae.it/dettaglio\\_generale.asp?id=3811&idlivello=1591](https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=3811&idlivello=1591)  
Cacciamani C., 2017. *Osservatorio ARPAE sul clima*

*strumento per l'adattamento*. *Ecoscienza* 2017 (3): 74-75.

[https://www.arpae.it/cms3/documenti/\\_cerca\\_doc/ecoscienza/ecoscienza2017\\_3/cacciamani\\_es2017\\_03.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2017_3/cacciamani_es2017_03.pdf)

Villani G., Botarelli L., Marletto V., Spisni A., Pavan V., Pratizzoli W., Tomei F., 2014. *iColt-Seasonal forecast of crop irrigation needs at ARPA-SIMC*. ECMWF Newsletter, No 138. <http://www.ecmwf.int/publications/newsletters/>

## Le temperature dei mari italiani dal 1900 ad oggi

Marco Picone, Arianna Orasi, Gabriele Nardone,  
Franco Desiato, Guido Fioravanti, Piero Frascchetti,  
Walter Perconti, Emanuela Piervitali  
ISPRA

### Fonti di dati

La temperatura superficiale del mare (Sea Surface Temperature - SST) è uno degli indicatori fondamentali per gli studi di climatologia marina, che mette in luce gli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi marini. I *dataset*, inizialmente limitati per copertura spaziale e temporale, hanno visto un continuo aumento della quantità di informazione acquisita in particolare grazie all'impulso dato dall'implementazione di reti di monitoraggio fisse e osservazioni da *remote sensing*. Le osservazioni sistematiche delle temperature nei mari italiani sono iniziate nei primi anni del 900 attraverso apposite campagne di misura *in situ* da navi oceanografiche, in anni più recenti attraverso sensori automatici collocati a bordo di boe e piattaforme in mare (temperatura misurata nella massa d'acqua ma in superficie, definita di tipo "*bulk*") e più di recente attraverso tecniche di *remote sensing* mediante satelliti per l'osservazione della Terra, che consentono l'acquisizione del dato ad alta risoluzione; tuttavia i satelliti, sia ad infrarossi che a microonde, forniscono un valore di SST intrinsecamente diverso dal valore di SST misurato *in situ*, in quanto riferito ad uno strato superficiale di pochi millimetri (temperatura di tipo "*skin*").

La comparazione e la combinazione delle serie storiche ottenute con le diverse tecniche di misurazione è un'operazione particolarmente delicata, ma consente di

ridurre per il futuro l'incertezza della metodologia di osservazione adottata indirizzando alla scelta di *datasets* di osservazioni integrati.

Le principali fonti di dati disponibili per effettuare analisi sulla temperatura superficiale del mare sono:

- il *dataset* ICOADS della NOAA: una raccolta completa di dati provenienti dalle molteplici strumentazioni in situ utilizzate dal 1900 ad oggi;
- il *dataset* distribuito disponibile in ambito SNPA: raccolta delle misurazioni SST con campagne in mare e stazioni automatiche delle stazioni di misura delle reti osservative marine costiere;
- il *dataset* CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service): valori SST tramite osservazioni satellitari, dal 2008.

Il *dataset* ICOADS consente di effettuare analisi di lungo periodo. I dati risultano aggregati su griglie alla risoluzione di 2° lat/lon in forma di medie mensili. Dal 1960 il numero crescente di osservazioni ha permesso di avere un prodotto a crescente risoluzione spaziale (1° lat/lon). I *dataset* derivanti dai monitoraggi marino costieri in ambito SNPA contengono informazioni puntuali estremamente dettagliate che consentono la caratterizzazione climatologica di specifiche porzioni di mare ma, tuttavia, non consentono la ricostruzione delle informazioni in maniera omogenea lungo tutte le coste nazionali.

Il *dataset* CMEMS ingloba informazioni recenti ad alta risoluzione spaziale, tali quindi da generare valutazioni estremamente utili per la fascia costiera, ma le serie storiche disponibili non sono ancora sufficientemente estese da consentire analisi climatologiche.



## Variazioni della temperatura superficiale del mare

Al fine di ottenere importanti informazioni sulle dinamiche di lungo periodo della distribuzione della temperatura superficiale del mare che possano contribuire ad interpretare, su scala locale, gli effetti dei cambiamenti climatici in atto, sono state effettuate alcune elaborazioni sui dati ICOADS della NOAA con risoluzione 1°lat/lon.

Dal grigliato regolare del dataset ICOADS sono stati selezionati tre gruppi di punti, rappresentativi rispettivamente del Mar Adriatico, del Mar Ionio e del Mar Tirreno, e sono state calcolate le serie medie annuali della temperatura media superficiale per ogni mare.

Il *trend* della temperatura nel Mar Tirreno, riportato come esempio in Figura 1, mostra una iniziale riduzione seguita da un innalzamento negli ultimi 10 anni rispetto alla media complessiva del periodo 1961-2016, pari a circa 19°.

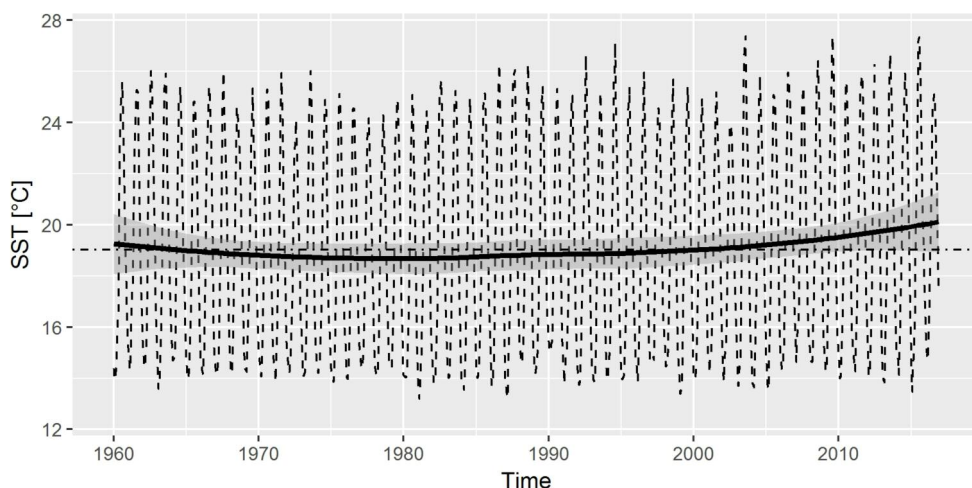
Le serie delle anomalie medie annuali (cioè delle differenze tra il valore di ciascun anno e il valore normale di riferimento 1961-1990), dal 1961 al 2016, mostrano anomalie quasi sempre positive a partire dalla fine degli anni '90 per tutti e tre i mari (Figura 2), con i valori più elevati nel 2015 e nel 2012.

I *trend* delle tre serie di temperatura, calcolati con un modello di regressione lineare, sono tutti positivi e statisticamente significativi. Le stime del rateo di variazione, riportate nella Tabella 1, mettono in evidenza un *trend* di  $+0,17 \pm 0,03$  °C/10 anni per i mari Adriatico e Ionio e una stima leggermente inferiore per il Mar Tirreno ( $+0,13 \pm 0,03$  °C/10 anni).

La serie storica esaminata, seppur disomogenea per tipologia di sistemi di misura utilizzati e priva di una idonea risoluzione spaziale, costituisce un'importante fonte di informazione per lo studio degli andamenti della temperatura di lungo periodo.

Inoltre, queste valutazioni sono utili a stimolare azioni di sistema che possano migliorare la qualità delle infor-

**Figura 1: Andamento delle temperature mensili dal 1960 ad oggi nel Mar Tirreno**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ICOADS (NOAA)

**Legenda:** La linea continua individua il *trend* di lungo periodo stimato tramite regressione polinomiale



mazioni erogate dal SNPA attraverso la condivisione dei dati e di idonee metodologie di analisi. In particolare, il primo obiettivo da perseguire dovrebbe essere il continuo e diffuso monitoraggio della temperatura superficiale del mare con strumentazioni tecnologicamente avanzate e secondo procedure standardizzate in ambito SNPA in modo da poter efficacemente porre in relazione registrazioni *in situ*, di durata sempre più consistente, con le misure ad alta risoluzione ottenute da satellite.

**Tabella 1: Trend stimati (e relativa deviazione standard) della temperatura superficiale del mare dal 1961 al 2016. Tutti i trend sono statisticamente significativi al livello del 5%**

| Mare      | Trend (°C/10 anni) |
|-----------|--------------------|
| Adriatico | 0,17± 0,03         |
| Ionio     | 0,17± 0,03         |
| Tirreno   | 0,13± 0,03         |

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ICOADS (NOAA)

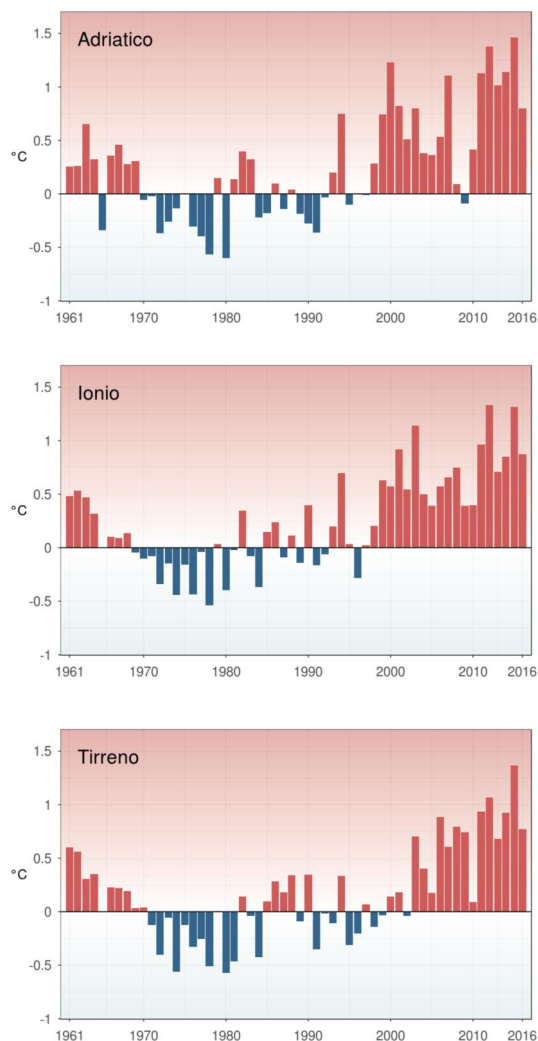
## Bibliografia

E. Freeman, S.D. Woodruff, S.J. Worley, S.J. Lubker, E.C. Kent, W.E. Angel, D.I. Berry, P. Brohan, R. Eastman, L. Gates, 2017. *ICOADS Release 3.0: a major update to the historical marine climate record*, Int. J. Climatol., 37 (5).

F. Desiato, G. Fioravanti, P. Fraschetti, V. Pavan, W. Perconti, E. Piervitali, 2018. *Gli indicatori del clima in Italia nel 2017*, ISPRA Sett. Ed..

M. Picone, A. Orasi, G. Nardone, 2018. *Sea Surface Temperature monitoring in Italian Seas: Analysis of long-term trends and short-term dynamics*, Measurement, 129

**Figura 2: Serie delle anomalie medie annuali della temperatura media superficiale dei mari Adriatico, Ionio e Tirreno, rispetto al valore normale 1961-1990**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ICOADS (NOAA)



# 3. ATMOSFERA

## Misure di qualità dell'aria in 3D

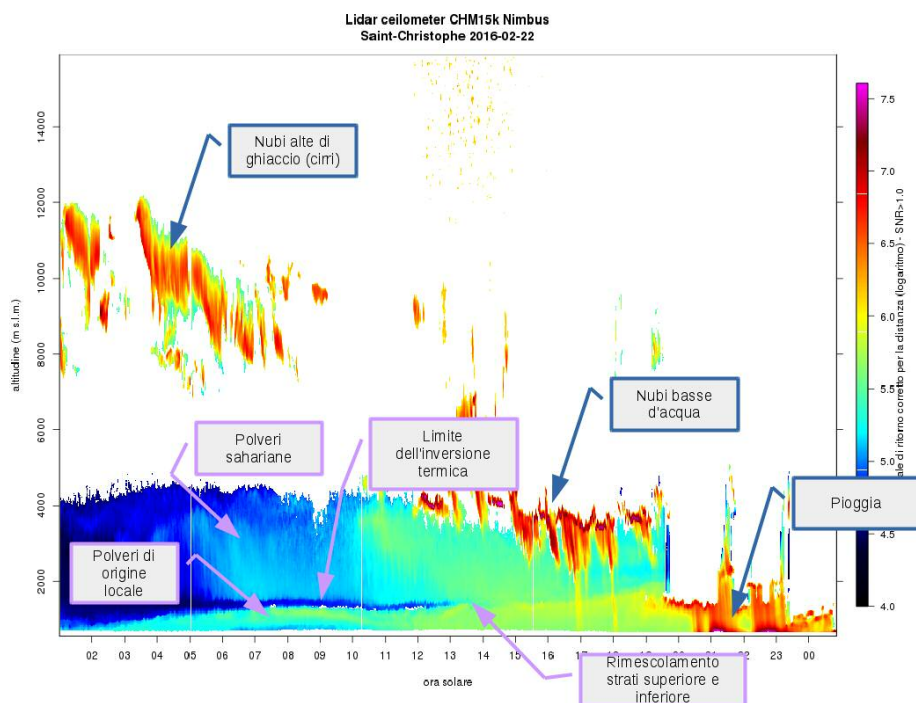
Henri Diémoz, Tiziana Magri, Giordano Pession,  
Claudia Tarricone, Ivan K. F. Tombolato,  
Manuela Zublena  
ARPA Valle d'Aosta

## Introduzione

Il monitoraggio della qualità dell'aria è generalmente basato sulle misure delle concentrazioni al suolo degli inquinanti (2D), mentre l'andamento lungo il profilo verticale (3D) è raramente indagato. Eppure tale informa-

zione è fondamentale non solo per la comprensione dell'origine e delle dinamiche di trasporto degli inquinanti atmosferici, ma anche in altri ambiti, come lo studio delle variazioni nella composizione dell'atmosfera e l'interazione tra radiazione e costituenti atmosferici e i relativi effetti sul clima. ARPA Valle d'Aosta, dopo una prima campagna di misura transfrontaliera condotta nel 2001 con analizzatori montati su un aeromobile (Agnesod et al., 2003), ha avviato, presso la propria sede a St-Christophe, un'attività di monitoraggio dell'aerosol nella colonna atmosferica tramite fotometro solare (dal 2012) e dei relativi profili verticali per mezzo di un LiDAR-ceilometer (dal 2015).

**Figura 1: Profilo verticale di backscattering da LiDAR-ceilometer. Utilità del monitoraggio 3D in tre casi di studio**



Fonte: ARPA Valle d'Aosta

## Strumentazione utilizzata

Il fotometro solare (modello POM-02) consente di misurare l'irradianza a terra proveniente dalla componente diretta del sole e dalla componente diffusa del cielo, in diverse direzioni. Complesse tecniche di inversione, basate sull'uso di modelli di trasporto radiativo, consentono di ricavare le caratteristiche ottiche e microfisiche medie della colonna di aerosol. I dati sono disponibili al pubblico attraverso la rete europea EuroSkyRad (<http://www.euroskyrad.net/Plots.php?site=IT02A0S>).

Il LiDAR (Light Detection And Ranging) - *ceilometer* (modello Lufft CHM-15k) è uno strumento di *remote sensing* attivo, basato sull'emissione verticale in atmosfera di un fascio *laser* (lunghezza d'onda di circa 1  $\mu\text{m}$ ). Benché la potenza di tale fascio sia sufficientemente bassa da risultare innocua per il traffico aereo e per l'uomo, il rivelatore del ceilometer è abbastanza sensibile da misurarne l'«eco» fino a una distanza da terra di 15 km. Dall'analisi del segnale di ritorno è possibile determinare se in atmosfera sono presenti costituenti non gassosi, come nubi e aerosol di origine naturale o antropica. I dati sono regolarmente inviati alle reti Alice-net (<http://www.alice-net.eu/>) e E-PROFILE (<https://ceilometer.e-profile.eu/profileview>).

### 1 – Avvezione di polveri minerali sahariane

Il 22 e il 23 febbraio 2016 la Valle d'Aosta è stata interessata da un fenomeno di *saharan dust*, visibile anche a occhio nudo, che ha originato un cielo di aspetto lattiginoso (Magri et al., 2016). Nella Figura 1, durante la notte e il primo mattino si osserva la presenza di nubi alte a una quota di 10.000-12.000 m. Negli strati inferiori dell'atmosfera, sono distinguibili due livelli: uno più basso, che si estende fino a circa 1.000 m, che rappre-

senta il particolato di origine locale, ed uno più elevato (fino a una quota di 4.000 m), che indica l'arrivo di polveri minerali provenienti dal deserto attraverso i flussi sinottici.

Queste ultime, per effetto dell'inversione termica, “galleggiano” sopra lo strato inferiore fino a metà giornata quando il riscaldamento solare provoca il rimescolamento tra le polveri trasportate e quelle di origine locale.

Il fenomeno ha avuto impatti anche sulla qualità dell'aria locale. Il 22 febbraio tutte le stazioni hanno misurato valori medi giornalieri di concentrazione di PM10 decisamente più elevati di quelli dei giorni precedenti, pur non superando il limite normativo di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tali aumenti non si riscontrano nelle concentrazioni di inquinanti tipicamente urbani come IPA e  $\text{NO}_x$ . Nella stazione di La Thuile (sito rurale a 1.637 m di quota, ideale per identificare l'avvezione remota di polveri), sono stati misurati valori orari superiori a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (media da ottobre a marzo 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

L'origine remota dell'evento è stata ulteriormente confermata dalle misure del fotometro (individuazione di particelle di dimensioni superiori al  $\mu\text{m}$  in quota), dallo studio delle retro-traiettorie delle masse d'aria e dalle previsioni dei modelli BSC-DREAM8b e NAAPS.

### 2 – Fenomeno di trasporto di ceneri (incendi in Piemonte)

Nel pomeriggio del 26 ottobre 2017, una spessa nube di ceneri ha pervaso la valle centrale, giungendo da sud-est e superando Aosta. Un forte odore acre ha accompagnato l'arrivo di tali masse d'aria, provocando numerose segnalazioni. ARPA VdA ha seguito puntualmente il fenomeno, rilevando un aumento repentino delle concentrazioni istantanee di PM misurate ad Aosta e a Saint-Christophe (PM10 fino a circa 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

L'arrivo delle ceneri (documentato anche dal LiDAR-ceilometer e dal fotometro, che hanno identificato uno spesso strato di aerosol da terra fino a una quota di 1.500 m) in accordo con la direzione e la velocità del vento misurate a terra (brezza pianura-valle), era un chiaro indizio dell'origine avvevativa dello strato.

In corrispondenza dell'evento, gli OPC (*Optical Particle Counter*) a terra hanno misurato concentrazioni molto alte per particolato di piccolo diametro (circa 0,3  $\mu\text{m}$ ), ottenibile solo attraverso processi di combustione ad alte temperature, come nel caso di incendi. In effetti, le immagini da satellite (MODIS/Aqua) evidenziavano per il pomeriggio del 26 ottobre la presenza di importanti incendi in Val Chiusella e in Val di Susa al confine sud della nostra regione. Per effetto dei venti di brezza, la carica di particolato atmosferico ha raggiunto la Valle d'Aosta. L'episodio è durato per poche ore, mantenendo la media giornaliera ad Aosta attorno al valore limite (40-56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ma provocando un superamento (80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a Donnas, sito rurale situato vicino al confine col Piemonte.

### 3 - Avvezioni dalla Pianura Padana

Il LiDAR-ceilometer ha permesso di studiare le avvezioni di masse d'aria inquinate provenienti dalla Pianura Padana e trasportate verso le valli alpine dai flussi sinottici e dalle brezze pianura-valle (Diémoz et al., 2018 e 2019). Sono stati così spiegati i risultati di studi precedenti (Diémoz et al., 2014) che riportavano spessori ottici dell'aerosol, rilevati con il fotometro, maggiori nei casi in cui le masse d'aria provenivano da est (Pianura Padana) rispetto ai casi in cui il vento soffiava da ovest (dalla città di Aosta, ritenuta fino ad allora la principale fonte di emissione di aerosol). Lo studio, basato sull'analisi di quasi mille profili verticali giornalieri nei quali le avvezioni erano in media poco meno del 50% dei

giorni, ha messo in evidenza il chiaro legame tra condizioni meteorologiche e trasporto di inquinanti e consentito di quantificare l'apporto medio durante l'anno di PM dal bacino padano (circa il 25% per la città di Aosta, e un contributo sicuramente maggiore per siti rurali meno inquinati). Poiché gli strati osservati si estendono fino a una quota di 4.000 m s.l.m., le deposizioni di aerosol possono avere conseguenze sugli ecosistemi di alta quota e sui nevai/ghiacciai. L'analisi statistica e recettore (PMF) delle componenti chimiche e delle dimensioni (da contatore ottico) ha, inoltre, mostrato come le caratteristiche chimico-fisiche del particolato varino durante tali episodi. La ricerca ha dimostrato, infine, come le misure lungo la verticale, ponendo un vincolo sulle condizioni al contorno sui bordi dei confini regionali, aiutino a migliorare le previsioni dei modelli di trasporto chimico.

### Conclusioni

Le tecniche innovative di monitoraggio atmosferico presentate hanno permesso di seguire con chiarezza l'arrivo e la deposizione dell'aerosol in Valle d'Aosta, di dimostrarne l'origine remota e di giustificare le variazioni delle concentrazioni determinate al suolo. Un maggiore utilizzo di simili *network* sul territorio italiano consentirebbe di migliorare gli inventari delle sorgenti emissive e i modelli chimici di trasporto, nonché di fornire ulteriori evidenze del fatto che le politiche di mitigazione dell'inquinamento debbano essere formulate ad un livello nazionale e internazionale, piuttosto che a livello locale.

---

## Bibliografia

---

Agnesod G., Moulin P.-A., Pession G., Villard H. e Zublena M. , 2003. *Étude Air Espace Mont-Blanc - Rapport Technique*,

[http://www.arpa.vda.it/images/stories/ARPA/aria/progetti/progairmb\\_agnesod\\_2003.pdf](http://www.arpa.vda.it/images/stories/ARPA/aria/progetti/progairmb_agnesod_2003.pdf).

Magri T., Diémoz H. e Tarricone C., 2016. *Riscontri sperimentali del trasporto di polveri sahariane in Valle d'Aosta ed impatti sulla qualità dell'aria*, In: Atti del VII Convegno nazionale sul particolato atmosferico, Roma. Diémoz H., Barnaba F., Magri T., Pession G., Dionisi D., Pittavino S., Tombolato I.K.F., Campanelli M., Della Ceca L.S., Hervo M., Di Liberto L., Ferrero L. e Gobbi G.P., 2018. *Transport of Po Valley aerosol pollution to the northwestern Alps. Part 1: phenomenology*, Atmos. Chem. Phys., 2019.

Diémoz H., Barnaba F., Magri T., Pession G., Pittavino S., Tombolato I.K.F., Campanelli M. e Gobbi G.P., 2019. *Transport of Po Valley aerosol pollution to the northwestern Alps. Part 2: long-term impact on air quality*, sottomesso a Atmos. Chem. Phys.

Diémoz H., Campanelli M. e Estellés V., 2014. *One year of measurements with a POM-02 sky radiometer at an Alpine EuroSkyRad station*, J. Meteorol. Soc. Jpn.

## Progetto LIFE BrennerLEC: gestione dinamica del traffico autostradale per ridurre le emissioni di inquinanti

Valentina Miotto<sup>1</sup>, Laura Gasse<sup>2</sup>

1 APPA Trento, 2 APPA Bolzano

Le Agenzie per la protezione dell'ambiente della provincia di Bolzano e di Trento collaborano da 2 anni con Autostrada del Brennero S.p.A, l'Università degli Studi di Trento e le società IDM Südtirol/Alto Adige e CISMA per attuare azioni comuni nell'ambito della tutela della qualità dell'aria attraverso il progetto BrennerLEC, co-finanziato dal programma LIFE 2014-2020 della Commissione europea per circa il 60% dei complessivi 4 milioni di euro previsti per l'attuazione.

Il progetto, avviato a settembre 2016, si protrarrà fino al 2021 e si sviluppa lungo l'A22 (Autostrada del Brennero) nel tratto compreso tra Bolzano e Rovereto, all'interno del quale sono presenti le principali aree urbane della regione (città di Bolzano, Trento e Rovereto).

Il progetto BrennerLEC, collocato in un contesto molto sensibile alle pressioni ambientali, quale è quello delle Alpi, si pone l'obiettivo di creare un "corridoio a emissioni ridotte" (LEC – *Lower Emissions Corridor*) lungo l'asse autostradale del Brennero al fine di ottenere un beneficio ambientale nella tutela della qualità dell'aria e fornire un contributo allo sviluppo delle politiche di gestione dell'inquinamento derivante dal traffico. Tale obiettivo è perseguito tramite l'implementazione di misure sperimentali attuate sui veicoli leggeri tra le quali, la gestione dinamica della velocità in funzione delle condizioni di qualità dell'aria, la gestione dinamica della capacità autostradale attraverso la riduzione dei limiti di velocità qualora si prevedano importanti flussi veicolari e l'apertura temporanea della corsia di emergenza

al traffico durante le fasi di saturazione dell'arteria. Si prevede inoltre la gestione integrata dei sistemi di informazione della viabilità autostradale e urbana in corrispondenza dei maggiori centri abitati per orientare gli automobilisti su percorsi consigliati.

BrennerLEC si pone inoltre come importante traguardo l'ottenimento del miglior compromesso possibile tra benefici ambientali, qualità e sicurezza del servizio offerto e massimo grado di accettazione da parte dell'utenza. Per tale ragione è prevista l'attività di monitoraggio della qualità delle matrici ambientali, del traffico e dell'impatto sociale.

### Monitoraggio ambientale

Le attività di monitoraggio ambientale prevedono la misurazione delle concentrazioni in atmosfera degli inquinanti legati al traffico; contestualmente vengono raccolti dati riguardanti le variabili meteorologiche e i flussi di traffico.

Nella tratta sperimentale sono state posizionate a bordo autostrada tre stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria e delle variabili meteorologiche. Sono stati, inoltre, installati degli anemometri sonici a diversa altezza per stimare la turbolenza generata dai veicoli e i suoi effetti sulla dispersione degli inquinanti nelle immediate vicinanze della carreggiata.

Oltre alla misura della concentrazione di ossidi di azoto, ozono e polveri (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e ultrafini tramite contaparticelle), è stata rilevata la concentrazione di *black carbon*, che consente di ottenere informazioni sulla percentuale di polveri strettamente correlata alle emissioni da traffico, rispetto al contributo dato dalla combustione di biomassa.

Un aspetto innovativo è costituito dall'allestimento di una rete di monitoraggio della qualità dell'aria spazial-

mente più distribuita, composta da sensori a basso costo e da campionatori passivi. L'accoppiamento con sistemi di riferimento tradizionali consente di valutare l'accuratezza e l'affidabilità delle misure effettuate con sistemi a basso costo.

## Sperimentazioni e primi risultati

Nel periodo aprile 2017 – aprile 2018 si è svolta la prima fase di sperimentazione lungo l'A22, testando un concetto avanzato di gestione dei flussi di traffico basato sull'applicazione dei limiti dinamici di velocità al fine di ridurre le emissioni e migliorare la capacità autostradale. La riduzione del limite di velocità è stata segnalata

agli automobilisti con l'esposizione di messaggi sui pannelli autostradali a messaggio variabile.

La valutazione dei benefici ambientali è stata effettuata su un tratto autostradale di 10 km, per il quale il limite di velocità è stato ridotto a 100 km/h. Due siti completi di monitoraggio del traffico e della qualità dell'aria hanno permesso di misurare, sul primo, gli effetti della riduzione della velocità, mentre sul secondo, situato a circa 4 km di distanza, di osservare l'andamento in condizioni di velocità ordinaria. Sono state raccolte circa 1200 ore di test, statisticamente rappresentative di un anno, in termini di condizioni meteorologiche e di traffico.

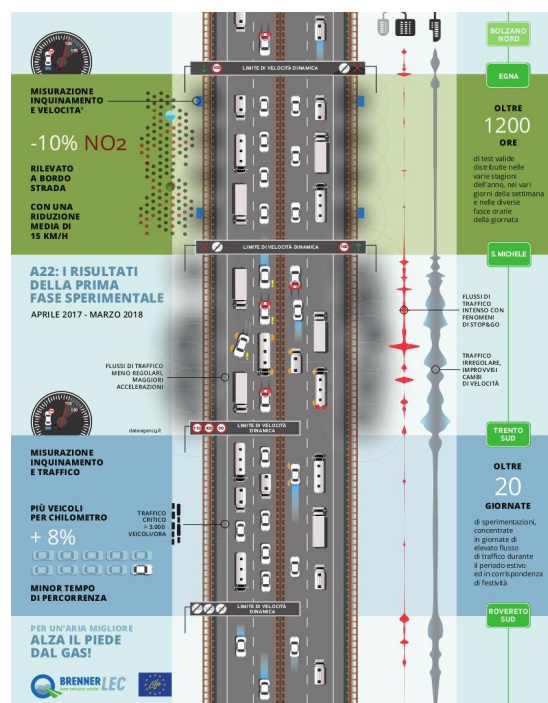
Per meglio definire la relazione causa-effetto fra traffico e inquinamento, la valutazione sulle concentrazioni misurate è stata effettuata filtrando i dati rilevati per direzione del vento, intensità di traffico e differenza di velocità fra i due siti di misura. Così facendo sono stati considerati esclusivamente i periodi temporali nei quali la riduzione della velocità può essere direttamente correlata con la riduzione delle emissioni.

In sintesi, la riduzione delle concentrazioni di  $\text{NO}_2$ , calcolata come differenza tra le concentrazioni misurate nei due punti di rilevamento, è stata quantificata nell'ordine di  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pari a circa il 10% delle concentrazioni misurate a bordo autostrada.

Nel tratto tra Trento e Rovereto, all'interno del quale è presente un sito completo di monitoraggio del traffico e della qualità dell'aria, è stata applicata la riduzione dei limiti di velocità in condizioni di traffico elevato.

L'obiettivo è stato la gestione di situazioni di traffico prossime allo *stop&go* e alla saturazione attraverso la riduzione dei limiti di velocità, confrontandone i benefici (viabilistici e ambientali) rispetto a quanto ottenuto in situazioni simili non gestite. Sulla base delle condizioni di traffico, è stata attivata la riduzione del limite di ve-

Figura 1: I risultati del primo anno di sperimentazione



Fonte: Progetto BrennerLEC



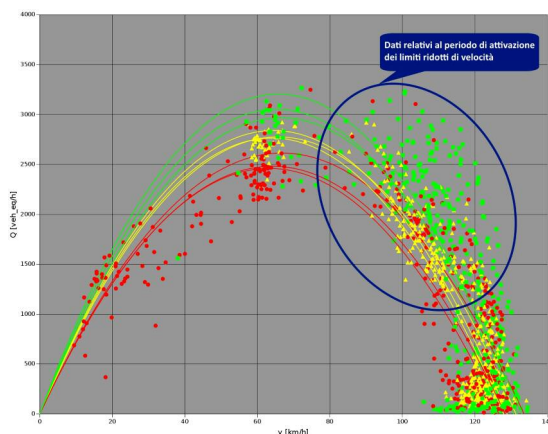
locità a 110 km/h e, in casi più critici, a 100 o 90 km/h. Complessivamente sono state analizzate 23 giornate di test, la maggior parte delle quali durante il periodo estivo, caratterizzato da flussi di traffico molto intenso. La valutazione degli impatti delle azioni messe in campo si è basata su un'analisi del miglioramento dei livelli di servizio in funzione dei parametri di traffico (velocità, densità e flusso), confrontandoli, inoltre, con soglie stimate empiricamente di studi precedenti realizzati in funzione delle caratteristiche strutturali dell'autostrada. Dal punto di vista viabilistico, le sessioni di test per le quali la riduzione di velocità è stata attivata con congruo anticipo hanno prodotto risultati soddisfacenti, nonostante i flussi intensi: il traffico si è mantenuto regolare per un periodo di tempo più lungo (nell'ordine di 1-2 ore) prima di entrare in regime completo di saturazione. Le curve velocità - portata (Figura 2) mettono in evidenza situazioni tipiche registrate in giornate di traffico intenso gestite dalle misure sperimentali. La riduzione dei limiti di velocità conferma la possibilità di aumentare la capacità equivalente dell'autostrada ( $Q$  = veicoli equivalenti/ora); stime preliminari indicano un aumento della capacità autostradale dell'8%.

### Sperimentazioni e prossimi step

I risultati ottenuti nella prima fase confermano i possibili impatti positivi che i limiti dinamici di velocità possono avere sulla fluidità veicolare in condizioni di traffico intenso e per il miglioramento della qualità dell'aria. La seconda fase di test si estende sull'intera tratta sperimentale grazie all'installazione di pannelli a messaggio variabile alimentati ad energia fotovoltaica, che potenziano i messaggi rivolti agli automobilisti. Attualmente si sta sperimentando la riduzione dinamica della velocità con due differenti modalità - esposizione del limite

di velocità (variabile tra 110, 100 e 90 km/h) ed esposizione della velocità consigliata - per analizzare la risposta degli automobilisti alla diversa messaggistica e valutarne l'effetto sia dal punto di vista della fluidità e sicurezza autostradale sia degli impatti sulla qualità dell'aria.

**Figura 2: Curve fondamentali di traffico calcolate in giornate di sperimentazione dei limiti dinamici di velocità**



Fonte: Progetto BrennerLEC

Legenda: rosso  $Q < 2500$  veh/h, giallo  $2500 < Q < 3000$  veh/h, verde  $Q > 3000$  veh/h

## L'evidenza della combustione della biomassa legnosa in Emilia-Romagna

Fabiana Scotto, Silvia Ferrari, Arianna Trentini,  
Dimitri Bacco, Vanes Poluzzi  
ARPAE Emilia-Romagna

L'uso di legna, cippato e *pellet* - genericamente denominati "biomassa legnosa" - nei settori della produzione di energia per scopi civili, ossia nei moderni sistemi di riscaldamento come caldaie, stufe, camini e altri apparecchi domestici, è aumentato negli ultimi anni, grazie sia a norme europee che nazionali atte principalmente a promuovere l'uso di energia da fonti rinnovabili, sia per il vantaggio economico derivante dall'utilizzo di tali fonti rispetto ad altri combustibili.

Considerato quindi l'aumento di utilizzo di tali tipologie di combustibili, e visto quanto riportato nella letteratura scientifica circa l'impatto sul materiale particolato sospeso in aria, si è reso necessario comprendere, anche nei territori dell'Emilia-Romagna, quale potrebbe essere il loro contributo all'inquinamento atmosferico. Le biomasse legnose infatti, se non gestite correttamente durante tutte le fasi del processo di combustione ed emissione, possono provocare l'immissione nell'ambiente atmosferico di polveri di diverso diametro, di alcuni composti organici volatili e di ossidi di azoto.

I principali composti e le specie chimiche rintracciabili nel materiale particolato e nelle particelle derivanti dalla combustione della legna risultano essere: il carbonio elementare e organico, alcuni elementi come il potassio

**Figura 1: Combustione domestica di biomassa legnosa**



Fonte: ARPAE Emilia-Romagna

e il cloro e il levoglucosano – un anidro zucchero caratteristico della decomposizione termica della cellulosa. I quantitativi di queste sostanze emessi in aria dipendono da diversi fattori fra cui:

- il tipo di caldaia e le sue caratteristiche energetiche ed emissive,
- la sua frequenza di manutenzione,
- la tipologia di biomassa legnosa utilizzata.

Per aiutare a comprendere il reale impatto in atmosfera delle diverse fonti di inquinamento, e quindi anche della legna e dei suoi derivati, ARPAE Emilia-Romagna e la Regione Emilia-Romagna hanno realizzato il progetto Supersito, alcuni risultati del quale sono riportati nel sito: [www.supersito-er.it](http://www.supersito-er.it).

Fra i diversi obiettivi del progetto vi è stato lo studio della composizione chimica del PM<sub>2,5</sub>, al fine di valutarne l'origine, in diversi siti della regione: tre urbani (Bologna, Parma e Rimini) e uno rurale (San Pietro Capofiume, Molinella – BO).

Attraverso le analisi del profilo chimico del PM<sub>2,5</sub> misurato nelle stazioni sopra citate – ioni, specie del carbonio e metalli – il progetto Supersito è stato in grado di mettere in evidenza come la sorgente legata alla biomassa legnosa rappresenti, anche per la nostra regione, una fonte importante di particolato fine. Dai dati ottenuti la biomassa legnosa è risultata essere la principale sorgente di PM<sub>2,5</sub> in tutti i siti durante la stagione fredda, ed è presente anche durante il periodo estivo, pur mostrando, ovviamente, contributi inferiori.

L'apporto stimato alla massa del PM<sub>2,5</sub> di tale fonte sembra variare da circa il 25% al 40% durante la stagione fredda e da circa il 10% al 20% durante la stagione calda. Probabilmente, in aggiunta al contributo della combustione della biomassa legnosa per produzione di energia, anche la cottura di cibo in forni con grigliatura

a legna o carbonella e la combustione a cielo aperto di sfalci e potature agricole potrebbero fornire contributi in termini percentuali non trascurabili, in particolare nella stagione calda.

Come accennato precedentemente, l'importanza della combustione della biomassa legnosa è supportata dai numerosi studi pubblicati che dimostrano, ad esempio, come, negli anni tra il 2006 e 2009 in Lombardia, l'impiego della legna per il riscaldamento domestico sia diffuso su tutto il territorio durante l'autunno e l'inverno producendo, nel periodo freddo, il 25-30% di PM<sub>2,5</sub> (Perrone *et al.*, 2012). Un'ulteriore ricerca afferma che nella pianura padana e in Valtellina la combustione delle biomasse legnose contribuisce per più del 75% all'inquinamento di benzo(a)pirene (Belis *et al.*, 2011). La combustione della biomassa legnosa può quindi avere, come dimostrato dallo studio Supersito e da altre numerose ricerche internazionali, un significativo impatto ambientale.

Il Piano Aria Integrato Regionale dell'Emilia-Romagna (PAIR 2020), approvato ed entrato in vigore nell'aprile 2017, mira a ridurre i livelli degli inquinanti sul territorio regionale al fine di riportarli e/o mantenerli nei valori limite definiti dalla normativa (Dir. 2008/50/CE, D.Lgs. 155/2010). Per tali motivi tiene conto anche dell'impatto sull'inquinamento atmosferico derivante dall'uso delle biomasse legnose regolamentandone l'utilizzo. Nella stessa direzione va il DM del 7 novembre 2017 n.186: "Regolamento recante la disciplina dei requisiti, delle procedure e delle competenze per il rilascio di una certificazione dei generatori di calore alimentati a biomasse combustibili solide". Tale regolamento stabilisce i requisiti, le procedure e le competenze per il rilascio di una certificazione ambientale dei generatori di calore alimentati con legna da ardere, carbone di legna e biomasse combustibili. Individua, inoltre, le prestazioni

---

emissive di riferimento per le diverse classi di qualità, i relativi metodi di prova e le verifiche da eseguire ai fini del rilascio della certificazione ambientale, nonché appositi adempimenti relativi alle indicazioni da fornire circa le corrette modalità di installazione e gestione dei generatori di calore che hanno ottenuto la certificazione ambientale.

## Bibliografia

---

Belis C.A., Cancelinha J., Duane M., Forcina V., Pedroni V., Passarella R., Tanet G., Douglas K., Piazzalunga A., Bolzacchini E., Sangiorgi G., Perrone M.G., Ferrero L., Fermo P., Larsen B.R., 2011. *Sources for PM air pollution in the Po Plain, Italy: I. Critical comparison of methods for estimating biomass burning contributions to benzo(a)pyrene*. *Atmospheric Environment* 45 (2011), 7266-7275.

Perrone M.G., Larsen B.R., Ferrero L., Sangiorgi G., De Gennaro G., Udisti R., Zangrando R., Gambaro A., Bolzacchini E., 2012. *Sources of high PM<sub>2.5</sub> concentrations in Milan, Northern Italy: Molecular marker data and CMB modeling*. *Science of the Total Environment* 414 (2012), 343-355.

## PM10 secondario inorganico, principale componente del particolato nella pianura lombarda

Guido Lanzani, Vorne Gianelle, Cristina Colombi,  
Eleonora Cuccia, Umberto Dal Santo  
ARPA Lombardia

Le concentrazioni di particolato nelle stazioni lombarde della pianura padana sono spesso, soprattutto nel periodo invernale, tra le più alte d'Italia, con valori relativamente elevati anche nelle stazioni rurali, lontano da fonti di emissione dirette.

Durante il 2017 la media annua rilevata nella stazione di *background* di Milano via Pascal è stata pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , come a Casirate d'Adda, stazione rurale nella parte meridionale della provincia di Bergamo. Nella stazione rurale di Schivenoglia, in provincia di Mantova, in centro alla pianura padana, la concentrazione media annua di PM10 è risultata pari a  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In generale, anche il PM2,5 mostra, nelle stazioni di pianura, concentrazioni confrontabili passando dalle stazioni urbane a quelle rurali: la media annua 2017 a Milano Pascal è stata pari a  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a Casirate  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo stesso valore rilevato a Schivenoglia.

Per poter meglio indirizzare le azioni di risanamento, ARPA Lombardia, su richiesta di Regione Lombardia e coerentemente a quanto previsto dal DM 25/11/12 relativo all'individuazione delle stazioni speciali per la misura della qualità dell'aria, ha attivato un piano di monitoraggio della composizione del particolato, che prevede – tra l'altro – la misura dei principali ioni, tra cui ammonio, nitrato e solfato, del carbonio organico ed elementare, del levoglucosano, quale tracciante della combustione da biomassa, e di alcuni elementi, dall'alluminio al piombo. Ulteriori approfondimenti sono stati

finanziati anche attraverso il progetto Life PREPAIR. Tali misure vengono condotte sul PM10. Per le stazioni di Milano Pascal, Milano Senato e Schivenoglia, i dati sono disponibili con cadenza giornaliera, mentre nei capoluoghi lombardi sono condotte campagne almeno bimestrali, con un periodo di rilevamento nella stagione calda e uno in quella fredda, approfondendo almeno una realtà territoriale all'anno. Altre analisi sono condotte nell'ambito di progetti di approfondimento di specificità locali che permettono comunque di completare il quadro conoscitivo.

Tutte le misure effettuate in siti di pianura, sia di tipo rurale che urbano, anche da traffico, evidenziano il contributo alla massa totale del particolato della componente secondaria inorganica, essenzialmente solfato e – soprattutto – nitrato di ammonio. Tale contributo è particolarmente rilevante durante la stagione fredda, da ottobre a marzo, e raggiunge i suoi massimi, sia assoluti (in termini di concentrazione) che relativi, rispetto al totale della massa di PM10 e PM2,5, durante gli episodi acuti.

A titolo di esempio, si consideri la concentrazione di PM10 rilevata a Milano Pascal. Le misure, dal 1/1/2017 al 31/12/2017, hanno evidenziato un contributo del nitrato di ammonio e del solfato di ammonio pari, rispettivamente, al 25% ed all'8% del totale della massa di PM10, portando al 33% il contributo medio annuo della componente secondaria inorganica. Se si considera il periodo più critico dell'ultima stagione invernale, dal 1/10/2017 al 28/2/2018 (Figura 1), si vede come, durante la stagione fredda, il nitrato di ammonio costituisce il 36% della massa di PM10 ed il solfato di ammonio il 7%, portando così al 43% il contributo medio della componente inorganica alla massa di particolato in quel periodo. Si noti, inoltre, come tale contributo è particolarmente rilevante, sia in termini relativi che as-

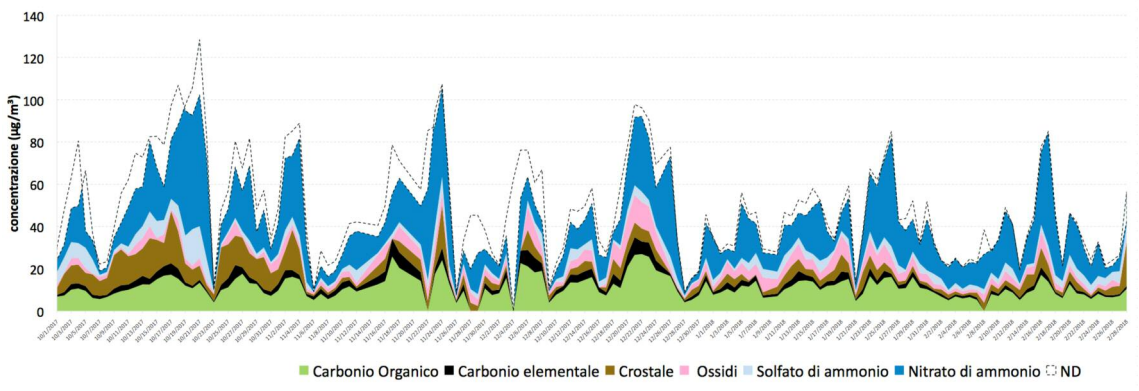
soluti, dal mese di ottobre a metà novembre e dalla fine del mese di gennaio a tutto il mese di febbraio, raggiungendo i suoi massimi durante gli episodi acuti di tali periodi. Ad esempio, il 21 ottobre, per il nitrato di ammonio è stata rilevata una concentrazione di 88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  che, sommata al solfato di ammonio (15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), porta il contributo del secondario inorganico all'80% della massa totale del PM10 (pari a 128  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in quel giorno. Situazioni simili sono facilmente riconoscibili anche nel mese di febbraio.

Un contributo confrontabile, se non superiore, è stato a rilevato a Schivenoglia (MN). A titolo di esempio, nel mese di febbraio 2018 il nitrato più il solfato di ammonio hanno raggiunto il 45% della massa totale di PM10 (media mensile). Risultati del tutto simili sono stati ottenuti nelle altre campagne di approfondimento condotte nelle stazioni della pianura lombarda come, ad esempio, durante la campagne svolte: a Bergamo nel 2017 (contributo medio del secondario inorganico pari al 36% annuo, con picchi superiori al 60% durante gli episodi acuti ad inizio febbraio); a Pavia dal 15/10/16 al 14/4/17 (37% nitrato di ammonio e 10% solfato di am-

monio come contributo medio del periodo); a Orio e Grassobbio, intorno all'aeroporto di Orio al Serio (BG); a Casirate d'Adda (BG) e Filago (BG); a Madone e Bottanuco (BG); a Spinadesco (CR). Tutti i risultati di tali campagne sono consultabili sul sito di ARPA Lombardia alla voce progetti. Il contributo del nitrato e del solfato di ammonio, che in termini relativi ha i suoi massimi nelle stazioni rurali di fondo, rimane importante pure nelle stazioni di traffico, anche a Milano (come testimoniano i dati raccolti ad esempio in via Senato: 21% nitrato d'ammonio e 11% solfato d'ammonio, media dell'anno 2017). Che cosa si può concludere da tali dati? Innanzitutto, che essi sono un'ulteriore prova della specificità del bacino padano, dove la parte secondaria inorganica, unita alla componente organica del secondario, porta al fatto che la maggior parte del particolato presente nelle aree urbane si formi in atmosfera, anche a molti chilometri dalle città, tanto più durante gli episodi acuti (considerando che le condizioni di stabilità favoriscono il ristagno dei precursori e quindi la formazione e l'accumulo di questa componente).

È quindi evidente che, per ridurre le concentrazioni di

**Figura 1: Composizione del PM10 rilevato presso la stazione di misura di Milano Pascal (1/10/2017-28/2/2018)**



Fonte: ARPA Lombardia

PM10 e PM2,5 anche nelle città, è necessario ridurre, oltre alle emissioni di particolato primario, quelle dei precursori del particolato secondario, in particolare gli ossidi di azoto e l'ammoniaca, con i primi che vedono la loro sorgente principale nei veicoli diesel (sia per il trasporto persone che merci, visto che anche le emissioni fuori dalle città influiscono sulle concentrazioni di particolato nelle aree urbane). Emissioni non trascurabili continuano ad essere quelle legate ai processi industriali poiché contribuiscono a incrementare le concentrazioni di fondo di nitrati e solfati che poi reagiscono in atmosfera con l'ammonio, derivato in gran parte dall'agricoltura e dagli allevamenti. Non è un caso, a tale proposito, che in termini relativi, i massimi di nitrato di ammonio non si rilevino a dicembre, ma ad ottobre-metà novembre e a febbraio-marzo, quando maggiore è il contributo dello spandimento dei reflui zootecnici.

Altra conseguenza importante è che la scala degli interventi non può essere solo quella locale, urbana, ma deve essere necessariamente quella di bacino, regionale o, ancora meglio, padano. Se è vero che le azioni locali possono tagliare i picchi, soprattutto dei primari, e che in ogni caso i risultati su ampie aree sono comunque frutto della somma di tante riduzioni locali, per ridurre la parte secondaria, che si forma e si muove su una scala di decine di chilometri, è necessario ridurre i precursori su ampie aree in modo diffuso e strutturale. La riduzione limitata a piccoli ambiti non può incidere in modo significativo su sostanze diffuse, ad esempio, da Padova a Torino. Infine, la presenza di una componente secondaria frutto di reazioni e di accumuli che interessano un arco temporale di più giorni, evidenzia anche come non sia possibile pensare di agire solo durante gli episodi acuti. Per ridurre le concentrazioni nei giorni di picco è necessario limitare le emissioni dei precursori nei giorni precedenti.

Ferma restando la necessità di ridurre le concentrazioni di particolato in atmosfera, tendendo ai valori guida dell'OMS, va infine rilevato che probabilmente – al momento della definizione dei limiti normativi in sede europea – non era così chiara l'importanza, in realtà, quella padana, del contributo secondario al totale della massa di particolato, come quello via via emerso negli anni, che richiede – un po' come per l'ozono – approcci più complessi di quelli seguiti per limitare le concentrazioni di inquinanti storici, come il biossido di zolfo o il monossido di carbonio.



---

## SW open source per la gestione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria

---

Claudia Tarricone, Marco Pignet, Stefano Drigo,  
Manuela Zublena  
ARPA Valle d'Aosta

### Introduzione

---

Le reti di monitoraggio della qualità dell'aria producono un'enorme quantità di dati, di funzionamento e di misura, che devono essere gestiti, elaborati, archiviati. ARPA Valle d'Aosta negli ultimi 10 anni ha sviluppato un sistema integrato per la gestione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria che nel corso degli ultimi mesi, con la collaborazione di ARPA Liguria, si è trasformato in un Progetto per la creazione di un *software open source*: "OpenAirVallée", conforme alle norme europea e nazionale. Tale progetto vuole rappresentare un esempio di condivisione e collaborazione di un programma funzionale non solo alla corretta gestione della rete di monitoraggio di qualità dell'aria, ma all'adempimento di tutti quegli aspetti richiesti dalla normativa anche in termine di consultazione e restituzione dati.

### Il Progetto

---

Il *software*, realizzato interamente da ARPA Valle d'Aosta, è un sistema integrato per la gestione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria, in grado di acquisire i dati degli strumenti automatici di misura, i segnali di controllo, gli allarmi di cabina, permettendo, nel contempo, all'operatore di analizzare i dati attraverso aggregazioni, correlazioni, grafici. Inoltre, il sistema gestisce la tracciabilità di tutte le operazioni che vengono effettuate sulla rete, compresi i controlli di qualità

della misura, che si rendono necessari per ottemperare alle recenti normative (DM 03/2017). Il *software* permette di creare in maniera automatica carte di controllo, di gestire reportistica, di archiviare la documentazione relativa alla strumentazione e agli standard di riferimento utilizzati. Un modulo del sistema consente di gestire i risultati analitici provenienti da analisi *offline* di laboratorio (per esempio speciazione del PM).

L'interfaccia gestionale, configurabile sulla base delle esigenze del singolo utente, consente di visualizzare in tempo reale gli strumenti, le misure, gli interventi di manutenzione e ogni altra informazione della rete. Tutto il sistema, sviluppato su piattaforma Web, è raggiungibile da qualsiasi computer o mediante APP da dispositivi mobili, e permette quindi di poter controllare lo stato dell'intera rete e gestire l'insieme dei dati in qualsiasi momento e in qualsiasi luogo.

Infine, per ottemperare alle richieste di dati e informazioni relative alla qualità dell'aria a livello europeo, è in fase di ultimazione l'adeguamento completo del sistema per poter gestire l'invio dei dati in maniera semplice e conforme alle specifiche dettate dalla Decisione Europea relativa al Reporting dei dati (Decision 2011/850/EU).

Il sistema è strutturato in modo da poter creare, a partire dalla propria base dati, i *datasets* necessari per il popolamento del sistema INFOARIA sviluppato da Ispra. La base dati e la formattazione dei differenti *datasets* rispettano le specifiche richieste dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, assolvendo così in modo efficace alle specifiche tecniche.

### Specifiche di sistema

---

#### Acquisizione nelle stazioni periferiche

I dati degli strumenti analitici vengono acquisiti in seriale



e/o via ethernet tramite un *software* sviluppato in VB.NET. La configurazione del *software* di acquisizione (un file in formato JSON) è gestita da un secondo programma di facile utilizzo.

Gli strumenti vengono interrogati con tempistiche impostate nella configurazione dell'acquisitore ed i dati possono essere salvati in diverse modalità:

- istantanei;
- periodicamente, ogni x secondi (*polling time*), da cui si possono estrarre misure aggregate a partire dal minuto;
- medie orarie o personalizzabile (secondo configurazione).

I dati meteo vengono acquisiti da un *datalogger* Campbell CR1000(X) in rete con il PC di acquisizione dati, che ne permette l'acquisizione anche in caso di mancanza di alimentazione, grazie a batterie tampone.

### Trasmissione dati

La trasmissione dati dalle stazioni fisse avviene tramite ponte radio regionale a banda larga, mentre per il laboratorio mobile si utilizza una connessione via *router* 4G/LTE.

In ogni caso è sufficiente un qualsiasi tipo di connettività (UTMS, GSM...) tra le stazioni ed il centro di raccolta dati.

### Database

Il cuore di tutto il sistema è il *database* con caratteristiche avanzate, come ad esempio repliche asincrone in *streaming*, funzioni e *triggers* con linguaggi non sql, quali python, perl, R, campi di tipo hash e JSON, data type dichiarati dall'utente, viste materializzate, gestione avanzata ruoli ed utenti, campi di tipo spaziale con supporto di Postgis.

Lo schema del *database* è stato pensato in modo tale che qualsiasi fonte dati (*Foreign Data Wrappers*) che

esponga una data ed un valore possa essere gestito dai vari applicativi

### Applicativo Web

L'applicativo Web è il *front-end* dell'intero sistema e permette all'utente di gestire:

- anagrafiche (stazioni, strumenti, bombole...);
- stato dell'acquisizione dati dalla periferia;
- dati (validazione, carte di controllo, diagnostici...);
- reportistica (tarature, manutenzioni, sopralluoghi...);
- richiesta interventi;
- visualizzazione allarmi, superamenti...

È sviluppato con Mojolicious, un *real time Web framework* che incorpora una serie di caratteristiche avanzate, quali supporto di Socket, Web server asincrono, Restful route, JSON, XML parser ecc.

### Gestione dati del Laboratorio analisi

Nel *database* confluiscono anche i dati delle analisi del Laboratorio:

- metalli (As, Cd, Ni, Pb, Cr, Mn,...);
- Ipa (BaP, Pirene, Fluorantene...);
- dati gravimetrici;
- EC/OC;
- ioni/cationi;
- deposizioni.

Le determinazioni dal laboratorio possono essere caricate:

- mediante una maschera Web;
- file excel contenente i dati di più campioni;
- *script* d'interfaccia con altri *database*.

E quindi gestiti dall'applicativo Web come i dati acquisiti in modalità automatica.

### Desktop - Analyser

L'applicativo *desktop* Analyser permette all'utente di:

- gestire serie di misure “lunghe” (es. misure orarie di più anni);
- confrontare serie temporali;
- verificare correlazioni tra serie di dati;
- aggregare misure sulle 24h, settimana, mese, anno;
- analizzare andamenti giornalieri/settimanali (settimana/mese tipo);
- creare grafici personalizzabili dall'utente.

### Notifiche

Il sistema è in grado di evadere notifiche tramite tre *gateway* gestiti come code dal database tramite l'invio di:

- sms,
- mail
- telegram

Queste notifiche possono essere relative a:

- allarmi periferici (Temperatura, Porta aperta ecc);
- superamenti di soglie preimpostate;
- risultati di controlli automatici sui dati;
- ritardi delle stazioni;
- scadenze bombole;
- scadenze filtri nei campionatori;
- ...

### APP

A supporto dell'equipe di manutenzione è stata creata un'APP android che, ad oggi, permette di visualizzare dati, manutenzioni/tarature effettuate sugli strumenti periferici, ecc., come sul portale stesso.

**Figura 1: OpenAIRVallée – Il pacchetto INFOARIA**



Fonte: ARPA Valle d'Aosta

### Infoaria

Attualmente il sistema, oltre ad avere la base dati che rispetta i requisiti IPR, include gli *scripts* necessari all'invio dei *datasets* E1a ed E2a verso l'ftp di ISPRA. È in fase di sperimentazione la creazione degli altri *script* per l'estrazione ed esportazione degli ulteriori *datasets* richiesti.

### Utilità di un sistema integrato per la gestione delle reti di monitoraggio

Lo strumento può diventare prezioso in *primis* per il sistema delle Agenzie e, più in generale, per tutti coloro che gestiscono sistemi di monitoraggio con produzione di base dati. Grazie infatti a un accordo con ARPA Liguria, verrà sviluppato con *software* completamente *open source* che sarà dotato di tutta la documentazione necessaria a un libero uso. L'obiettivo è condividere il progetto nel sistema Agenziale, affinché l'utilizzo comune permetta il miglioramento continuo del sistema con un notevole risparmio di risorse, rappresentando una concreta attuazione di quell'armonizzazione operativa che il Sistema delle Agenzie si è posta come obiettivo da raggiungere. Le migliorie che verranno apportate da chi lo riutilizzerà dovranno essere sviluppate nella medesima tecnologia, integrate nel riuso e quindi condivise con tutti coloro che usano il sistema stesso.

### Conclusioni

Si tratta di una declinazione concreta dei principi di efficienza, efficacia, economicità invocati per il buon funzionamento di un Ente pubblico, nonché del concetto di riuso previsto dal Piano Triennale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione.

### Bibliografia

DECRETO 30 marzo 2017 Procedure di garanzia di qualità per verificare il rispetto della qualità delle misure dell'aria ambiente, effettuate nelle stazioni delle reti di misura. (17A02825) (GU Serie Generale n.96 del 26-04-2017)

Decision 2011/850/EU <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32011D0850>

## Idrocarburi non metanici e ozono: studio delle serie storiche ed eventuali criticità derivanti dalla contestuale presenza dei due parametri.

Lucia Mangiamele, Anna Maria Crisci, Michele Lovallo,  
Laura Bruno, Adelchi Acampora  
ARPA Basilicata

Con il termine “idrocarburi non metanici” si indicano gli idrocarburi ad esclusione del metano. Si parla più comunemente di composti organici volatili, i quali comprendono un'ampia classe di sostanze con varie caratteristiche chimico/fisiche.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (*World Health Organization*, 1989) classifica i COV in 4 gruppi (molto volatili, volatili, semivolatili, materiale particolato) in base ai punti di ebollizione, con un limite inferiore tra 50-100°C e un limite superiore fra 240-260°C. L'Unione Europea (UE, 1999) nella direttiva 1999/13/CE (recepita in Italia con il DM 44/04) definisce come COV “qualsiasi composto organico che abbia a 293,15 K una pressione di vapore di 0,01 kPa o superiore, oppure che abbia una volatilità corrispondente in particolari condizioni d'uso”. Sempre l'Unione Europea (UE, 2004) nella direttiva 2004/42CE (recepita in Italia con il D.Lgs 161/06) definisce come COV “qualsiasi composto organico avente un punto di ebollizione iniziale pari o inferiore a 250°C misurato a una pressione standard di 101,3 kPa”.

L'UNI EN ISO 16000-5 Part 5: *Sampling strategy for volatile organic compounds (VOCs)* riprende la classificazione dei COV data dall'OMS.

La normativa italiana, D.Lgs.152/2006, definisce come composto organico volatile, qualsiasi composto organico che abbia a 293,15 K una pressione di vapore di 0,01 kPa o superiore, oppure che abbia una volatilità corrispon-

dente in condizioni particolari di uso.

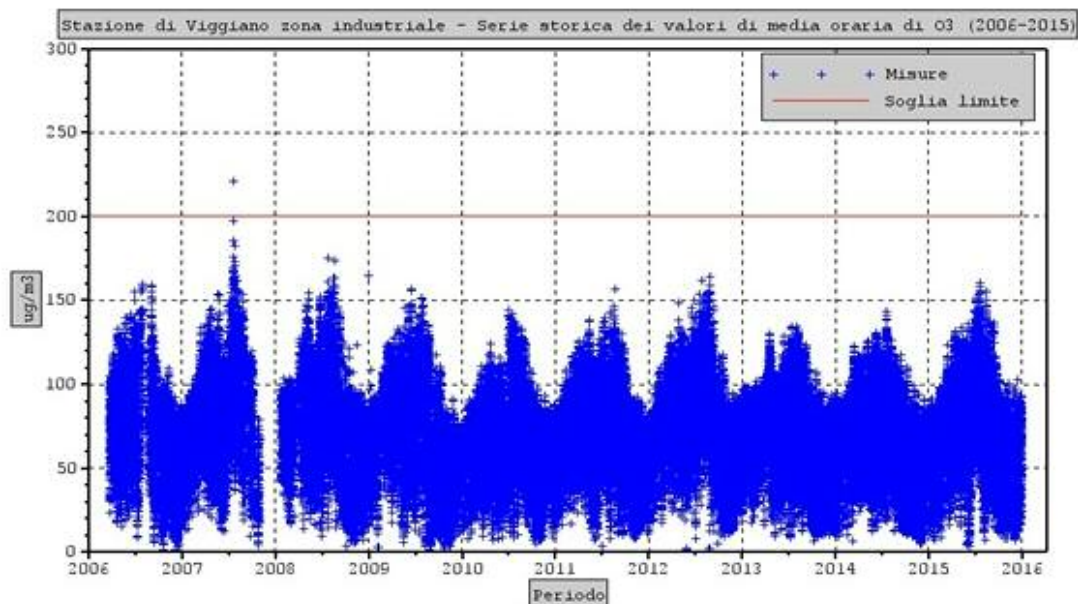
Gli idrocarburi non metanici sono composti chimici formati da atomi di carbonio e idrogeno. La concentrazione degli idrocarburi non metanici viene espressa in microgrammi di carbonio per metro cubo ( $\mu\text{gC}/\text{m}^3$ ), cioè come peso della sola frazione di carbonio. La tossicità degli idrocarburi, diversi dal metano, varia sensibilmente a seconda della composizione chimica. Oltre a problemi legati a una tossicità intrinseca di alcune di queste specie, gli idrocarburi assumono importanza in quanto precursori dell'ozono, interferendo nel ciclo di formazione e distruzione dell'ozono nella troposfera.

La normativa vigente, relativa alla qualità dell'aria, non prevede limiti per questa classe di composti. Il D.P.C.M. del 28/3/83, abrogato dal D.Lgs. 155/2010, fissava un valore limite, pari a 200  $\mu\text{g}-\text{C}/\text{m}^3$  come concentrazione media mobile calcolata su 3 ore. Tale limite, tuttavia, era adottato soltanto nelle zone e nei periodi dell'anno nei quali si verificavano superamenti significativi dello *standard* della qualità dell'aria per l'ozono (200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come concentrazione media di 1 ora da non raggiungere più di una volta al mese). Alla luce del decreto abrogato, e nell'ipotesi che lo stesso fosse ancora vigente, si è effettuata una analisi dei dati relativi alle serie storiche dei due parametri in oggetto, con l'obiettivo di verificare eventuali situazioni di criticità derivanti dalla contestuale presenza di superamenti dei non metanici e dell'ozono. Le serie storiche utilizzate sono state le seguenti:

- I. Triennio 2013-2015, per le centraline della Val d'Agri (denominate Viggiano - Costa Molina Sud 1, Viggiano - Masseria De Blasiis, Grumento 3 e Viggiano I);
- II. Decennio 2006-2015, per le centraline di Pisticci, Fer-randina, La Martella, Potenza - San Luca Branca e Viggiano.

I massimi livelli di ozono risultano concentrati, per tutte le stazioni, nei periodi estivi di ogni anno, attestandosi

Figura 1: Stazione di Viggiano (zona industriale) – Serie storica (2006–2015) del valore medio orario di O<sub>3</sub>



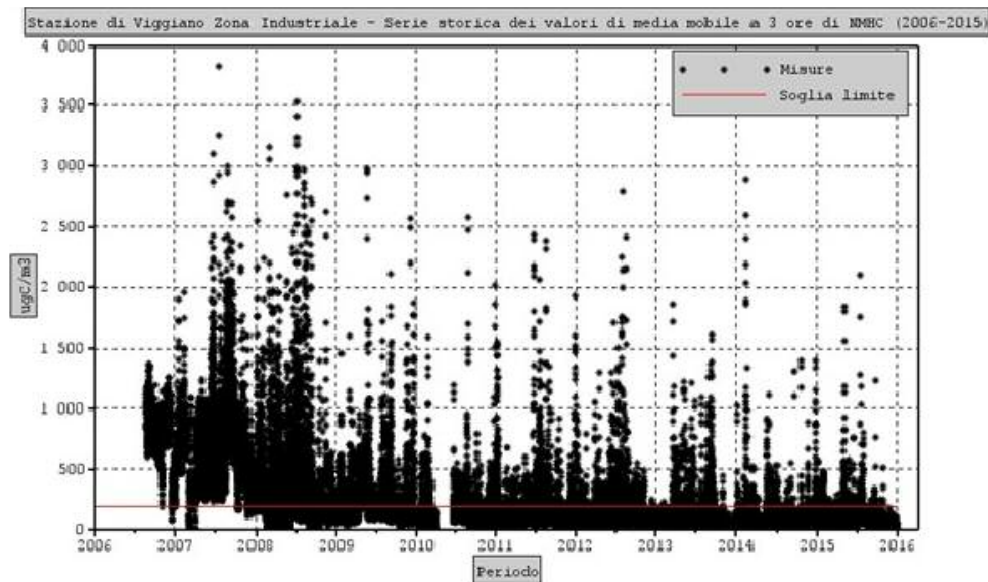
Fonte: Elaborazione ARPAB su dati delle stazioni della rete di qualità dell'aria ARPAB

tra 150 e 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In un solo caso (stazione di Viggiano situata in prossimità del Centro Olio Val d'Agri) si è superata la soglia limite imposta dal D.P.C.M., raggiungendo 221  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  il 20.07.2007 alle ore 20 (Figura 1).

Sebbene un solo superamento di ozono rispetto al citato D.P.C.M. non si configura come condizione per la verifica della soglia stabilita per i NMHC, si è comunque effettuata la verifica del rispetto dei limiti in termini di media mobile di NMHC. Dalla verifica si è constatato che i valori risultano superiori alla soglia limite in modo considerevole durante tutti gli anni della serie temporale analizzata, e che nella fattispecie risultano superiori alla soglia limite per tutto il mese di luglio 2007 (Figura 2).

Si ribadisce che i risultati ottenuti non si configurano come violazione dei limiti imposti dall'abrogato decreto, tenuto conto che il superamento dell'ozono nel mese di riferimento è avvenuto una sola volta. L'art. 3 del decreto in oggetto prevedeva, tuttavia, che le Regioni avrebbero dovuto predisporre appositi piani di risanamento anche laddove fosse stato presente il solo rischio di superare i limiti di concentrazioni previsti per non metanici ed ozono. Tale imposizione, in considerazione dei livelli di concentrazione dei non metanici (molto spesso superiori ai 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) registrati nella stazione di Viggiano, avrebbero probabilmente indotto la Regione Basilicata a predisporre apposito piano di risanamento. È altrettanto vero, tuttavia, che i livelli di concentrazione oraria di ozono della serie storica considerata risultano

Figura 2: Stazione di Viggiano (zona industriale) – Serie storica (2006-2015) del valore di media mobile (3 ore) di NMHC



Fonte: Elaborazione ARPAB su dati delle stazioni della rete di qualità dell'aria ARPAB

(ad eccezione del caso appena descritto) per lo più al di sotto dei  $200 \mu\text{gC}/\text{m}^3$  (Figura 2).

Dal punto di vista strettamente statistico, e con riferimento alle stazioni di qualità dell'aria di cui al punto ii., già in passato questa Agenzia aveva condotto un'analisi del *trend* temporale dei valori di concentrazione media annua di NMHC (serie storica dei dati dal 2007 al 2014). Dall'analisi delle concentrazioni di tale periodo è emerso che il valore medio annuo di concentrazione è andato via diminuendo nel tempo, fino a essere mediamente simile tra le 5 stazioni. Si è proceduto, con l'obiettivo di aggiungere ulteriori informazioni statistiche, ad analizzare i dati di NMHC rilevati dalla stazione di Viggiano, nella finestra temporale 2006-2015. L'obiettivo dello studio è stato quello di individuare la presenza dei co-

siddetti *outliers*, dati statisticamente anomali presenti nelle serie storiche. La letteratura statistica, infatti, afferma che i dati anomali sono generalmente frutto di eventi accidentali, malfunzionamenti e incidenti, ma nelle scienze ambientali possono essere anche dei valori che esprimono una reale oscillazione dei dati. A tal fine si è proceduto ad individuare la tipologia della distribuzione statistica dei dati campionari. Tenuto conto che il tipo di distribuzione statistica dei dati indirizza lo studio verso i migliori indicatori statistici da utilizzarsi per la individuazione dell'obiettivo proposto, sono stati effettuati dei *test* di "normalità" per verificarne la distribuzione. Tali *test* hanno evidenziato la "non normalità delle distribuzioni". Quindi, risultando i dati lontani dall'essere distribuiti come una normale, si è proceduto a descri-

verli mediante metodo oggettivo numerico basato su l'intervallo potenziale definito dal *range* interquartilico (Soliani, 2005, Montanari, 2012).

In dettaglio gli indicatori calcolati, che hanno permesso di individuare la presenza di valori anomali, sono:

- a. i quartili del 1°, 2° e 3° (Q1 Q2 e Q3);
- b. il *range* interquartilico ( $r=Q3-Q1$ ) che misura la dispersione della distribuzione ed è l'intervallo in cui ricade il 50% delle osservazioni;
- c. il valore adiacente superiori VAS (1.5)=  $Q3 + 1.5r$ ;
- d. i *box plot*, riportanti in forma grafica gli indicatori individuati.

Gli indicatori statistici calcolati hanno consentito di valutare la dispersione dei dati rispetto alla mediana, la forma della distribuzione, la misura di tendenza centrale e la presenza e individuazione dei valori anomali. Ai fini di un'analisi statistica consistente, il moltiplicatore del *range* interquartilico utilizzato per il calcolo del VAS è 1.5, sebbene sia possibile adottare valori differenti (ISPRA, 2013).

Dall'analisi dei dati elaborati (Figura 3), in riferimento alla stazione di Viggiano, si può concludere che:

- I. nel corso degli anni il valore medio annuo è diminuito;
- II. nel corso degli anni la dispersione dei dati rispetto alla mediana è diminuita;
- III. i valori dei quartili (Q1 Q2 e Q3) sono diminuiti;
- IV. le distribuzioni non sono simmetriche.

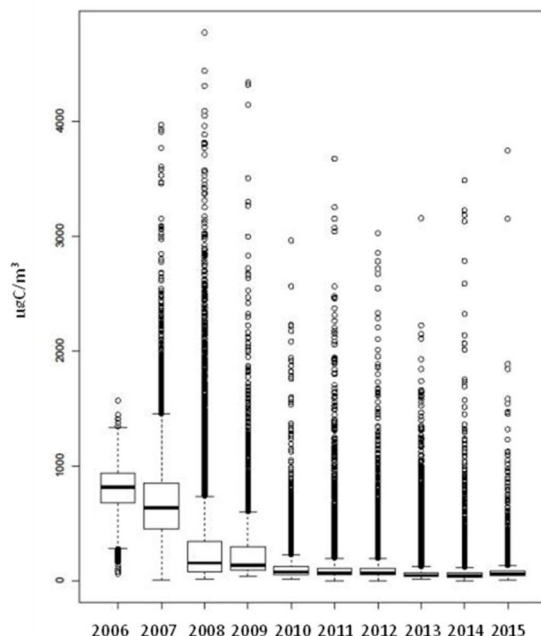
## Bibliografia

ISPRA, Branca G. et al., 2013. *Linee Guida per l'analisi e l'elaborazione statistica di base delle serie storiche di dati idrologici* - n. 84/2013. Roma: ISPRA.

Montanari M. 2012, *Statistica Ambientale*, in [www.sissad.eu/dispense-statistica-ambientale/](http://www.sissad.eu/dispense-statistica-ambientale/).

Soliani L., 2005, *Manuale di statistica per la ricerca e le*

**Figura 3: Stazione di Viggiano (zona industriale) – Serie storica (2006-2015) – Boxplot delle misure orarie di NMHC a scala annuale**



Fonte: Elaborazione ARPAB su dati delle stazioni della rete di qualità dell'aria ARPAB

professione, in [www.dsa.unipr.it/soliani/soliani.it](http://www.dsa.unipr.it/soliani/soliani.it).

UE, 1999, DIRETTIVA 1999/13/CE DEL CONSIGLIO sulle limitazioni delle emissioni di composti organici volatili dovute all'uso di solventi organici in talune attività e in taluni impianti. Gazzetta ufficiale delle Comunità europee, 29.3.1999, L.85/1- L.85/22.

UE, 2004, DIRETTIVA 2004/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO relativa alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovute all'uso di solventi organici in talune pitture e vernici e in

---

*taluni prodotti per carrozzeria e recante modifica della direttiva 1999/13/CE. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, 30.4.2004, L.143/87- L. 143/96.*

UNI, 2007, *UNI EN ISO 16000-5:2007 Aria in ambienti confinati – Parte 5: Strategia di campionamento per i composti organici volatili (VOC).*

World Health Organization, 1989. *Indoor air quality: Organic pollutants.* In *Environmental Technology Letters*, 10:9, 855-858.



## Artificial neural networks per la previsione della qualità dell'aria in condizioni meteo simulate – primi risultati del modello INTEL-air

Anna Abita, Giuseppe Madonia  
ARPA Sicilia

Le reti neurali, sono modelli matematici che tentano di emulare il sistema nervoso centrale umano, fornendo un'interpretazione analitica dei "neuroni", delle loro relazioni e della forza da assegnare ai loro collegamenti (sinapsi) (Haykin, S., 1999). Lo scopo finale delle reti neurali artificiali è mimare i meccanismi di apprendimento del cervello umano, facendo in modo che la rete interagisca con l'ambiente esterno senza l'intervento umano, oltre quello della sua creazione. Il termine "apprendimento" conduce ad un sillogismo di fondamentale importanza per comprendere i meccanismi di funzionamento di una rete neurale, e ciò in quanto è proprio la capacità di apprendimento che rende la ANN nettamente distinta da qualsiasi algoritmo tradotto ed implementato in un comune linguaggio di programmazione. In altri termini, la rete neurale non viene "programmata" ma bensì "addestrata" e strutturata in modo da poter autonomamente apprendere sulla base della generalità di esperienze ad essa presentate. Il vantaggio di adottare una traduzione matematica del sistema biologico cerebrale, consiste in alcune prerogative rispetto alle elaborazioni in serie effettuate dai calcolatori programmati in modo tradizionale e cioè:

- il "parallelismo massivo", secondo il quale l'elaborazione di una medesima informazione è affidata a più neuroni;
- la "distribuzione" dell'*input*, grazie alla quale gruppi di neuroni vengono deputati a collaborare per definire

un comune *output*;

- il "contenuto" (anche parziale) dell'informazione in sostituzione del concetto di "indirizzo" a cui punta l'informazione.

Nella loro struttura analitica le reti neurali sono costituite da neuroni, funzioni di attivazione, sinapsi e pesi sinaptici e, in funzione delle modalità di apprendimento, si distinguono in vari modi tra i quali: reti supervisionate, reti addestrate per rinforzo e reti ad apprendimento competitivo (reti di Kohonen non supervisionate) (Floreato D., Mattiussi C., 2002).

L'obiettivo dello studio di ARPA Sicilia è stato quello di sviluppare un modello di previsione dei livelli di concentrazione d'inquinanti in area metropolitana (INTEL-Air) attraverso lo sviluppo e l'addestramento di reti neurali artificiali supervisionate che, a partire da un *set* di *input* assegnati ai neuroni potessero prevedere il valore dell'*output* sulla base di esperienze similari loro mostrate durante l'apprendimento. È fondamentale precisare che la rete ANN deve essere in grado di generalizzare, ossia di assumere una decisione dinanzi ad un *set* di *input* mai assegnato alla rete durante la fase di addestramento (Hastie, T., et altri, 2001).

ARPA Sicilia gestisce un'applicazione di INTEL-Air nel-

Figura 1: Palermo – Stazioni di qualità aria



Fonte: ARPA Sicilia

l'area urbana della città di Palermo, la quale è coperta da un servizio di monitoraggio della qualità dell'aria con stazioni fisse di misura. L'intero modello INTEL-Air si riferisce a 8 stazioni di misura fisse, per ciascuna delle quali il progetto prevede lo sviluppo di una rete neurale, addestrata con i dati orari del  $PM_{10}$  raccolti nel corso di un intero anno di monitoraggio, facendo ricorso al software JustNN. Il modello utilizza le seguenti stazioni da traffico: CEP, Di Blasi, Belgio, Unità d'Italia, Indipendenza, Politeama e Giulio Cesare; ad esse è aggiunta Boccadifalco come fondo suburbano. Gli step procedurali adottati per il disegno delle reti ANN, sono stati i seguenti: i) definizione del dominio di analisi geomorfologica e d'uso del territorio, su una griglia estesa 143x65 km (285x129 maglie con risoluzione pari a 500 m); ii) definizione di n. 8 *layers* alle quote 20, 40, 80, 160, 320, 640, 1.500, 2.500m s.l.m per la ricostruzione del campo meteorologico tridimensionale; iii) acquisizione dei dati meteorologici delle stazioni del Sistema Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS) ricadenti nel dominio: Alia, Camporeale, Castelbuono, Contessa Entellina, Corleone, Ganci, Giuliana, Lascari, Palermo, Petralia, Termini Imerese per gli anni 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016; iv) acquisizione dei profili verticali del vento (radiosonda Trapani Birgi) nei 5 anni considerati; v) ricostruzione dei campi meteorologici con l'uso del processore CALMET, per ciascuno degli anni simulati.

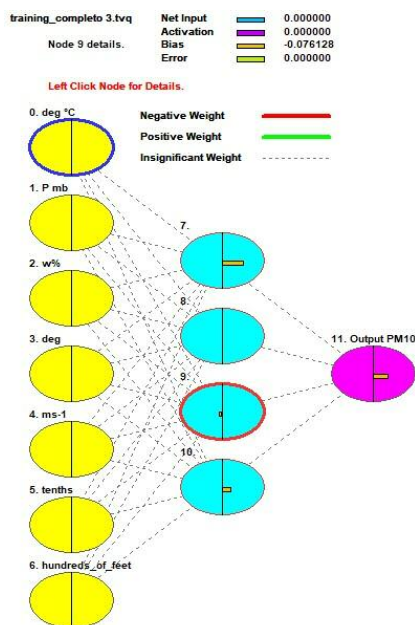
Al termine della procedura descritta è stato messo a punto un algoritmo per l'estrazione delle informazioni meteorologiche dalle maglie della griglia contenenti le stazioni di qualità dell'aria. Con tale procedura, in corrispondenza di ciascuna delle 8 stazioni di qualità dell'aria prescelte, sono state estratte dalla matrice di 285 colonne x 129 righe, per ogni giorno del mese e per tutti i mesi dell'anno: velocità (valori orari) e direzione del vento, temperatura, altezza di rimescolamento e di sta-

bilità del *Planetary Boundary Layer* (PBL – strato basso della troposfera). In questo lavoro si forniscono i risultati dello sviluppo e addestramento di una sola delle reti che costituiscono il modello INTEL-Air, e precisamente quella riferita alla stazione Belgio. Per la costruzione della rete Belgio, si è stabilito, anzitutto, quale dovesse essere il *set* di parametri da assegnare ai neuroni d'*input* e la struttura della rete. Con riguardo alla scelta degli *input* sono stati inizialmente definiti i seguenti 7 neuroni: degC (temperatura), Pmb (pressione [mb]), w% (umidità relativa), deg (direzione del vento),  $ms^{-1}$  (velocità del vento), *tenths* (decimi di copertura del cielo), *hundreds-of-feet* (alt. intradosso nuvole in centinaia di piedi). Rispetto alla struttura, invece, è stata sviluppata, all'inizio, una rete con uno strato intermedio di neuroni (strato nascosto in azzurro in Figura 2), ed un solo neurone di *output*. Lo scopo dell'addestramento non è stato quello d'interpolare i dati del *training set*, ma di ottenere una buona capacità di generalizzazione. Uno dei problemi più difficili è quello di stabilire la complessità del modello, e di conseguenza il numero di parametri liberi, sulla base dei dati disponibili per l'addestramento.

Per le reti multistrato esistono stime teoriche del numero di campioni del *training set* necessari per garantire una buona capacità di generalizzazione. Nell'eventualità che tale *training set* risulti inadeguato, si usano quindi tecniche euristiche per scegliere la struttura della rete e dimensionare il *training set*. Esistono due strategie fondamentali: i) la "stabilizzazione strutturale" e ii) le "tecniche di regolarizzazione". Nel caso in studio si è deciso di procedere per "stabilizzazione strutturale" e pertanto, dopo aver suddiviso il *set* dei dati della stazione Belgio in 3 sottoinsiemi (*training set*, *validation set*, *test set*):

a) si è scelto il numero di neuroni (per i 5 gruppi di ANN);

Figura 2: Rete 7 neuroni d'input



Fonte: ARPA Sicilia

- b) per ogni gruppo di neuroni si è addestrata la rete corrispondente usando il *training set*;
- c) si è valutata l'architettura di rete scegliendo quella che forniva errore più basso;
- d) si è verificata la capacità di generalizzare della rete tramite il *test set*.

Per costruire il *training set* ed il *validation set* della rete neurale Belgio, sono stati utilizzati i dati di PM10 rilevati dalla relativa stazione di qualità dell'aria e quelli meteorologici derivati dal campo meteo ricostruito con il processore CALMET. Dopo la calibrazione del segmento di rete di INTEL-Air e del campo meteorologico ricostruito con CALMET, si è valutato il grado di affidabilità della rete come strumento predittivo dello stato di qualità dell'aria nei reticoli del dominio esaminato.

Per ottimizzare la struttura di rete, ed individuare quella che fornisse errori più bassi, sono state studiate 5 configurazioni differenziate per numero e tipologie di neuroni d'input, composizione dello strato nascosto, tasso di addestramento (*Learning-rate*) e abilità nel discernere i minimi relativi dai minimi assoluti nella curva del gradiente dell'errore (*momentum*). A ciascuna configurazione è stato presentato un numero variabile di esperienze (da 300 a 5.544), rappresentate come combinazione binomiale tra un set di dati d'input (Base:[degC, Pmb, w%, deg, ms<sup>-1</sup>], Add:[tenths, hundreds-of-feet]) e la relativa concentrazione dell'inquinante monitorato (PM10). All'interno del gruppo di dati presentati alla rete sono stati definiti quelli di validazione. Nella tabella 1 si riportano le configurazioni di rete ad uno strato nascosto e l'addestramento delle reti di prova per la scelta della ANN Belgio. In un solo caso (ANN group 4) il tasso di apprendimento della rete (*Learning rate*) è stato impostato in modo che fosse essa stessa ad ottimizzarne il valore ed al riguardo, durante la fase di apprendimento, si è assistito ad un lento decremento dell'errore medio d'output.

Dalla Tabella 1 si evince che, nell'ambito di uno strato nascosto, la configurazione di rete n.3 risulta essere quella che fornisce un errore massimo e medio più basso. Essa è riportata in Figura 3.

Si è osservato che esiste una graduazione del peso d'influenza di ciascun neurone; tale peso è detto *Importance* e rappresenta la somma dei valori assoluti dei pesi assegnati alle connessioni (bias) tra un neurone e tutti quelli dello strato intermedio. Cosicché, dopo aver addestrato la rete Belgio ad un solo strato nascosto, è emerso che l'*Importance* dei fattori d'input (su base di scala relativa) risulta in ordine decrescente: deg °C [I=112.85], w% [I=79.93], P mb [I=58.86], ms<sup>-1</sup> [I=42.96], deg [I=13.49] (cfr. Figura 4).

Figura 3: Addestramento Rete Belgio



Fonte: ARPA Sicilia

Dunque, secondo il modello adattato in questa configurazione di rete, la concentrazione di PM10 nella maglia del grigliato che contiene la stazione Belgio dipende in primo luogo dalla temperatura, poi nell'ordine dall'umidità relativa (il cui ruolo notoriamente contribuisce ad influenzare la deposizione), dalla pressione (in relazione alla capacità di modulare l'altezza dello strato di rimescolamento) e, solo infine, dalla velocità e dalla direzione del vento.

Sono state esaminate ulteriori possibili configurazioni di rete; nella Tabella 2 si riporta una configurazione di rete a due strati nascosti ed i risultati del suo addestra-

Figura 4: Graduazione degli input



Fonte: ARPA Sicilia

mento. Sebbene la rete sia, in questo caso, maggiormente articolata e l'addestramento sia stato spinto fino ad 1 milione di cicli, il risultato non sembra aver mostrato un guadagno rispetto agli schemi realizzati con uno strato neuronale nascosto.

Al termine dello studio è stato evidenziato che in relazione alla capacità di generalizzare della rete, consistente nell'accuratezza nella previsione del valore di PM10, la ANN group 3 ha confermato essere quella che fornisce i minori scostamenti rispetto ai valori attesi. Il massimo errore previsionale riscontrato nel test di verifica si è attestato intorno a  $\pm 30\%$  del valore vero. In media il valore dell'errore risulta inferiore all'1%.

In conclusione, le attività ed i risultati ottenuti suggeriscono interessanti spunti per una ulteriore ricerca indirizzata all'affinamento delle reti. Seppure il lavoro presentato sia stato incardinato nell'ambito del monitoraggio del PM10, ciò non preclude la possibilità di attuarlo anche con riferimento a differenti tipologie

Tabella 1: Configurazioni e addestramento reti di prova ad uno strato nascosto

| ANN group                                                                                                     | Neuron Input | Hidden layer | Neuron hidden | Cycles | Learning rate | Momentum | Maximum error | Average error | Training examples | Validation examples |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------------|--------|---------------|----------|---------------|---------------|-------------------|---------------------|
| 1                                                                                                             | 7            | 1            | 3             | 650000 | 0.70          | 0.80     | 0.607729      | 0.01394       | 3812              | 2750                |
| 2                                                                                                             | 5            | 1            | 3             | 280000 | 0.60          | 0.80     | 0.462174      | 0.00943       | 5544              | 1027                |
| 3                                                                                                             | 5            | 1            | 5             | 550000 | 0.60          | 0.80     | 0.344253      | 0.00877       | 5542              | 1027                |
| 4                                                                                                             | 7            | 1            | 5             | 250000 | X=0.099       | Y=0.00   | 0.471976      | 0.01059       | 5544              | 1027                |
| Legenda      Neuron Input : 7=Base+Add; 5=Base      Learning rate: A=final value      Momentum: Y=final value |              |              |               |        |               |          |               |               |                   |                     |

Fonte: ARPA Sicilia

Tabella 2: Configurazioni e addestramento rete a due strati nascosti

| ANN group | Neuron Input | Hidden layer | Neuron hidden | Cycles      | Learning rate | Momentum | Maximum error | Average error | Training examples | Validation examples |
|-----------|--------------|--------------|---------------|-------------|---------------|----------|---------------|---------------|-------------------|---------------------|
| 5         | 7            | 2            | 6/5           | 100.000.000 | 0.6           | 0.8      | 0.407         | 0.0319        | 300               | 100                 |

Fonte: ARPA Sicilia

d'inquinanti aero-dispersi, purché monitorati presso le stazioni fisse di qualità dell'aria.

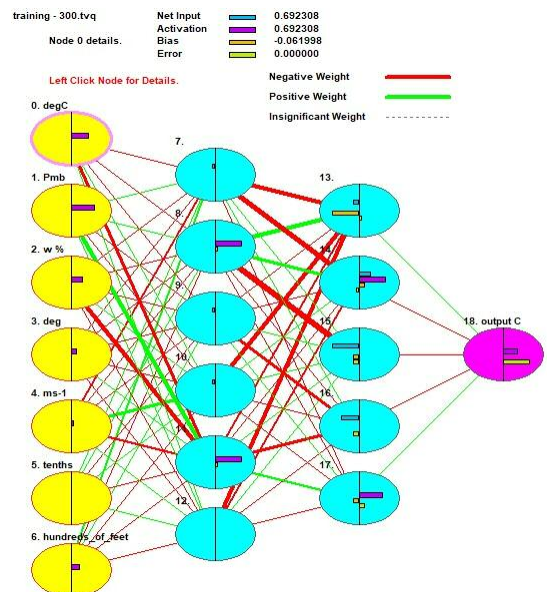
## Bibliografia

Floreano D., Mattiussi C., 2002. *Manuale sulle reti neurali*. Bologna, Il Mulino. ISBN 978-88-15-08504-7

Haykin, S., 1999. *Neural Networks*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Hastie, T., R. Tibshirani, J. Friedman, 2001. *The Elements of Statistical Learning. Data mining, Inference and Prediction*, Springer, New York.

Figura 5: Rete a 2 strati nascosti



Fonte: ARPA Sicilia



# 4. BIOSFERA

## Progetto Pilota ISPRA-ARPA Campania. Redazione di protocolli di monitoraggio, campionamento e analisi finalizzati alla valutazione della dispersione accidentale nell'ambiente di colza geneticamente modificato nella regione Campania.

Giovanni Staiano<sup>1</sup>, Pietro Massimiliano Bianco<sup>1</sup>, Valeria Giovannelli<sup>1</sup>, Valentina Rastelli<sup>1</sup>, Alfonso Sergio<sup>2</sup>  
1 ISPRA, 2 ARPA Campania

### Introduzione

Il colza (*Brassica napus* L., var. *oleifera*) è una dicotiledone della famiglia delle Brassicaceae la cui origine si può collocare nel bacino del Mediterraneo, sulle coste atlantiche dell'Europa centro settentrionale e nel nord ovest dell'Africa occidentale. Il genere *Brassica* comprende 14

specie, la maggior parte delle quali è presente sul territorio italiano allo stato spontaneo, tra cui il gruppo di *B. oleracea*; *B. napus* è, invece, un ibrido che non esiste allo stato spontaneo (se non in forma inselvatichita). Alcuni autori ritengono che *B. napus* si sia originato da un incrocio tra *B. rapa* (2n=20) e *B. oleracea* (2n=18) ma non è chiaro se l'incrocio sia avvenuto spontaneamente o meno. In ogni caso la specie che si è originata ha subito il raddoppiamento del numero dei cromosomi dando luogo alla specie *anfidiplode* (2n=38) detta appunto *B. napus*. Da questa nuova specie si sarebbero originate *B. napus* var. *oleifera* (colza) e *B. napus* var. *napobrassica* (cavolo rapa). Dopo soia, cotone e mais, il colza è la pianta maggiormente coltivata a livello mondiale. Il suo utilizzo, grazie ai semi oleaginosi con alto valore lipidico, è sempre stato indirizzato alla produzione di oli a scopo industriale (per essere combusto e per la produzione di saponi e additivi) e nell'industria alimentare e mangi-

Figura 1: Eventi di colza geneticamente modificato autorizzati nell'Unione Europea

| Evento                                                  | Produttore      | Gene/i introdotto/i              | Tipo di autorizzazione                       |
|---------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------------------|
| GT73                                                    | Monsanto        | cp4 epsps, goxv247               | Alimentazione umana, mangimi, altri prodotti |
| MS8, RF3, MS8xRF3                                       | Bayer           | pat, barnase, barstar            | Alimentazione umana, mangimi, altri prodotti |
| T45                                                     | Bayer           | pat                              | Alimentazione umana, mangimi, altri prodotti |
| MON 88302                                               | Monsanto        | cp4 epsps                        | Alimentazione umana, mangimi, altri prodotti |
| MON88302 x Ms8 x Rf3, MON88302 x Ms8 and MON88302 x Rf3 | Bayer, Monsanto | cp4 epsps, pat, barnase, barstar | Alimentazione umana, mangimi, altri prodotti |

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Commissione Europea



mistica. Le aree agricole, a livello mondiale, destinate alla coltivazione del colza transgenico (tollerante agli erbicidi) ammontavano, alla fine del 2015, a circa 8,5 milioni di ettari, di cui la maggior parte situate in Canada, Stati Uniti, Australia e Cile. Nel mondo, ad oggi, sono stati autorizzati 27 eventi di colza geneticamente modificato. Nell'Unione Europea gli eventi autorizzati sono cinque (Figura 1).

La diffusione della coltivazione delle piante transgeniche in agricoltura ha portato alla produzione di un'ampia letteratura scientifica; in particolare, per quanto riguarda i potenziali impatti ambientali delle coltivazioni di colza transgenico tollerante agli erbicidi, molti studi hanno evidenziato la possibilità che tale pianta possa diventare infestante anche molto tempo dopo il suo rilascio. Casi di questo tipo sono avvenuti e sono stati ampiamente documentati da studi canadesi (Warwick et al., 2008), francesi (Pessel et al., 2001) e tedeschi (Belter, 2016; Lutman et al., 2005), nei quali viene confermato che il seme di colza è in grado di rimanere vitale per periodi di tempo superiori ai 10 anni conservando la capacità di germinazione (vedi anche il *Consensus document* dell'OECD del 1997). Alcuni ricercatori canadesi hanno dimostrato, a valle dell'incrocio tra varietà GM e varietà selvatiche o coltivate non transgeniche di colza, il trasferimento di transgeni da colza GM a piante selvatiche affini (ad es. *Raphanus raphanistrum*, *Rapistrum rugosum*, *Hirschfeldia incana*) (Warwick et al., 2003). Studi condotti in diversi paesi Europei hanno dimostrato una possibile contaminazione di colza GM anche in aree distanti da quelle destinate alla coltivazione, in particolare in zone altamente degradate come bordi stradali e ferroviari e aree semi-urbanizzate. Anche il cosiddetto *spillage* (dispersione involontaria di sementi durante le operazioni di semina, raccolta, trasporto e stoccaggio) può essere fonte di contaminazione come dimostrato

dai monitoraggi ambientali effettuati in Svizzera e Germania dove è stata evidenziata la presenza di colza transgenico lungo strade e ferrovie (studi presentati nell'ambito del Gruppo di Interesse sugli OGM congiunto tra lo European Network of the Heads of Environment Protection Agencies e lo European Network of Nature Conservation Agencies, EPA - ENCA).

## Contesto normativo

Come stabilito dalla Direttiva 2001/18/CE sull'emissione deliberata nell'ambiente degli Organismi Geneticamente Modificati (OGM), l'autorizzazione all'immissione in commercio di un OGM o un prodotto costituito da OGM deve indicare anche gli obblighi in materia di monitoraggio ambientale i cui principi sono descritti nell'Allegato VII della Direttiva, e nella Decisione del Consiglio 2002/811/CE. Il piano di monitoraggio post commercializzazione (*Post Market Environmental Monitoring Plan*, PMEM) è definito dallo stesso notificante. Un PMEM può prevedere: un monitoraggio caso specifico per confermare le ipotesi di rischio, presenti nella valutazione del rischio ambientale, relative al verificarsi di potenziali effetti negativi dell'OGM o del suo impiego e al loro impatto; una sorveglianza generale, per individuare il verificarsi di effetti negativi dell'OGM o del suo impiego sulla salute umana o sull'ambiente che non siano stati previsti nella valutazione del rischio ambientale (indiretti, cumulativi, differiti e a lungo termine). La Decisione stabilisce che gli Stati membri hanno la facoltà di adottare misure supplementari di monitoraggio ed ispezione, tramite l'Autorità Nazionale Competente ed in accordo con il notificante, e che esse non sostituiscono ma, eventualmente, integrano quello predisposto dal notificante stesso. Infine, la Decisione stabilisce che è possibile utilizzare dei sistemi di moni-



toraggio o di sorveglianza ambientale già esistenti nello stato membro come, ad esempio: programmi di osservazione nel settore agricolo, ispezioni sui prodotti alimentari, programmi di conservazione della natura, programmi di monitoraggio ambientale a lungo termine, ispezioni veterinarie.

### Il progetto pilota

Sulla base di quanto premesso ISPRA e ARPA Campania (Dipartimento provinciale di Avellino) hanno promosso, tramite una Convenzione non onerosa della durata di tre anni, la realizzazione, nell'ambito territoriale della regione Campania, di un progetto pilota finalizzato alla messa a punto di protocolli di monitoraggio, campionamento e analisi, da utilizzare per la valutazione della dispersione accidentale nell'ambiente di colza geneticamente modificato. L'ISPRA si occupa da molti anni di OGM, e nello specifico di valutazione del rischio ambientale e monitoraggio. ARPA Campania ha istituito un laboratorio Regionale OGM dedicato al controllo della presenza di OGM negli alimenti e al monitoraggio della diffusione di OGM nell'ambiente. Il laboratorio fa parte della Rete Italiana dei Laboratori OGM (NILO) ed è accreditato per le procedure relative alle analisi su alimenti derivati o costituiti da riso GM, e, a breve, anche da mais GM. In dettaglio, il progetto consiste nella verifica della eventuale presenza di colza GM dovuta a dispersione accidentale di semi durante le fasi di carico/scarico, trasporto, stoccaggio e lavorazione. Il primo obiettivo del progetto consiste nell'individuare, nella Regione Campania, i principali punti di accesso di semi di colza importati, ovvero porti, aeroporti e stazioni ferroviarie, dove avvengono le operazioni di carico/scarico del materiale vegetale e dove la probabilità di perdita accidentale di semi è più alta; a questo proposito è stato fatto

un elenco degli Enti coinvolti nel controllo delle merci in arrivo nei porti/aeroporti. In questo elenco sono inclusi sia Istituzioni a carattere nazionale, come il Ministero della salute e il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, sia regionale come gli Uffici Veterinari per gli Adempimenti degli obblighi Comunitari (UVAC), i Posti di Ispezione Frontalieri (PIF), e il Settore Sperimentazione, Informazione, Ricerca e Consulenza in Agricoltura (SeSIRCA). Il porto di Salerno, dopo opportuna valutazione, è stato identificato come punto di entrata e selezionato come punto iniziale dell'attività di campionamento; i punti di arrivo (intermedi e finali) corrispondono ai siti in cui avvengono operazioni di carico/scarico, stoccaggio e lavorazione. Relativamente a questo punto sono già state avviate indagini volte ad in-

Figura 2: Pianta di *B. napus*, var. *oleifera*



Foto: ISPRA

dividuare i punti di arrivo del materiale, rappresentati da ditte che lavorano con alimenti e mangimi e che trattano semi oleosi e/o distributori/immagazzinatori. Il piano di monitoraggio terrà conto, inoltre, anche dei percorsi, ovvero i tragitti che collegano i punti di entrata con i punti di arrivo (strade e/o ferrovia). Sulla base di analisi preliminari il protocollo di monitoraggio sarà specifico per i percorsi stradali, in quanto il trasporto su gomma è quello più diffuso nella zone di interesse. Sulla base delle raccomandazioni sviluppate da ricercatori svizzeri e tedeschi, presentate nell'ambito del Gruppo di Interesse congiunto EPA-ENCA sugli OGM (in pubblicazione) ISPRA e ARPA Campania predisporranno un protocollo di monitoraggio, un protocollo di campionamento e un protocollo di analisi molecolari. Per quanto riguarda il protocollo di monitoraggio sarà strutturato in due parti: un monitoraggio basato sul rischio, nei punti ritenuti critici (*hot spot*) dove maggiore è la

probabilità che si possa verificare una dispersione accidentale di materiale vegetale (nel caso specifico sono stati individuati il porto di Salerno, come punto di ingresso, e una ditta sementiera nei pressi di Benevento); un monitoraggio random, lungo le principali direttrici di trasporto, dove saranno selezionati i punti di campionamento, distanti circa 5 km tra loro. In particolare, per ottenere un livello di significatività 95 cioè individuare un 1% di presenza di colza GM, sarà necessario campionare circa 300 piante per giornata di campionamento. In caso di bassa densità ( $\leq 30$  piante/4 m<sup>2</sup>) si campionerà ogni pianta individuata mentre, nel caso di un'alta densità ( $> 30$  piante/4 m<sup>2</sup>), verrà campionato il 20% di tutti gli individui presenti, in maniera *random*. Infine, per quanto riguarda le analisi molecolari le piante campionate e unite a formare dei bulk saranno sottoposte a estrazione di DNA utilizzando *Kit* commerciali per estrazione veloce di DNA presso il Laboratorio Regionale OGM

**Figura 3: Laboratorio Regionale OGM di ARPA Campania (Dip. Prov.le Avellino)**



Foto: ARPA Campania

di ARPA Campania (Figura 3) dove è già stato testato su piante di colza un kit (*PureLink Genomic Plant DNA Purification kit*) che ha dato risultati soddisfacenti sia per i ridotti tempi di estrazione sia per la purezza del DNA estratto. Il DNA verrà poi sottoposto ad amplificazione genica (PCR) utilizzando *primers* specifici in grado di rilevare la presenza di un evento di colza GM utilizzando uno *screening* basato sulla ricerca in PCR *Real Time* del promotore 35S, terminatore NOS e costruito CTP - CP4 EPSPS.

Un potenziale sviluppo futuro dell'attività descritta consiste nell'esportazione di questo lavoro a livello nazionale, a seguito della verifica nelle altre Regioni degli ingressi di lotti di colza, dei punti di arrivo e delle modalità di trasporto. La raccolta di queste informazioni consentirà di definire un piano di monitoraggio ambientale della presenza di colza GM, legata alla potenziale dispersione accidentale di semi importati, su tutto il territorio italiano, e la definizione di protocolli di monitoraggio, campionamento e analisi standardizzati.

## Bibliografia

- Belter, A. 2016. Long-Term Monitoring of Field Trial Sites with Genetically Modified Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) in Saxony-Anhalt, Germany. Fifteen Years Persistence to Date but No Spatial Dispersion. *Genes (Basel)* 2016 Jan; 7(1): 3. Published online 2016 Jan 16.
- EFSA 2010 Panel on Genetically Modified Organisms (GMO).. Guidance on the environmental risk assessment of genetically modified plants. *EFSA Journal* 2010;8(11):1879. [111 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2010.1879.
- European Network of the Heads of Environment Protection Agencies (EPA Network) – Joint EPA ENCA Interest Group on Genetically Modified Organisms (IG GMO). *Monitoring of Spontaneous Populations of Genetically Modified Plant Species in the Environment* (in pubblicazione).
- James, C. 2015. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops*. 2015. ISAAA Brief No. 51. ISAAA: Ithaca, NY.
- Lutman, PJW, Berry, K, Payne, RW, Simpson, E, Sweet, JB, Champion, GT, May, MJ, Wightman, P, Walker, K, Lainsbury, M. 2005. *Persistence of seeds from crops of conventional and herbicide tolerant oilseed rape (Brassica napus)*. *Proc. Biol. Sci.* 2005;272:1909–1915.
- Pessel, FD, Lecomte, J, Emeriau, V, Krouti, M, Messean, A, Gouyon, PH. 2001. *Persistence of oilseed rape (Brassica napus L.) outside of cultivated fields*. *Theor Appl Genet* (2001) 102:841–846.
- OECD. 1997. *Consensus Document on the Biology of Brassica napus L. (Oilseed Rape)*
- Tosatto, S; Regis, F. 2002. Il Colza – *Collana monografica manuali naturalistico agronomici. ARPA Piemonte*.
- Warwick, SI, Légère, A, Simard, MJ, James, T. 2008. *Do escaped transgenes persist in nature The case of an herbicide resistance transgene in a weedy Brassica rapa population*. *Mol Ecol.* 2008 Mar;17(5):1387–95.
- Warwick, SI, Simard, MJ, Légère, A, Beckie, HJ, Braun, L, Zhu, B, Mason, P, Séguin-Swartz, G, Stewart, CN Jr. 2003. Hybridization between transgenic *Brassica napus* L. and its wild relatives: *Brassica rapa* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Sinapis arvensis* L., and *Erucastrum gallicum* (Willd.) O.E. Schulz. *Theor Appl Genet.* 2003 Aug;107(3):528–39.



## 5. GEOSFERA

### Studio delle variazioni delle condizioni di pericolosità da frana lungo la rete dei sentieri e delle modifiche della circolazione idrica sotterranea avvenute nel territorio del Parco Nazionale dei Monti Sibillini a seguito degli eventi sismici 2016-2017

Marco Amanti, Paolo Maria Guarino, Lucio Martarelli  
ISPRA

#### Premessa

Nel maggio 2018 è stata stipulata una Convenzione tra l'ISPRA e l'Ente Parco Nazionale dei Monti Sibillini per la realizzazione di uno studio sulle modifiche della circolazione idrica sotterranea e sulle variazioni delle condizioni di pericolosità da frana lungo la rete dei sentieri avvenute a seguito degli eventi sismici che hanno interessato l'Italia Centrale tra agosto 2016 e gennaio 2017. La convenzione promossa dal MATTM rientra nell'ambito delle iniziative e delle politiche finalizzate a garantire la sicurezza della popolazione e dell'ambiente e a favorire la ripresa delle aree colpite dai recenti eventi sismici.

Sono stati infatti segnalati all'interno dell'area-parco, come nell'area della sorgente del Torbidone, della Piana di Norcia, delle risorgive delle Marcite e delle sorgenti del F. Nera aumenti della disponibilità di risorsa idrica, mentre, al contrario, si è riscontrata una diminuzione di risorsa alle sorgenti del Fiume Tenna.

L'area del Lago di Pilato è rientrata negli obiettivi della convenzione, nell'intento di verificare gli eventuali effetti su questo piccolo bacino montano, sede della presenza endemica del crostaceo Chirocefalo del Marchesoni.

Sempre nell'area Parco sono state segnalate condizioni

di interruzione della fruibilità della rete sentieristica dovuta al verificarsi di eventi franosi.

#### La modifica della circolazione idrica

Sono stati preliminarmente raccolti i dati tecnico-scientifici di letteratura e in tutti i siti in studio sono state eseguite misure di portata di corsi d'acqua e di sorgenti e misure *in situ* di parametri chimico-fisici di punti d'acqua (Figura 1).

Nel periodo di monitoraggio considerato (giugno-ottobre 2018) è stato rilevato il progredire di una fase di magra.

Gli studi hanno consentito di rilevare un generale aumento delle portate a seguito del sisma nelle seguenti aree:

- area Torbidone-Piana di Norcia-Marcite è stato possibile evidenziare, alle quote di monte tra 602-580 m s.l.m., un contributo (circa 0.1 m<sup>3</sup>/s) di acque sorgive che va ad alimentare la Piana di Norcia. È inoltre stata calcolata in circa 1,5-2 m<sup>3</sup>/s la portata delle risorgive delle Marcite tra le quote 580-550 m s.l.m. L'aumento delle portate tra pre- e post-sisma nel settore Torbidone-Marcite risulta circa del 40%. Le quote di livello statico misurate nella Piana di Norcia sono tra 570-620 m s.l.m., sono compatibili con quelle riportate in letteratura (e.g. Boni et al., 1986);
- area delle Sorgenti del F. Nera è stato possibile evidenziare un rilevante aumento di portata fluviale (circa 2 m<sup>3</sup>/s) tra le quote 760-758 m s.l.m. (almeno un 100% di incremento rispetto al pre-sisma; e.g. Boni et al., 1986).

Per quanto attiene il Fiume Tenna ad oggi non è ancora possibile definire se siano variati gli incrementi di portata tra prima e dopo il sisma

Gli studi hanno evidenziato per le sorgenti del Fiume



Tenna che il settore di Capo Tenna rappresenta l'area di ricarica del cd *Acquifero della Maiolica*. Procedendo verso valle si alternano settori in cui la portata fluviale è alimentata da acqua sorgiva proveniente dalla parte di alta quota (1175-990 m s.l.m.; 0,1-0,7 m<sup>3</sup>/s) dell'acquifero basale, tratti dove la parte intermedia dell'Acquifero basale è alimentata dalle acque fluviali (quote 990-985 m s.l.m.; fino a circa 0,14 m<sup>3</sup>/s) e parti interessate da complessi scambi stagionali tra falda e fiume,

come nel settore di bassa quota (990-845 m s.l.m.) dell'Acquifero basale.

Per quel che concerne l'area del Lago di Pilato non vi sono evidenze geomorfologiche legate a rotture post-sisma 2016-2017 che possano giustificare la situazione di crisi del livello del lago nell'estate 2017, che sembra quindi imputabile alla scarsa precipitazione nevosa dell'autunno-inverno precedente.

Riguardo alla dinamica dei livelli del lago, è stata osser-

**Figura 1: Descrizione della rete di controllo delle aree di indagini idrogeologiche nel territorio del Parco Nazionale dei Monti Sibillini (base geologica da Servizio Geologico d'Italia, 1941)**

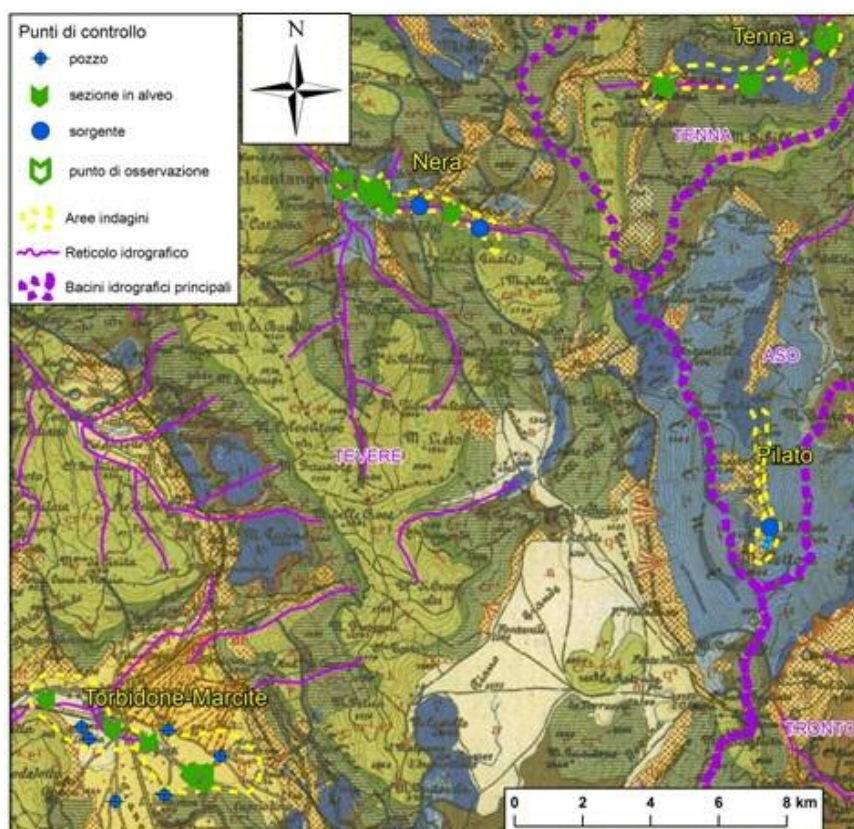


Foto: Servizio Geologico d'Italia

Legenda: Toni di colore verde e blu: rocce carbonatiche; toni giallo-arancio e beige: sedimenti detritici ed alluvionali; toni del marrone: depositi terrigeni.

vata una prima rapida diminuzione dalla quota di massimo invaso (circa 1960 m s.l.m., dopo lo scioglimento delle nevi) fino alla quota di 1955 m s.l.m. della Sorgente del Lago, che funge da sfioro. La discesa di livello riprende poi più lentamente per effetto dell'evaporazione e di una non ancora quantificata infiltrazione attraverso i terreni di letto del lago e, in anni particolarmente siccitosi, può portare alla sua essiccazione. Inoltre, il più basso valore di conducibilità elettrica specifica delle acque del lago (60-120  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) rispetto a quelle degli acquiferi carbonatici dell'area sibillina (280-460  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) è in accordo con la prevalente provenienza della ricarica del lago dallo scioglimento delle nevi e dalle precipitazioni.

### Le condizioni di pericolosità da frana lungo la rete sentieristica

Per quanto riguarda lo studio delle condizioni di pericolosità da frana in corrispondenza della rete sentieristica, le aree oggetto di segnalazione da parte dell'Ente Parco erano già state, in parte, oggetto di verifiche nel corso delle attività svolte da ISPRA durante la fase emergenziale post-sisma (Villani et al., 2018). Nel corso della convenzione sono stati svolti studi di dettaglio comprendenti rilievi geomorfologici di campagna, analisi foto interpretativa, rilievi fotogrammetrici con utilizzo di drone, elaborazione e ricostruzione di modelli 3D e DTM, che hanno consentito la definizione del modello morfoevolutivo del versante, finalizzata alla indicazione di possibili misure di mitigazione del rischio.

**Figura 2: Corona principale, zona di trasporto e di scorrimento del fenomeno franoso che ha provocato nel maggio '18 il danneggiamento e l'interruzione del sentiero E4**



Fonte: Servizio Geologico d'Italia

Nel corso della prima fase di lavoro sono stati studiati: il versante orientale del M. Vettore, dove imponenti fenomeni di *debris flow* hanno interessato una porzione del Grande Anello dei Sibillini, provocandone l'interruzione; il sentiero E11-Spina di Gualdo; il sentiero E14-M. Patino e il sentiero E4-Gole dell'Acquasanta. Relativamente a quest'ultimo in Figura 2 viene riportato uno schema morfologico della frana principale che interrompe il sentiero in prossimità del Fosso Sacaro.

### Le misure mitigative

Escludendo le condizioni di rischio minori, presenti lungo la sentieristica, ineliminabili in quanto strettamente legate alle caratteristiche fisiche del paesaggio montano (pendenza del terreno, balze rocciose, tratti sdruciolevoli ecc.), le misure mitigative proposte sono state mirate alla soluzione delle problematiche maggiori, dove il verificarsi di eventi franosi e/o alluvionali non consente più di poter effettuare l'escursione in condizioni di sicurezza.

Tale condizione riguarda in particolare le criticità idrogeologiche legate al verificarsi di eventi di flusso detritico concentrato lungo i corsi d'acqua intercettati dai sentieri.

In questi casi, sono stati suggeriti interventi a carattere prevalentemente idraulico, finalizzati a governare la velocità della corrente, ad aumentare la resistenza all'erosione del fondo e ad assorbire l'energia di impatto legata alla spinta della massa delle colate ed alle forze impulsive puntuali dovute ai singoli massi, comprendenti: a) configurazione di una sezione d'alveo stabilizzata; b) rimozione dei massi ostacolanti il deflusso; c) realizzazione di opere trasversali di intercettazione e trattenimento del materiale detritico.

In altri casi, le dimensioni contenute dei fenomeni fra-

nosi, il ridotto spessore del materiale mobilizzato, il prevalere della componente orizzontale del movimento rispetto a quella verticale e l'ubicazione delle aree in frana in aree fortemente vegetate hanno suggerito di ricorrere alle tecniche di sistemazione di ingegneria naturalistica.

### Bibliografia

- Boni C., Bono P., Capelli G., 1986, *Schema idrogeologico dell'Italia Centrale*. Memorie Società Geologica d'Italia, 35, pagg. 991-1012.
- Petitta M., Mastroiello L., Preziosi E., Banzato F., Barberio M.D., Billi A., Cambi C., De Luca G., Di Carlo G., Di Curzio D., Di Salvo C., Nanni T., Palpacelli S., Rusi S., Saroli M., Tallini M., Tazioli A., Valigi D., Vivalda P., Doglioni C., 2018, *Water-table and discharge changes associated with the 2016-2017 seismic sequence in central Italy: hydrogeological data and a conceptual model for fractured carbonate aquifers*. Hydrogeology Journal online. <https://doi.org/10.1007/s10040-017-1717-7>.
- Servizio Geologico d'Italia, 1941, *Carta Geologica d'Italia Foglio 132 Norcia*.
- Villani F., Civico R., Pucci S., 2018, *A database of coseismic effects following the 30 October 2016 Norcia earthquake in Central Italy*. DOI: 10.1038/sdata.2018.49



## Approccio integrato nella caratterizzazione dei siti contaminati da solventi clorurati tramite *phytoscreening* e camera di accumulo

Lucina Luchetti, Antonio Diligenti  
ARTA Abruzzo

L'individuazione di metodiche innovative di campionamento e analisi, ha l'obiettivo di indirizzare e integrare quelle di uso comune per la caratterizzazione e il monitoraggio dei siti contaminati. Nell'ambito della caratterizzazione ambientale dei siti contaminati l'U.O. "Siti contaminati, materiali da scavo e discariche" dell'ARTA - Distretto di Chieti nel 2012 ha avviato le prime campagne di *phytoscreening* (*sensu* Sorek et al., 2008) per individuare metodiche di campionamento e analisi supplementari o alternative a quelle classicamente utilizzate per la caratterizzazione e il monitoraggio (Luchetti et al., 2013; Luchetti & Diligenti, 2014, Luchetti et al., 2015, Luchetti, 2016 e Luchetti, 2017).

Nello specifico, il *phytoscreening* è una tecnica con cui si stima la contaminazione nel sottosuolo tramite campionamento di carote di albero successivamente sottoposte ad analisi chimiche.

È utilizzato un campionatore incrementale (succhiello di Pressler) con cui si preleva un campione di legno di 0,5 cm di diametro e lunghezza variabile tra 5-10 cm, conservato poi in appositi contenitori di vetro con tappo e setto perforabile in teflon (vials da 40/60ml) per le successive verifiche analitiche.

Le verifiche analitiche sono effettuate dal Distretto ARTA di L'Aquila mediante metodo analitico messo a punto, in collaborazione con il Distretto di Chieti e mutuato dalle metodiche standardizzate utilizzate per le analisi dei terreni (Luchetti et al., 2015).

È stato, pertanto, messo a punto un metodo semiquantitativo (Luchetti & Diligenti, 2014) che consente in tempo reale la verifica della contaminazione, misurando con fiale colorimetriche i gas, prelevati *in vivo*, all'interno dei fori realizzati per il prelievo del campione di tronco. I principi su cui si fonda il campionamento di tipo *in vivo* sono stati applicati e integrati recentemente attraverso un'ulteriore tipologia d'indagine di campo che prevede l'utilizzo di un'ulteriore strumentazione analitica portatile FT-IR (Spettroscopia IR in trasformata di Fourier). La verifica con FT-IR è avviata a seguito del riscontro positivo con fiala colorimetrica (presenza di contaminazione) in quanto con tale strumentazione è possibile distinguere le diverse tipologie di sostanze ad una scala di dettaglio elevata.

I dati quali quantitativi, ottenuti in tempo reale attraverso queste attività, hanno consentito la standardizzazione delle tecniche, anche a livello normativo costituendo nel contempo indagini economiche e a basso impatto ambientale utili anche ai fini del rapporto con gli *stakeholder*.

Successivamente è possibile integrare le attività di indagine classiche, attraverso l'approccio per fasi progressive di approfondimento, considerando gli alberi come sonde soil-gas in ambiti dove gli scenari espositivi alla contaminazione risultano rilevanti, quali ad esempio nei Siti di interesse nazionale (SIN) individuati dall'art. 252 del D.Lgs152/2006.

Il flusso di vapori e del gas-interstiziale dal sottosuolo è stato indagato per mezzo del *phytoscreening* e integrato con l'utilizzo di camere di flusso poste in prossimità degli alberi oggetto di studio. In particolare, la misura delle sostanze, come ad esempio la CO<sub>2</sub> e il CH<sub>4</sub>, prodotti della biodegradazione della contaminazione da Composti Organici Volatili clorurati (COVC), è effettuata utilizzando una camera di accumulo (Figura 1), aperta,

statica non stazionaria, collegata ad un *fluxmeter* che consente di misurare il flusso ( $\text{moli}/\text{m}^2/\text{giorno}$ ) e la concentrazione ( $\text{ppm}/\text{sec}$ ). Nella camera di accumulo, nell'ipotesi di flusso emissivo costante dal suolo, la concentrazione degli analiti presenti nella miscela di gas all'interno della camera nel tempo non rimane costante in ciascun punto della camera ma aumenta. La camera lavora in modo che i flussi di gas in ingresso e in uscita siano uguali, tramite la ricircolazione tra camera e *fluxmeter*. I vantaggi della camera di accumulo, oltre a praticità e maneggevolezza, risiedono nella possibilità di eseguire misure in continuo e in tempo reale, visualizzandole in campo su palmare connesso alla stazione strumentale tramite *bluetooth*. I dati visualizzati su palmare sono registrati per le successive elaborazioni tramite *software* dedicati.

Il monitoraggio del flusso degli aeriformi sul suolo viene eseguito in continuo e dipende esclusivamente da un fattore di proporzionalità legato a volume del sistema, temperatura e pressione atmosferica al momento della misura. Il gas nella camera viene miscelato per mezzo di una ventola e mantenuto in equilibrio con la pres-

sione esterna tramite un capillare posto nella parte superiore della camera (vent). Il funzionamento in dettaglio della strumentazione portatile dipende dalle specifiche di produzione, nella strumentazione in dotazione ad ARTA, la concentrazione di  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$  viene misurata con sensori a spettrometria IR con *Tunable Laser Diode* (IRTLD) ed i COVtot con un fotoionizzatore portatile PID (*Photo-Ionization Detector*) dotato di lampada al Krypton da 10,6 eV.

Inoltre sono presenti sensori per la rilevazione dei dati ambientali (temperatura e pressione), nel complesso la portata di aspirazione dei detector è di  $1\text{L}/\text{min}$ . La camera così collegata al *fluxmeter*, consente di valutare in tempo reale (ma anche a seguito di *postprocessing*) il flusso dei gas provenienti dal sottosuolo all'interfaccia suolo/aria.

L'emissione di  $\text{CO}_2$  e COVtot dal suolo ( $J$ ) è calcolata come funzione del gradiente di concentrazione ( $dC/dt$ , espresso in  $\text{ppm}/s$ ) e del rapporto volume/superficie della camera (espresso in  $m$ ). Il flusso viene convertito in flusso di massa espresso in moli per metro quadrato al giorno ( $\text{mol}\times m^{-2}\times d^{-1}$ ) utilizzando il fattore Ack: parametro relativo alle proprietà fisiche della camera di accumulo ed ai parametri ambientali di campionamento. La misura iniziale individua i valori misurati in aria ambiente quindi è necessario attendere il tempo necessario al riequilibrio del sistema ed alla stabilizzazione dei detector per assistere ad un progressivo aumento delle concentrazioni all'interno della camera fino al raggiungimento di condizioni significative per il monitoraggio ed alla sua interruzione nel momento in cui la concentrazione all'interno della camera tende progressivamente a diminuire in quanto prossima a quella al suolo. Oltre all'uso consueto appena descritto, la strumentazione è stata utilizzata per effettuare campionamenti incrementali di *soil-gas* di breve durata condotti per l'in-

**Figura 1: Schema della camera di accumulo**



Fonte: ARTA Abruzzo

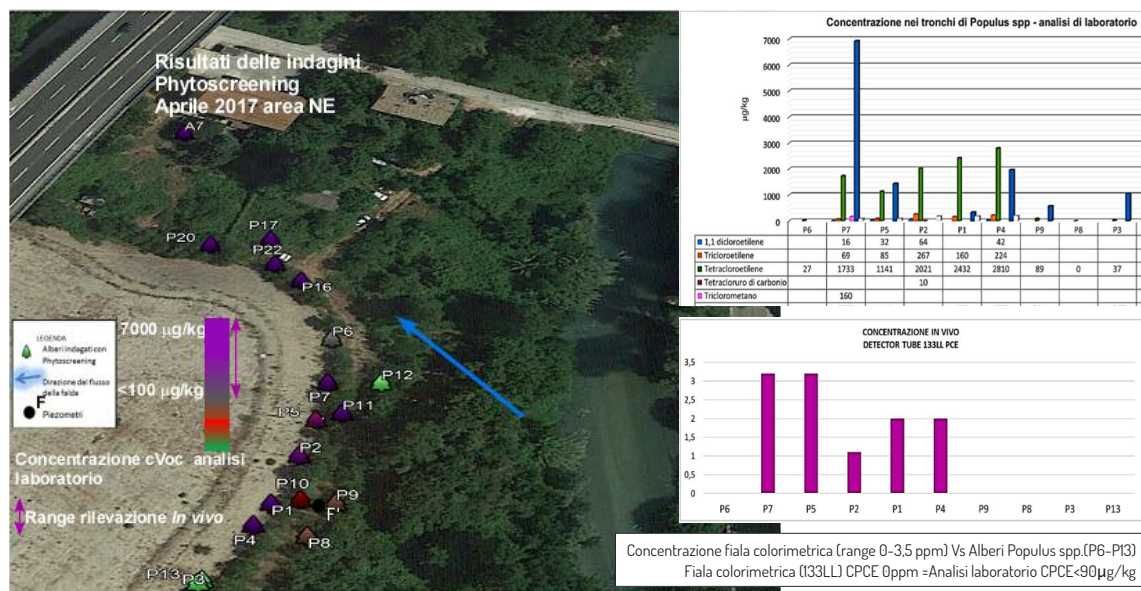
tervallo orario d'interesse e cautelativo. Il campionamento è stato realizzato tramite canister, dotati di restrittore della portata del flusso, e fiale multisorbent attive per desorbimento termico.

Lo scopo di tali campionamenti è stato quello di valutare direttamente le concentrazioni delle sostanze di interesse per determinarne il flusso per l'elaborazione dell'Analisi di rischio ai fini delle misure di prevenzione, di messa in sicurezza e di bonifica.

Le attività di *phytoscreening* negli anni 2015-2017 sono state condotte nelle aree del SIN di "Bussi sul Tirino" (PE). In particolare, la ricerca eseguita in modalità diretta (Luchetti et alii 2013) e *in vivo* con fiale colorimetriche (Luchetti & Diligenti 2014), integrata nel corso del 2018 con attività di quantificazione della contaminazione me-

diate FT-IR portatile, si è concentrata in prossimità della mega discarica abusiva Tre Monti. L'utilizzo dello FT-IR, strumento analitico ampiamente utilizzato nell'ambito dei laboratori di analisi chimica, permette, attraverso la scansione con uno specchio mobile di tutte le frequenze presenti nella radiazione IR generata dalla sorgente mediante interferometro, la verifica quantitativa dei composti organici volatili. Con l'applicazione della trasformata di Fourier, l'intensità del segnale viene rappresentata nel dominio della frequenza. Lo strumento in dotazione ad ARTA è munito di una pompa con portata di circa 1,5 L/min, di una camera di analisi con un volume pari a 0,4L, di uno spettrometro con trasformata di Fourier. Lo strumento, tramite un'antenna *bluetooth* o via cavo, viene connesso ad un palmare per

**Figura 2: Perimetrazione della discarica Tre Monti nel Sito contaminato di interesse nazionale di Bussi sul Tirino. Il *Phytoscreening* ha permesso la rivalutazione, per le attività di MIPRE/MISE, della contaminazione nel sottosuolo**



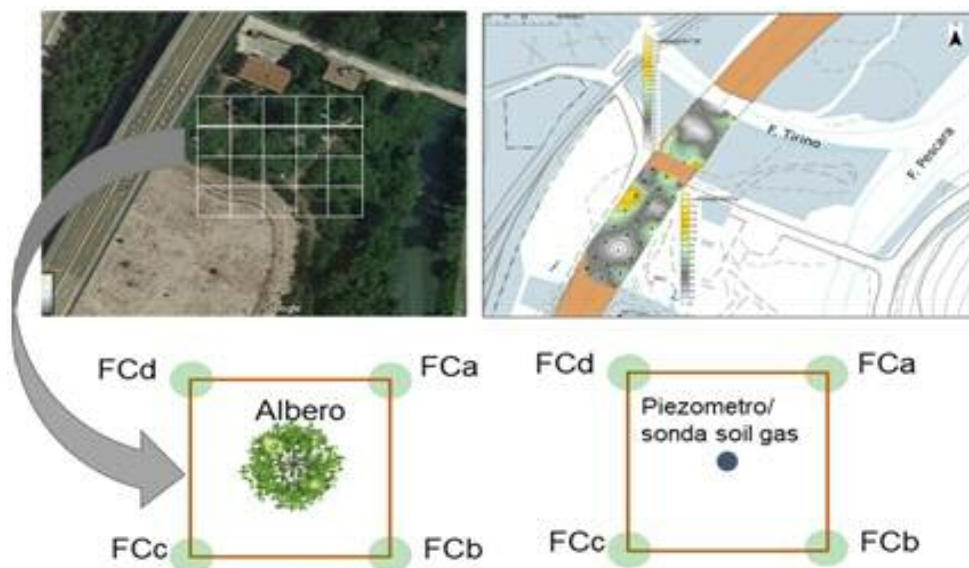
Fonte: ARTA Abruzzo

la visualizzazione delle concentrazioni rilevate di 25 composti mentre l'eventuale elaborazione in tempo reale di oltre 500 sostanze se collegato ad un *PC/Laptop*. La linea di campionamento così installata consente, mediante l'applicazione della metodica analitica l'EPA 320 (2017) l'analisi dei campioni di gas e vapori senza preparativa preliminare. Numerose campagne di monitoraggio hanno interessato oltre 30 alberi appartenenti a diverse specie (Figura 2). I risultati del *phyto-screening* mostrano una correlazione positiva con la contaminazione del sottosuolo (acque sotterranee, terreno e soil gas). Ciò ha consentito la ripermimetrazione del *plume* della contaminazione e l'attivazione di Mipre e MISE.

L'utilizzo integrato delle tecniche di *phytoscreening* ha consentito di valutare in tempi brevi e costi contenuti il modello concettuale preliminare.

Utilizzando un approccio per fasi progressive di approfondimento, è stato possibile utilizzare gli alberi come sonde *soil-gas*. Infatti, nelle aree con scenari di esposizione e contaminazioni molto rilevanti poste all'interno del SIN, si è proceduto alla misura del flusso in circa 50 stazioni e alla elaborazione di mappe di isoflusso di COV, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>. Quando non è stato possibile effettuare una mappatura del flusso, questa è stata sostituita con l'applicazione del principio di prossimità geometrica ai bersagli ed ai sondaggi/piezometri/alberi con contaminazione più significativa, mediante lo screening di concentrazione e di flusso nel loro intorno (punti di misura equidistanti posti a 2.5-5m). La verifica dei dati, derivanti dalle misure di screening di aeriformi (gas interstiziali nel suolo, flusso di vapori proveniente dal sottosuolo, gas presenti nei tessuti vegetali) e della biomassa, ha consentito di indirizzare le indagini di ca-

**Figura 3: Utilizzo integrato di camere di flusso e phytoscreening**



Fonte: ARTA Abruzzo

ratterizzazione e rivalutare il modello concettuale delle aree poste all'interno del SIN. Inoltre, questo approccio (Figura 3) integrato con la misura del flusso con camera di accumulo ha permesso di valutare se escludere il percorso di volatilizzazione dei gas interstiziali ai fini delle MIPRE. Infine, analogamente a quanto già eseguito nelle aree SIN e nei siti contaminati, si ritiene che tale metodologia potrà essere utilmente applicata anche nelle aree vaste con inquinamento diffuso.

## Bibliografia

Luchetti L., Diligenti A. & Crescenzi E., 2013. Phytoscreening. Individuazione e monitoraggio della contaminazione da solventi clorurati nel sottosuolo attraverso il campionamento e l'analisi dei tronchi di albero. Atti del "Secondo Workshop Nazionale Bonifica, Recupero Ambientale e Sviluppo del Territorio: Esperienze a confronto sul Fitorimedio". Terni, Italia, Novembre 28-29.

Luchetti L. & Diligenti A., 2015. Individuazione in tempo reale della contaminazione da solventi clorurati nel sottosuolo attraverso l'utilizzo in vivo di fiale colorimetriche negli alberi. BEA II Bollettino degli esperti Ambientali (4) 51-62.

Luchetti L., Diligenti A., Crescenzi E., Abbate M., 2015. Il campionamento e l'analisi dei tronchi di albero per stimare la distribuzione dei composti organici volatili nel sottosuolo (phytoscreening). ATTI dei Convegni Nazionale Remtech 2015.

Luchetti L., 2016. Protocolli Per Il Phytoscreening: L'esperienza Italiana ATTI dei Convegni Nazionale Remtech 2016.

Luchetti L., 2017. Integrazione di tecniche innovative di screening degli aeriformi per la caratterizzazione dei siti contaminati. ATTI dei Convegni Nazionale AIDI 2017.

Sorek A., Atzmon N., Dahan O., Gerstl Z., Kushisin L., Laor Y., Mingelgrin U., Nasser A., Ronen D., Tsechansky L., Weisbrod N., Graber Er., 2008. "Phytoscreening": the use of trees for discovering subsurface contamination by VOCs. Environ Sc. Technol 42 (2), 536-542.

EPA 320, 2017. Measurement of vapor phase organic and inorganic emissions by extractive Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, US Environmental Protection Agency.



## 6. IDROSFERA

### Il telerilevamento da satellite per il monitoraggio delle praterie di *Posidonia oceanica*

Luigi Dattola<sup>1</sup>, Vincenzo Sorrenti<sup>1</sup>, Teresa Oranges<sup>1</sup>,  
Giovanna Belmusto<sup>1</sup>, Sante Francesco Rende<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> ARPA Calabria, <sup>2</sup> ISPRA

La mappatura degli *habitat* costieri riveste un'importanza cruciale per l'attuazione delle politiche dell'UE, in particolare per l'*habitat* prioritario 1120\* Praterie di *Posidonia* (*Posidonium oceanicae*). Le praterie di *P. oceanica* sono tra gli ecosistemi naturali più efficaci del pianeta per catturare e immagazzinare carbonio (C); tuttavia, se degradati, potrebbero rilasciare il C immagazzinato nell'atmosfera e accelerare il riscaldamento globale. Di conseguenza, la gestione di queste importanti risorse è una priorità. L'analisi dei dati spaziali tramite tecniche di telerilevamento è uno strumento utile per comprendere e quantificare l'estensione o la perdita delle praterie di *P. oceanica* (Hossain M. S. *et al.*, 2015). Rispetto alle tecniche convenzionali, il telerilevamento può fornire una copertura sinottica su una gamma di risoluzioni spaziali (da grossolane a fini), con frequenze temporali regolari, per facilitare il monitoraggio degli ambienti marino costieri.

La *P. oceanica* risulta protetta dalla legislazione ai sensi della direttiva Habitat dell'UE (92/43/CEE), della Convenzione di Berna (allegato II, Specie della flora rigorosamente protetta), della Convenzione di Barcellona (Piano d'azione dedicato nell'ambito del "Protocollo relativo alle Zone Specialmente Protette e alla Biodiversità nel Mediterraneo"), e da altre leggi a livello nazionale. Secondo la Direttiva Marine Strategy Framework (MFSD, 2008/56/EC), la *P. oceanica* viene considerata come habitat rappresentativo per la valutazione del buono

stato ambientale; nell'ambito della Direttiva Acque 2000/60/EC, l'Elemento di Qualità Ecologica Angiosperme viene adoperato per la valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici marino costieri.

Attualmente, il telerilevamento satellitare ottico rappresenta uno dei metodi più importanti per rilevare, mappare e monitorare gli ecosistemi marino-costieri per via della sua efficacia in termini di tempo e costi su vaste aree e postazioni remote. L'analisi dei dati di telerilevamento spaziale multi dato consente una valutazione quali - quantitativa della distribuzione delle praterie a fanerogame (Dekker A. *et al.*, 2007, Borfecchia F. *et al.*, 2013).

Nel Mar Mediterraneo sono presenti cinque specie di fanerogame; le più rappresentative sono la *Posidonia oceanica* (L.) Delile e la *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. L'analisi dei dati spaziali tramite tecniche di telerilevamento è sicuramente uno strumento utile per comprendere e quantificare l'estensione o la perdita di aree di fanerogame.

Nella maggior parte degli studi per la mappatura degli *habitat*, le immagini satellitari più utilizzate sono Landsat, Ikonos, Quickbird, Pleiades, WorldView2 e il recente Sentinel-2.

Presso il Centro Regionale di Geologia e Amianto e in collaborazione con ISPRA, già da qualche tempo sono in corso sperimentazioni riguardo lo sviluppo di metodologie di mappatura da remoto della *Posidonia oceanica* e della *Cymodocea nodosa* utilizzando piattaforme satellitari, aeree e droni.

Tra gli ultimi lavori, si è condotto un raffronto della bontà della mappatura dei fondali marini restituita dall'elaborazione di immagini acquisite con sensori differenti, sia per risoluzione spaziale che spettrale. Le immagini utilizzate (Figura 1) sono state acquisite dai sensori multi-spettrali trasportati dai satelliti Sentinel2 (13 bande



spettrali - risoluzione di 10m, 20m, 60m), Landsat-8 OLI (8 bande - risoluzione di 30m, 100m), WorldView2 (8 bande - risoluzione 2m) e dal sensore iperspettrale ariortrasportato MIVIS (102 bande - risoluzione di 3m).

Tutte le immagini hanno subito una pre-elaborazione riguardante la scelta delle bande utili, la mascheratura della terra ferma, ove necessario la trasformazione del DN (digitalnumber) in radianza/riflettanza e la coregistrazione, utile alla loro perfetta sovrapposibilità.

Le fasi di elaborazione delle immagini iniziano con la procedura della correzione della colonna d'acqua (Lyzenga D. R., 1981) (una sorta di normalizzazione della riflettanza rispetto al variare della profondità del fondale), al fine di migliorare il riconoscimento di oggetti simili sul fondale pur se a profondità differenti (Figura 2).

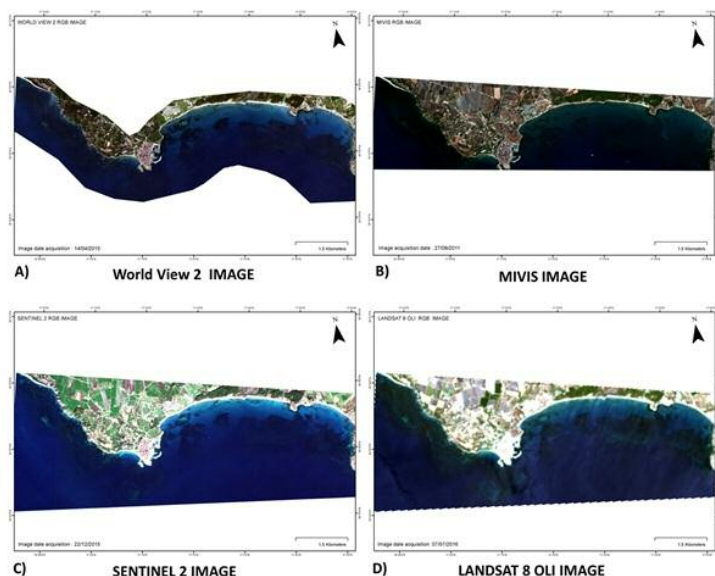
I passaggi descritti, tuttavia, non sono sufficienti ad av-

viare una procedura di classificazione senza rilevare direttamente le cosiddette "verità a terra", in questo caso "verità sul fondale". Questa fase è stata eseguita con l'utilizzo di un veicolo filoguidato al traino dotato di camera ad alta risoluzione e GPS in grado di georiferire i tracciati percorsi e le relative immagini (Rende S.F. *et al.* 2015, Rende F. S. *et al.* 2015).

Il software ERDAS Imagine è stato utilizzato nella fase successiva per condurre una "classificazione supervisionata". La procedura è consistita in:

- 1) rilevare gli spettri di radianza/riflettanza nei punti a caratteristiche note individuati sul fondale con l'ausilio di un veicolo filoguidato (*Posidonia oceanica*, fondale sabbioso ecc.);
- 2) fornire gli spettri acquisiti al software istruendolo a riconoscere i *pixels* che presentano spettri simili

**Figura 1: Immagini multispettrali ed iperspettrali RGB prima della correzione della colonna d'acqua**



Fonte: Elaborazione ISPRA/ARPA Calabria



nell'intera immagine in elaborazione;  
3) valutare l'accuratezza della classificazione (matrice di confusione).

Alla conclusione del processo vengono prodotte le mappe di copertura del fondale e la stima della bontà della classificazione.

La *Posidonia oceanica* (Figura 3) è riconoscibile in tutte le immagini utilizzate ma differente è il dettaglio della visualizzazione. Le migliori rappresentazioni del fondale si ottengono con le immagini MIVIS e WorldView2. Le immagini Sentinel2 e Landsat-8 OLI, pur non dimostrando la precisione spaziale delle immagini precedenti restituiscono, tuttavia, mappe ancora valide, soprattutto quando non si cerca il dettaglio metrico.

In conclusione si può affermare che, in particolare le immagini acquisite dal satellite Sentinel2, possono ritenersi un buon prodotto per la produzione delle mappature della

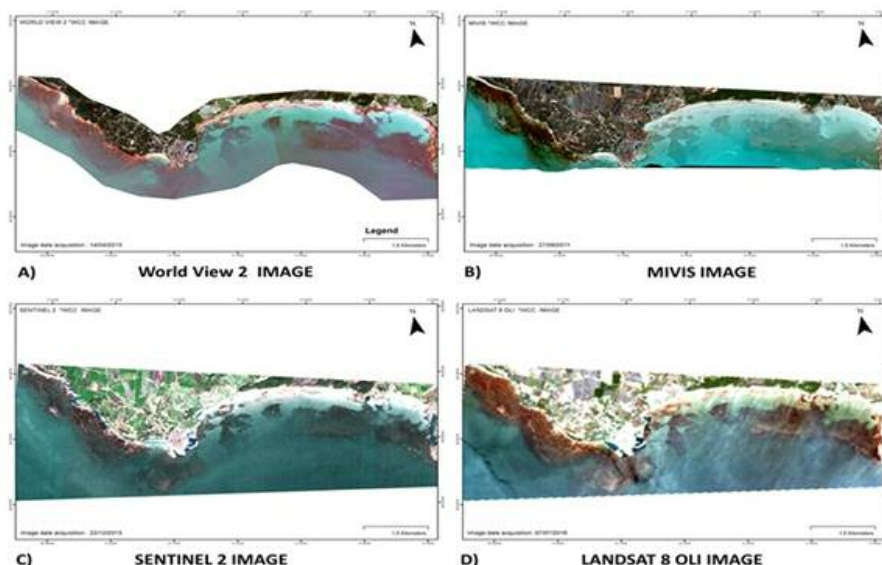
*Posidonia oceanica* a livello regionale e provinciale, con il vantaggio non secondario che vengono distribuite gratuitamente previa registrazione al Portale "SentinelHub".

## Bibliografia

Borfecchia F., Cecco L., De Martini S., Ceriola G., Bollanos S., Vlachopoulos G., Valiante L. M., Belmonte A. Micheli C., 2013. *Posidonia oceanica genetic and biometry mapping through high-resolution satellite spectral vegetation indices and sea truth calibration*, Int. J. Remote Sens. 34, 4680-4701.

Dekker A., Brando V., Anstee J., Fyfe S., Malthus T. Karpouzli E., 2007. *Remote sensing of seagrass ecosystems: Use of spaceborne and airborne sensors*, Springer Netherlands, 347x359 .Proc. of SPIE Vol. 10784 1078419-10

**Figura 2: Immagini Multispettrali e iperspettrali dopo la correzione della colonna d'acqua**



Fonte: Elaborazione ISPRA/ARPA Calabria

Hossain M. S., Bujang J. S., Zakaria M. H., Hashim M., 2015. *The application of remote sensing to seagrass ecosystems: an overview and future research prospects*, Int. J. Remote Sens. 36(1), 61-114.

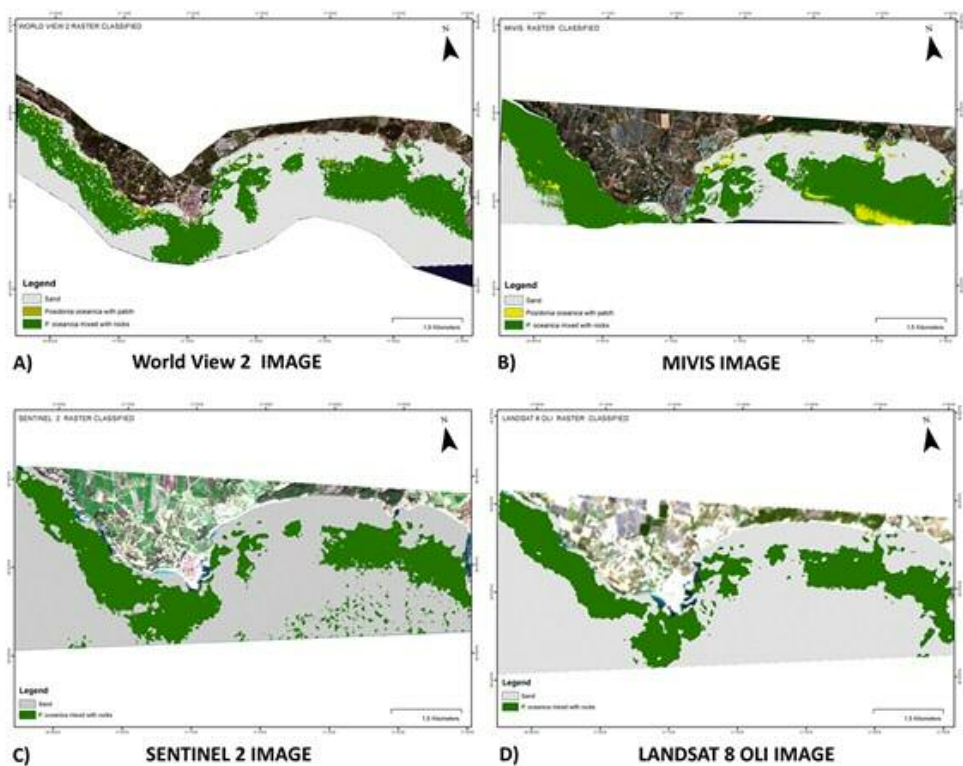
Lyzenga D. R., 1981. *Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data*, Int. J. Remote Sens. 2(1), 71-82.

Rende F. S., Irving A. D., Bacci T., Parlagreco L., Bruno F., De Filippo F., Montefalcone M., Penna M., Trabucco B., Di

Mento R., Cicero A. M., 2015. *Advances in micro-cartography: a two-dimensional photomosaicing technique for seagrass monitoring*, Estuar. Coast. Shelf Sci. 167, 475-486.

Rende F. S., Irving A. D., Lagudi A., Bruno F., Scalise S., Cappa P., Montefalcone M., Bacci T., Penna M., Trabucco B., Di Mento R., Cicero A. M., 2015. *Pilot application of 3D underwater imaging techniques for mapping Posidonia oceanica (L.) Delile meadows*, ISPR - Int. Arch Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf.Sci. XL-5/W5, 177-181.

Figura 3: Immagini raster raffiguranti le classificazioni



Fonte: Elaborazione ISPRA/ARPA Calabria

## Progetto EOMORES: monitoraggio della qualità delle acque del lago Trasimeno tramite immagini satellitari e misure *in situ*

Valentina Della Bella<sup>1</sup>, Luca Tamburini<sup>1</sup>, Paolo Stranieri<sup>1</sup>, Mariano Bresciani<sup>2</sup>, Giulia Luciani<sup>2</sup>, Claudia Giardino<sup>2</sup>  
1 ARPA Umbria, 2 CNR-IREA

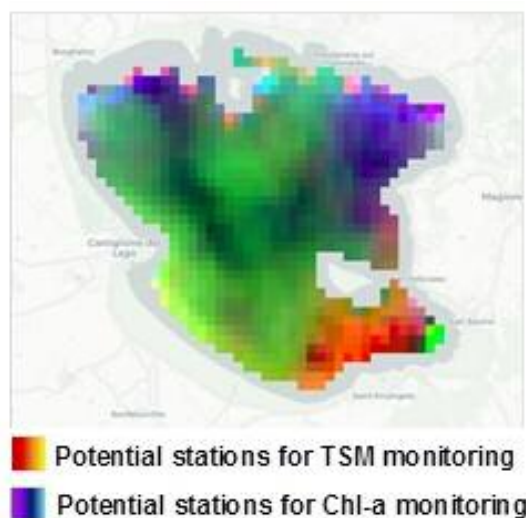
Le tecniche di Telerilevamento per il monitoraggio delle acque interne si sono sviluppate negli ultimi decenni come strumento di supporto alle tradizionali misure limnologiche, producendo, a costi relativamente minori e ad alta frequenza, mappe di indicatori di qualità delle acque; fra questi vi sono la concentrazione di clorofilla-a (chl-a), *proxy* dell'abbondanza di fitoplancton, la concentrazione di solidi sospesi totali e di sostanze organiche colorate disciolte. L'utilizzo delle immagini satellitari è inserito all'interno del progetto H2020 EOMORES, di cui il CNR-IREA è il Referente italiano e al quale l'ARPA Umbria collabora come *End User*. Il progetto presenta l'applicazione di un approccio integrato tra utilizzo d'immagini satellitari e misure *in situ* per il monitoraggio della qualità delle acque del lago Trasimeno. Queste tecniche permettono di ottenere una visione di insieme, rapida e frequente, dei corpi idrici analizzati, producendo mappe a medio-alta risoluzione spaziale e temporale.

Recentemente, il programma Copernicus dell'Agenzia Spaziale Europea ha aperto nuove possibilità per la mappatura della qualità delle acque interne con il lancio dei sensori di ultima generazione a bordo dei satelliti Sentinel 3 e 2. I satelliti gemelli Sentinel-3 (S3A/B, S3B ancora in fase di *commissioning*) trasportano, fra gli altri, il sensore ottico OLCI (*Ocean and Land Colour Imager*), che con 21 bande nell'intervallo spettrale fra

400 e 1020 nm, acquisisce ogni 1-2 giorni mappe ad una risoluzione spaziale di 300 m. I due satelliti gemelli Sentinel-2 A e B (S2A/B) portano a bordo il sensore ottico MSI (*MultiSpectral Imager*), che acquisisce in 13 bande, nella regione spettrale tra 442 e 2201 nm, con una risoluzione spaziale di 10 m al suolo.

In aggiunta ai satelliti ESA, il sensore della NASA OLI (*Operational Land Imager*), montato a bordo del satellite Landsat-8, acquisisce in 9 bande nella regione spettrale tra 435 e 2294 nm con risoluzione spaziale di 30 m, e con due bande separate nel termico con riso-

**Figura 1: Nella mappa è rappresentata, a titolo esemplificativo, un aggregazione di parametri otticamente attivi, quali la concentrazione di Clorofilla-a (Chl-a) e Solidi Sospesi Totali (TSM) ottenute dalle immagini satellitari, per l'individuazione delle zone in cui ognuno dei parametri potrebbe essere maggiormente condizionante le caratteristiche delle acque superficiali del Lago Trasimeno**



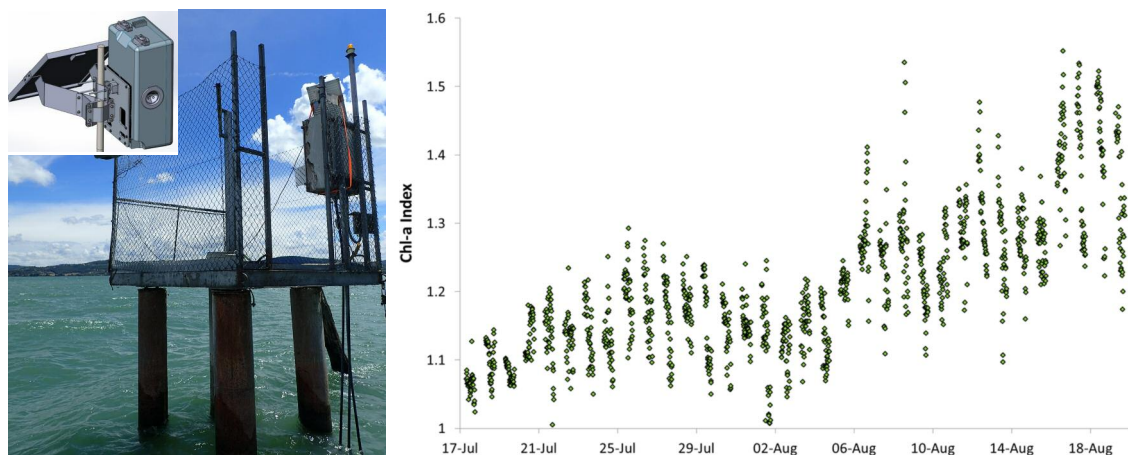
Fonte: Elaborazione a cura del CNR-IREA

luzione spaziale di 100 metri. Le immagini satellitari sono state corrette radiometricamente e atmosfericamente; infatti, i meccanismi d'interazione tra l'energia elettromagnetica e l'acqua sono complessi e sono dipendenti sia dalle caratteristiche intrinseche dell'acqua, sia da tutto quello che è presente nell'acqua ma anche dall'interazione della radiazione elettromagnetica con l'atmosfera o dalla rugosità superficiale dovuta alla presenza del moto ondoso. Dopo avere rimosso tutti i disturbi, alle immagini satellitari sono stati applicati gli algoritmi che permettono di convertire i segnali di riflettanza in concentrazione dei parametri otticamente attivi. È stata utilizzata la modellistica bio-ottica denominata BOMBER (Giardino *et al.*, 2012) appositamente parametrizzata con le proprietà ottiche inerenti alle acque del lago Trasimeno (Giardino *et al.*, 2015). Con l'analisi dei prodotti satellitari si potranno così ottenere delle mappe che, validate con i dati di campo, permetteranno di valutare le dinamiche spaziali e temporali

dei parametri otticamente attivi delle acque, come la concentrazione dei Solidi Sospesi Totali (TSM) e la Clorofilla (chl-a) (Figura 1).

L'analisi dei dati satellitari verrà integrata con le osservazioni *in situ* acquisite da una *WISP Station* che, dall'aprile 2018, raccoglie ogni 15 minuti e fornisce autonomamente dati per valutare il comportamento delle acque nei confronti della luce. La *WISP station* è stata installata in prossimità dell'Isola Polvese, su una delle piattaforme messe a disposizione dalla Provincia di Perugia, grazie alla collaborazione con la Cooperativa dei Pescatori del Lago Trasimeno. La *WISP Station*, progettata e costruita dalla *PMI Water Insight*, che è anche coordinatrice del progetto EOMORES, è costituita da una coppia di spettroradiometri che misurano l'energia elettromagnetica solare, diffusa ed emergente dalla colonna d'acqua, con differenti angoli di acquisizione rispetto al sole, nell'intervallo spettrale compreso tra i

**Figura 2:** A sinistra la *Wisp Station* installata sulla piattaforma limitrofa all'Isola Polvese, con dettaglio dello spettroradiometro della *Water Insight*. A destra l'andamento dell'indice di Clorofilla estratto dai dati di riflettanza che mostra l'elevata variabilità giornaliera del fitoplancton



Fonte: Elaborazione a cura del CNR-IREA

350-900 nm con una risoluzione spettrale di 3 nm (Hommersom *et al.*, 2012).

L'analisi dei dati raccolti dalla *WISP station* ha permesso di valutare come le acque del lago da aprile a metà luglio siano maggiormente condizionate dai Solidi Sospesi Totali, mentre dalla metà di luglio siano principalmente caratterizzate dalla presenza di un'elevata quantità di fitoplancton. La disponibilità di dati con cadenza di 15 minuti ha permesso di valutare come nell'arco di una giornata la concentrazione di Chl-a nelle acque può variare di oltre il 200%.

Nella Figura 2 si mostra la *Wisp Station* e l'andamento di un indice di Chl-a ottenuto dall'analisi dei dati di riflettanza della *Wisp Station* in cui risulta evidente la variabilità della Chl-a tra i differenti giorni e all'interno della giornata.

I risultati delle elaborazioni in corso saranno disponibili a partire dai primi mesi del 2019.

## Bibliografia

Giardino C., Candiani G., Bresciani M., Lee Z., Gagliano S., Pepe M., 2012. *BOMBER: A tool for estimating water quality and bottom properties from remote sensing images*. Computers & Geosciences, 45:313-318.

Giardino C., Bresciani M., Valentini E., Gasperini L., Bolpagni R., Brando V. E., 2015. *Airborne hyperspectral data to assess suspended particulate matter and aquatic vegetation in a shallow and turbid lake*. Remote Sensing of Environment, 157: 48-57.

Hommersom A., Kratzer S., Laanen M., Ansko I., Ligi M., Bresciani M., Giardino C. *et al.*, 2012. *An inter-comparison in the field between the new Wisp-3 and other radiometers (Trios Ramses, Asd Fieldspec, and Taccs)*. Journal of Applied Remote Sensing, 6, 063615-1.

## Monitoraggio della presenza di sostanze perfluorurate nel biota (fauna ittica)

Michele Mazzetti, Valeria Filippi, Paolo Altemura,  
Guido Spinelli  
ARPA Toscana

Le sostanze per-fluoro-alchiliche (PFAS), per le loro peculiari caratteristiche fisiche e chimiche, quali l'abbassamento della tensione superficiale nei sistemi acquosi e l'elevata stabilità chimica e termica, sono state ampiamente utilizzate dagli anni '50 nell'industria e nel commercio e sono pertanto presenti in diversi prodotti comuni.

L'uso diffuso, lo smaltimento di questi composti e la scarsa efficienza dei processi di degradazione ambientale, hanno portato a un'ampia presenza di PFAS in tutti i comparti ambientali ed in modo rilevante in quello idrico.

I due PFAS più comunemente usati e trovati nell'ambiente sono l'acido perfluoro-ottanolfonico (PFOS) e l'acido perfluorotanoico (PFOA). Entrambe le sostanze sono considerate persistenti, bioaccumulabili e tossiche (PBT/vPvB) secondo l'Allegato VI del Regolamento CE 1272/2008. La Commissione europea ha limitato e regolamentato l'uso dei PFOS nel territorio dell'Unione e li ha inclusi nell'elenco delle sostanze prioritarie (Direttiva 2013/39), fissando, per le acque superficiali, standard di qualità ambientale (SQA) come concentrazione media annua (SQA-MA) e come concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA). Sono stati inoltre individuati valori di *standard* di qualità ambientale (SQA), come concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA), ai fini della classificazione dello stato di qualità ecologico delle acque sotterranee, per ulteriori 5 composti, quattro dei quali appartengono alla categoria degli

acidi perfluorocarbossilici e uno a quella degli acidi perfluorosolfonici. I limiti per i PFAS per le acque superficiali sono stati recepiti sul territorio nazionale con il D.Lgs. n. 172/2015 (che entrerà in vigore a dicembre 2018 per quanto riguarda l'obbligatorietà del monitoraggio), mentre quelli per le acque sotterranee con il Decreto del MATTM del 6 luglio 2016.

Considerando che l'attività di monitoraggio è obbligatoria a livello europeo, nel 2016 ARPA Toscana ha sviluppato una metodica di analisi di questi composti basata sull'estrazione in fase solida (SPE) *on-line* e sulla rilevazione e quantificazione mediante cromatografia ad alte prestazioni interfacciata con una selezione di massa ad alta risoluzione sistema spettrometrico (HPLC-HRMS) basata sulla tecnologia Orbitrap. Il metodo analitico sviluppato consente la determinazione di acidi perfluorosolfonici a livello di 0,5 ng/L (0,0005 µg/L) e di acidi perfluorocarbossilici a livello di 2 ng/L (0,002 µg/L), in acque superficiali e sotterranee. Questo metodo è stato validato in collaborazione con IRSA-CNR (analisi duplicata di campioni raccolti in Toscana e analizzati dall'IRSA nel 2013) e attraverso la partecipazione a circuiti interlaboratorio (AGLAE).

Durante il 2017 in Toscana sono stati analizzati, per i PFAS, 13 campioni di acqua dal fiume Arno e 29 campioni da ulteriori 11 corpi idrici superficiali. Per quanto riguarda le acque sotterranee, le determinazioni dei PFAS sono state effettuate in 40 pozzi nelle seguenti falde acquifere: Sieve, Pitigliano vulcaniti, falda acquifera costiera tra Cecina e San Vincenzo, costiera tra Fine e Cecina, pianura della Cornia, fondale della Cerbaie e Bientina, Valdarno inferiore e costiero pianura di Pisa, zona di Fucecchio della Val di Nievole.

La valutazione dei risultati analitici ottenuti evidenzia 276 determinazioni con un valore superiore al limite di quantificazione analitica (LOQ), con valori anche signifi-



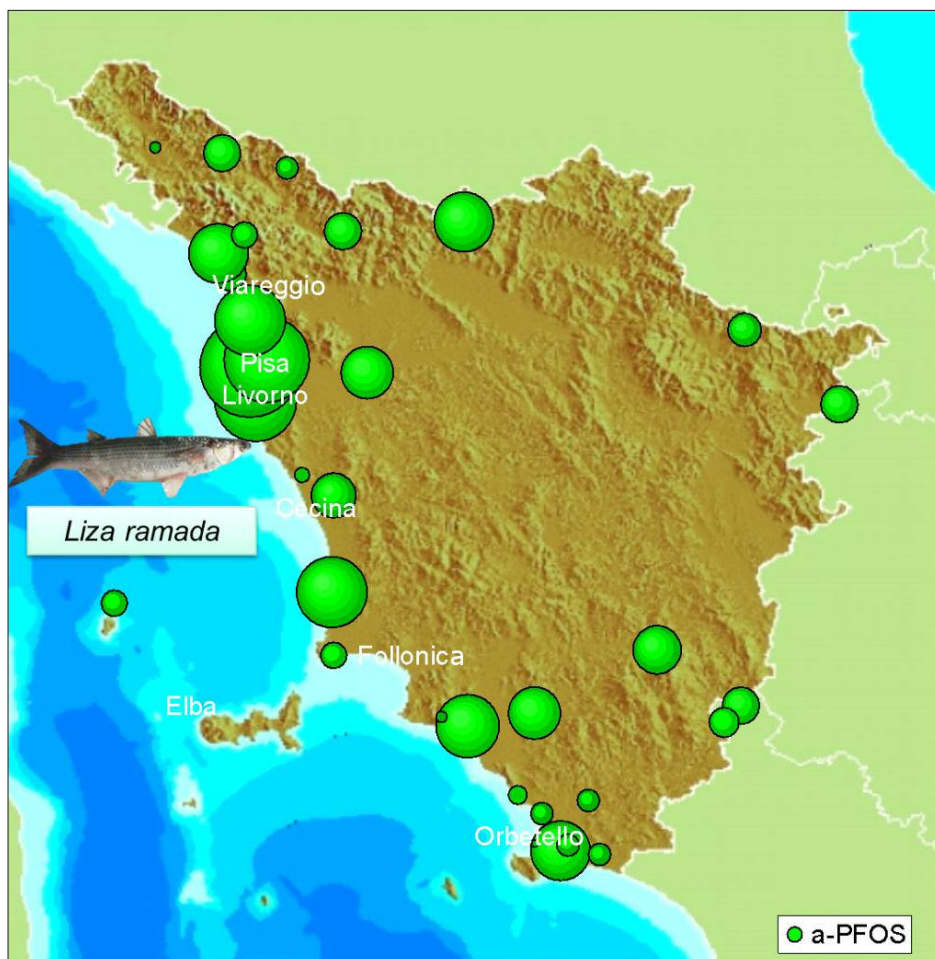
ficativamente vicini allo SQA-MA per l'acido perfluoroottanoico (PFOA) e l'acido perfluorbutirolfonico (PFBS); il limite per l'acido perfluorooctansolfonico (PFOS) è stato superato in 12 stazioni delle 14 considerate.

Analizzando geograficamente i risultati, è possibile localizzare le situazioni più critiche nel fiume Arno (se-

zione della media valle) e in alcuni dei suoi affluenti (Bisenzio, Elsa Usciana); alcune situazioni di minore preoccupazione si possono riscontrare in alcuni corpi idrici della costa. Gli acquiferi sotterranei più colpiti dalla presenza di PFAS sono quelli del distretto di Pistoia.

Inoltre, nel corso del 2017 sono state effettuate 35 de-

**Figura 1: Concentrazione di PFOS (ng/g) in esemplari di fauna ittica**



Fonte: ARPA Toscana



terminazioni di PFOS su campioni di fauna ittica d'acqua dolce (*Barbus plebejus*, *Salmo trutta* ecc.) e di mare (*Leuciscus cephalus*, *Liza aurada*, *Liza ramada* ecc.), nel rispetto del D.Lgs. n. 172/2015 e del Programma di Strategia Marina (Direttiva 2008/56/CE e D.Lgs. n. 190/2010).

Tutte le specie sono state selezionate sulla base dei loro livelli trofici, che rientrano nell'intervallo da 2,3 a 3,5 e, contestualmente, tutti gli esemplari analizzati sono caratterizzati da una età anagrafica molto simile.

Questi criteri hanno consentito di ottenere un quadro omogeneo della concentrazione di PFOS nella specifica sezione della catena alimentare.

Il metodo analitico ARPA Toscana per il biota implica un'estrazione con metodo QuEChERS (<http://quechers.cvua-stuttgart.de/>) modificata in ambiente acido, la purificazione degli estratti mediante estrazione in fase solida (SPE) su colonne di scambio anionico debole (WAX), il rilevamento mediante cromatografia ad alte prestazioni interfacciata con un sistema spettrometrico con selezione di massa ad alta risoluzione (HPLC-HRMS) basato sulla tecnologia Orbitrap e il rilevamento mediante diluizione isotopica totale: ciò consente di confermare e determinare l'analita in questione (PFOS) con un LOQ di 0,5 µg/kg.

La concentrazione di PFOS rilevata in tutti i campioni è stata superiore al limite di quantificazione analitica (LOQ) ma inferiore allo *standard* di qualità ambientale (SQA) previsto per il biota dal D.Lgs. n. 172/2015 (9,1 µg/kg). Situazioni vicine allo SQA sono state trovate su esemplari di *Liza ramada* catturati nei pressi dell'estuario dell'Arno e con una bassa concentrazione sulla costa di Livorno (vedi Figura 1). Su questi campioni, utilizzando l'analisi retrospettiva fornita dal sistema Orbitrap, è stato possibile rilevare una situazione complessa, con la presenza di sostanze fluorurate non regolate, come testi-

moniato dall'identificazione delle tipiche tracce ioniche di perfluorottansulfonamide (PFOSA), una sostanza utilizzata in vari tipi di formulazioni idrorepellenti e come precursore di perfluoroalcansolfonati.

## Bibliografia

DeWitt, J.C., 2015. *Toxicological Effects of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substance*. Springer International Publishing Switzerland

Kadar H. *et al*, 2011. *Comparative study of low- versus high-resolution liquid chromatography-mass spectrometric strategies for measuring perfluorinated contaminants in fish*. Food Additives and Contaminants Vol. 28, No. 9, September 2011, 1261-1273

Lacina O. *et al*, 2011. *Simple, high throughput ultra-high performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry trace analysis of perfluorinated alkylated substances in food of animal origin: Milk and fish*. J. Chrom. A 2011, 1218, 4312-4321

Squadrone S., 2015. *Perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA): emerging contaminants of increasing concern in fish from Lake Varese, Italy*. Environ Monit Assess (2015) 187: 438

## Procedura per l'analisi dei superamenti delle Concentrazione della Soglia di Contaminazione (CSC) riscontrati nel corso del monitoraggio dei corpi idrici sotterranei

Maurizio Testa  
ARPA Sardegna

L'attività di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei svolta dalle ARPA ai sensi della 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque) e dei decreti legislativi nazionali di recepimento D.Lgs 152/2006 e D.Lgs 30/2009, richiede ogni anno il prelievo di centinaia di campioni di acque da stazioni di monitoraggio che fanno riferimento a vari contesti idrogeologici, ambientali ed antropici e sono sottoposte a differenti tipi di pressioni. L'analisi dei campioni per i diversi parametri dei profili analitici previsti dal monitoraggio determina generalmente, per cause diverse, la presenza di numerosi superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) riportate nella Tabella 2 dell'Allegato 5 al Titolo V del D.Lgs 152/2006.

Il comma 1 dell'art. 244 dello stesso decreto recita testualmente: "Le pubbliche amministrazioni che nell'esercizio delle proprie funzioni individuano siti nei quali accertino che i livelli di contaminazione sono superiori ai valori di concentrazione soglia di contaminazione, ne danno comunicazione alla regione, alla provincia e al comune competenti"; dunque a una contaminazione accertata deve fare seguito una comunicazione agli enti competenti.

I superamenti delle CSC comportano una serie di azioni impegnative per i soggetti istituzionali e i privati coinvolti; per questo motivo, la procedura elaborata da ARPAS prevede che i superamenti delle CSC siano ana-

lizzati nel dettaglio, al fine di comprendere il contesto idrogeologico, ambientale e antropico nel quale sono inserite le stazioni dalle quali sono stati prelevati i campioni, ed esaminare le modalità di attuazione del prelievo. L'analisi dei dati evidenzia le situazioni effettivamente meritevoli di particolare attenzione e le distingue da quelle nelle quali il superamento ha un significato meno importante.

I campioni con superamenti delle CSC sono suddivisi in classi di attenzione, ognuna con un significato diverso. È stata innanzitutto individuata una classe 0, costituita da campioni non rappresentativi per la normativa sui siti inquinati, nella quale sono inseriti i campioni per i quali in fase di prelievo non è stata seguita una procedura corretta (spurgo del pozzo o del piezometro non effettuato o effettuato in modo incompleto). Si tratta di campioni prelevati da pozzi privati non utilizzati o nei quali l'utilizzo è saltuario o non conosciuto, o da piezometri nei quali lo spurgo non risponde a quanto richiesto dalla normativa specifica dei controlli su siti potenzialmente inquinati (spurgo ridotto nei tempi, e quindi nei volumi, in piezometri con scarsa produttività o con colonna d'acqua molto alta). In tutti questi casi il dato analitico ha certamente un significato utilizzabile per valutare la qualità del corpo idrico, ma non può essere usato per individuare correttamente superamenti delle CSC.

I criteri per le suddivisioni nelle altre classi sono di tre tipi: pressione antropica sulle aree di prelievo, composizione chimica delle acque, frequenza del superamento nella stazione.

Per i superamenti delle CSC della regione Sardegna sono state individuate sette classi di campioni, descritte sinteticamente di seguito: tre per aree di prelievo soggette a pressione antropica (classe 1: siti industriali inquinati, rappresentati da aree SIN e/o siti con procedure

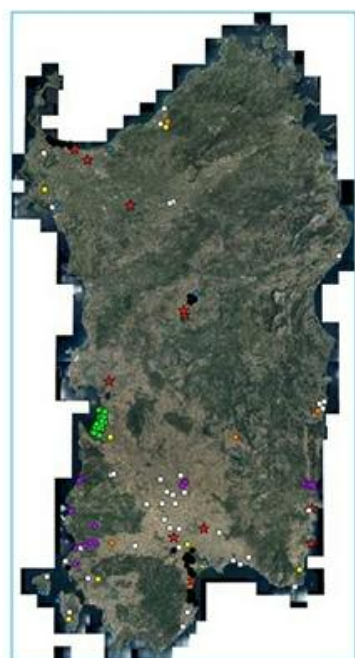
di bonifica in corso; classe 2: aree minerarie, rappresentate da aree SIN e/o siti con procedure di bonifica in corso; classe 3: zone vulnerabili da nitrati di origine agricola - ZVNOA); due per composizione chimica delle acque (classe 4: acque salmastre, con solfati eccedenti le CSC; classe 5: acque con ferro e/o manganese superiori alle CSC, probabilmente di origine naturale); due per frequenza del superamento nella stazione (classe 6 - classe di allerta: stazioni nelle quali si è registrato un solo superamento della CSC per quel parametro, considerando tutti i cicli di monitoraggio, anche degli anni passati; classe 7 - classe di allarme: stazioni nelle quali il superamento della CSC è presente in almeno due cicli di campionamento, considerando anche gli anni passati). Ovviamente la metodica è elastica e, a seconda

delle specificità regionali, potrebbero essere create altre classi o potrebbero essere soppresse alcune tra quelle indicate.

La suddivisione in classi di attenzione permette di distinguere le stazioni e i campioni che ricadono in aree per le quali è necessario un approfondimento di indagine (classe 7 - classe di allarme), da quelle nelle quali non è individuato con certezza un rischio concreto o potenziale di inquinamento del sito (per la Sardegna classi 0, 4, 5 e 6) o dove tale rischio è ampiamente conosciuto (per la Sardegna classi 1, 2 e 3).

Sulle stazioni nelle quali sono stati prelevati i campioni con superamenti delle CSC inseriti in classe 7 si è concentrata maggiormente l'attenzione. Su ognuna è stata effettuata un'analisi di dettaglio, volta ad inquadrarla da

**Figura 1: Mappa delle stazioni con campioni con superamenti delle CSC nella Regione Sardegna - Dati 2016**



## Mappa delle stazioni con superamenti

- Classe 0 - Stazioni non rappresentative
- Classe 1 - Stazioni in siti industriali
- Classe 2 - Stazioni in aree minerarie
- Classe 3 - Stazioni nella ZVNOA di Arborea
- Classe 4 - Acque salmastre
- Classe 5 - Ferro e Manganese
- Classe 6 - Stazioni "allerta"
- ★ Classe 7 - Stazioni "allarme"

Fonte: ARPAS

un punto di vista idrogeologico ed ambientale, per cercare di comprendere le cause dei superamenti.

Nella comunicazione dei superamenti delle CSC agli enti competenti è indicata la classe di attenzione attribuita; essa è accompagnata da una relazione generale nella quale è indicata la procedura seguita per la suddivisione in classi e la descrizione delle stesse; nella relazione sono inoltre presenti le schede di dettaglio delle stazioni con superamenti delle CSC attribuiti alla classe 7. La procedura e la relazione sono condivise in Sardegna con l'Agenzia del Distretto Idrografico della Sardegna, che ha compiti di programmazione e di gestione delle reti di monitoraggio delle acque, con il Settore Bonifica dei Siti Inquinati del Servizio della Difesa del territorio e dell'aria dell'Assessorato della Difesa dell'Ambiente, che ha competenze nell'ambito dell'inquinamento del territorio e quindi anche delle acque sotterranee e con le Province.

Non sono comunicati agli enti competenti i superamenti delle CSC per i campioni ricadenti nelle classi 0 (non rappresentativi), 4 (acque salmastre, superamenti in solfati), 6 (classe di allerta, con superamenti delle CSC non confermati). Le stazioni i cui campioni ricadono in questa ultima classe sono però oggetto di attenzione particolare, ed i dati analitici relativi ai campionamenti successivi sono esaminati appena prodotti, per l'eventuale immediata comunicazione in caso di conferma dei superamenti.

La suddivisione in classi di attenzione permette agli enti competenti di comprendere immediatamente la natura e l'importanza della segnalazione e quindi di modulare gli interventi e definire le misure nei modi e nei tempi più appropriati.

---

---

## 7. RIFIUTI

### Approccio sistemico alla definizione dello spreco alimentare

Giulio Vulcano  
ISPRA

Lo spreco alimentare è emerso di recente tra le principali questioni ambientali e socio-economiche che l'umanità si trova ad affrontare. Esso ha infatti enormi implicazioni in termini di consumo di suolo, di acqua, di energia e di altre risorse, degrado dell'integrità biologica, cambiamenti climatici, alterazione dei cicli di azoto e fosforo, sicurezza e sovranità alimentare, bioeconomia. Gli studi sono agli inizi e la condivisione di metodologie di indagine necessita di essere sviluppata. ISPRA ha sviluppato una ricerca complessa per affrontare la tematica con un approccio sistemico (ISPRA, 2017).

Nella letteratura internazionale sono state proposte definizioni dello spreco alimentare anche piuttosto diverse tra di loro in vari punti. Gli studi esistenti denotano infatti lacune nell'affrontare pienamente la problematica degli sprechi alimentari; questo può essere dovuto in parte all'eccessiva attenzione posta sulla quantificazione dei fenomeni senza prima aver risolto le questioni basilari di una corretta definizione (Chaboud e Daviron, 2017; Xue et al., 2017). È evidente che il perimetro di definizione ha un impatto sul modo in cui sono delineate le politiche e sui metodi di quantificazione nei vari settori delle filiere alimentari. In generale si ritiene che l'approccio orientato all'alimentazione affronti la questione in modo più completo rispetto all'approccio orientato ai rifiuti (*food-focused approach or waste-focused approach*; FAO-CFS-HLPE, 2014). Ciò implica di considerare il più possibile nella loro interezza e struttura i sistemi alimentari (Ericksen, 2008; Meadows, 2009; Ingram, 2011; Armandariz et al., 2016; FAO-CFS-HLPE, 2017), le differenze tra

i diversi modelli di produzione-distribuzione-consumo, le relazioni e i condizionamenti interni a questi modelli. Per giungere a una definizione sistemica il principale obiettivo di riferimento è rappresentato dalla resilienza<sup>1</sup> dei sistemi socio-ecologici congiunti entro i limiti ambientali e sociali (Liu et al., 2007; Folke et al., 2016; Raworth, 2017), che comprende anche l'uso efficiente di risorse (FUSIONS EU, 2014) e la sicurezza alimentare (FAO-CFS-HLPE, 2014).

In un sistema alimentare si considera spreco (sia quantitativo che qualitativo) la parte di produzione che eccede i fabbisogni nutrizionali o le capacità ecologiche. Nella Figura 1 sono schematizzate alcune parti dei sistemi alimentari in cui sono evidenziati gli elementi di perdita/spreco, con le fasi delle filiere in ascisse, le quantità e i livelli di riferimento in ordinate.

Sono evidenziati con tratteggio i principali livelli di riferimento nei sistemi alimentari (risorse iniziali, produzione ottimale, produzione edibile, prelievi, forniture al dettaglio, consumi, fabbisogni nutrizionali medi raccomandati da istituzioni internazionali).

In rosato si evidenziano le filiere relative ai derivati animali.

Oltre alle convenzionali perdite/sprechi che producono rifiuti alimentari (FAO, 2011), sono evidenziati nella figura anche gli elementi solitamente trascurati: le "mancate produzioni" o "non rese" (Chaboud e Daviron, 2017); le perdite edibili prima dei prelievi (Chaboud e Daviron, 2017); le perdite nelle produzioni edibili destinate agli allevamenti e quelle per la conversione in accrescimento animale (Bender, 1994; Smil, 2004; Stuart, 2009; Alexander et al., 2017; Shepon et al., 2018); gli usi non alimentari di prodotti edibili per trasporti, industria, energia (Chaboud e Daviron, 2017; Stuart, 2009; Alexander et al., 2017); la sovralimentazione (Bender, 1994;

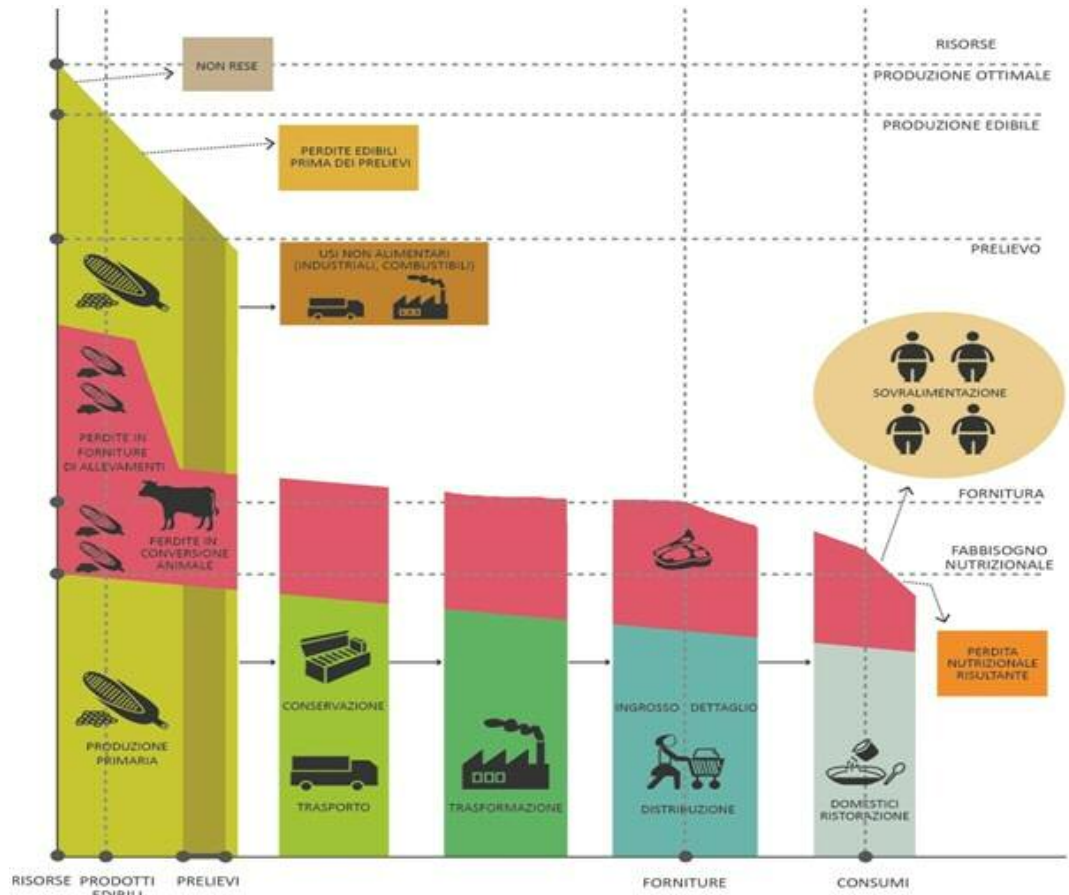
<sup>1</sup> La resilienza è la capacità vitale di persistere ed evolvere, adattandosi o trasformandosi, in equilibrio con i cambiamenti ambientali continui e in sinergia con le basi della biosfera (Folke, 2016).

Smil, 2004; Stuart, 2009; Alexander *et al.*, 2017; Segrè e Falasconi, 2011) o la perdita nutrizionale (FAO-Save food, 2014; FAO-CFS-HLPE, 2014).

Le risorse in ingresso, insieme alle condizioni produttive e al contesto esterno, definiscono un certo livello di produzione edibile ottimale o attesa. Le “mancate produzioni” nell’uso delle risorse sono le differenze tra le rese

attese o ottimali e le rese edibili effettivamente ottenute; esse si verificano nella semina, coltivazione e in generale in tutti gli usi della produttività primaria. Le perdite edibili precedenti i prelievi comprendono quelli che non sono prelevati per ragioni economiche, estetiche, ambientali o altre. Nella figura i prelievi (quali raccolti e pesca) sono caratterizzati da un intervallo temporale durante il quale

**Figura 1: Schema semplificato dei sistemi alimentari che evidenzia gli elementi di spreco in relazione ai principali livelli di riferimento**



Fonte: Elaborazione ISPRA



avvengono le perdite. Altre perdite avvengono dopo il prelievo e prima di trasporto e conservazione, per selezione e scarto dei prodotti. Il livello di forniture disponibili si riscontra in corrispondenza della distribuzione al dettaglio. Sono incluse nella produzione le risorse già edibili per l'uomo (quali alcuni raccolti per mangimi e foraggio, vegetali da pascolo, risorse alieutiche o da acquacoltura) che vengono altresì usate negli allevamenti per produrre indirettamente alimenti umani. Relativamente alla perdita nutrizionale, essa può avvenire lungo tutti i passaggi delle filiere fino all'eventuale carenza di nutrienti o assunzione di antinutrienti nel consumo finale. I livelli nutrizionali (energia, massa, nutrienti) assunti nel consumo possono quindi risultare in eccesso (sovralimentazione) o in difetto (perdita nutrizionale) rispetto ai fabbisogni raccomandati.

La perdita di acqua potabile (come nelle reti di distribuzione, per uso energetico, industriale, estrattivo, imbotigliamento eccessivo) o che può facilmente essere resa potabile, dovrebbe essere considerata un argomento congiunto allo spreco alimentare o un suo elemento (cfr. definizioni di *Codex Alimentarius* FAO e Regolamento UE 178/02).

Dal punto di vista sistemico sono da considerarsi nello spreco anche le parti alimentari inedibili poiché la loro produzione e i suoi effetti ecologici e sociali, non sono scollegabili da quelle delle parti edibili. Parimenti è da inserire nello spreco anche la produzione alimentare riciclata, benché la singola fase di riciclo possa evitare alcuni effetti negativi e in alcuni casi possa far tornare le sostanze nella filiera alimentare (mangime, *compost*). Tuttavia ciò avviene con una degradazione trofica che impedisce temporaneamente la disponibilità alimentare di materia ed energia, richiedendo maggiori risorse perché esse tornino edibili.

Partendo da questo quadro concettuale e analizzando

le fonti di dati disponibili si può stimare cautelativamente che in Italia, nel periodo 2007-2015, lo spreco alimentare sistemico (includendo oltre ai rifiuti alimentari, le perdite edibili nette da allevamenti e la sovralimentazione) riguardi circa il 63% dei prodotti alimentari disponibili all'inizio dei prelievi (ISPRA, 2017).

L'applicazione dell'approccio sistemico alla questione dello spreco alimentare comporta che a tutela dei sistemi socio-ecologici congiunti si individuino le soglie "fisiologiche" massime entro cui riportare la produzione di eccedenze alimentari. Sulla base della stima dell'impronta ecologica dello spreco sistemico in Italia (che impiega più del 50% della biocapacità<sup>2</sup>), si può valutare in prima approssimazione che il raggiungimento di tale soglia richiederebbe la riduzione dello spreco a circa un quarto di quello attuale (ISPRA, 2017).

## Bibliografia

Alexander P., Brown C., Arneith A., Finnigan J., Moran D., Rounsevell M. D. A., 2017, *Losses, inefficiencies and waste in the global food system*, Agricultural Systems 153 (May 2017) pp. 190-200, <http://dx.doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.014>

Armendariz V., Armenia S., Atzori A. S., 2016, *Systemic Analysis of Food Supply and Distribution Systems in City-Region Systems-An Examination of FAO's Policy Guidelines towards Sustainable Agri-Food Systems*, Agriculture 2016, 6, 65; doi:10.3390/agriculture6040065

Baker N., 2014, *A comparative analysis of Community Supported Agriculture and UK supermarkets as food systems with specific reference to food waste*, Department of geography, environment and disaster management, Faculty of business, environment and society, Coventry university

<sup>1</sup> L'impronta ecologica misura la quantità di superficie bio-produttiva (terrestre o acquatica) che una popolazione richiede per produrre in modo sostenibile le risorse rinnovabili che consuma e per assorbire i rifiuti che genera. La biocapacità la capacità di un territorio di rigenerare le risorse e assorbire i rifiuti in un tempo limitato. Più in dettaglio si veda: Global Footprint Network, <http://www.footprintnetwork.org>

- Bender W.H., 1994, *An end use analysis of global food requirements*, Food Policy 19, 381–395
- Chaboud G., Daviron B. (French Agricultural Research Centre for International Development), 2017, *Food losses and waste: navigating the inconsistencies*, Global Food Security, Volume 12 March 2017 Pages 1–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2016.11.004>
- Ericksen P., 2008, *Conceptualizing food systems for global environmental change research*, in Global Environmental Change 18(1):234–245 · February 2008, DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2007.09.002
- FAO, 2011, *Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention*, Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., Van Otterdijk R., Meybeck A., Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO-CFS-HLPE, 2014, *Food losses and waste in the context of sustainable food systems. A report by the high level panel of experts on food security and nutrition*, A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO-CFS-HLPE, 2017, *Nutrition and food systems*, A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO-Save food, 2014, *Definitional framework of food loss* - Working paper 27 February 2014, Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction, Food And Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Folke C., 2016, *Resilience* (Republished), Ecology and Society 21(4):44, <https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444>
- Folke C., Biggs R., Norström A. V., Reyers B., Rockström J., 2016, *Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science*, Ecology and Society 21(3):41. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08748-210341>
- FUSIONS EU, 2014, *Definitional framework for food waste*, Food Use for Social Innovation by Optimising Waste Prevention Strategies, European Commission
- Ingram J. I., 2011, *A food systems approach to researching food security and its interactions with global environmental change*, article in Food Security 3(4) · December 2011, DOI: 10.1007/s12571-011-0149-9
- ISPRA, Vulcano G., Ciccacese L., 2017, *Spreco alimentare: un approccio sistemico per la prevenzione e la riduzione strutturali - Rapporto di sintesi*, Rapporti 267/2017, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
- Kessler D., 2010, *The end of overeating. Taking control of our insatiable appetite*, Penguin Books, London
- Liu, J., Dietz T., Carpenter S.R., Alberti M., Folke C., Moran E., Pell A.C., Deadman P., Kratz T., Lubchenco J., Ostrom E., Ouyang Z., Provencher W., Redman C.L., Schneider S.H., Taylor W.W., 2007, *Complexity of Coupled Human and Natural Systems*, Science 317:1513–1516
- Meadows D. H., 2009, *Thinking in systems: a primer*, Earthscan, London, UK
- Montagut X., Gascón J., 2014, *Alimentos desperdiciados - Un analisis del derroche alimentario desde la soberania alimentaria*, Icaria, Instituto de altos estudios nacionales - Xarxa de consum solidari, Barcelona - Quito
- Papargyropoulou E. et al., 2014, *The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste*, Journal of Cleaner Production (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.020>
- Raworth K., 2017, *Doughnut Economics: Seven Ways to*

*Think Like a 21st-Century Economist*, Random House Business Books

Segrè A., Falasconi L., 2011, *Il libro nero dello spreco in Italia: il cibo*, Edizioni Ambiente

Shepon A. et al., 2018, *The opportunity cost of animal based diets exceeds all food losses*, PNAS March 26, 2018. 201713820; published ahead of print March 26, 2018, <https://doi.org/10.1073/pnas.1713820115>

Smil V., 2004, *Improving efficiency and reducing waste in our food system*, Environmental sciences, 1(1), pp. 17-26

Stuart T., 2009, *Waste: uncovering the global food scandal*, Penguin, London

Xue et al., 2017, *Missing Food, Missing Data? A Critical Review of Global Food Losses and Food Waste Data*, Environ. Sci. Technol., 2017, 51 (12), pp 6618–6633, DOI: 10.1021/acs.est.7b00401

## Progetto di ricerca e controllo dei Siti a Rischio Interramento Rifiuti (R.I.R.)

Marco Pasquale  
ARPA Molise

L'accurata conoscenza del territorio e la capacità di individuare e definire i siti contaminati, costituiscono un passaggio fondamentale per orientare, con efficacia, la gestione politica, economica e sociale dell'ambiente. È in tale ambito che si inserisce l'attività di ARPA Molise di ricerca dei rifiuti che potrebbero celarsi nel suolo. Di questi siti non se ne conosce né il numero, né l'ubicazione.

Tuttavia, dalla consapevolezza della loro pericolosità, sia nei confronti delle persone che dell'ambiente, nonché dalla convinzione che questa attività possa concorrere a garantire la salubrità del territorio molisano e delle sue produzioni, è nata l'esigenza dell'Agenzia di cercare queste aree, per consentirne la bonifica e possibilmente la restituzione al loro uso originario.

L'obiettivo è quello di portare alla luce il risultato delle attività malavitose che sono state perpetrate a danno del territorio. Per questo motivo, la Regione Molise, con D.G.R. n. 574 del 3.11.2013, ha istituito una "Task force rifiuti interrati", con compiti di ricerca, nonché di supporto all'Autorità Giudiziaria, di cui fanno parte, oltre ad ARPA, anche ASREM e Protezione Civile.

Il controllo del territorio finalizzato alla ricerca dei rifiuti interrati, dei depositi incontrollati, degli abbandoni di manufatti contenenti amianto, delle aree di combustione illecita di rifiuti e dei rifiuti radioattivi, si articola in un'attività informativa e una di controllo.

La prima, è finalizzata alla raccolta di dati informativi territoriali, che vengono inseriti in banche dati (cave attive/dismesse, pozzi estrazione gas/idrocarburi, disca-

riche abusive/abbandono di rifiuti, impianti fotovoltaici/eolici in produzione/autorizzati/proposti, terreni uso acque vegetazione, impianti a biomassa, siti a rischio interrimento rifiuti, etc.).

La seconda, si sviluppa con controlli sui siti critici desunti dalla precedente attività.

Per l'individuazione delle aree R.I.R., in particolare, l'Agenzia si è dotata di un "Piano operativo di intervento", che stabilisce le procedure di ricerca dei siti a rischio, nonché gli accertamenti tecnici da compiere *in situ*.

L'attività di ricerca dei rifiuti interrati messa a punto da ARPA Molise, prevede:

- analisi storica del territorio, per evidenziare i movimenti terra;
- approfondimento sulle cause dei movimenti terra, per scartare le false anomalie (es. scavi finalizzati alla realizzazione di edifici) e per evidenziare le sequenze critiche (es. coltura agricola-scavo-riutilizzo agricolo o abbandono del terreno);
- studi planoaltimetrici dei siti potenzialmente a rischio, costruzioni di profili e volumetrie da aerofotogrammetrie 3D e rilievi di dettaglio;
- rilievi radiometrici preliminari (*Gamma-Scout x-x-x*) sui predetti siti;
- rilievi geofisici con elettromagnetometro (*Profiler "EMP-400"*), per individuare l'eventuale presenza di rifiuti interrati, di qualsiasi natura essi siano;
- termografia radiometrica (termo-camera *FLIR "C2"*) per evidenziare eventuali processi di fermentazione in atto (emissioni di biogas), la presenza di liquidi caldo/freddi a livello del suolo e le anomalie a carico della vegetazione (es. stress idrici);
- scavi puntuali nei siti ritenuti contaminati, con l'ausilio di enti specializzati, e prelievi di campioni per le analisi di laboratorio;

- attivazione delle procedure di legge relative ai siti contaminati;
- restituzione su sistema informativo dei siti potenzialmente a rischio, nonché di quelli contaminati.

Per lo studio del territorio, inoltre, l'Agenzia può disporre, attraverso apposita convenzione, di un drone UAV (*Unmanned Ariel Vehicles*), che funge da vettore per sostenere una camera digitale calibrata all'acquisizione di immagini con criterio fotogrammetrico. L'impiego del veivolo è importante sia per effettuare voli di sopralluogo a bassa quota, che per studiare le variazioni planoaltimetriche del territorio (rimaneggiamenti del terreno).

Il metodo di ricerca si articola in 3 Fasi.

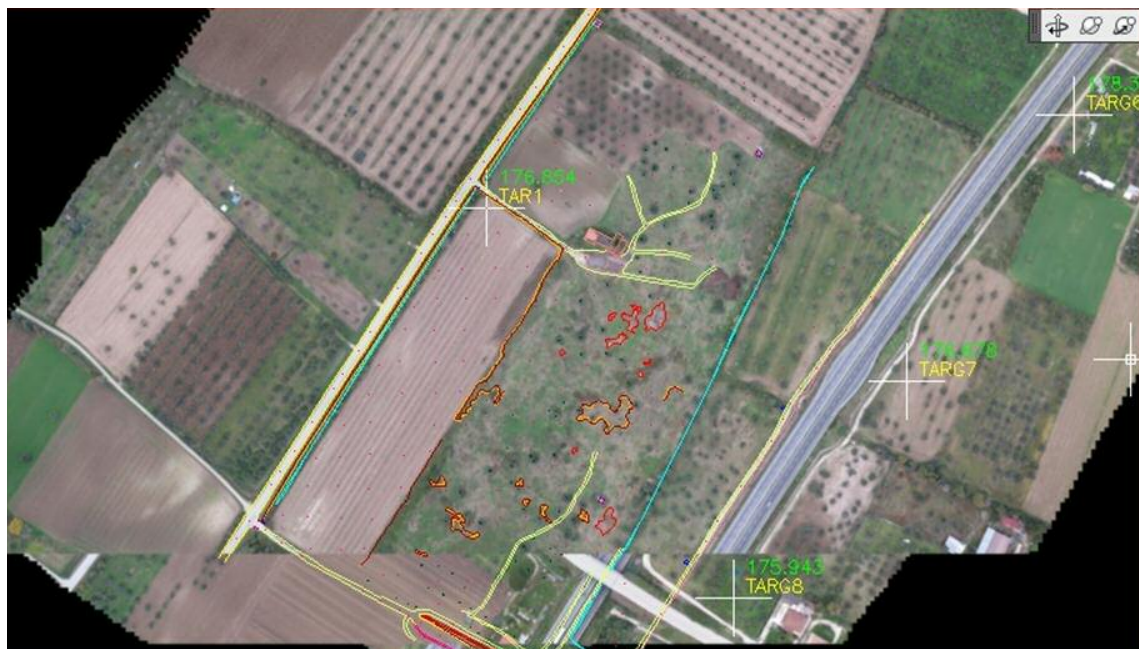
#### 1° FASE - *screening* del territorio

La 1° fase consiste nello studio del territorio attraverso l'impiego delle ortofoto, della fotorestituzione, della comparazione tra aerofotogrammetrie (variazioni planoaltimetriche) e del drone, per evidenziare sia le modifiche del territorio (scavi, espanti, anomalie della vegetazione, etc.), che l'entità di tali anomalie (profondità e andamento dello scavo).

Questo studio preliminare consente di attribuire a ciascun sito un livello di priorità di indagine. Da quella alta, fino a scendere ai siti da monitorare (es. sito in cui lo scavo è ancora in atto). Il livello di priorità alto viene assegnato sulla base della presenza di una anomalia, secondo il "Principio della sequenza critica".

Una sequenza critica è caratterizzata principalmente

**Figura 1: Volo drone (novembre 2013)**



Fonte: ARPA Molise

Legenda: in rosso le aree anomale (bruciature, materiale affiorante)



da un'attività di scavo e di ripristino *ante operam*, che si esaurisce in tempi molto brevi, anche nell'arco di una notte, su terreni che normalmente non dovrebbero presentare movimenti terra, quali possono essere gli incolti, i suoli ad uso agropastorale (prati, frutteti, oliveti, colture erbacee, etc.). La stessa sequenza critica si applica anche a quei terreni coltivati che dopo lo scavo vengono abbandonati o subiscono una variazione planoaltimetrica.

#### 2° FASE - fase di controllo *in situ*

La seconda Fase prevede il sopralluogo *in situ* su tutti i siti con priorità alta e nei punti di interesse desunti dall'attività informativa.

In questa fase, vengono effettuati anche gli accerta-

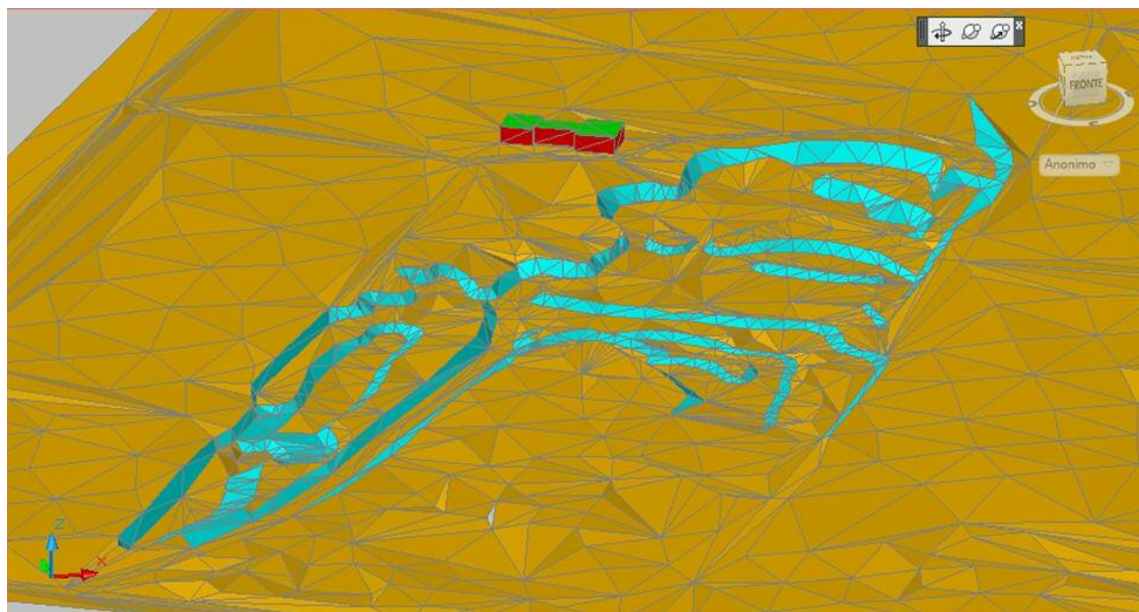
menti strumentali, nonché gli eventuali campionamenti. Preliminarmente, l'area da indagare viene sottoposta a uno *screening* della radioattività e in caso di valori anomali, vengono sospese tutte le operazioni, per consentire l'intervento del servizio agenti fisici dell'Agenzia, per i dovuti accertamenti.

#### 3° FASE - classificazione dei siti

Dai risultati delle due fasi precedenti, il sito esaminato viene classificato come:

- sito con presenza di rifiuti interrati: sito, i cui i controlli hanno accertato nel suolo la presenza di radioattività/inquinanti/corpi estranei affioranti e/o interrati;
- sito a rischio: sito per il quale i rilievi effettuati non

**Figura 2: Modello digitale di un sito in cui si evidenzia l'andamento degli scavi (celeste) effettuati per l'interramento di rifiuti**



Fonte: ARPA Molise

hanno consentito di identificare il tipo di anomalia. Per queste aree sarà necessario procedere con ulteriori approfondimenti;

- sito libero: sito che a seguito dei controlli effettuati risulta privo di radioattività/inquinanti/corpi estranei affioranti e interrati.

Qualora dovesse essere confermata la presenza di rifiuti radioattivi/interrati/surnatanti e/o sversati, si procederà alla opportune segnalazioni, per favorire tempestivamente le indagini, le operazioni di caratterizzazione e di bonifica dei terreni.



## Le indagini merceologiche sulla composizione dei RSU, monitoraggio sulla qualità della raccolta differenziata

Massimiliano Boccarossa  
ARPA Marche

Intorno agli anni '70/'80 si presentò la necessità di indagare sulla composizione merceologica dei rifiuti solidi urbani in relazione all'utilizzazione energetica degli stessi. Capire la composizione media dei rifiuti solidi urbani (RSU) serviva a progettare impianti di combustione idonei a sfruttare al meglio le caratteristiche chimiche dei rifiuti. Lo strumento adatto è l'analisi merceologica, ovvero la suddivisione di un campione rappresentativo di rifiuti nei vari materiali componenti.

Le principali macrocategorie sono: carta, tessili e legno, plastiche e gomma, metalli, vetri, ceramiche e pietre, sostanza organica, sottovaglio < 20 mm.

Dagli anni '90, l'evoluzione dei prodotti di consumo e il sempre più vasto impiego di imballaggi da un lato e, la nascita dei consorzi di filiera CONAI alla base del sistema di raccolte differenziate dall'altro, hanno reso necessario sviluppare altre sottocategorie volte a individuare non solo il componente principale del rifiuto ma anche il materiale specifico.

Se per indagare sul potenziale di combustione del materiale, plastiche e gomme potevano essere accomunate ai fini energetici, la loro composizione chimica portava a risultati diversi nella determinazione dei poteri calorifici.

Similmente, per i metalli che sono inoltre gestiti da due diversi consorzi, uno per l'alluminio, CIAL ed uno per i materiali ferromagnetici, Ricrea Acciaio, risulta necessario suddividere i metalli in più categorie.

Attualmente le indagini merceologiche servono a indi-

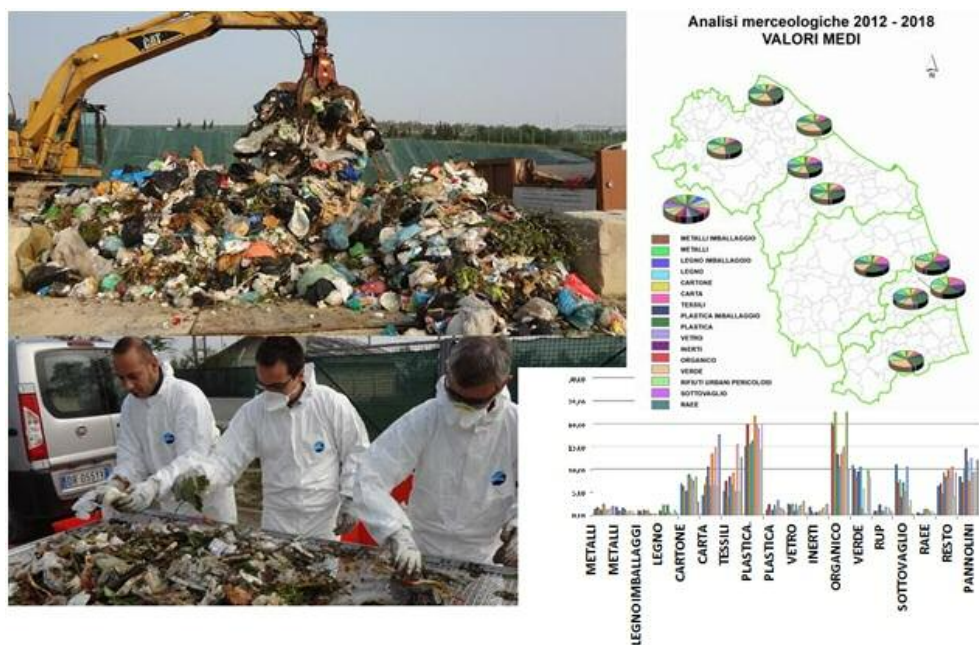
viduare il materiale recuperabile che sfugge all'intercettazione della raccolta differenziata.

Nell'ottica della qualità della raccolta differenziata si sono, inoltre, rese necessarie indagini sulle singole tipologie di raccolta dedicata. I consorzi suddividono i campioni da raccolta differenziata in: "frazione oggetto", "frazione merceologica simile" e "frazione estranea". Non è difficile comprendere la differenza tra le tre categorie, ma è comunque opportuno convertire il concetto in immagini utilizzando un esempio.

Per la carta, la frazione oggetto è costituita dagli imballaggi in carta e cartone, ovvero, ad esempio, l'involucro in cartoncino che racchiude un tubetto di dentifricio; per frazione simile si intende, invece, un oggetto della stessa composizione merceologica che però non ha avuto, prima di divenire rifiuto, funzione di imballaggio, ad esempio una rivista in carta stampata; e infine, per frazione estranea, si intende un qualunque oggetto conferito nella raccolta differenziata dedicata a un'altro materiale specifico, ad esempio una lattina per bibite conferita nella raccolta della carta monomateriale, o un imballaggio particolarmente contaminato, o un rifiuto da destinare alla raccolta indifferenziata.

La metodica attualmente in uso per le analisi merceologiche dei RSU è contenuta nel documento RTI CTN RIF 1/2000 redatto da ANPA Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi pubblicato nell'anno 2000. Sulla base di questo metodo, dal 2012 ARPA Marche effettua campagne annuali di indagini merceologiche sui RSU indifferenziati in ingresso agli impianti di trattamento meccanico biologico e campagne mirate volte a determinare la qualità delle raccolte differenziate di carta, vetro, metalli, plastica e multimateriale al fine di determinare l'efficienza dei vari sistemi di raccolta comunali.

**Figura 1: Quartatura per la preparazione del campione da sottoporre ad analisi – operatori al vaglio – mappa discariche indagate – risultati medi periodo 2012 – 2018**



Fonte: Elaborazione ARPAM - Sez. Regionale Catasto Rifiuti

Le frazioni in cui viene suddiviso il campione, nelle analisi che ARPA Marche svolge, sono state concordate con gli organi regionali, sentiti anche i consorzi di filiera CONAI e applicando le metodiche descritte negli accordi quadro con ANCI secondo le diverse filiere del metallo, carta, plastica e vetro.

Il metodo applicato da ARPA Marche, conforme al metodo CTN RIF ANPA, prevede un numero di categorie merceologiche più di dettaglio ottenute dalla ulteriore divisione fra le varie tipologie di imballaggi e non, come nelle analisi di qualità effettuate da consorzi dedicati. Per ogni classica categoria troveremo lo stesso materiale nella funzione di “imballaggio” e nella funzione di

“oggetto comune non imballaggio”; all'interno della stessa categoria potranno esserci suddivisioni ulteriori in base alla tipologia di metallo o lega ad esempio o al polimero di plastica, o ai materiali poliaccoppiati; come il Tetrapak o il film in plastica adesivo ad un sottile film di alluminio possono anche essere categorizzati secondo il costituente prevalente. Questo tipo di indagine volta alla “ricerca degli imballaggi” nasce dalla definizione di raccolta differenziata che era già descritta nel decreto Ronchi e trasposta nel D.Lgs 152/2006.

Si potrebbe tracciare una linea corrispondente all'entrata in vigore del Ronchi, che stabilisce il passaggio dalle analisi merceologiche secondo la vecchia concezione

(composizione dei rifiuti al fine del recupero energetico) a quelle svolte secondo la più recente (recupero di materiali ed imballaggi). Oltre alle categorie contenenti imballaggi vengono presi in considerazione i rifiuti da raccolte differenziate avviati a corretto smaltimento, ad esempio i rifiuti urbani pericolosi come vernici e medicinali che non seguiranno un percorso di recupero ma saranno smaltiti con l'accortezza della salvaguardia dell'ambiente.

Fino a qualche anno fa fra i rifiuti urbani pericolosi (RUP) trovavano categorizzazione anche le pile e le batterie ma oggi tali rifiuti vengono classificati come rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), che allo stesso modo seguono un percorso di recupero tramite appositi consorzi (CDCRAEE ed anche COBAT e CDCNPA).

Per l'organico da cucine e mense, negli ultimi due anni, grazie ad alcuni studi svolti in collaborazione con l'Università di Bologna, è stata effettuata un'ulteriore suddivisione fra "organico di scarto", quindi bucce e scarti della preparazione del pasto, e "cibo scaduto", ovvero alimenti che hanno superato la data di scadenza e non sono stati consumati; tale ulteriore specifica ha permesso di stimare lo "spreco alimentare" pro capite nelle Marche. Le indagini merceologiche sono inoltre fondamentali per chi svolge la gestione degli impianti al fine di verificare il quantitativo pro-capite di rifiuti biodegradabili smaltito in discarica secondo quanto prescritto dal D.Lgs 36/2003. Le classi che rientrano nel computo di questo valore sono l'organico da cucina, il verde da sfalci e potature, i rifiuti tessili ed i rifiuti in carta e cartone.

Alla luce delle varie analisi svolte, le categorie a maggior frequenza sono i rifiuti di origine cellulosica, i pannolini (che non hanno ancora un sistema di raccolta differenziata diffuso), i rifiuti di origine plastica e l'organico (seppure i sistemi porta a porta -PA- per la raccolta del

biodegradabile siano già molto diffusi sul territorio regionale). Scarsa la presenza dei metalli, sia sotto forma di imballaggio che di RAEE, del legno e degli urbani pericolosi.

La frazione che appare corretto smaltire nell'indifferenziato corrisponde alla categoria "resto" ovvero, il materiale che non trova l'applicazione di una specifica raccolta differenziata. Le indagini merceologiche svolte dimostrano che anche il territorio in regola con i valori di percentuale di raccolta differenziata (% RD) determinati dalla legislazione, necessita di un'accurata verifica delle quantità e delle tipologie di rifiuti che sfuggono all'intercettazione, seppure i metodi di raccolta PAP siano giunti a coprire circa l'88 % del territorio regionale. Il calcolo dell'intercettazione viene svolto confrontando i quantitativi recuperati con RD e i quantitativi, stimati, smaltiti in discarica.

## Bibliografia

ANPA - Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi - Nappi P., Valenzano F., Consiglio M., - ARPA Piemonte - Simeone M. G., - Responsabile CTN RIF Picca M.R. 2000 *"Analisi merceologica dei rifiuti urbani: Rassegna di metodologie e definizione di una metodica di riferimento."*

Regione Marche - ARPAM Dipartimento provinciale di Pesaro, Sezione Regionale Catasto Rifiuti - Giacomini P., Boccarossa M., Sbriscia M. - 2018 *"9° Rapporto Prevenzione, produzione e gestione rifiuti Regione Marche Dati anno 2017"*.

Università di Bologna, Chimica Industriale - Colombaroni G., Boccarossa M., Passarini F., 2016 *"La raccolta differenziata di imballaggi a base cellulosica con un particolare focus sul Tetrapak e la stima dell'imballaggio non recuperato ed avviato a smaltimento."*

Università di Bologna, Chimica Industriale – Gargaro M.,  
Boccarossa M., Passarini F.,

Gargaro, Boccarossa, Passarini 2015 *“Studio dello spreco alimentare tramite individuazione della frazione organica attraverso l’analisi merceologica del rifiuto indifferenziato”*.



## 8. AGENTI FISICI

### Sperimentazione sull'utilizzo della tecnologia 5G per la telefonia mobile a Milano

Giuseppe Gianforma  
ARPA Lombardia

Con la Determina Ministeriale del 25 settembre 2017 VODAFONE ha ricevuto in via provvisoria, e sino al termine improrogabile del 31 dicembre 2021, i diritti d'uso delle frequenze da 3.7 a 3.8 GHz per la realizzazione di una sperimentazione pre-commerciale 5G sulla città di Milano. In collaborazione con università, centri di ricerca, *partner* tecnologici e industriali presenti sul territorio lombardo che spaziano dalla sanità alla sicurezza, dalla mobilità all'industria, dall'educazione ai servizi pubblici, VODAFONE ha iniziato a realizzare la propria rete 5G nei primi mesi del 2018, programmando la copertura dell'80% della città di Milano entro IL 2018 e totale entro il 2019.

In previsione di tale sperimentazione, ARPA Lombardia ha organizzato con il gestore un tavolo di lavoro per seguire da vicino lo sviluppo della nuova rete e le relative problematiche da affrontare a livello di *iter* autorizzatorio e di verifiche in campo dell'impatto elettromagnetico delle nuove antenne.

In base alle caratteristiche del nuovo sistema si è definito che il regime autorizzativo da seguire per la fase sperimentale, consisterà nella comunicazione ex art.35 comma 4 della legge n.111 del 15 luglio 2011.

Le considerazioni che hanno portato a questa scelta sono legate alle caratteristiche tecniche dei nuovi impianti trasmettenti che prevedono una potenza nominale massima per antenna in fase sperimentale pari a 200W che si riduce però grazie all'utilizzo della nuova tecnologia *Massive MIMO* (*Multiple-Input Multiple-*

*Output*), un sistema wireless a onda millimetrica che prevede array contenenti un alto numero di elementi radianti in grado di focalizzare l'energia in aree ridotte: *beamforming*) e della tecnologia *TDD* (*Time Division Duplexing*), già in uso per il 4G.

La M-MIMO risulterà del tutto nuova, permettendo di focalizzare la potenza a RF (Radio Frequenza) verso singoli utenti o gruppi ravvicinati, inseguendoli anche nel loro movimento senza disperderla in direzioni non utili (applicazioni di tipo laser).

Per la valutazione del campo elettromagnetico generato da un'antenna con tecnica M-MIMO e TDD attive è stata pubblicata una apposita norma tecnica internazionale la IEC 62232:2017, recepita a marzo dal CEI (CEI EN 62232), che rimanda per i dettagli tecnici al documento IEC TR62669

Tale norma stabilisce, per le valutazioni, di utilizzare il 95<sup>imo</sup> percentile della potenza nominale massima. Il valore di tale percentile risulta, secondo il modello teorico elaborato, pari al 25% della potenza nominale massima. L'indicazione modellistica è stata sino ad ora confermata da una serie di misure su 16 diversi siti M-MIMO 4G, dimostrando che i risultati sono indipendenti dalla frequenza, dalla larghezza di banda o dalle dimensioni dell'*array* dell'antenna. Un ulteriore fattore di riduzione deve essere poi applicato per tener conto dell'effettivo traffico telefonico fornito durante la sperimentazione. Di difficile determinazione a priori, quest'ultimo fattore può però essere valutato in via conservativa assegnando al 5G quello che attualmente è il valore medio Alfa24 delle stazioni radio base VODAFONE in tecnica 4G della città di Milano, valore che non supera il 17%.

Da quanto sopra illustrato, la potenza massima in antenna può essere considerata in maniera del tutto cautelativa pari a 8,5 W; associando ad essa la dimensione della superficie radiante inferiore a 0,5 metri quadrati,

risultano soddisfatte le condizioni per ricorrere all'art.35: "...sono soggette ad autocertificazione di attivazione... le modifiche delle caratteristiche trasmissive degli impianti di cui all'articolo 87-bis... con potenza in singola antenna inferiore o uguale a 10 watt e con dimensione della superficie radiante non superiore a 0,5 metri quadrati".

Al momento del lancio commerciale del servizio 5G si dovranno rivalutare le condizioni per confermare o meno il regime di autorizzazione in semplice comunicazione.

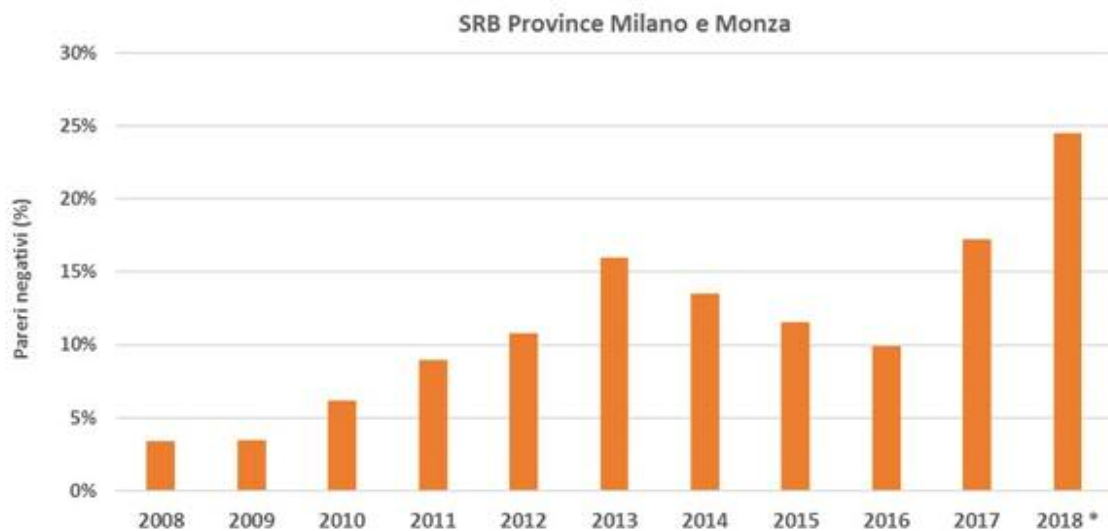
Nel caso i parametri di cui sopra dovessero variare in maniera tale da dover assoggettare i nuovi impianti al regime di SCIA, si presenterà un serio problema per la nuova rete 5G che, a nostro avviso dovrà essere affrontata a livello legislativo, analogamente a quanto già fatto

per lo sviluppo del 4G.

Infatti, la situazione attuale sulla città di Milano, che conta circa 1.200 stazioni radio-base attive, presenta forti criticità in fase di rilascio dei pareri ambientali preventivi previsti dall'art.87 e 87bis del Decreto Legislativo 1° agosto 2003, n. 259.

Numerosi sono i casi di superamento stimato dell'obiettivo di qualità che stanno rallentando lo sviluppo finale della rete 4G e che rischiano di arrestare sul nascere anche la nuova rete 5G. A titolo d'esempio si riporta in Figura 1 l'andamento della percentuale di pareri non favorevoli emessi da ARPA sulle richieste di istanze e scia negli ultimi 10 anni sul territorio della provincia di Milano e Monza Brianza; andamento che ha visto una lieve decrescita tra il 2013 e il 2016 a seguito della modifica della modalità di calcolo dell'obiettivo di qualità (da media sui

**Figura 1: Andamento percentuale delle richieste di installazione/modifica SRB nelle province di Milano e Monza Brianza che hanno ricevuto un parere negativo**



Fonte: Dati estratti dal catasto degli impianti della Lombardia

Legenda: \*I dati relativi al 2018 sono riferiti al primo semestre. (Confalonieri A. *et Al*, 2018)



6 minuti a media sulle 24 ore con l'introduzione dei fattori Alfa) contenuta nella Legge n.221 del 2012, ma che ha poi ripreso a crescere.

Per quanto attiene le verifiche in campo sul segnale 5G, sempre grazie alla collaborazione di VODAFONE che ha predisposto il sito per le misure e l'antenna per la generazione del segnale nonché l'opportuna strumentazione, si è potuto constatare per ora solo l'utilizzo del *beamforming*.

Le misure eseguite hanno mostrato l'efficacia della focalizzazione spaziale dei fasci, mentre le misure 5G in termini di quantificazione dei segnali di controllo sono state programmate per una data successiva, in attesa del completamento delle specifiche tecniche dell'interfaccia radio da parte del consorzio internazionale 3GPP per la standardizzazione dei sistemi di telecomunicazioni.

## Bibliografia

NORMA ITALIANA CEI, CEI EN 62232 2018-03.

Confalonieri A., Alfieri A., Danesino C., Gianforma G., Invernizzi S., Pattini L., 2018, *Il 5G: quali prospettive future nell'attuale quadro normativo*. In: Atti XXXVII Congresso nazionale AIRP di radioprotezione. 17-19 ottobre 2018 Bergamo.

## La rete di monitoraggio della brillantezza del cielo notturno nel Veneto

Andrea Bertolo<sup>1</sup>, Renata Binotto<sup>1</sup>, Sergio Ortolani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ARPA Veneto, <sup>2</sup> Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Padova

### Introduzione

Da alcuni anni la luce artificiale che si propaga nell'ambiente e perturba la visione del cielo notturno ha assunto il rango di un vero inquinamento: numerose ricerche hanno, infatti, dimostrato effetti rilevanti sugli ecosistemi (Van Doren *et al.*, 2017) e anche sulla salute umana. Riguardo a quest'ultimo aspetto si sottolinea come la luce artificiale notturna, in particolare per le lunghezze d'onda attorno ai 440 nm, riduca i livelli di melatonina, causando la rottura dei ritmi circadiani (Haim A, Zubidat AE., 2015), mentre recenti studi epidemiologici evidenziano una connessione tra luce artificiale e induzione tumorale (Ariadna Garcia-Saenz *et al.*, 2018).

La situazione italiana è poi assai compromessa, come risulta chiaro nel recente Atlante mondiale (Falchi *et al.*, 2016): l'Italia è tra i paesi con maggior inquinamento luminoso.

Risulta pertanto importante monitorare questo fenomeno anche tramite una rete di centraline in grado di quantificare l'inquinamento luminoso del cielo notturno e dell'ambiente naturale.

La regione Veneto è stata la prima in Italia nel 1997 a dotarsi di una legge per contrastare l'inquinamento luminoso; la revisione della stessa legge nel 2009 ha affidato ad ARPAV attività di supporto tecnico ai Comuni. La stessa norma ha previsto l'istituzione dell'Osservatorio Regionale Permanente sul fenomeno dell'Inqui-

namento Luminoso, organismo posto in capo ad ARPAV e dotato di astronomi professionisti, esperti del fenomeno e rappresentanti delle associazioni di tutela del cielo. Tra i suoi compiti vi è anche quello di controllare l'andamento dell'inquinamento luminoso nel territorio regionale: questo aspetto normativo, unitamente al forte inquinamento luminoso presente in gran parte del Veneto, ha spinto ad implementare il primo esempio di rete pubblica di monitoraggio della brillantezza notturna. Nel presente lavoro si riportano alcune risultanze utili a dimostrare l'interesse nell'implementare una rete di monitoraggio della brillantezza notturna.

### La rete di rilevamento di ARPA Veneto

La rete di monitoraggio (dati in diretta pubblicati giornalmente sul sito istituzionale [http://www.arpa.veneto.it/bollettini/meteo/brillanza/Mappa\\_BRILLAIST.htm](http://www.arpa.veneto.it/bollettini/meteo/brillanza/Mappa_BRILLAIST.htm)) attualmente è composta di 8 centraline, che coprono la quasi totalità della regione, ma è già in corso sia l'implementazione di altre centraline, sia l'ampliamento con sensori di tipo meteorologico (ad esempio temperatura IR per la definizione della copertura nuvolosa notturna, piovosità, umidità).

La particolarità della rete realizzata è data dal fatto che vengono raccolti i dati non solo dalle due centraline di proprietà di ARPAV, ma anche dalle centraline degli osservatori astronomici professionali siti in comune di Asiago (Università di Padova) e da quelle degli osservatori astronomici amatoriali, tramite la collaborazione dell'associazione di tutela del cielo notturno Venetostellato, realizzando così un ottimo esempio di *citizen science*.

Nella Tabella 1 vengono riportate le principali caratteristiche delle stazioni, mentre in Figura 1 è possibile osservare la loro dislocazione spaziale.

Il sensore utilizzato in tutte le centraline della rete è

Tabella 1: le centraline della rete di misura della brillantezza notturna in Veneto

| Localizzazione    | Altitudine (m) | Tipologia geografica | Proprietà         |
|-------------------|----------------|----------------------|-------------------|
| Padova            | 12             | Urbana               | ARPA Veneto       |
| Nove (VI)         | 77             | Suburbana            | Venetostellato    |
| Montebello (VI)   | 212            | Suburbana            | Venetostellato    |
| Cattignano (VI)   | 505            | Rurale               | Venetostellato    |
| Pennar (VI)       | 1050           | Rurale               | Università Padova |
| Monte Baldo (VR)  | 1208           | Montana              | Venetostellato    |
| Cima Ekar (VI)    | 1366           | Montana              | Università Padova |
| Passo Valles (BL) | 2032           | Montana              | ARPA Veneto       |

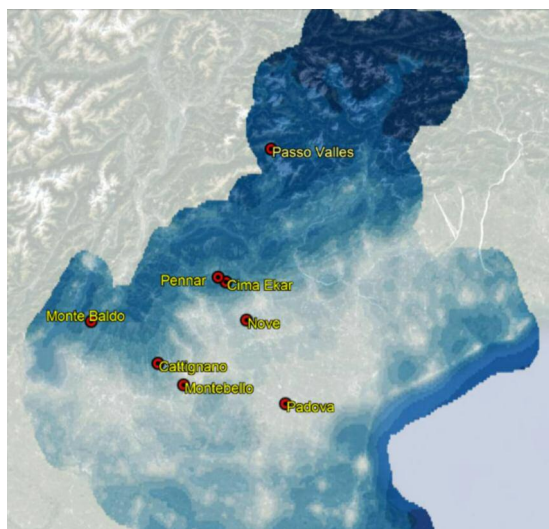
Fonte: ARPA Veneto

L'SQM (Sky Quality Meter, Unihedron – [www.unihedron.com](http://www.unihedron.com)), uno strumento di piccole dimensioni e basso costo, composto di un fotodiodo di silicio che, orientato verso lo zenit e con un angolo di apertura di circa  $20^\circ$ , consente di registrare la luminosità del cielo notturno, denominata brillantezza ed espressa in magnitudine al secondo d'arco quadrato ( $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ ), con una incertezza dell'ordine del 10% (Cinzano P., 2005): a questa unità di misura corrisponde una scala inversa, ovvero un cielo di  $21.0 \text{ mag}/\text{arcsec}^2$  sarà più buio di un cielo con brillantezza di  $20.0 \text{ mag}/\text{arcsec}^2$ , dove con più buio s'intende un cielo in cui il numero di stelle visibili sia maggiore a parità di zona osservata.

La qualità del dato, aspetto assai importante e non sempre tenuto adeguatamente in considerazione in particolare negli osservatori amatoriali, è garantita da un interconfronto tramite uno “standard viaggiante” che, confrontato con misurazioni di tipo astronomiche svolte presso osservatori professionali, consente di stabilire per ogni stazione un fattore correttivo di tipo additivo. I dati di brillantezza sono registrati a intervalli di 5 minuti per tutta la durata della notte astronomica, vengono

raccolti sul server FTP di ARPAV, inseriti all'interno di un DB Oracle 11g e poi resi disponibili attraverso un portale costruito in linguaggio Drupal7, denominato SQMWEB, che consente la visualizzazione oppure l'estrazione dei

Figura 1: collocazione delle centraline di misura nel Veneto



Fonte: Mappa di base elaborata da (Falchi et al., 2016)

dati con ricerche filtrate per stazione, intervallo temporale, lunazione, tipo di notte, tipo di grafico, ecc.

## Risultati

La presentazione completa dei risultati sarà oggetto di comunicazioni congressuali e/o articoli scientifici, qui si riportano alcune risultanze utili a dimostrare l'interesse nell'implementare una rete di monitoraggio della brillantezza notturna.

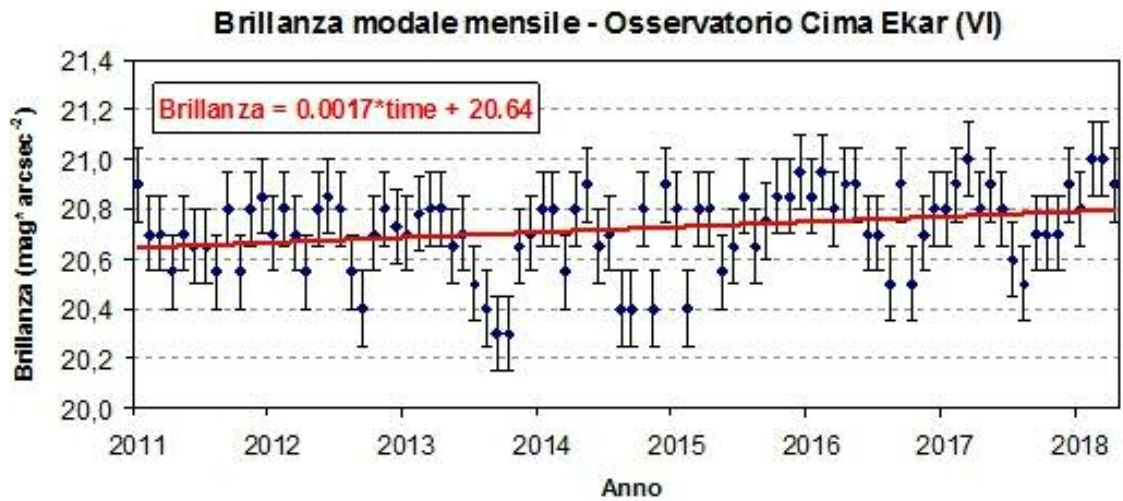
Le analisi statistiche dei dati finora raccolti mostrano distribuzioni di brillantezza di tipo bimodale per tutti i siti soggetti a forte inquinamento luminoso (stazioni urbane, suburbane e rurali), dove al picco corrispondente al cielo notturno sereno si affianca un picco a luminosità maggiore causato dalla riflessione della luce artificiale in caso di nuvolosità, mentre nelle stazioni più remote (mon-

tane) la nuvolosità produce una riflessione assai minore e non chiaramente identificabile dalla distribuzione delle brillanze: anche in tali situazioni comunque, il valore modale più alto della distribuzione rappresentante il valore significativo di brillantezza della località risulta lontano dal valore naturale di luminosità del cielo, corrispondente a circa 22 mag/arcsec<sup>2</sup> (Falchi *et al.*, 2016).

Ad esempio nella remota località montana del Passo Valles, a 2000 m di altitudine nelle Dolomiti Bellunesi, l'inquinamento luminoso (brillantezza modale pari a 21.2 mag/arcsec<sup>2</sup>) rende il cielo più chiaro di circa il doppio rispetto al cielo naturale.

Per alcune stazioni la disponibilità di serie storiche della brillantezza consente di studiare la *trend* del fenomeno: a titolo esemplificativo si riporta in Figura 2 l'andamento del valore modale mensile della brillantezza a partire dal 2011 per l'Osservatorio di Cima Ekar (VI). Entro le incer-

Figura 2: Andamento temporale delle mode mensili di brillantezza per Cima Ekar (VI) - 2011/2018



Fonte: ARPA Veneto

tezze non si evidenzia una crescita dell'inquinamento luminoso, nonostante il notevole aumento dei punti luce (quelli pubblici in Veneto sono aumentati dal 2010 al 2016 di circa il 13% - dati ARPAV): le cause possono essere molteplici, sia di tipo emissivo (la Legge Regionale prescrive per i nuovi impianti una emissione diretta nulla verso l'alto) sia per il variare dei parametri che influenzano l'inquinamento luminoso, quali i fattori meteorologici e di inquinamento atmosferico (Posch et al., 2018).

Per approfondire tali aspetti si è pertanto intrapreso recentemente lo studio delle eventuali correlazioni tra la brillantezza del cielo notturno e alcuni parametri ambientali e meteorologici: i primi risultati per la stazione urbana di Padova ipotizzano correlazioni in particolare con PM10 e umidità relativa.

## Conclusioni

L'implementazione di una rete di monitoraggio della brillantezza del cielo notturno ha consentito di quantificare in Veneto l'inquinamento luminoso prodotto dalla luce artificiale.

L'elaborazione statistica dei dati e le correlazioni con altri parametri ambientali consentiranno di comprendere il fenomeno, di orientare le politiche di tutela del cielo e dell'ambiente naturale, di quantificare nel tempo l'impatto delle nuove sorgenti d'illuminazione, ad esempio i LED, e di studiare a fondo un fenomeno che sempre più riveste un importante significato non solo culturale e scientifico, ma anche ambientale e nei confronti del benessere e della salute dell'uomo.

Si auspica pertanto che possa crescere la sensibilità del sistema delle Agenzie Ambientali su tale tematica, al fine di creare una rete di competenze in grado di svolgere controlli in campo e di monitorare il territorio ita-

liano, che risulta tra i più affetti da *light pollution*.

## Bibliografia

- Ariadna Garcia-Saenz et al., 2018 *Evaluating the Association between Artificial Light-at-Night Exposure and Breast and Prostate Cancer Risk in Spain (MCC-Spain Study)*. Environmental Health Perspectives 047011. <https://doi.org/10.1289/EHP1837>
- Cinzano P., 2005 *Night Sky Photometry with Sky Quality Meter*. ISTIL Int. Rep. 9 <http://www.lightpollution.it/download/sqmreport.pdf>
- Falchi et al., 2016. *The new world atlas of artificial night sky brightness*. Science Advances 2016: Vol. 2, no. 6, <http://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377>
- Haim A, Zubidat AE., 2015, *Artificial light at night: melatonin as a mediator between the environment and epigenome*. Phil. Trans. R. Soc. B 370:20140121. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0121>
- Posch et al., 2018. *Systematic measurements of the night sky brightness at 26 locations in Eastern Austria*. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer 211 (2018) 144–164. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2018.03.010>
- Van Doren et al., 2017. *High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration*. Proceeding of the National Academy of Sciences of United States of America October 17, 2017 114 (42) 11175–11180. <https://doi.org/10.1073/pnas.1708574114>

## Le autorizzazioni “in deroga” per le manifestazioni musicali: proposta di un criterio semplificato di valutazione della popolazione esposta

Antonio Sansone Santamaria, Rosario Marretta,  
Fabio Patricolo  
ARPA Sicilia

Si riportano i risultati di una analisi statistica delle autorizzazioni in deroga concesse dal Comune di Palermo dal momento dell'adozione del proprio Regolamento Comunale, nel quale vengono indicate modalità, requisiti e tempistiche per la presentazione della richiesta di deroga. Il criterio di analisi proposto prevede la georeferenziazione dei siti nei quali vengono concesse le deroghe e il calcolo della popolazione esposta tramite aree di influenza o *buffer*.

La Legge Quadro n. 447/95 ha annoverato tra le competenze dei singoli Comuni l'autorizzazione, anche in deroga ai valori limite previsti dal DPCM 14/11/97, per lo svolgimento di attività temporanee e di manifestazioni in luogo pubblico. Tra queste recitano un ruolo di primo piano le manifestazioni con musica amplificata ad elevato volume.

Nel 2002 un accordo di programma tra l'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia e l'Agenzia Regionale Protezione Ambientale (ARPA) prevedeva che l'Agenzia producesse uno schema di Linee Guida per la classificazione in zone acustiche del territorio dei Comuni. Dette Linee, pubblicate in Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana il 19/10/2007 (ARPA Sicilia, 2007), definiscono le modalità per il rilascio delle autorizzazioni per lo svolgimento di attività temporanee con particolare riferimento a quelle in deroga ai valori limite, imponendo che il provvedimento autorizzativo del Co-

mune debba prescrivere le misure necessarie a ridurre al minimo le molestie a terzi e i limiti temporali e spaziali di validità della deroga. Inoltre, qualora le attività non rispettino alcune specifiche condizioni che consentono provvedimenti di deroga semplificati, viene indicato che il Comune debba acquisire preventivamente il parere della ASL competente.

In particolare, nell'ambito dei già citati provvedimenti di deroga semplificati, al di fuori delle “aree destinate a spettacolo a carattere temporaneo, ovvero mobile, ovvero all'aperto” è previsto che i limiti possano essere derogati fino a 70 dB dalle ore 10:00 alle ore 22:00 e fino a 60 dB dalle 22:00 alle 24:00. Un ulteriore aspetto è legato al numero di autorizzazioni concedibili: nelle zone con presenza di abitazioni non possono esserne concesse per oltre 30 giorni nel corso dell'anno, anche se riferite a sorgenti ed eventi diversi tra loro.

Con deliberazione del Consiglio Comunale di Palermo n. 435 del 05/11/2015 è stato adottato il Regolamento sullo “sviluppo sostenibile ai fini della convivenza tra le funzioni residenziali e le attività di esercizio pubblico e svago nelle aree private, pubbliche e demaniali” (Comune di Palermo, 2015) nel quale viene stabilito che l'autorizzazione in deroga debba essere rilasciata con Ordinanza Sindacale.

Con l'entrata in vigore del Regolamento, nel primo anno sono state presentate all'Ufficio Ambiente del Comune complessivamente 101 istanze di richiesta di deroga. Il *trend* del 2016 è stato confermato e ulteriormente rafforzato nel 2017, quando sono state emanate 129 Ordinanze Sindacali dedicate. In quest'ultimo anno sono anche cresciute le richieste “plurime”, determinando di fatto la concessione di 147 deroghe-evento. Il dato che è sensibilmente aumentato è tuttavia quello inerente al numero totale di giornate derogate per venti: 590 giorni-evento (303 nel 2016), con una elevata concen-

trazione nel periodo estivo (445 giorni-evento).

A seguito della georeferenziazione delle ordinanze concesse nel 2017 è emersa una distribuzione disuniforme delle richieste di deroga (Figura 1).

Per valutare quale potesse essere la popolazione residente coinvolta nel corso dell'intero anno dalle manifestazioni autorizzate in deroga sono state create delle aree di influenza intorno a ciascun evento. Osservato che il livello di potenza sonora mediamente prodotto dagli impianti di amplificazione è di circa 115 dB, con l'ausilio della formula di propagazione semisferica in campo libero si è ricavato che il valore di 65 dB(A) risulta sempre superato nel raggio di 100 metri dalla sorgente ipotizzata puntuale. Per tale ragione, a partire dalle coordinate dei singoli siti si è creata un'area *buffer* con raggio di 100 metri. Le aree così create sono state sovrapposte in ambiente GIS al dato sulla densità abitativa. Tramite operazioni di *map algebra*, si è stimato che 44905 abitanti siano stati, almeno per una volta nel corso del 2017, coinvolti dal rumore generato dagli spettacoli autorizzati in deroga.

Ulteriori approfondimenti sono stati realizzati in alcune microaree della città. Tra queste il centro storico nel quale sono state concesse il maggior numero di deroghe (72) e per il maggior numero totale di giornate (365) (Figura 2).

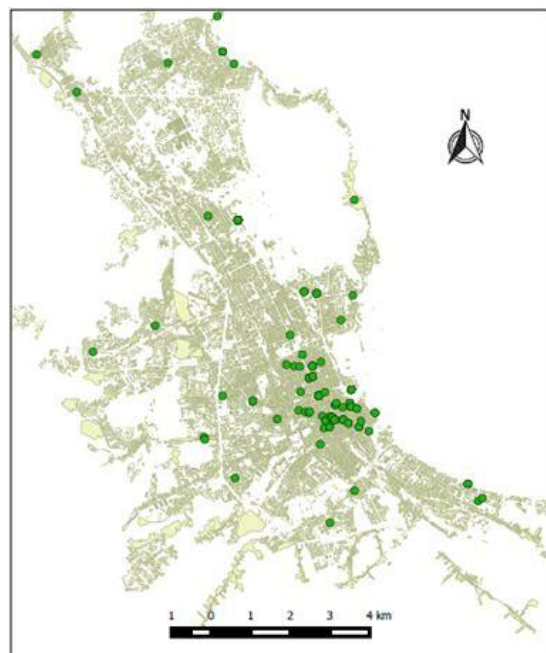
All'interno di tale area, già limitata con i suoi 2 km<sup>2</sup> di estensione, si presentano tuttavia due singolarità. La prima, cerchiata qualitativamente in rosso, è relativa all'area ad ovest dei "Quattro Canti", la seconda, in blu, è quella presente nel quartiere della "Kalsa".

Nell'area ad ovest sono state concesse 26 autorizzazioni per un totale di 72 giornate. Si tratta di una microarea con una estensione di appena 7,2 ha nella quale risiedono 2.548 persone. Il valore si conferma elevato per i

2.786 residenti della zona sud-est, nella quale per 34 giorni sono state concesse deroghe.

Un'altra criticità importante si è riscontrata in Via XX Settembre, a poca distanza dal noto Viale della Libertà. In una zona prettamente residenziale, 1.135 cittadini hanno dovuto far fronte per 51 serate nel periodo estivo ai livelli elevati di rumore dovuti agli spettacoli con amplificazione. Meritano infine una particolare menzione la piazza principale della frazione balneare di Mondello e il Teatro di Verdura. Nella prima sono state concesse a luglio e agosto complessivamente 30 giornate in deroga, mentre 25 sono stati i concerti tenuti nello stesso periodo presso il teatro.

**Figura 1: Geolocalizzazione delle autorizzazioni nel 2017**



Fonte: ARPA Sicilia



L'analisi delle autorizzazioni in deroga rilasciate nell'ultimo biennio dal Comune di Palermo ha permesso di delineare il quadro attuale e interpretare le dinamiche di un fenomeno, quello delle autorizzazioni in deroga, che appare sempre più ricorrente. È emerso che gran parte delle manifestazioni è avvenuta nelle zone del centro storico, un'area dalle dimensioni contenute nella quale, anche senza gli eventi in deroga, i livelli di rumore notturno risultano molto elevati a causa della "movida". Inoltre, l'analisi della documentazione di impatto acustico presentata dagli organizzatori degli eventi per i quali è stata chiesta la deroga ha permesso di riscontrare numerose irregolarità e sottostime degli effettivi livelli di rumore prodotti in facciata alle abitazioni esposte. Il criterio proposto di valutare tramite le aree di in-

fluenza e l'analisi georeferenziata e geostatistica del numero di persone esposte permetterebbe di verificare in modo semplificato ma più completo l'effettivo impatto degli eventi in deroga.

## Bibliografia

ARPA Sicilia, 2007: *Linee guida per la classificazione in zone acustiche del territorio dei comuni*. Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana, Parte I n. 50, 19/10/2007.  
Comune di Palermo, 2015: *Regolamento sullo sviluppo sostenibile ai fini della convivenza tra le funzioni residenziali e le attività di esercizio pubblico e svago nelle aree private, pubbliche e demaniali*. Deliberazione di Consiglio Comunale n. 435, 05/11/2015.

**Figura 2: Gli edifici all'interno del centro storico nei quali vengono superati i 65 dB(A) in facciata (in giallo)**



Fonte: ARPA Sicilia

## I licheni come indicatori del rischio ambientale

Francesco Caridi, Vincenzo Sorrenti,  
Giovanna Belmusto  
ARPA Calabria

Molti studi effettuati prima e dopo l'incidente di Chernobyl hanno dimostrato che i licheni possono accumulare elevate concentrazioni di radionuclidi. L'interesse per il loro comportamento negli ecosistemi naturali si sviluppò durante gli anni '60, durante i test nucleari in atmosfera, in seguito all'acclarato trasferimento di  $^{137}\text{Cs}$  lungo la catena alimentare lichene-renna-uomo. I licheni sono indicatori ideali dei radionuclidi aerodispersi in vari ecosistemi, essendo una straordinaria associazione simbiotica di funghi e alghe e ottenendo i loro nutrienti principali direttamente dall'aria. I licheni accumulano e conservano la maggior parte dei prodotti di *fallout* depositati e quindi agiscono come un serbatoio di radioattività. Non hanno un apparato radicale e pertanto è improbabile che accumulino livelli significativi di  $^{137}\text{Cs}$  dal substrato. L'assorbimento dei radionuclidi da parte dei licheni è accentuato da alcune delle loro caratteristiche, come la persistenza delle parti aeree, che rallentano i loro tassi di crescita, la lunga durata di vita e l'elevato rapporto superficie/massa. La fissazione del radiocesio nel tallo del lichene non dipende dall'attività fisiologica della pianta, essendo principalmente un fenomeno passivo. Poiché queste piante perenni sembrano dominare le regioni montuose, dove la raccolta di campioni di terreno può essere difficile, è conveniente utilizzarle per le indagini radiologiche di questi territori. Inoltre, il loro campionamento è relativamente semplice. Per un'indagine completa sui rischi ambientali, il presente studio fornisce dati sul contenuto di  $^{137}\text{Cs}$ , nonché

di As, Be, Cd, Cu, Hg, Pb e Zn, misurati nei talli di vari licheni epifiti (*Usnea SPP*, *Platismatia Glauca*, *Pseudevernia Furfuracea*, *Ramalina SPP*) raccolti nella regione Calabria, e, in particolare, in tre differenti siti (zona "Tre Limiti", S. Stefano d'Aspromonte e Canolo) del Parco Nazionale d'Aspromonte, area naturale protetta di 64153 ettari della provincia di Reggio Calabria.

La mappa dei punti di campionamento è riportata in Figura 1, dove viene evidenziata l'area del Parco Nazionale.

Tutti i campioni sono stati accuratamente separati dal substrato, puliti dai residui di terreno o altre impurità e quindi essiccati in aria a temperatura ambiente. Dopo circa una settimana, i campioni di lichene sono stati nuovamente essiccati a 105 °C per 24 ore e omogeneizzati.

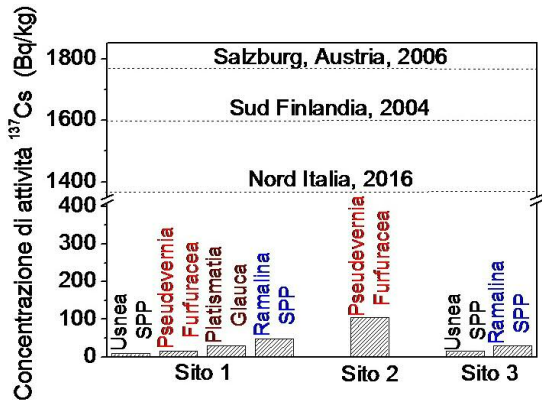
Figura 1: Mappa dei punti di campionamento



Fonte: ARPA Calabria

Per le analisi di spettrometria gamma, i campioni sono stati racchiusi in contenitori Petri di plastica (volume pari a 15.5 ml), dopo la determinazione del peso a secco, e analizzati per 70.000 s. La riga- $\alpha$  del  $^{137}\text{Cs}$  (661.66 keV) è stata utilizzata per determinare la sua concentrazione di attività, con un'incertezza al livello di confidenza del 95%. La strumentazione utilizzata per l'analisi è costituita da un rivelatore al germanio iperpuro (HPGe) Ortec, polarizzato inversamente (GMX), con una risoluzione FWHM di 1.94 keV, efficienza relativa al picco di riferimento ( $^{60}\text{Co}$  a 1.33 MeV) del 37.5% e rapporto picco-Compton di 65:1. Lo spettrometro, raffreddato elettricamente, con elettronica digitale integrata, è posto all'interno di un pozzetto di piombo per la schermatura della radiazione di fondo. L'analisi è stata eseguita utilizzando il *software* Ortec Gamma Vision. La contaminazione radioattiva dei licheni analizzati è mostrata in Figura 2.

**Figura 2: La concentrazione di attività di  $^{137}\text{Cs}$  nei campioni analizzati, confrontata con valori di letteratura**



Fonte: ARPA Calabria

Il contenuto più alto di  $^{137}\text{Cs}$  è stato trovato nel campione di Pseudevernia Furfuracea, ( $104.4 \pm 35.7$ ) Bq/kg (a peso secco), nel sito 2 (S. Stefano d'Aspromonte), mentre l'Usnea SPP nel sito 1 (zona "Tre limiti") ha presentato quello più basso, ( $8.1 \pm 4.3$ ) Bq/kg.

Ciò è dovuto principalmente alle differenze nel *fallout* radioattivo nelle diverse zone del Parco Nazionale.

Nel caso di Usnea SPP, Pseudevernia Furfuracea e Ramalina SPP, l'attività specifica di  $^{137}\text{Cs}$  è stata misurata in due luoghi diversi: siti 1 e 3 per la prima e l'ultima specie di lichene, sito 1 e 2 per la seconda. Per Usnea SPP, l'attività specifica di  $^{137}\text{Cs}$  ottenuta è stata ( $8.1 \pm 4.3$ ) Bq/kg nell'area "Tre Limiti" e ( $14.2 \pm 6.9$ ) Bq/kg a Canolo; per Pseudevernia Furfuracea è stata ( $16.1 \pm 6.4$ ) Bq/kg nell'area "Tre Limiti" e ( $104.4 \pm 35.7$ ) Bq/kg a S. Stefano d'Aspromonte; per Ramalina SPP è risultata essere ( $48.5 \pm 21.4$ ) Bq/kg nell'area "Tre Limiti" e ( $28.8 \pm 5.2$ ) Bq/kg a Canolo. Per Platismatia Glauca l'attività specifica di  $^{137}\text{Cs}$  è stata misurata solo nella zona "Tre limiti" e il risultato ottenuto è stato ( $29.1 \pm 9.2$ ) Bq/kg (peso secco). Tutti questi risultati sperimentali hanno messo in evidenza un livello di contaminazione molto basso, rispetto ai valori riportati in letteratura e mostrati anch'essi in Figura 2.

Per le analisi di spettrometria di massa (ICP-MS), sono stati introdotti in un inserto di quarzo circa 0.04–0.05 g di campione, 2 mL di  $\text{HNO}_3$  ultrapuro (67–69%) e 1 mL di  $\text{H}_2\text{O}$  distillata. Un'ulteriore quantità di liquido, 5 mL di  $\text{H}_2\text{O}$  distillata e 1 mL di  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%), è stata collocata direttamente nel recipiente TFM da 100 mL, attorno all'inserto di quarzo, ad una profondità pari all'altezza del liquido all'interno dell'inserto stesso. La digestione acida è stata eseguita utilizzando un sistema a microonde Milestone, Ethos 1, in tre fasi: 15 minuti a 1000 W e 200 °C; 10 minuti a 700 W e 200 °C; 10 minuti di raffreddamento. La miscela è stata filtrata e riempita fino a 50

ml con H<sub>2</sub>O distillata.

Le soluzioni di calibrazione per gli analiti misurati a 1, 5, 10, 100 e 200 ppb per As, Be, Cd, Cu, Pb, Zn e a 0.2, 0.5, 1, 2 e 3 ppb per Hg sono state preparate mediante opportune diluizioni di due diversi materiali certificati in 0.5% di HNO<sub>3</sub> e 0.5% di HCl. È stata applicata la standardizzazione interna, con uno standard interno a 20 ppb, aggiunto on-line tramite un raccordo a T prima del nebulizzatore. Per le misurazioni è stato utilizzato un ICP-MS iCAP Qc Thermo Scientific, in modalità KED, usando He puro come gas di collisione e utilizzando i seguenti parametri: 1550 W di potenza diretta; 0.98 L/min gas nebulizzatore; 0.8 L/min gas ausiliario; 14.0 L/min gas di raffreddamento; 4.5 mL/min gas di collisione; 45 s. ciascuno per assorbimento del campione/tempo di lavaggio; tempi di sosta ottimizzati per analita (0.01 s, tranne 0.05 s per As); un punto per picco e tre ripetizioni per campione.

La Tabella 2 riporta il contenuto (ppm), nei licheni dell'area investigata, dei metalli presenti nei particolati aerodispersi, ottenuti attraverso l'analisi ICP-MS.

Questi risultati sono stati confrontati con i valori di concentrazione degli stessi elementi nei licheni secondo una scala di naturalità/alterazione, che esprime il grado di deviazione da condizioni "naturali", seguendo la metodologia suggerita da Loppi *et al.* (ISPRA, 2012, Bioindicatori ed eco tossicologia, sintesi e atti dei workshop 2008-2009). Per As, Be, Cd, Cu e Zn, i valori più alti sono stati ottenuti nel campione di Pseudevernia Furfuracea nel sito di campionamento 1: (1.5 ± 0.6) ppm, (0.20 ± 0.09) ppm, (0.27 ± 0.10) ppm, (17.8 ± 3.5) ppm e (28.2 ± 6.4) ppm, rispettivamente. Questi dati rappresentano una naturalità/bassa alterazione per l'arsenico, il berillio e il rame; alta/altissima naturalità per cadmio e zinco, rispettivamente. Per Hg e Pb i valori più alti sono stati trovati in Platismatia Glauca nel sito 1: (0.13 ± 0.06) ppm e (12.6 ± 3.1) ppm, rispettivamente, e rappresentano una media/alta naturalità. I risultati di spettrometria di massa mostrano che non vi è alcuna contaminazione da metalli pesanti per i licheni investigati nel presente articolo.

I dati riportati nel presente lavoro forniscono utili infor-

**Tabella 1: Contenuto (in ppm) di metalli nei licheni analizzati**

| Location        | Species                 | ICP-MS analysis |             |             |            |             |            |             |
|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
|                 |                         | As (ppm)        | Be (ppm)    | Cd (ppm)    | Cu (ppm)   | Hg (ppm)    | Pb (ppm)   | Zn (ppm)    |
| Sampling site 1 | Usnea SPP               | 0.4 ± 0.1       | 0.06 ± 0.02 | 0.12 ± 0.05 | 7.6 ± 1.5  | < 0.09      | 3.2 ± 0.7  | 0.10 ± 0.02 |
|                 | Pseudevernia Furfuracea | 1.5 ± 0.6       | 0.20 ± 0.09 | 0.27 ± 0.10 | 17.8 ± 3.5 | 0.07 ± 0.03 | 7.7 ± 1.8  | 28.2 ± 6.4  |
|                 | Platismatia Glauca      | 0.9 ± 0.3       | 0.19 ± 0.09 | 0.23 ± 0.09 | 11.7 ± 2.3 | 0.13 ± 0.06 | 12.6 ± 3.1 | 20.1 ± 4.5  |
|                 | Ramalina SPP            | 0.7 ± 0.2       | 0.12 ± 0.05 | 0.08 ± 0.03 | 6.9 ± 1.4  | < 0.09      | 3.3 ± 0.8  | 9.3 ± 2.1   |
| Sampling site 2 | Pseudevernia Furfuracea | 0.4 ± 0.1       | 0.06 ± 0.03 | 0.15 ± 0.06 | 10.5 ± 2.1 | < 0.09      | 3.1 ± 0.7  | 27.2 ± 6.2  |
| Sampling site 3 | Usnea SPP               | 1.1 ± 0.4       | 0.06 ± 0.03 | 0.12 ± 0.05 | 13.9 ± 2.8 | 0.08 ± 0.04 | 5.8 ± 1.4  | 22.3 ± 5.1  |
|                 | Ramalina SPP            | 1.2 ± 0.4       | 0.18 ± 0.07 | 0.17 ± 0.07 | 17.5 ± 3.5 | < 0.09      | 8.1 ± 1.9  | 21.1 ± 4.8  |

Fonte: ARPA Calabria

mazioni sul rischio ambientale e possono inoltre essere utilizzati per una mappatura radiologica e chimica dell'area investigata.

## Bibliografia

Papastefanou C. et al., 1988, *Radiation measurements and radioecological aspects of fallout from the cherbonyl reactor accident*, Journal of Environmental Radioactivity 7 49-64.

Mattsson S., 1975, *Investigation of the distribution of  $^{137}\text{Cs}$  from fallout in the soils of the city of Lund and the province of Skåne in Sweden*, Health Physics 28 233-248.

Bargagli R., Barghigiani C., 1991, *Lichen biomonitoring of mercury emission and deposition in mining, geothermal and volcanic areas of Italy*, Environmental Monitoring and Assessment 16 265-271.

Papastefanou C. et al., 1989, *Lichens and mosses: Biological monitors of radioactive fallout from the Chernobyl reactor accident*, Journal of Environmental Radioactivity 9 199-207.

Hanson W. C., 1967, *Cesium-137 in Alaskan Lichens, Caribou and Eskimos*, Health Physics 13 383-389.

Caridi F. et al, 2016, *Natural radioactivity and elemental composition of beach sands in the Calabria region, south of Italy*, Environmental Earth Sciences 75 (7) 1-7.

Caridi F. et al., 2016, *Radioactivity, granulometric and elemental analysis of river sediments samples from the coast of Calabria, south of Italy*, The European Physical Journal Plus 131:136.

Caridi F. et al., 2016, *Natural radioactivity and metal contamination of river sediments in the Calabria region, south of Italy*, The European Physical Journal Plus 131:155.

Ortec Gamma Vision-32 v. 6, 2010.

Caridi F. et al., 2017,  *$^{137}\text{Cs}$  activity concentration in mosses in the Calabria region, south of Italy*, Journal of Instrumentation 12 P05001.

Iurian A. R. et al., 2010, *Long term study of  $cs$ -137 concentrations in lichens and mosses*, Environmental Physics 13 983-992.

EPA Method, 2007, *Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils*, 3051 a.

EPA Method, 2007, *Inductively coupled plasma-mass spectrometry*, 6020 a.

Loppi S. et al., 2002, *Identifying deviations from naturality of lichen diversity for bioindication purposes*. In: Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley P.A. (eds), *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*, NATO Science Series vol. 7, Kluwer Academic Publishers: 281-284.

ISPRA, 2012, *Bioindicatori ed eco tossicologia, sintesi e atti dei workshop 2008-2009*.



## Progetto radon: misure per 1.000 famiglie

Concettina Giovani  
ARPA Friuli Venezia Giulia

### Introduzione

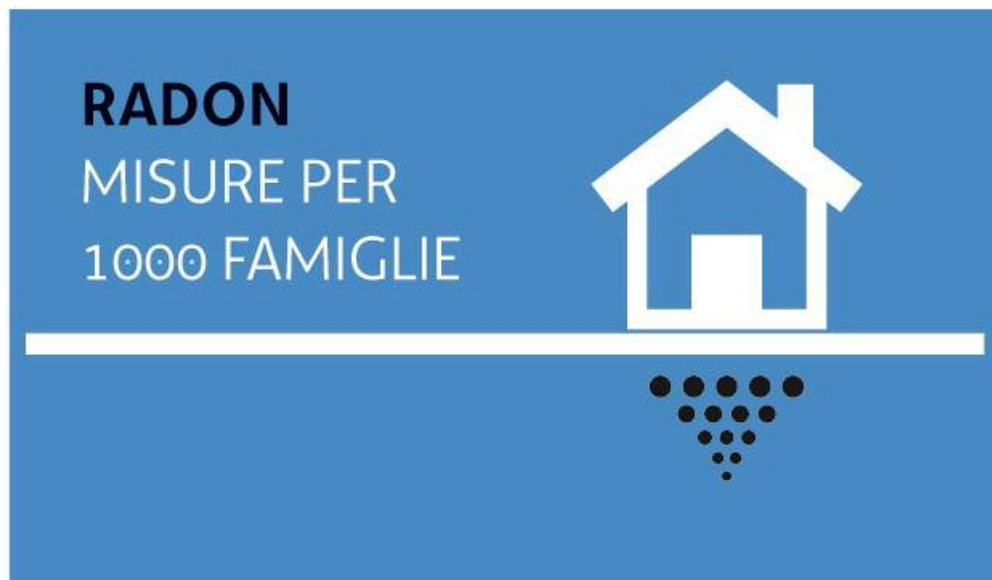
Il Friuli-Venezia Giulia è una delle regioni italiane che presenta le più alte concentrazioni medie di radon *in-door* e il fenomeno è noto già dalla fine degli anni '80; ciò a causa della conformazione geomorfologica della regione, che presenta zone con alta permeabilità dovute o a porosità (ghiaie nella Alta Pianura Friulana) o a fratturazione (fenomeno del Carsismo nella zona del carso triestino e goriziano).

Per questo motivo sul territorio regionale sono state

svolte molteplici attività volte alla stesura di mappe di distribuzione della concentrazione di radon nelle abitazioni e negli edifici scolastici e alle conseguenti azioni di mitigazione, oltre alle campagne di misura della concentrazione di radon nelle acque potabili e nel suolo. A partire dal 1988 sono state fatte decine di migliaia di misure. Molto significativa è stata anche l'attività nel campo dell'informazione e della formazione alla popolazione, ai vari professionisti del settore e in ambito universitario; sono stati pubblicati manuali, linee guida ed opuscoli vari, contenenti informazioni di carattere generale ed indicazioni e proposte per la protezione dal radon sia negli edifici esistenti sia in quelli in costruzione.

Nel corso dei diversi anni di monitoraggio, ARPA ha anche effettuato sopralluoghi presso edifici pubblici e

**Figura 1: Immagine dedicata alla campagna di sensibilizzazione del progetto “Radon, misure per 1000 famiglie”**



Fonte: ARPA Friuli Venezia Giulia

privati, in tutti i casi in cui siano state riscontrate elevate concentrazioni di radon *indoor* e ne sia stata fatta richiesta, allo scopo di fornire indicazioni per la riduzione del radon *indoor*. La maggior parte degli interventi indicati, in particolare per le abitazioni private, erano di semplice realizzazione e richiedevano spese piuttosto contenute. Nonostante ciò, nel caso delle abitazioni private, raramente gli interventi sono stati effettivamente realizzati, anche a fronte di concentrazioni medie annue elevate ( $> 1000 \text{ Bq/m}^3$ ).

In considerazione dell'importante ricaduta sanitaria di elevate concentrazioni di radon *indoor*, allo scopo di sensibilizzare (Figura 1) la popolazione sul rischio radon e sulle possibili azioni di risanamento e promuoverne la realizzazione, ARPA FVG ha promosso una nuova campagna di misura secondo le modalità previste dalla *Citizen Science*, cioè una modalità di lavoro in cui l'attività scientifica viene condotta con l'aiuto dei cittadini, sotto la guida di esperti.

### Peculiarità della metodologia d'indagine

Inizialmente era stata prevista la distribuzione di 1.000 dosimetri per la rilevazione del radon a mille famiglie della regione Friuli-Venezia Giulia, da consegnare alla fine di 4 incontri nei quattro ex capoluoghi di provincia. Da ciò è derivato il nome dell'iniziativa. Gli unici requisiti per ottenere un dosimetro da posizionare presso la propria abitazione erano quelli di abitare in regione e partecipare, previa iscrizione, a uno degli incontri informativi/formativi. L'iniziativa è stata opportunamente pubblicizzata e ha avuto grande riscontro nella popolazione, tanto da richiedere un aumento della disponibilità dei dosimetri. Durante gli incontri sono state fornite le indicazioni per il posizionamento e la restituzione dei dosimetri al laboratorio di ARPA, dopo l'espo-

sizione concordata di 5 mesi.

Gli incontri si sono svolti nel mese di ottobre 2017 e l'esposizione dei dosimetri è stata compresa all'incirca tra ottobre 2017 e marzo 2018. I dosimetri sono stati forniti corredati da un opuscolo informativo sul radon, una scheda informativa da compilare con i dati relativi al periodo di esposizione, alle caratteristiche edilizie dell'edificio e del locale di posizionamento del dosimetro, di interesse per l'analisi dei dati oltre ai dati anagrafici. Inoltre, era presente un protocollo operativo per l'utilizzo del dosimetro e la busta pre-indirizzata per la spedizione del dosimetro al laboratorio alla fine del periodo di esposizione. Il locale d'elezione indicato per il posizionamento è stato la camera da letto, indipendentemente dal piano in cui si trovasse. A partire dalla data del primo incontro, tutte le informazioni, oltre a due filmati relativi rispettivamente alle modalità di utilizzo del dosimetro e alle modalità di sviluppo e analisi del dosimetro una volta rientrato in laboratorio, sono stati pubblicati sul sito Web di ARPA FVG e sono tutt'ora disponibili.

Entro il mese di maggio 2018, tutti i certificati con i risultati relativi alle misure nelle singole abitazioni sono stati spediti via mail ai cittadini. Oltre 80 famiglie hanno espresso la volontà di effettuare azioni di risanamento presso la propria abitazione ed entro agosto 2018 sono stati effettuati i sopralluoghi, dando precedenza alle abitazioni con concentrazioni di radon *indoor* più elevate. Nella maggior parte dei casi sono state fornite indicazioni per l'effettuazione di semplici azioni di mitigazione. Per tutti coloro che vorranno realizzare le azioni di rimedio, è previsto che vengano fatte misure di lungo periodo, previste a distanza di un anno dalla campagna precedente, per verificarne l'efficacia.

L'11 ottobre 2018, tutti i partecipanti all'iniziativa sono stati invitati a una giornata di studio in cui sono stati illustrati i principali risultati della campagna di misura. La



giornata, a cui sono stati invitati, oltre alle ARPA/APPA italiane e ai dipartimenti di prevenzione, gli enti pubblici, i professionisti ed i cittadini del Friuli-Venezia Giulia, ha rappresentato anche un'occasione di confronto tecnico scientifico a livello nazionale, fra le diverse componenti del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, del sistema Sanitario ecc...

### Risposta dei cittadini

La partecipazione ai 6 incontri realizzati è stata di oltre 1.800 persone (Figura 2) e sono stati distribuiti 1.775 dosimetri ad altrettante famiglie: il numero di famiglie è risultato pari a circa il 3‰ di quelle residenti in Friuli-Venezia Giulia. La richiesta dei sopralluoghi è risultata pari ad oltre il 40% delle abitazioni con concentrazioni medie annue stimate  $> 300 \text{ Bq/m}^3$ .

La maggior parte dei dosimetri è stata esposta correttamente nel periodo indicato e sono rientrati al laboratorio 1.641 dosimetri, pari ad oltre il 92% dei dosimetri distribuiti. Di questi, il 95% è rientrato entro i tempi pre-stabiliti e con la scheda informativa compilata correttamente in tutte le sue parti.

Le abitazioni interessate dal monitoraggio sono risultate chiaramente concentrate intorno agli ex capoluoghi di provincia. Ciononostante, la zona montana, meno densamente popolata, non è stata del tutto esclusa dal monitoraggio. Inoltre, questa campagna, una volta effettuate le opportune correzioni (es. per portare tutti i valori a medie annue a piano terra), ha di fatto confermato gli esiti di una precedente campagna condotta con metodi statistici rigorosi (Cafaro *et al.*, 2014), consentendo di individuare le zone della regione a più alto rischio radon.

**Figura 2: Nuclei familiari coinvolti nel progetto “Radon, misure per 1.000 famiglie”**



Fonte: ARPA Friuli Venezia Giulia

---

## Considerazioni conclusive

L'analisi dei dati derivanti dalla campagna "Radon, misure per 1.000 famiglie" è ancora in corso, tuttavia possono già essere sottolineate alcune importanti considerazioni.

La campagna ha sicuramente raggiunto l'obiettivo della sensibilizzazione della popolazione del Friuli-Venezia Giulia alla problematica del radon, anche se in questo campo ancora molta strada resta da percorrere.

L'approccio della *Citizen Science* si è dimostrato molto efficace anche dal punto di vista dei risultati dello studio stesso, permettendo di ribadire i risultati delle campagne già eseguite in precedenza con strategie di campionamento classiche, in particolare con riferimento all'individuazione delle aree del territorio e delle tipologie edilizie a più alto rischio radon. Questi risultati sono stati raggiunti con un solo semestre di misura (in realtà solo i 5 mesi più freddi dell'anno), con misure effettuate contemporaneamente su tutto il territorio, riducendo al minimo gli oneri per il campionamento e la consegna dei dosimetri.

Il risultato forse più importante è la ricaduta in termini di riduzione della dose alla popolazione, in quanto numerosi cittadini hanno già apportato azioni di mitigazione alle loro abitazioni e altri le stanno intraprendendo. A titolo di confronto nella precedente campagna, nonostante in oltre 320 abitazioni (pari a circa il 13% del totale monitorato) fossero state misurate concentrazioni superiori a  $300 \text{ Bq/m}^3$ , a nostra conoscenza, soltanto in una sono state effettuate azioni di risanamento. Nel caso della campagna attuale, sulle 199 abitazioni con concentrazione superiori a  $300 \text{ Bq/m}^3$  (pari a circa il 12% del totale monitorato), il 7% circa ha già completato le azioni di risanamento indicate e molte

altre sono in fase di completamento.

Come sviluppo ulteriore, lo studio prevede di verificare in futuro l'efficacia delle azioni di mitigazione intraprese, effettuando nuove misurazioni. Ciò permetterà di raccogliere un ulteriore complesso di dati, certamente utili per approfondire le conoscenze nel campo della riduzione della concentrazione del radon negli edifici a uso abitativo.

---

## Bibliografia

Cafaro C., Bossew. P., Giovani C., Garavaglia M., 2014 - *Definition of Radon Prone Areas in Friuli-Venezia Giulia region, Italy, using geostatistical tools*, - Journal of Environmental Radioactivity, 138, 208-219.

Giovani C., Candolini G., Di Marco P., Feliciosi D., Garavaglia M., Lizzi S., Piccini L., Pividore S., Zoccolan R., 2018 - *"Progetto radon misure per 1000 famiglie" - uno studio di citizen science in Friuli-Venezia Giulia* - in atti del XXXVII Congresso nazionale di Radioprotezione AIRP, Bergamo 17-19 ottobre 2018

## 9. AGENTI CHIMICI

### Applicazione e validazione di un nuovo metodo per la determinazione del Glifosate e dell'AMPA

Maria Lucia Antoci  
ARPA Sicilia

Il monitoraggio del Glifosate nelle acque è fortemente limitato dalle oggettive difficoltà che accompagnano la determinazione di tale fitofarmaco e del suo principale metabolita. La ricerca del Glifosate e dell'AMPA rappresenta una concreta sfida analitica che ad oggi solo poche ARPA sono riuscite ad affrontare, inserendo tali sostanze nei protocolli d'indagine applicati di *routine* al monitoraggio delle acque.

Si tratta infatti di composti polari, con caratteristiche anfotere, non volatili e privi di gruppi cromofori, insolubili nei solventi organici e molto solubili in acqua, ciò rende di fatto impossibile il loro inserimento nei metodi di prova multi-residuo.

Il metodo ad oggi più utilizzato prevede l'estrazione e la derivatizzazione pre-colonna con il cloruro di 9-fluorenilmetossicarbonilico (FMOC-Cl) (Meyer *et al.*, 2009), procedura lunga e laboriosa, che limita il numero di campioni per sessione di analisi; inoltre il consistente rumore di fondo strumentale, per l'eccesso di derivatizzante, rende necessaria una fase di purificazione/pre-concentrazione del derivatizzato per raggiungere la sensibilità richiesta dalla normativa.

Nel 2016 la Ditta Waters ha presentato un metodo innovativo di determinazione del Glifosate e dell'AMPA che prevede, con una procedura semplice e rapida, l'utilizzo, a pH controllato, di un derivatizzante (ACQ: 6-aminoquinolyl-*N*-hydroxysuccinimidyl carbamate) alternativo all'FMOC, e la successiva identificazione e quantificazione con tecnica UPLC-MS/MS (Salazar *et*

*al.*, 2012). Sulla base della documentazione resa disponibile dalla Waters, la metodologia è apparsa idonea alle esigenze analitiche e alle risorse tecniche del laboratorio della Struttura di Ragusa di ARPA Sicilia. Testate le prestazioni strumentali (intervallo di lavoro, linearità, limite di rilevabilità, sensibilità), attraverso l'applicazione del protocollo Waters su soluzioni standard di riferimento di Glifosate e AMPA, a diverse concentrazioni in acqua Milli-Q, si è valutata l'applicabilità del metodo ai campioni reali, determinando robustezza, precisione, accuratezza, recupero e limite di quantificazione. La validazione sia per le acque superficiali che sotterranee ha dimostrato l'idoneità del metodo rispetto ai requisiti previsti dalla normativa e l'aggiunta di standard marcati (1,2-<sup>13</sup>C<sub>2</sub><sup>15</sup>N Glifosate e <sup>13</sup>C<sup>15</sup>N AMPA), prima della derivatizzazione, garantisce un adeguato controllo del processo analitico.

Nella Figura 1 viene presentato lo schema del metodo utilizzato per la determinazione del Glifosate e AMPA.

La quantificazione è ricavata dal calcolo del rapporto tra la risposta del Glifosate nel campione rispetto a quello dello *standard* marcato, aggiunto prima della derivatizzazione, in funzione dei fattori di risposta eseguiti in iso-concentrazione per la coppia Glifosate 1,2-<sup>13</sup>C<sub>2</sub><sup>15</sup>N /Glifosate e AMPA/ <sup>13</sup>C<sup>15</sup>N AMPA.

Il metodo è caratterizzato da ripetibilità (CV%), linearità, limite di quantificazione (LOQ) ed esattezza.

La partecipazione a circuiti interlaboratorio ha restituito risultati soddisfacenti in termini accuratezza e precisione, dimostrando l'abilità del laboratorio all'esecuzione della prova. Il campo di applicabilità è riferibile alle acque interne (superficiali, sotterranee) con un LOQ di 0,01 µg/L e un intervallo di linearità fino a 5 µg/L.

L'applicazione del metodo, con la ricerca dei residui di Glifosate e AMPA in campioni di acque prelevate nella

Figura 1: Schema riassuntivo della procedura analitica



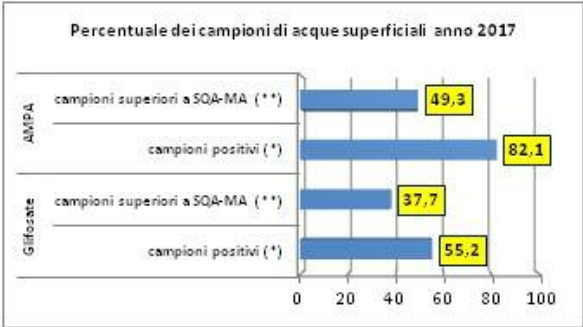
Fonte: ARPA Sicilia

provincia di Ragusa, è iniziata nel 2016, sono stati analizzati 42 campioni di acque superficiali e 58 di sotterranee.

Nel 2017, sono stati monitorati 115 siti di acque sotterranee di cui 50 a destinazione d'uso potabile, per un totale di 382 campioni e 20 siti di acque superficiali per un totale di 134 campioni.

Per le acque superficiali il valore medio è pari a 0,32 µg/l per il Glifosate e 0,96 µg/l per AMPA, mentre nelle sotterranee la media è inferiore sia per il Glifosate (0,09 µg/l) che per AMPA (0,05 µg/l).

Figura 2: Determinazione di Glifosate e di AMPA nelle acque superficiali e sotterranee



Fonte: ARPA Sicilia

Legenda: (\*) Concentrazione superiore a 0,01 µg/L - (\*\*) Concentrazione superiore a 0,1 µg/L

Le percentuali dei campioni positivi e dei campioni con residui superiori allo SQA-MA (Standard di Qualità Ambientale espresso come valore Medio Annuo) nelle acque superficiali e sotterranee, sono rappresentate nella Figura 2.

Il dato della Sicilia del 2017 (primo anno in cui il parametro è stato sistematicamente monitorato) trova concordanza con le rilevazioni fornite dalle poche Agenzie che effettuano la ricerca del Glifosate, e in particolare con gli esiti dei monitoraggi svolti da ARPA Toscana nel 2016 (dato più recente disponibile dal portale pesticidi ISPRA-SNPA, dato). I risultati di ARPA Toscana sono caratterizzati da un'alta percentuale di campioni positivi di acque superficiali (74,9% AMPA e 59,6% Glifosate) con superamenti di SQA-MA nel 45,9% dei casi per l'AMPA e il 26,3 % per il Glifosate.

A livello nazionale (dati 2016 dal portale pesticidi ISPRA-SNPA) la percentuale di campioni positivi di acque superficiali è inferiore (49,2 % AMPA e 27,5 % Glifosate) con superamenti di SQA-MA del 40,7 % per AMPA e 18,3 % Glifosate.

Nelle acque sotterranee (dati 2016 dal portale pesticidi ISPRA-SNPA) la presenza di residui di Glifosate e AMPA è inferiore a quella registrata per le superficiali. A livello nazionale la percentuale di campioni positivi è pari al 11,1 % per il Glifosate e al 17,7 % per AMPA, mentre in Toscana le positività sono rispettivamente del 7,9 % e 28,1%.

I dati evidenziano, comunque, una diffusa presenza di residui nei campioni di acque superficiali e sotterranee in tutti gli ambiti territoriali in cui è effettuata la ricerca. Pertanto la metodica sperimentata nel laboratorio di ARPA Sicilia - Struttura di Ragusa, applicata all'ordinaria routine analitica del monitoraggio dell'ambiente idrico, si è dimostrata idonea alla ricerca di residui del Glifosate

e del metabolita AMPA nei campioni di acque superficiali e sotterranee.

L'inserimento del Glifosate nei protocolli analitici appare strategico per la definizione degli obiettivi di qualità delle acque. Infatti, le elevate concentrazioni riscontrate, con il superamento del valore di 0,1 µg/l, determinano nella maggior parte dei casi un declassamento dello Stato di qualità ambientale dei corpi idrici.

## Bibliografia

- ISPRA - SNPA Portale dei pesticidi, in [https://www.pesticidi.isprambiente.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1:home&catid=2:non-categorizzato&Itemid=101](https://www.pesticidi.isprambiente.it/index.php?option=com_content&view=article&id=1:home&catid=2:non-categorizzato&Itemid=101)
- Meyer, M. T., Loftin, K. A., Lee, E. A., Hinshaw, G. H., Dietze, J. E., & Scribner, E. A. 2009. *Determination of glyphosate, its degradation product aminomethylphosphonic acid, and glufosinate, in water by isotope dilution and online solid-phase extraction and liquid chromatography/tandem mass spectrometry* (No. 5-A10). US Geological Survey.
- Salazar, C., Armenta, J. M., & Shulaev, V. 2012. *An UPLC-ESI-MS/MS assay using 6-aminoquinolyl-N-hydroxy-succinimidyl carbamate derivatization for targeted amino acid analysis: application to screening of arabidopsis thaliana mutants*. Metabolites, 2(3), 398-428.



## 10. COMUNICAZIONE AMBIENTALE

### La rete “Comunicazione e informazione” SNPA

Marco Talluri<sup>1</sup>, Renata Montesanti<sup>2</sup>, Carlotta Alaura<sup>1</sup>, Francesca Baldi<sup>1</sup>, Maddalena Bavazzano<sup>1</sup>, Simona Benedetti<sup>2</sup>, Elisa Bianchi<sup>3</sup>, Leda Bultrini<sup>4</sup>, Stefania Calleri<sup>1</sup>, Anna Cammarota<sup>5</sup>, Luigi Carrino<sup>6</sup>, Maria Carta<sup>7</sup>, Lorena Cecchini<sup>2</sup>, Markos Charavgis<sup>8</sup>, Luigi Chialvo<sup>4</sup>, Giorgio Cognigni<sup>1</sup>, Marco Cosentini<sup>9</sup>, Giuseppe Cuffari<sup>10</sup>, Amalia Damiano<sup>11</sup>, Luca Deandreis<sup>2</sup>, Maria Fasano<sup>5</sup>, Sara Favre<sup>12</sup>, Stefano Folli<sup>13</sup>, Nadia Franzoi<sup>14</sup>, Pietro Funaro<sup>15</sup>, Marco Gani<sup>16</sup>, Federico Grasso<sup>17</sup>, Alessandro Inverso<sup>18</sup>, Alessandra Lasco<sup>2</sup>, Loredana Lattuca<sup>3</sup>, Andrea Malossini<sup>13</sup>, Jacopo Mantoan<sup>19</sup>, Fabio Mariottini<sup>8</sup>, Antonella Masala<sup>18</sup>, Daria Mazzella<sup>2</sup>, Nadia Miriello<sup>20</sup>, Luigi Mosca<sup>15</sup>, Alessandra Negriolli<sup>18</sup>, Cristina Pacciani<sup>2</sup>, Annarita Pescetelli<sup>2</sup>, Sara Petrillo<sup>16</sup>, Sonia Poponessi<sup>2</sup>, Elena Porrazzo<sup>2</sup>, Daniela Raffaelli<sup>13</sup>, Gabriele Rossi<sup>1</sup>, Carmine Sau<sup>21</sup>, Federica Savio<sup>7</sup>, Alice Scarcella<sup>10</sup>, Fabio Scavo<sup>9</sup>, Thomas Valerio Simeoni<sup>22</sup>  
1 ARPA Toscana, 2 ISPRA, 3 ARPA Piemonte, 4 ARPA Lazio, 5 ARPA Basilicata, 6 ARPA Puglia, 7 ARPA Veneto, 8 ARPA Umbria, 9 ARPA Calabria, 10 ARPA Sicilia, 11 ARPA

Molise, 12 ARPA VdA, 13 ARPAE Emilia-Romagna, 14 APPA Bolzano, 15 ARPA Campania, 16 ARPA Friuli Venezia Giulia, 17 ARPA Liguria, 18 ARPA Lombardia, 19 APPA Trento, 20 ARTA Abruzzo, 21 ARPA Sardegna, 22 ARPA Marche

Nell'ambito del programma triennale delle attività del Sistema nazionale della protezione ambientale (SNPA), nel 2015 è stato costituito il gruppo di lavoro (GdL) n.48 “Comunicazione”, composto da rappresentanti di ISPRA e di tutte le Agenzie ambientali regionali (ARPA) e provinciali (APPA) e coordinato da ARPA Toscana.

Obiettivo del gruppo di lavoro è stato quello di “fare rete” e mettere in comune le esperienze più avanzate su fronte della comunicazione, per sviluppare modalità coordinate, almeno su alcuni temi cardine che mediaticamente investono la società.

La somministrazione a tutte le agenzie del SNPA di un questionario sulle attività di comunicazione è stato uno dei primi impegni del GdL, che ha poi replicato l'iniziativa nel corso del 2018, con un approfondimento su composizione, compiti e inquadramento del personale impegnato in queste attività.

Il secondo questionario ha permesso di fotografare la

Figura 1: Rete “Comunicazione e informazione” SNPA



Fonte: Rete 'Comunicazione e informazione' SNPA



situazione: fra le circa diecimila persone che operano nel Sistema, la “comunicazione” conta 135 addetti, fra cui oltre 30 giornalisti iscritti all’Ordine professionale. Pur rappresentando meno dell’1,5% del totale, questi addetti di fatto gestiscono, dal punto di vista istituzionale, ambientale e mediatico, la comunicazione di un Sistema che sconta una storica disomogeneità nel riconoscimento e nel relativo inquadramento delle professionalità che lo presidiano, particolarmente in questo settore.

Il Consiglio nazionale del SNPA, il 22 febbraio 2018, ha recepito la proposta del GdL di trasformarsi nella Rete “Comunicazione e informazione” SNPA (<https://www.snpambiente.it/attivita/il-gruppo-di-lavoro-comunicazione-del-snpa/>), che si riferisce direttamente all’Ufficio di Presidenza SNPA (in Figura 1 il logo della Rete).

In quanto “rete”, si tratta di una struttura flessibile, dinamica, adattiva, in cui ogni nodo può portare contributi originali, mettendoli a disposizione di tutti gli altri, sulla base delle proprie esperienze e specificità. La Rete ha, oltre al compito di coordinare i vari soggetti che compongono il sistema per queste tematiche, anche, e soprattutto, il compito di assicurare una gestione quotidiana degli strumenti di comunicazione integrati già messi in campo (AmbienteInforma, @SNPAmbiente) e gli altri che si auspica poter presto attivare (rivista di sistema, ufficio stampa di sistema ecc.).

Considerata la complessità di tali compiti, la Rete è composta da rappresentanti di ISPRA e di tutte le Agenzie (preferibilmente i responsabili per le funzioni comunicazione e informazione), ma poi si articola, coinvolgendo anche altre persone, in ulteriori gruppi per i singoli strumenti attivati.

Questo era l’assetto che si era già dato il GdL n.48, ma

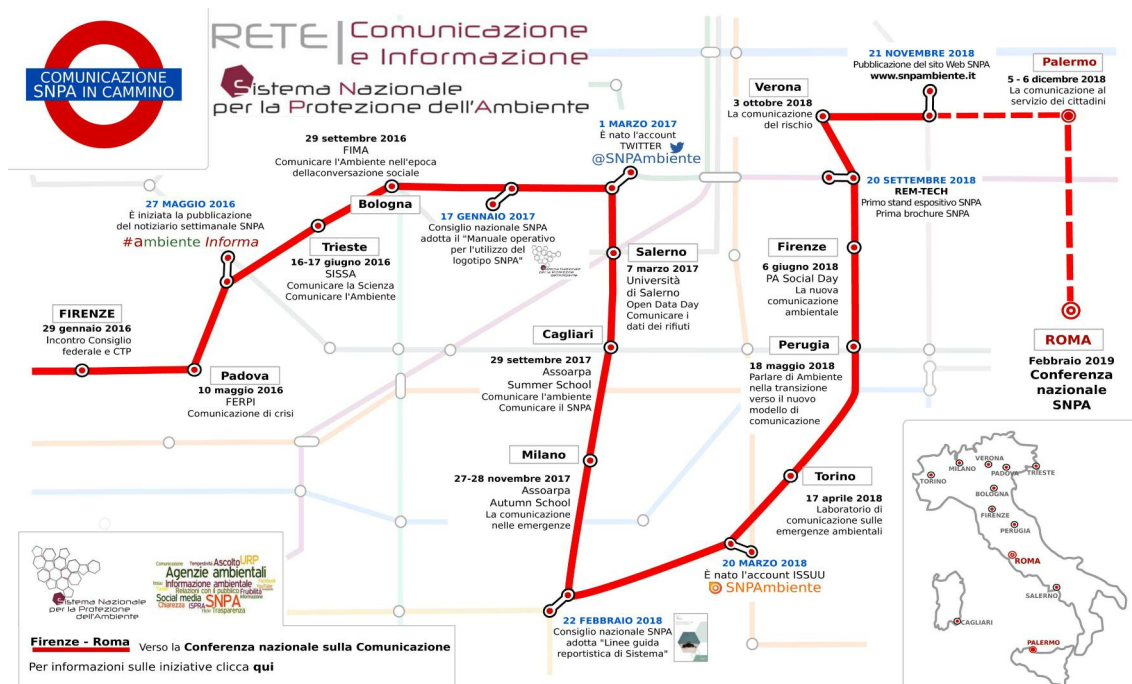
che dovrà via via aggiornarsi con la più ampia partecipazione da parte di tutte le Agenzie ai vari filoni di attività. In questi anni il lavoro del GdL ha permesso di iniziare a costruire un tessuto comune di conoscenze ed esperienze fra i comunicatori, una vera e propria rete di relazioni e collaborazioni, indispensabile per conseguire l’obiettivo di una progressiva e sempre più avanzata integrazione delle attività di comunicazione ed informazione nel SNPA.

Il GdL “Comunicazione” prima d’ora la Rete “Comunicazione e informazione” sta realizzando un percorso articolato, in primo luogo di ascolto, per capire quali sono le aspettative degli interlocutori esterni nei confronti della comunicazione ed informazione del Sistema, attraverso una serie di iniziative (Figura 2). Il percorso si concluderà a febbraio 2019, con la Prima Conferenza Nazionale SNPA che tirerà le somme di quanto emerso da tre incontri pubblici preparatori svoltisi in autunno 2018: il primo, a Ferrara nell’ambito della Fiera RemTech, rivolto ad un pubblico di imprese con le quali è stato instaurato un rapporto di dialogo e condivisione, il secondo, a Roma, dove personalità del mondo scientifico hanno proposto le proprie visioni di scenario ambientale mondiale per il 2052, il terzo, a Palermo, dove il Sistema ha incontrato rappresentanti della società civile e delle istituzioni locali.

A seguire si citano alcune delle azioni più significative fatte per integrare la comunicazione SNPA.

Gli aspetti relativi all’immagine coordinata hanno svolto un ruolo importante per accompagnare e sostenere l’effettiva costituzione del Sistema, dopo la sua nascita ufficiale il 14 gennaio 2017. Da questa data, infatti, tutte le forme di espressione di ISPRA e delle ARPA-APPA devono, di norma, essere accompagnate dal logotipo SNPA, per evidenziarne l’appartenenza al Sistema, che

Figura 2: Comunicazione SNPA in cammino



Fonte: Rete 'Comunicazione e informazione' SNPA

non è più la semplice sommatoria di 22 enti autonomi e indipendenti che realizzano in collaborazione delle attività. Successivamente è stato predisposto un Manuale per l'uso del logo e delle Linee guida per la redazione della reportistica ambientale di Sistema, che costituisce una delle attività più qualificanti del SNPA.

Dal 26 maggio 2016, prima con cadenza settimanale e, dall'inizio del 2018, bisettimanale, viene pubblicato il notiziario AmbientelInforma, che conta oggi già 150 numeri e oltre 2.700 articoli pubblicati. AmbientelInforma è inviato ad un indirizzario di circa 100.000 destinatari: 10.000 dipendenti del Sistema e circa 90.000 *stakeholder* tra amministratori, funzionari, tecnici, esperti, politici, as-

sociazioni, comitati, giornalisti, imprese, ordini professionali ecc.

L'obiettivo di questo strumento informativo è quello di presentare un Sistema che lavora quotidianamente e sempre più spesso "insieme", in una prospettiva di integrazione.

Il notiziario è realizzato da una redazione integrata alla quale partecipano comunicatori di ISPRA e di tutte le agenzie regionali e provinciali.

La presenza del SNPA sui *social media* è iniziata con il canale

Twitter

@SNPAmbiente

(<https://twitter.com/snpambiente>), che ha risposto, inizialmente, a due necessità: far conoscere l'acronimo

---

SNPA e far capire nell'immediatezza il tema "ambiente". Dietro al canale c'è un gruppo di sette comunicatori, di sette Agenzie diverse che, dopo aver condiviso la formazione necessaria e la *policy* interna, sono arrivati a una gestione condivisa, operando con turni settimanali per presidiare costantemente @SNPAmbiente. Successivamente è stato attivato uno spazio, sempre denominato SNPAmbiente, su Issuu (<https://issuu.com/snpambiente>), il social dedicato alla pubblicazione di documenti consultabili in formato sfogliabile.

La Rete ha inoltre definito un *set* di indicatori che rappresentano in modo omogeneo le attività di comunicazione e informazione dei 22 enti che compongono il SNPA; il *set*, compilato con i dati relativi all'anno 2017, rappresenterà un "termometro" dell'evoluzione di questo ambito di attività da parte del SNPA e degli enti che lo compongono.

Il SNPA ha iniziato a sperimentare anche il confronto diretto con il pubblico attraverso la partecipazione di sistema a manifestazioni fieristiche ed espositive; la presenza ad Ecomondo 2018, con uno *stand* comune ideato e proposto per la prima volta al pubblico, è stata un'occasione importante per colloquiare direttamente con gli utenti e rispondere alle loro richieste di informazioni. È stata altresì l'occasione per diffondere un prodotto di comunicazione istituzionale comune, la brochure "SNPA per l'Ambiente", che sta riscontrando un buon successo sia tra gli operatori del settore che tra il pubblico.

L'ultima, ma non per importanza, attività svolta per l'integrazione della comunicazione del Sistema, è la pubblicazione, dal 21 novembre del 2018, del nuovo sito Web [www.SNPAmbiente.it](http://www.SNPAmbiente.it), contenente le informazioni di base sul SNPA e i collegamenti alle varie risorse informative già disponibili. Si tratta del punto di partenza

verso un vero e proprio portale Web che integri tutti i dati e le informazioni ambientali prodotte.

L'insieme di tutte queste iniziative ha permesso di iniziare a costruire un tessuto comune di conoscenze ed esperienze fra i comunicatori delle Agenzie ambientali, una vera e propria rete di relazioni e collaborazioni, indispensabile per conseguire l'obiettivo di una progressiva e sempre più avanzata integrazione delle attività di comunicazione e informazione comunicazione nel SNPA, accompagnandolo e favorendone la crescita.

## L'uso delle APP per conoscere l'ambiente intorno a noi in tempo reale

Elisa Bianchi  
ARPA Piemonte

Ricevere o persino produrre autonomamente il dato ambientale desiderato attraverso il semplice uso del proprio *smartphone* rappresenta sicuramente la nuova frontiera nel campo ambientale a cui anche ARPA Piemonte si sta dedicando. La diffusione puntuale e in tempo reale del dato richiesto dall'utente amplia le possibilità di accesso alle informazioni. ARPA Piemonte, in collaborazione con ARPA Liguria, Regione Liguria e la regione francese del PACA, ha sviluppato l'APP LIVESTORM dedicata ai temporali che, grazie alle osservazioni *radar* meteorologiche, permette di

localizzare il fenomeno in atto e di avvisare l'utente con un preavviso dai 30 ai 60 minuti circa. È uno strumento utile per chi opera per la prevenzione sul campo, ma anche per tutti i cittadini in quanto le conseguenze di un temporale intenso sono imprevedibili, con alto rischio idrologico e idraulico che, se noto, consente di attuare strumenti di autodifesa, come non passare con la macchina in sottopassi, non sostare in cantine o in zone facilmente allagabili.

L'applicazione, gratuita, è scaricabile per i sistemi operativi Android e iOS. Permette di impostare la richiesta di ricevere le notifiche per la posizione attuale o per i luoghi scelti, con avvisi relativi al temporale in arrivo entro un raggio di 5, 10 o 20 km. È possibile visualizzare le mappe *radar* in tempo reale, osservando le aree interessate dai fenomeni. Fornisce un aggiornamento ogni 5 minuti con una previsione di

Figura 1: La *home page* del sito internet di LIVESTORM



Fonte: <https://livestorm.it/>

spostamento entro l'ora successiva. Copre tutto il Piemonte, la Liguria e parte della Lombardia, la provincia di Piacenza e le zone costiere della Costa Azzurra.

Sempre più si sta facendo sentire l'esigenza e la curiosità da parte del cittadino di misurare l'ambiente attorno a sé in maniera autonoma. *OpeNoise* è un'applicazione Android per rilevare il rumore attraverso *smartphone* e *tablet*, sviluppata da ARPA Piemonte che, in via sperimentale, cerca di dare una risposta a questo bisogno. L'applicazione consente la misurazione del livello sonoro e la sua composizione in frequenza dando la possibilità di memorizzare i risultati di misura in un file di testo.

L'attendibilità di *OpeNoise* è stata verificata attraverso numerosi *test* in laboratorio e sul campo, condotti su diversi dispositivi, confrontando i risultati con fonometri professionali. Pur con alcune differenze, tutti gli apparecchi analizzati hanno fornito una buona risposta nella gamma di livelli sonori tipica dei rumori ambientali (45 - 80 dBA) e nel *range* di frequenza 200-5.000 Hz. Tuttavia, prima di considerare attendibili i livelli sonori misurati con l'APP è comunque necessario effettuare una calibrazione del dispositivo utilizzato. La misurazione del rumore può avvenire attraverso il microfono interno del telefono oppure mediante un microfono esterno, quando inserito attraverso l'apposito mini *jack* da 3,5 mm. Nelle impostazioni è possibile inserire un guadagno, cioè un numero in decibel che consente di eseguire una calibrazione del dispositivo. Tale operazione, da eseguire attraverso una misura di un livello di pressione sonora noto, può rappresentare un punto di criticità per l'utilizzo dell'applicazione, in quanto non è al momento possibile definire una procedura *standard* e ripetibile (considerati il numero e

la varietà di dispositivi e di microfoni utilizzabili). Misurazioni senza una corretta impostazione del guadagno possono essere affette da errori rilevanti. L'applicazione è scaricabile gratuitamente dal *market* Android Google Play, per sistemi operativi Android 4.1 o superiori. Il codice è disponibile sulla piattaforma GitHub e rilasciato con licenza *open-source*.

ARPA Piemonte ha inoltre attivato su Telegram due "*bot*". Attraverso il *bot* è possibile ricevere direttamente su *smartphone* o *tablet* (Android, iOS e Windows Phone), in modo veloce, sicuro e gratuito, informazioni utili ai cittadini.

Attualmente l'Agenzia ha attivato due servizi: uno sul pericolo valanghe e l'altro sull'allerta meteoidrografica. Per iscriversi è necessario installare l'applicazione Telegram, accessibile sia da *desktop* sia da dispositivi mobili dalla pagina [telegram.org/](https://telegram.org/) o dallo *store* del proprio *smartphone*, aprire Telegram e scrivere nel motore di ricerca @valanghePIE o @allertameteoPIE.

Il *bot* @valanghePIE invia automaticamente le immagini del Piemonte con il pericolo valanghe quando è superiore a 3-marcato per i giorni successivi con il collegamento alle pagine del sito dove è possibile scaricare il bollettino e gli approfondimenti sullo stato della neve. Permette anche di scaricare direttamente il bollettino e la sintesi del bollettino valanghe.

Il *bot* @allertameteoPIE è dedicato all'allerta meteoidrologica in Piemonte e permette di visualizzare il bollettino del giorno dalle ore 14, tutti i giorni dell'anno, o di essere avvisati automaticamente, per un luogo specifico da registrare o per tutta la regione, quando c'è un livello di criticità almeno pari a giallo.

## ARPAV Temporal APP, ARPAV Temporal Bot e Webapp Temporal: i nuovi servizi di ARPAV dedicati ai temporal

Francesco Domenichini, Giovanna Ziroldo  
ARPA Veneto

Nell'ambito dei fenomeni meteorologici che interessano più frequentemente il territorio veneto, i fenomeni di precipitazione intensa rivestono un ruolo di primario interesse. Grazie ai 3 *radar* meteorologici gestiti da ARPAV di Teolo (PD), Concordia Sagittaria (VE) e Veggione (VR) è possibile avere dati, in tempo quasi reale e ad ampia copertura geografica, sull'intensità delle precipitazioni; è quindi possibile discriminare i fenomeni che possono arrecare danni materiali o mettere in pericolo l'incolumità delle persone e collocarli spazialmente con una precisione dell'ordine del chilometro.

Il Servizio Meteorologico di ARPAV ha realizzato un sistema di postprocessazione dei dati dei *radar*, comprensivo dell'analisi automatica della distribuzione geografica delle precipitazioni intense.

A partire da queste informazioni derivate dai sistemi di monitoraggio, è stato realizzato un opportuno sistema di diffusione, mediante tecnologie Web e telefonia cellulare, mirato a un pubblico quanto più possibile ampio, al fine principale di supportare azioni di autoprotezione del cittadino in presenza di potenziali rischi legati alle precipitazioni intense.

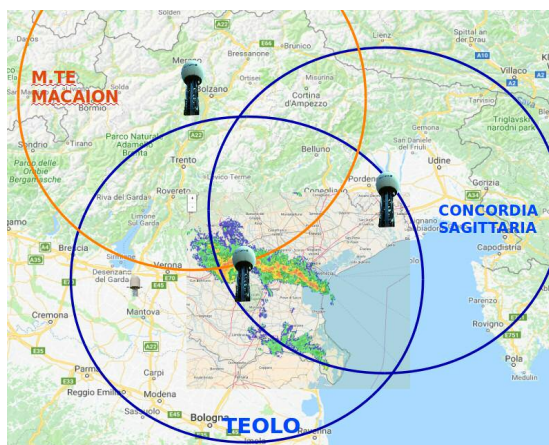
ARPAV ha inoltre ritenuto una valida soluzione diversificare i canali di diffusione sviluppando la ARPAV Temporal APP (disponibile su Google Play e APP Store), ARPAV Temporal Bot (piattaforma Telegram) e la Webapp Temporal (disponibile su Web).

Le informazioni fornite si basano sui dati elaborati a partire dai dati dei 2 *radar* meteorologici principali di Teolo

(PD) e Concordia Sagittaria (VE) e, per concessione delle Province Autonome di Trento e di Bolzano, del *radar* di Monte Macaion (BZ) (Figura 1). La copertura raggiunta con l'impiego dei 3 *radar* comprende il territorio regionale del Veneto.

Il *radar* meteorologico è uno strumento progettato per il rilevamento delle precipitazioni atmosferiche. L'elemento più importante del *radar* è un'antenna rotante che invia in atmosfera un segnale elettromagnetico a impulsi (nella banda delle microonde); la presenza di gocce di precipitazione lungo il percorso del segnale produce un riflesso che viene rilevato dalla stessa antenna e poi registrato sotto forma di dati; il segnale rilevato è chiamato "riflettività"; da questa inoltre, con una opportuna trasformazione, si può ricavare una stima dell'intensità di precipitazione. Questo segnale viene trattato per l'eliminazione di disturbi e segnali spuri e per riportare l'informazione da radiale a geografica. I dati registrati sono quindi utilizzati per realizzare mappe

**Figura 1: Cerchi di visibilità dei radar impiegati per il servizio ARPAV Temporal**



Fonte: ARPA Veneto

di riflettività o di intensità di precipitazione, georeferenziate, con risoluzione di circa 1 chilometro.

La presenza di precipitazione oltre una determinata soglia è generalmente indice di fenomenologia intensa; per questo il *radar* si presta a identificare la presenza di temporali, oltre che a stimarne eventualmente la direzione e la velocità di spostamento.

Come accennato sopra, il segnale fornito dal *radar* è affetto da diversi errori fisiologici, dovuti alla natura stessa dello strumento, alla morfologia del territorio, a disturbi elettromagnetici, a condizioni meteorologiche specifiche. Nonostante questi limiti è possibile ricavare informazioni in tempo reale sulla presenza di precipitazioni intense, con affidabilità del rilevamento e risoluzione geografica maggiori rispetto ad altri sistemi di rilevamento (Satellite, stazioni al suolo).

Il sistema ARPAV Temporali APP è suddiviso in diverse componenti. In una prima fase, eseguita dal sistema di *postprocessing* dei *radar*, vengono elaborati automaticamente i dati provenienti ogni 10 minuti dai *radar* che contribuiscono al sistema. Sulla mappa di riflettività ottenuta da un *radar* vengono selezionate le aree con precipitazione convettiva, ovvero con valore di riflettività oltre una certa soglia. Per ogni Comune del Veneto viene poi verificata la prossimità o meno di queste aree convettive, con la relativa distanza chilometrica e intensità massima registrata. Viene quindi prodotto un file/catalogo dei Comuni in prossimità di precipitazioni intense.

In un secondo passaggio il file contenente le informazioni sulla prossimità delle precipitazioni intense ai Comuni viene incrociato con le opzioni di avviso registrate dagli utenti della ARPAV Temporali APP. Per ogni utente che abbia richiesto le notifiche per un determinato raggio e un determinato Comune, viene controllata l'eventuale prossimità di precipitazione intensa entro quella

distanza; se la condizione è verificata il sistema procede automaticamente all'invio di una notifica al *device* dell'utente.

In generale il processo descritto richiede un tempo fisiologico dovuto al trasferimento e all'elaborazione del segnale registrato dal *radar*, che produce un ritardo fino a 5-10 minuti rispetto al fenomeno osservato. A questo vanno aggiunti i tempi necessari per la notifica all'utente. La APP fornisce quindi un'informazione in tempo differito rispetto ai fenomeni osservati, fino a circa 10-15 minuti.

APP e Bot sono disponibili rispettivamente sugli *store* o nella APP gratuita Telegram. Una volta scaricata la APP, o collegato al Bot, sul *device*, l'utente seleziona uno o più comuni per i quali desidera ricevere notifiche. Con la APP si possono scegliere fino a tre comuni mentre con il Bot solo un comune. Si precisa che il processo di registrazione delle opzioni utente avviene del tutto automaticamente e secondo parametri adeguati alla *privacy* dell'utente, rendendo impossibile l'identificazione del *device* e dell'intestatario.

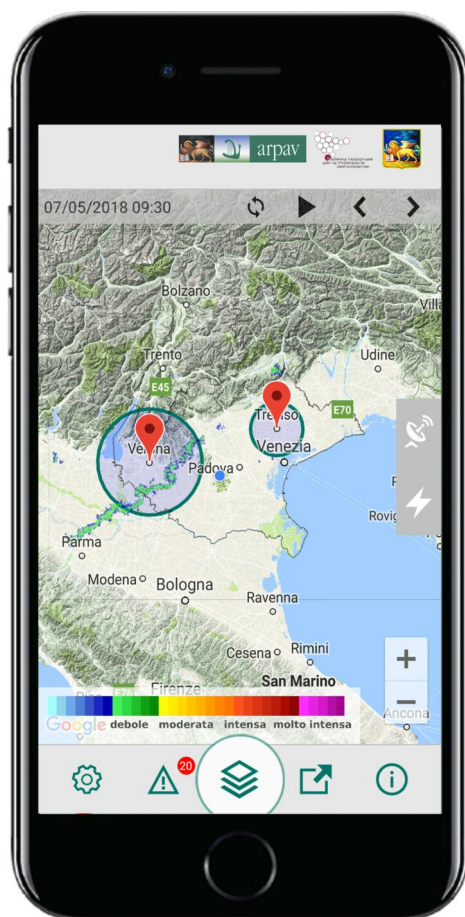
ARPAV Temporali APP e Bot avvisano solo in caso di fenomeni intensi o molto intensi. Dopo aver scelto il comune di interesse, si può scegliere l'intensità dei temporali per cui ricevere la notifica. Le opzioni sono 'intenso' o 'molto intenso' che nella scala dei colori in mappa e presenti nella legenda corrispondono all'incirca ai colori arancio scuro/rosso e rosso scuro/viola. È stato intenzionalmente scelto di non catalogare, e quindi non rendere disponibile la notifica, di fenomeni di intensità debole e moderata che sono i più diffusi; questa scelta deriva chiaramente dal principio costitutivo del sistema (protezione dai fenomeni di precipitazione intensa), oltre che dall'eccessiva frequenza delle segnalazioni che ne deriverebbero e della molto maggiore probabilità di segnalare un falso fenomeno.



L'accoglienza da parte degli Utenti del Servizio ARPAV Temporali si è rivelata molto soddisfacente, con un cospicuo numero di installazioni attive della APP sia sul sistema Android che iOS. Complessivamente si registrano più di 40.000 installazioni attive sui due sistemi operativi più diffusi. Le recensioni ricevute sono molto positive in termini di valutazione dell'idea e della funzionalità specifica del servizio; valutazioni negative hanno interessato in gran parte la funzionalità specifica della APP, che ha pagato soprattutto le difficoltà dovute dalla rapida evoluzione tecnica e informatica del settore.

Come sviluppi futuri sarà preso in considerazione un rinnovamento della APP stessa. Oltre a questo sarà considerata la possibile estensione delle funzionalità di avviso mediante l'impiego di metodi di *nowcasting*, ovvero di estensione/estrapolazione dell'informazione *radar* ai 30 o 60 minuti successivi all'ultimo monitoraggio; in questo modo un valore aggiunto di carattere previsionale può potenziare l'effetto di preavviso sull'avvicinamento di fenomeni intensi, anche prima del loro ingresso nel raggio di attenzione segnalato dall'utente (Figura 2). Infine è in sviluppo l'inserimento di dati provenienti da altri *radar* con parziale visibilità sul territorio regionale del Veneto, per perfezionare e ridondare le informazioni attualmente disponibili sulla fenomenologia considerata rilevante.

**Figura 2: Esempio di schermata della APP ARPAV Temporali; si notano i due cerchi di attenzione impostati dall'utente**



Fonte: ARPA Veneto

## Il marchio Eco-Eventi Trentino

Marco Niro  
APPA Trento

Disposto dalla Delibera di Giunta Provinciale n° 686 del 20 aprile 2018, il marchio "Eco-Eventi Trentino" sostituisce il marchio Ecofesta Trentino, approvato sempre dalla Giunta Provinciale nel 2008, che risentiva di limiti riguardo al campo di applicazione (solo le feste in senso stretto) e al contenuto (solo poche azioni per la riduzione e la gestione dei rifiuti). Il marchio "Eco-Eventi Trentino", invece, può essere applicato, entro i confini provinciali, a qualunque tipologia di evento inteso come "incontro pianificato di persone, in un determinato luogo e momento, in cui un'esperienza viene condivisa e/o un messaggio comunicato" (norma ISO 20121, 2013), con l'obiettivo di renderlo sostenibile riguardo a ogni aspetto ambientale, ovvero "ideato, pianificato e realizzato in modo da minimizzare l'impatto negativo sull'ambiente e da lasciare un'eredità positiva alla comunità che lo ospita" (United Nations Environment Programme UNEP, 2009).

A partire dal 2016, un apposito Tavolo di lavoro, presieduto dall'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente (APPA) e partecipato da soggetti in grado di rappresentare il variegato mondo degli organizzatori di eventi in Trentino, ha discusso e abbozzato un disciplinare che poi è stato testato su 10 eventi di varia tipologia, allo scopo di individuare le azioni più efficaci da un punto di vista ambientale e al tempo stesso effettivamente applicabili. Il risultato è stato l'approvazione di un disciplinare fatto di 10 azioni obbligatorie, ovvero le più significative dal punto di vista dell'efficacia/applicabilità, e di 60 azioni facoltative che assegnano un punteggio tanto più alto quanto più

l'azione è significativa.

Le 10 azioni obbligatorie sono le seguenti:

- somministrare acqua del rubinetto
- fare la raccolta differenziata
- somministrare il cibo in modo da evitare sprechi
- promuovere l'asporto del cibo non consumato
- alloggiare gli ospiti nei pressi dell'evento
- proporre pietanze a filiera locale
- proporre pietanze vegetariane
- nominare un responsabile della sostenibilità
- fare informazione ambientale
- seguire un percorso di formazione ambientale

L'organizzatore può scegliere quali delle 60 azioni facoltative implementare tra un'ampia gamma distribuita nelle 9 sezioni tematiche in cui è diviso il disciplinare:

- 13 azioni in "Riduzione e gestione dei rifiuti"
- 1 in "Lotta allo spreco alimentare"
- 10 in "Consumi energetici sostenibili"
- 4 in "Mobilità sostenibile"
- 6 in "Sostenibilità alimentare"
- 4 in "Riduzione del rumore"
- 7 in "Sostenibilità sociale"
- 12 in "Altre azioni per la sostenibilità"
- 2 in "Cultura ambientale"
- 1 "Bonus"

Il rilascio del marchio "Eco-Eventi Trentino" è effettuato dall'APPA e avviene con una procedura diversa a seconda che si tratti della prima richiesta o di richieste successive, distinguendo una categoria "Principiante" (procedura semplificata) e una categoria "Pro" (procedura completa):

- categoria "Principiante" (prima richiesta o richieste successive senza aver ottenuto il marchio): è sufficiente

attuare le 10 azioni obbligatorie - categoria "Pro" (richieste successive alla prima dopo aver ottenuto il marchio): è necessario inoltre raggiungere 10 dei 100 punti complessivi messi in palio dalle azioni facoltative. La verifica dell'effettivo rispetto delle azioni è svolta dalla stessa APPA prima, durante e dopo l'evento, mediante analisi documentale e sopralluoghi presso le sedi in cui gli eventi si svolgono.

**Figura 1: Il marchio Eco-Eventi Trentino**



Fonte: APPA Trento

## Bibliografia

UNEP - United Nations Environment Programme, 2009, *Green meeting guide 2009: roll out the green carpet for your participants*.

UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 2013, *Sistemi di gestione sostenibile degli eventi - Requisiti e guida per l'utilizzo*.



# SPECIFICITÀ REGIONALI SINTESI

## Monitoraggio e controlli

L'odore è una variabile ambientale che può incidere anche profondamente sulla qualità della vita e generare effetti negativi sullo stato psicofisico. La complessità del tema è associata alla natura soggettiva della percezione olfattiva e alla difficoltà di stimare un'**emissione odorigena**. Ad oggi la Puglia è l'unica Regione italiana che ha legiferato sul tema e ha assegnato ad ARPA Puglia il compito di gestire le segnalazioni di disturbo olfattivo da parte della popolazione al fine di individuare la sorgente che ha originato il disturbo, anche mediante sopralluoghi, ispezioni, campionamenti e analisi condotte conformemente alle disposizioni di legge. Sono stati avviati da ARPA Basilicata ha svolto studi statistici dei **dati di PM10 e di PM2.5**, misurati dalla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, per verificare la rappresentatività spaziale degli stessi. Per lo studio è stata presa in considerazione l'area della Val d'Agri (VDA), che costituisce una specificità regionale per la presenza di intensa attività estrattiva e il centro di primo trattamento dell'olio (COVA).

La Regione Toscana, per una migliore gestione ambientale delle Alpi Apuane in relazione alla presenza diffusa di attività estrattive, ha approvato il progetto Speciale cave 2017-2018, elaborato da ARPA Toscana. Le attività, condotte da ARPA, hanno consentito di potenziare i **controlli diretti sui siti estrattivi**, di introdurre tecniche innovative per il monitoraggio degli acquiferi, di attivare un sistema di controllo da remoto basato sull'analisi di immagini acquisite da satellite e/o droni, di predisporre strumenti di gestione e controllo di tipo preventivo.

ARPA Liguria ha garantito, per il Terzo Valico dei Giovi, il proprio supporto tecnico all'Osservatorio ambientale istituito dal Ministero dell'Ambiente mediante attività di

monitoraggio locale con riferimento alla qualità dell'aria e all'amianto aerodisperso, alle acque superficiali e sotterranee, al rumore, al controllo degli scarichi idrici e alla gestione dei rifiuti. Di rilievo è la **gestione dell'amianto naturale** contenuto nelle rocce oggetto di scavo con particolare riferimento al contenimento della possibile dispersione di fibre, a seguito della movimentazione, all'interno della galleria e del cantiere e alla successiva gestione delle rocce estratte contenenti materiali amiantiferi.

## Atmosfera

Nell'ambito dell'attività di monitoraggio della qualità dell'aria attraverso bioindicatori, si riporta la campagna realizzata da ARTA Abruzzo finalizzata alla misura delle deposizioni atmosferiche di metalli in traccia e di altri inquinanti atmosferici persistenti, mediante l'**impiego dei licheni**; uno degli approcci più comunemente adottati al fine di acquisire dati in breve tempo, con spese ridotte e informazioni attendibili sull'inquinamento atmosferico, in comprensori piuttosto vasti. Inoltre, si segnala l'implementazione, in ARPA Veneto, di un sistema modellistico per la **previsione dell'inquinamento dell'aria**, attraverso la pubblicazione giornaliera di mappe previsionali, fino a +72 ore, per gli inquinanti PM10 e ozono.

## Biosfera

Nel corso degli ultimi anni ARPA Piemonte ha adottato una metodologia per definire gli **elementi della rete ecologica** al fine di valutare, con un criterio oggettivo, la presenza di aree di valore ecologico e di aree con funzione di corridoio ecologico. Nel corso del 2017 sono stati identificati gli elementi della rete ecologica nei territori

del Sito Unesco “Paesaggi vitivinicoli del Piemonte: Langhe – Roero e Monferrato”, per garantire un idoneo livello di tutela per i territori dei comuni ricadenti nell’area.

## Geosfera

ARPA Lombardia, a seguito del distacco dal Pizzo Cengalo in Val Bondasca di una **colata detritica** con volume roccioso stimato tra i 2 e i 4 milioni di m<sup>3</sup>, ha valutato l’impatto dell’evento e l’evoluzione dello stato ambientale dei corpi idrici interessati con riferimento al fiume Mera e Lago di Mezzola. In particolare ha pianificato ed eseguito uno specifico monitoraggio con sopralluoghi, prelievi di acqua e di organismi acquatici oltre ad approfondimenti su immagini satellitari dell’area interessata e rilievi aerofotogrammetrici con aeromobili a pilotaggio remoto. ARPA Lazio, per il lago vulcanico di Vico, ha definito un modello concettuale preliminare del Sito, unitamente ad altri Enti ed Istituzioni, in relazione ai superamenti dei limiti per i parametri **cadmio, nichel e arsenico** su campioni di sedimento. Gli studi condotti hanno, tra l’altro, consentito di rilevare l’assenza di contaminazione diffusa dei suoli per cause antropiche, l’assenza di corpi sommersi potenzialmente inquinanti correlabili ad attività non documentate e hanno permesso di correlare i valori di arsenico e relativi superamenti alla natura vulcanica dell’invaso.

L’ARPA FVG, in relazione al problema dell’amianto, è impegnata, insieme ad altri Enti, in una serie di attività quali il censimento e la mappatura delle **coperture in cemento-amianto**, la definizione di un “indice di priorità di intervento” delle strutture per la bonifica, la gestione e condivisione dei dati mediante un nuovo strumento informativo denominato ARAM (ARchivio Amianto) mediante il quale tutte le amministrazioni co-

munali del Friuli Venezia Giulia possono gestire autonomamente i dati sull’amianto presenti nel proprio territorio. Inoltre, nel 2016 ARPA FVG ha concordato con altri Enti e Istituzioni uno specifico protocollo operativo, con approcci concettuali, metodologie e linee di intervento non tradizionali, per indagini sulla presenza degli **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), metalli, PCB, diossine/furani e clorobenzeni** negli strati superficiali del terreno, quale eventuale contributo di polveri aerodisperse emesse nel corso degli anni dallo stabilimento siderurgico di Servola, un rione della città di Trieste. Le indagini hanno permesso di constatare che le aree di Trieste sono caratterizzate da un articolato inquinamento diffuso di origine antropica.

## Idrosfera

La notte del 13 gennaio 2012 la nave da crociera **Costa Concordia** è affondata a pochi metri dalla costa dell’Isola del Giglio; a bordo erano presenti olii combustibili, diesel e olio lubrificante. ISPRA e ARPA Toscana hanno supervisionato le operazioni di rimozione e hanno realizzato il monitoraggio dell’area coinvolta. Non ci sono stati significativi rilasci di idrocarburi e le principali conseguenze ambientali sono state determinate dall’ombra del relitto e dalle opere di cantiere che hanno limitato l’attività di fotosintesi della **Posidonia oceanica e delle macroalghe**. ARPA Sicilia ha impostato un modello per la valutazione del **trasferimento di inquinanti** da un corpo idrico sotterraneo alle acque superficiali e l’ha testato sul corpo idrico sotterraneo “Piana di Castelve-trano-Campobello di Mazara” nelle sue interrelazioni con i laghi Preola, Murana e Gorgi Tondi. ARPA Valle d’Aosta ha testato il metodo impostato da ISPRA, per la determinazione dello **stato quantitativo della falda**, nella piana di Aosta. Il protocollo ISPRA prevede l’appli-

cazione di quattro test: bilancio idrico, acque superficiali connesse, ecosistemi terrestri dipendenti e intrusioni saline.

ISPRA e ARPA Veneto hanno valutato la relazione tra numerosità delle stazioni e affidabilità della classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici superficiali, utilizzando come caso studio l'Elemento di **Qualità Biologica (EQB) Macrofite** in Laguna di Venezia. L'approccio multiplo, basato sull'analisi statistica e il giudizio esperto, è risultato valido per un ambiente assai complesso come la Laguna di Venezia e può essere applicato anche ad altri corpi idrici del territorio nazionale e ad altri EQB. ARPA Sardegna illustra i risultati del monitoraggio condotto sulla falda della Piana di Muravera, interessata dalla problematica della **ingressione salina**. Nelle stazioni controllate sono state effettuate misure della soggiacenza, per ricostruire l'andamento della superficie piezometrica, ed eseguiti profili verticali di conducibilità elettrica specifica. L'analisi dei dati temporali sul lungo periodo permetterà di valutare l'avanzamento verticale del cuneo salino.

I mari italiani sono popolati da **diciassette specie di Cetacei**. Solo nelle acque costiere campane è stata documentata la presenza di 11 specie, tra cui anche specie molto rare per l'intero bacino del Mediterraneo, come il Globicefalo e la Balenottera Minore. In virtù di questa grande ricchezza, a partire dal 1986 in Campania si effettua un costante monitoraggio della cetofauna. ARPA Marche esegue indagini specifiche al fine di valutare **l'impatto della pesca a strascico** sui fondali marchigiani, monitorando annualmente due aree campione di 25 chilometri quadri ciascuna. Su ogni area vengono eseguite indagini a dettaglio crescente, caratterizzazioni morfologiche preliminari dei fondali e videoriprese subacquee. Le indagini consentono di mappare le tracce lasciate sui fondali dallo strascico e verificare lo stato

quali-quantitativo delle specie bentoniche presenti. Di origine naturale è, invece, il **fenomeno delle mucilagini**, presente in tutti mari italiani ma particolarmente impattante nel mare Adriatico. Dal 1989 ARPAE Emilia-Romagna effettua uno specifico monitoraggio visivo e con telecamera subacquea, per seguire le varie fasi di aggregazione del fenomeno e definirne un quadro spaziale. È stato individuato un "early warning" laddove si rilevi la presenza della microalga *Dinoflagellata Gonyaulax fragilis*. Inoltre, durante l'estate 2016, la Struttura Oceanografica Daphne di ARPAE ha registrato per la prima volta nel mare Adriatico prospiciente le coste emiliane la presenza di ***Mneomopsis leidy***, una specie esotica ampiamente riconosciuta come invasore dannoso e classificata tra le 100 specie più invasive del mondo, per il forte impatto ecologico sulle reti alimentari marine. *M. leidy* è costantemente monitorata nell'area dalla sua prima apparizione.

ARPA Umbria partecipa al monitoraggio del fiume Paglia e del fiume Tevere per approfondire una criticità territoriale legata all'**inquinamento diffuso da mercurio**, probabilmente derivante dalle antiche attività estrattive condotte in Toscana. Le indagini hanno evidenziato, nei suoli e nei sedimenti, una diffusa presenza di concentrazioni di mercurio superiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), al contrario acque superficiali e sotterranee sono risultate sostanzialmente prive di mercurio allo stato disciolto.

## Agenti fisici

### Rumore

Il rumore ormai ci accompagna e ci condiziona nelle attività lavorative, sociali, ricreative e spesso è presente anche durante il riposo e il sonno. APPA Trento illustra una interessante iniziativa di valutazione e **conserva-**



**zione del “silenzio”** come risorsa naturale di un ambiente peculiare quale quello montano della regione dolomitica, patrimonio dell'umanità.

### **Radiazioni ionizzanti**

Nell'ambito del monitoraggio della radioattività ambientale, significativa è l'esperienza di ARPA Calabria sulla presenza di **radionuclidi naturali nei sedimenti fluviali**, misurati con la tecnica della spettrometria gamma, che documenta una situazione di sostanziale normalità rispetto ai livelli rilevati.

## **Agenti chimici**

In relazione al monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee, ARPA Sicilia ha applicato l'**indicatore CIP** (Classe d'Impatto Potenziale) che rappresenta un approccio innovativo per la stima della pressione ambientale determinata **dall'impiego di pesticidi**. Tale indicatore, correlato con le proprietà ambientali, ecotossicologiche e tossicologiche delle diverse sostanze, permette di valutare in maniera cumulativa l'impatto dei pesticidi sui diversi comparti ambientali.

## **Ambiente e benessere**

ARPA Sicilia ha indagato l'associazione tra il PM10 specifico per sorgente e i differenti esiti sanitari nelle quattro città principali della Sicilia; dall'analisi dei risultati è emersa un'**associazione tra esposizione al PM10 di origine desertica e mortalità** sostenuta principalmente da cause respiratorie. Il Laboratorio di riferimento regionale per la legionellosi presso ARPA Campania presiede alla sorveglianza ambientale della **legionella** di tutta la Regione, ricercando *Legionella* spp. nelle matrici ambientali (biofilm, incrostazioni, acqua, aria) prelevate ai punti critici degli impianti idrici e di

condizionamento degli edifici frequentati dal soggetto ammalato di legionellosi.

Attraverso analisi biologiche di aria *indoor* in due edifici colpiti dal sisma aquilano del 2009, ARTA Abruzzo ha messo in luce la rilevanza del **bioaerosol** anche per la qualità dell'aria *indoor*, la presenza di specie polliniche non presenti normalmente nel bollettino regionale e l'efficacia del confinamento come misura di protezione della salute per i soggetti deboli esposti al rischio di allergie.

## **Comunicazione ambientale**

Regione Liguria, insieme anche ad ARPAL, ha realizzato e messo a disposizione di tutte le scuole liguri un **kit didattico (#imparosicuro)** sul rischio alluvionale con l'obiettivo di istruire i ragazzi su come comportarsi e agire nel modo più corretto in caso di fenomeni meteo estremi, a volte non prevedibili.

Per ottenere da APPA Bolzano la certificazione “going GreenEvent” o “GreenEvent”, gli organizzatori devono programmare, organizzare e attuare manifestazioni o **eventi secondo criteri sostenibili**, adottando misure in materia di risorse, rifiuti, mobilità, ristorazione, energia, comunicazione, acustica e responsabilità sociale.

# 1. MONITORAGGIO E CONTROLLI

## Monitoraggio delle emissioni odorigene

Antonio Mazzone, Annalisa Marzocca, Magda Brattoli,  
Lorenzo Angiuli, Roberto Giua  
ARPA Puglia

La valutazione dell'impatto olfattivo prodotto dalle realtà industriali è oggetto di crescente attenzione per la Pubblica Amministrazione, per gli Enti preposti al rilascio delle autorizzazioni ambientali e, naturalmente, per gli Enti di controllo. Il monitoraggio, il controllo e la valutazione delle emissioni odorigene, infatti, sono aspetti determinanti nella gestione delle segnalazioni di disturbo olfattivo e delle richieste di intervento, sempre più numerose, da parte della popolazione esposta.

L'odore è una variabile ambientale che può incidere anche profondamente sulla qualità della vita e generare effetti negativi sullo stato psicofisico delle persone che vivono nelle aree interessate da emissioni odorigene, a causa dell'imprevedibilità del disturbo, dell'eventuale persistenza nel tempo e dell'impossibilità nel difendersi; è infatti ormai acclarato l'effetto potenziale che la molestia olfattiva può generare in termini di sintomi fisiologici (problemi respiratori, nausea, emicrania, irritazione occhi/gola...) e di stress psicologico (ansia, depressione) correlati (Aatamila *et al.* 2011). Non solo l'individuo ma anche il contesto sociale risente degli effetti degli episodi di molestia olfattiva poiché, in presenza di disturbi generati da impianti produttivi collocati in prossimità delle aree urbane, e specialmente se reiterata nel tempo, può sperimentare un impoverimento generale della qualità dell'ambiente, ripercussioni sul valore dei beni ubicati nelle aree interessate, interferenza con le attività commerciali e turistiche, con forti criticità rispetto all'accettabilità sociale degli impianti. Di fatto, la molestia olfattiva generata dalle emissioni odo-

rigene rappresenta attualmente una delle più importanti cause di lamentela da parte della popolazione esposta.

La complessità del tema è associata alla natura soggettiva della percezione olfattiva e alla difficoltà di stimare un'emissione odorigena in virtù degli aspetti critici connessi alla natura stessa dell'emissione, in molti casi determinata da una miscela di sostanze chimiche, e alla sua attivazione intermittente in relazione al processo produttivo; il processo di valutazione della molestia olfattiva, pertanto, risente di tale complessità.

In Italia, a livello normativo, il tema è stato recentemente richiamato nel Testo Unico Ambientale, con l'inserimento dell'Art. 272-bis "Emissioni odorigene" (D.Lgs. 15/11/2017, n. 183), ma, tuttavia, allo stato attuale manca una specifica normativa nazionale per la disciplina delle emissioni odorigene; alcune Regioni hanno redatto specifiche Linee guida allo scopo di definire gli opportuni strumenti e i criteri per la misura e l'analisi di tali emissioni, che trovano riferimento nell'unica tecnica normata a livello europeo, la UNI EN 13725, per la determinazione mediante Olfattometria dinamica della concentrazione di odore, espressa in unità odorimetriche ( $\text{ou}_E/\text{m}^3$ ). Ad oggi la Puglia è l'unica Regione italiana che ha legiferato sul tema, prima con la L.R. n. 23 del 16 aprile 2015, quale modifica della precedente Legge 7/99, e poi con la neonata L.R. n. 32 del 28 luglio 2018 che, tra le sue finalità, assegna ad ARPA Puglia il compito di assicurare la gestione delle segnalazioni di disturbo olfattivo da parte della popolazione (raccolta, elaborazione, verifica e validazione), ai fini dell'individuazione della sorgente che ha originato il disturbo, anche mediante sopralluoghi, ispezioni, campionamenti e analisi condotte conformemente alle disposizioni di legge.

L'attività condotta da ARPA Puglia sul tema del monitoraggio delle emissioni odorigene ha permesso di evi-

denziare un aumento degli episodi di molestia olfattiva segnalati presso l'Ente e presso le Autorità Competenti, anche in considerazione di una incrementata conoscenza e consapevolezza della popolazione sul tema in esame. In particolare, le criticità maggiori sul territorio pugliese, evidenziate dal rilevante numero di segnalazioni, sono localizzate nelle aree più prossime ai poli industriali più importanti di Brindisi e Taranto oltre che nei pressi di impianti di depurazione, di trattamento di rifiuti e di sansifici (la cui attività produttiva ha carattere stagionale). A queste possono aggiungersi, localmente, situazioni di attenzione legate ad altre specifiche attività produttive che generano odori durante le fasi di lavorazione.

In tale contesto, ARPA Puglia considera la valutazione delle emissioni odorigene quale obiettivo da perseguire nell'ambito del monitoraggio della qualità dell'aria, e ha attivato un'apposita unità operativa specifica (Ufficio Odori) in seno Centro Regionale Aria e un laboratorio dedicato (Laboratorio olfattometrico), per il quale sono in corso le procedure di accreditamento secondo la norma UNI EN 17025, a servizio delle esigenze del territorio regionale. Le attività analitiche del laboratorio prevedono l'impiego della metodologia dell'olfattometria dinamica per il campionamento e la caratterizzazione di campioni gassosi odorigeni, ai fini del controllo e della valutazione

dell'impatto prodotto. ARPA Puglia è dotata di un olfattometro a n. 6 postazioni di saggio contemporaneo operante in modalità Yes/No oppure *Forced-Choice* (mod. Olfasense, TO Evolution) alloggiato in una camera olfattometrica allestita conformemente alla UNI EN 13725 (sistema di trattamento e filtrazione dell'aria esterna, controllo del microclima e dei ricambi d'aria, sistema di controllo in continuo dei parametri chimico-fisico-climatici con catena di misura certificata). La misura olfattometrica è stata sottoposta nell'anno 2018 alle prove del circuito interlaboratorio internazionale per la verifica dei parametri di qualità in accordo alla UNI EN 13725 (*Proficiency Test of Olfactometry, by Olfasense GmbH*) riscontrando nella conformità. La dotazione strumentale dell'Agenzia prevede anche un analizzatore FID interfacciato con generatore di idrogeno al fine di consentire l'effettuazione delle tarature periodiche dell'olfattometro, e della strumentazione utile al campionamento olfattometrico dalle diverse tipologie di sorgenti (convogliate, diffuse attive, diffuse passive): pompe a depressione istantanea e temporizzata per la raccolta del campione, cappa statica per il campionamento sulle sorgenti areali attive, dispositivi di diluizione sia per il campionamento da sorgente convogliata sia da laboratorio, cappa di convogliamento tipo *wind tunnel* per il campionamento dalle sorgenti areali passive.

**Figura 1: Laboratorio Olfattometrico di ARPA Puglia**



Fonte: ARPA Puglia

Per le indagini al recettore, invece, attesa la crescente richiesta di intervento da parte della popolazione esposta alle emissioni odorigene, poiché la molestia olfattiva è fortemente caratterizzata dalla discontinuità temporale, al fine di campionare durante il verificarsi del disagio da parte degli esposti è richiesta l'applicazione di metodologie di campionamento diaria ambiente attivabile all'occorrenza e in tempo reale. Pertanto ARPA Puglia si è dotata di sistemi di campionamento automatico di sostanze odorigene in sacchetti di materiale inerte e/o su supporti solidi, mediante controllo remotizzato, attivabili a seguito di superamento soglia impostata su sensori/analizzatori chimici mono o multi parametrici ( $H_2S$ ,  $NH_3$ , VOC, IOMS) e/o in relazione alle segnalazioni raccolte ed opportunamente gestite. Nei casi di indagine più complessi, infatti, in cui sono necessari approfondimenti specifici, ARPA Puglia impiega dispositivi sensoristici e/o analizzatori per la specifica tipologia di sorgente, interfacciati con l'attività di campionamento secondo un approccio integrato di monitoraggio, al fine di condurre studi e valutazioni in merito all'individuazione delle sorgenti che producono eventi reiterati di molestia olfattiva a partire dalla validazione delle segnalazioni di molestia.

L'attività laboratoriale condotta mediante l'impiego di strumentazione e metodologie avanzate e nel rispetto dei principi del Sistema Gestione Qualità dell'Agenzia, grazie alle specifiche competenze del personale impiegato si completa con attività integrative, quali: redazione dei pareri in materia di odori nell'ambito di procedimenti autorizzativi, sopralluoghi sulle sorgenti emmissive, supporto agli Enti locali per la gestione delle segnalazioni di molestia olfattiva, attività per le istruttorie e controlli in riferimento ai temi di competenza.

L'attività di ARPA Puglia in tema di monitoraggio e controllo delle emissioni odorigene si è arricchito dell'atti-

vità di partecipazione e coordinamento dei lavori del GdL nazionale n. 13 ("Metodologie per la valutazione delle emissioni odorigene") nell'ambito del Programma Triennale 2014-2016 delle attività di SNPA - Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, concluso con la pubblicazione del relativo Documento di sintesi (<http://www.isprambiente.gov.it/it/sistema-nazionale-protezione-ambiente/Consiglio-SNPA/atti>, delibera di approvazione del Consiglio SNPA, n. 38 del 3 ottobre 2018).

## Bibliografia

Aatamila M., Verkasalo P.K., Korhonen M. J., Suominen A. L., Hirvonen M.R., Viluksela M.K., Nevalainen A., 2011, *Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centres*. In: *Environmental Research*, 111, 164-170.

UNI EN 13725:2004 - Qualità dell'aria. Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica.

D. Lgs. 15/11/2017, n. 183, modifica al D. Lgs. 152/2006 - Testo Unico Ambientale, Art. 272-bis "Emissioni odorigene".

## Analisi preliminare per la rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio di qualità dell'aria nella Val d'Agri – Basilicata

AnnaMaria Crisci, Raffaella Esposito, Michele Lovallo, Lucia Mangiamele, Laura Bruno, Adelchi Acampora, Michele D'Aniello, Laura Zagaria  
ARPA Basilicata

Nell'ambito della predisposizione del Progetto di adeguamento della rete di misura e del Programma di valutazione in esso contenuto, previsti dal D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii., il presente lavoro si propone di mettere a punto una metodologia che permetta di individuare le stazioni che esprimono misure ridondanti e di verificare la rappresentatività spaziale, mediante l'applicazione di analisi statistiche alle serie storiche di dati delle

stazioni di monitoraggio di qualità dell'aria.

L'area di studio (Figura 1) è la Val d'Agri (VdA), in provincia di Potenza, caratterizzata da un'intensa attività estrattiva e dalla presenza del centro di primo trattamento dell'olio (COVA, Centro Olio Val d'Agri). La base di dati è costituita dalle serie storiche delle concentrazioni giornaliere di PM10 e PM2,5, misurate in 4 delle 5 stazioni della zona, da marzo 2013 a marzo 2018 e dalle serie storiche di dati orari di SO<sub>2</sub> e di O<sub>3</sub>, dal 2013 al 2017, in tutte le stazioni.

L'elaborazione statistica proposta consiste nella determinazione della distribuzione di probabilità dei parametri di qualità dell'aria (QA) applicando il metodo non parametrico del Kernel (Telesca et al., 2017), nella rappresentazione grafica mediante box-plot e bar-Plot (Carlslaw, D.C, 2015) e relativa determinazione dei principali indicatori della statistica descrittiva, nell'analisi della correlazione tra le serie di dati per ogni coppia di

Figura 1: La rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Val d'Agri



Fonte: Elaborazione ARPAB da Google Maps

stazioni, nella valutazione del grado di accuratezza e di precisione delle precedenti correlazioni tramite il calcolo del coefficiente di Pearson e del coefficiente di concordanza di Lin (Lin et al, 2010) e nell'analisi delle componenti principali (PCA – Principal Component Analysis) (Pérez-Arribas et al., 2017; Lu et al., 2010). Nel seguito si descrivono i risultati più significativi conseguiti.

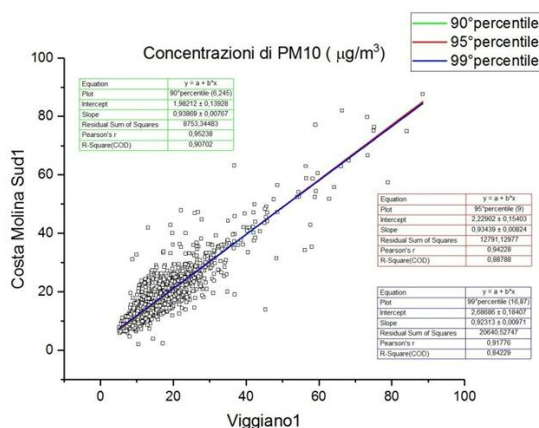
## PM10 e PM2,5

Con riferimento ai valori limite (D.Lgs 155/2010) del PM10, non si rilevano superamenti sia del valore limite giornaliero (n. 35 superamenti di  $50 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sia del limite annuo ( $40 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Inoltre non si registrano superamenti del limite annuo del PM2,5 ( $25 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nei casi in cui si è verificata la contemporaneità degli incrementi di concentrazione su diverse stazioni della rete di monitoraggio, è frequente che la causa sia stata il trasporto di polveri desertiche e successiva intrusione a livello locale. Dall'analisi dei box-plot (Tukey J.W., 1977) emerge un valore medio di concentrazione, sull'intero periodo 2013-2018, pressoché costante tra le diverse stazioni, pari a circa  $18 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il PM10 ed a  $10 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il PM2,5. È peraltro evidente che le concentrazioni medie annuali di PM2,5 più alte sono state registrate nella stazione di misura di Masseria De Blasiis, mentre quelle più basse in quella di Costa Molina Sud1, a differenza del PM10 che si mantiene costante tra i diversi siti di misura. L'analisi delle correlazioni e delle regressioni lineari evidenziano una buona concordanza tra le stazioni per entrambi i parametri. Per valutare l'influenza del contributo degli eventi *outliers* sono stati eseguiti anche *fit* al 90°, al 95° e al 99° percentile sulle differenze tra le concentrazioni, misurate nella stessa data, dalla coppia di stazioni presa in esame. Agendo sulle differenze, il taglio non avviene necessariamente sugli eventi di

picco ma sullo scarto di concentrazione superiore rispettivamente al 90%, 95%, 99% della serie ordinata di dati, correlabile ad eventi prettamente locali (in Figura 2 si riporta la correlazione lineare con il metodo dei percentili tra le stazioni di monitoraggio di Costa Molina Sud1 e Viggiano1).

Dai risultati è emerso in particolare che la stazione di Viggiano1 risulta fortemente correlata sia con Costa Molina Sud1, sia con Grumento 3, correlazione confermata dal coefficiente di concordanza di Lin "CCC" (*Concordance Correlation Coefficient*), che dà indicazione della concordanza in termini di omogeneità spaziale. Come ulteriore elaborazione è stata effettuata l'Analisi delle componenti principali sulle serie di PM10 e di PM2,5 delle quattro stazioni, considerate come variabili originarie. Dai risultati è emerso che sono sufficienti le prime due componenti principali a descrivere le stazioni: la

**Figura 2: Correlazione lineare con il metodo dei percentili tra le stazioni di monitoraggio di Costa Molina Sud1 e Viggiano1**



Fonte: Elaborazione ARPAB



prima componente principale, sia per il PM10, sia per il PM2,5 (varianza spiegata rispettivamente all'88% e all'89%), dipende in egual modo da tutte e quattro le stazioni; considerando anche la seconda componente principale, nel caso del PM10 (varianza spiegata al 95%) la stazione di Masseria De Blasiis si distingue dalle altre tre; nel caso del PM2,5 (varianza spiegata al 94%), invece, si deduce una maggiore differenza tra la stazione di Masseria De Blasiis e Costa Molina Sud1.

## SO<sub>2</sub>

Nella Val d'Agri i limiti normativi dell'anidride solforosa sono ridotti del 20% (DGR 983/2013 in vigore dall'agosto 2014) rispetto al D.Lgs 155/2010.

In generale le concentrazioni risultano piuttosto basse rispetto al valore limite, come è emerso dalle distribuzioni di probabilità, i cui valori si distribuiscono principalmente tra 0 e 10 µg/m<sup>3</sup>. Nelle stazioni di monitoraggio di Viggiano1, Grumento3, Masseria De Blasiis e Costa Molina Sud1, per tutti gli anni della serie storica, non si registra nessun superamento del valore limite orario (280 µg/m<sup>3</sup>) e nessun superamento del valore limite giornaliero (100 µg/m<sup>3</sup>).

Nella stazione di monitoraggio di Viggiano Zona Industriale il valore orario di 280 µg/m<sup>3</sup> (DGR 983/2013) è stato superato una volta nel 2017; negli anni 2009 e 2013 è stato superato il valore 350 µg/m<sup>3</sup> (D.Lgs 155/2010).

Le correlazioni eseguite sia sulla base dei dati orari, sia sulla base dei dati giornalieri, evidenziano valori del coefficiente di correlazione di *Pearson* piuttosto bassi, non superiore al valore 0,35.

Le serie storiche sono state sottoposte alla *cluster analysis* gerarchica, dalla quale sono state individuate due coppie di stazioni assimilabili tra loro: Masseria De Blasiis con Viggiano1 e Viggiano Zona Industriale con Costa Mo-

lina Sud1. In particolare, la similarità tra le stazioni della prima coppia viene confermata anche dall'analisi delle componenti principali, per la quale sono state prese in considerazione quattro componenti (varianza totale spiegata all'87%), tutte dipendenti in egual modo dalle stazioni della coppia in questione.

## O<sub>3</sub>

L'ozono è un inquinante secondario che fa parte delle sostanze che costituiscono lo *smog* fotochimico e non ha un carattere locale, ma piuttosto si distribuisce omogeneamente su scala regionale e sovraregionale. L'obiettivo a lungo termine (120 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni, calcolato come media massima giornaliera su 8 ore) viene superato nelle stazioni di monitoraggio di Grumento3, Viggiano1 e Costa Molina Sud1 nei tre trienni dal 2013 al 2017; nella stazione di monitoraggio di Viggiano Zona Industriale il superamento si verifica nel triennio 2015-2017, mentre non ci sono superamenti nella stazione di Masseria De Blasiis.

Dall'analisi delle serie temporali (Figura 3) si evince una similarità di Viggiano1 con Grumento3 e di Masseria De Blasiis con Viggiano Zona Industriale, mentre Costa Molina Sud1 si colloca singolarmente, similarità confermata anche dall'andamento delle densità di probabilità. Dalla stessa analisi emerge anche l'anticorrelazione tra la quota e l'ampiezza di oscillazione giorno-notte delle concentrazioni. Per tener conto di tale relazione, sono state svolte le correlazioni per ogni coppia di stazione, sui massimi giornalieri oltre che sui massimi della media mobile come da normativa (D.Lgs 155/2010). In entrambi i casi i coefficienti di *Pearson*, per tutte le coppie, risultano superiori al valore 0,80, indice di una buona correlazione tra le stazioni di monitoraggio. Con l'analisi delle componenti principali si evidenzia che il contributo



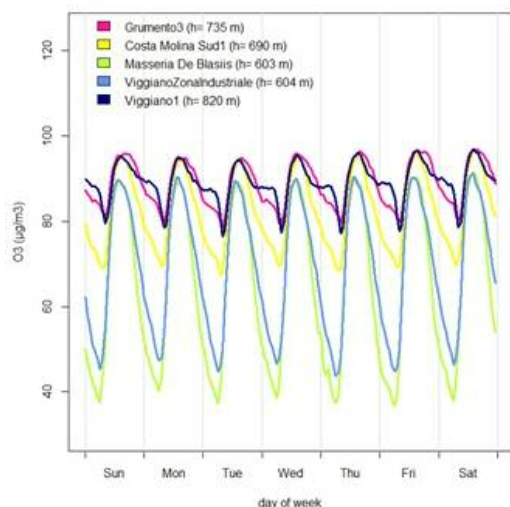
apportato dalle cinque stazioni della Val d'Agri alla prima componente, (varianza spiegata dell' 81%), è pressoché identico mentre considerando anche la seconda componente, (varianza spiegata al 93%), è confermata la stessa similarità tra le stazioni riscontrata con le serie temporali.

## Conclusioni

Dall'applicazione dei diversi metodi statistici alle serie storiche delle polveri si desumono informazioni analoghe, per cui le quattro stazioni esaminate forniscono dati ridondanti sia per il PM10, sia per il PM2,5; in particolare, le stazioni maggiormente concordanti sono Costa Molina Sud 1 e Grumento3 con Viggiano1.

Per l'anidride solforosa non si hanno le stesse evidenze

**Figura 3: Serie temporali delle concentrazioni di O3 (2013-2017), mediate sui giorni della settimana, registrate dalle stazioni di misura della VdA, con indicazione delle quote (h) rispetto al livello mare**



Fonte: Elaborazione ARPAB

risultanti per le polveri e la valutazione dell'importanza del monitoraggio di tale parametro nelle stazioni si baserà su criteri di opportunità e strategia piuttosto che su dati statistici.

Le analisi statistiche condotte sui dati orari dell'ozono evidenziano una similarità tra le coppie di stazioni Viggiano1-Grumento3 e Masseria De Blasiis-Viggiano Zona Industriale; mentre, le analisi sui dati relativi ai massimi della media mobile su 8 ore e ai massimi giornalieri mostrano ottime correlazioni dei dati della stazione di Costa Molina Sud1 sia con quelli di Viggiano1, che con quelli di Masseria De Blasiis.

## Bibliografia

Carslaw, D.C., 2015. *The openair manual - open-source tools for analyzing air pollution data. Manual for version 1.1-4*, King's College London.

Decreto Legislativo n. 155/2010 e ss.mm.ii..

Lin L., Hedayat A. S., Sinha B., and Yang M., 2002 *Statistical Methods in Assessing Agreement: Models, Issues, and Tools*.

Lu Wei-Zhen, He Hong-Di, Dong Li-yun, 2010. *Performance assessment of air quality monitoring networks using principal component analysis and cluster analysis*;

Pérez-Arribas L. V., León-Gonzalez M. E., and Rosales-Conrado N., 2017. *Learning Principal Component Analysis by Using Data from Air Quality Networks*.

Telesca L., Lovallo M., 2017. *On the performance of Fisher Information Measure and Shannon entropy estimators*. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Elsevier, vol. 484.

Tukey J.W., 1977, *Exploratory Data Analysis* Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, USA.

# Il Progetto Speciale cave - Un nuovo sistema integrato di controllo

Gaetano Licitra  
ARPA Toscana

## Premessa

Le Alpi Apuane, per la diffusa presenza di aree di cava attive alla coltivazione, costituiscono un sistema complesso, ambientale e territoriale, dove le inerenti attività di monitoraggio e controllo richiedono necessariamente una natura multidisciplinare.

La sensibilità ambientale di tale territorio e gli impatti derivanti dalla presenza di cave, ha indotto la Regione Toscana a perseguire una migliore gestione ambientale delle aree di cava stesse, con l'approvazione di una propria delibera di Giunta n.945 del 27.09.2016 del Progetto Speciale cave elaborato da ARPA Toscana.

Il Progetto Speciale cave 2017-2018 prevede un'attività di controllo, di monitoraggio e di ricerca, mediante:

- il potenziamento dei controlli diretti sui siti estrattivi;
- l'introduzione di tecniche innovative di monitoraggio degli acquiferi;
- il miglioramento quali-quantitativo delle tecniche di monitoraggio degli acquiferi;
- la messa a punto e attivazione di un sistema di controllo da remoto basato sull'analisi di immagini acquisite da satellite e/o droni;
- la predisposizione di strumenti di gestione e controllo di tipo preventivo.

L'insieme delle informazioni acquisite e i controlli effettuati nel corso del Progetto hanno permesso l'individuazione di comportamenti sanzionabili e la relativa attribuzione di responsabilità, oltre che un'approfondita conoscenza dei fenomeni di interesse.

In Tabella 1 sono riportati i risultati amministrativi dei controlli.

Tabella 1: Risultati dei controlli 2017-2018

|                                                   | 2017 | 2018(*) |
|---------------------------------------------------|------|---------|
| Impianti controllati                              | 64   | 34      |
| Accessi in cava                                   | 158  | 49      |
| Comunicazione notizie reato (CNR)                 | 38   | 20      |
| Sanzioni Amministrative                           | 42   | 24      |
| Prescrizioni impartite verificate (L. 68/2015)    | 19   | 12      |
| Lettera agli Enti per provvedimenti di competenza | 9    | 0       |
| Sequestri                                         | 2    | 0       |

Fonte: ARPA Toscana  
Legenda: (\*) Situazione al 15/10/2018

## La rete di monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee

La dispersione di "marmettola", la polvere di marmo impalpabile che si libera dalla segazione della pietra, rappresenta uno degli elementi più impattanti in quanto facilmente dilavabile dalle precipitazioni atmosferiche e facilmente convogliata verso l'acquifero carsico locale e la rete idrografica superficiale.

È stata pertanto implementata e riorganizzata la rete di monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee, per fornire un quadro esauriente dello stato ecologico e chimico. In particolare:

- sono stati inseriti punti di controllo e parametri in origine non previsti, compresi strumenti per il campionamento in continuo, unitamente all'intensificazione delle frequenze dei controlli;

- sono state acquisite in modo automatico le informazioni disponibili sulle risorse idriche dal Gestore e sulla meteorologia dal SIR (Settore Idrologico Regionale).

Sono stati, altresì, incrementati i punti di controllo in corsi d'acqua e/o acquiferi prima non controllati al fine di "circondare" il massiccio apuano e "misurare" l'impatto dovuto all'attività estrattiva.

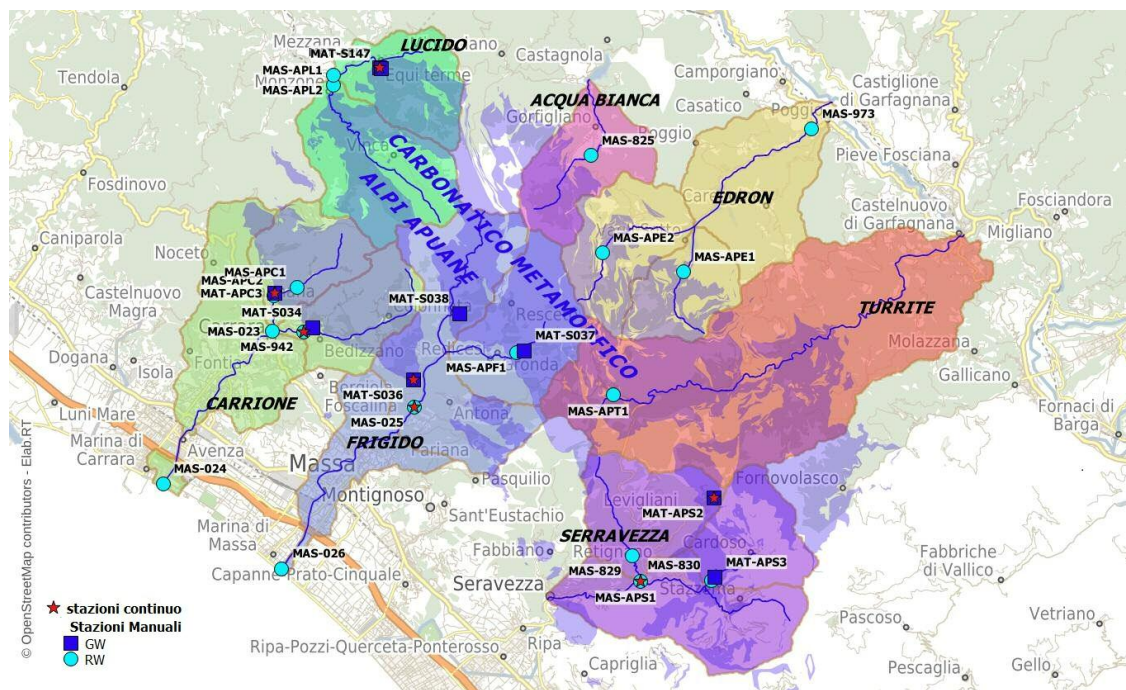
Tra gli inquinanti specifici da monitorare stata data priorità al materiale fine, carbonatico e non, che è immesso, a seguito delle attività di coltivazione delle cave e segagione, in quantità significativa nei corpi idrici superficiali e sotterranei presenti nelle aree estrattive e che "imbianca" fiumi e torrenti in occasione delle piogge.

Sono stati, pertanto, raccolti dati per la stima delle quantità di materiale fine che, attraverso gli acquiferi sotterranei, pervengono alle sorgenti per poi essere trasportate nei corsi d'acqua, mentre sono in corso di definizione, mediante dati di *input*, i modelli di trasporto solido dell'area monitorata.

L'area e i punti considerati sono riportati nella cartografia con la legenda che riporta anche il tipo di campionamento previsto e la relativa frequenza (Figura 1).

Per il giudizio della qualità ecologica (eco) dei corsi idrici nel Progetto Cave è stato utilizzato l'Indice Biotico Esteso (I.B.E. - Ghetti, 1997), indice sensibile alla presenza di materiale fine.

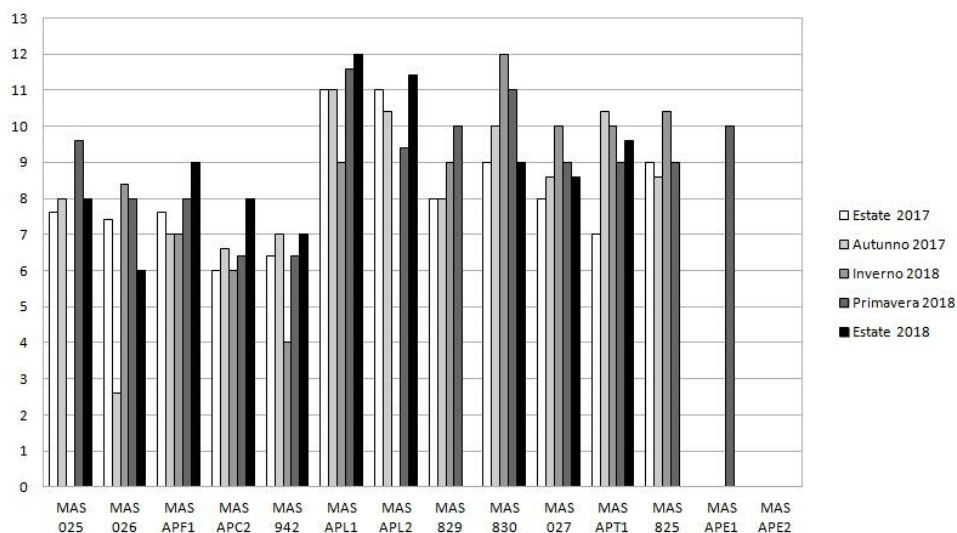
**Figura 1: Area e punti interessati dal monitoraggio**



Fonte: ARPA Toscana

Legenda: GW acque sotterranee, RW acque superficiali

Figura 2: Andamento stagionale del valore IBE



Fonte: ARPA Toscana

È stato misurato anche l'indice IQM (metodo IDRAIM – Rinaldi *et al.*, 2016) per i corsi d'acqua dell'intero bacino. A tale scopo sono stati identificati i tratti omogenei per i diversi corsi d'acqua da analizzare. I dati sono pubblicati e visibili *on line* sul sito Web del SIRA (<http://sira.arpato.toscana.it/apex2/f?p=143:13:0::NO>). Il monitoraggio biologico mediante I.B.E. ha avuto inizio nel mese di Giugno 2017 e ad oggi sono stati effettuati 86 sopralluoghi ed eseguiti 66 campioni. La Figura 2 riporta l'andamento stagionale del valore IBE per ogni stazione monitorata.

In sintesi, nella Figura 3 sono riassunti i risultati dei vari tratti e classificazione dell'indice IQM. È in fase di completamento la costruzione del modello SWAT sul bacino del fiume Carrione. Analizzati in termini di maggiore o minore sensibilità i vari parametri di *input*, i passi successivi riguarderanno

Figura 3: Indice IQM

| Codice Tratto          | Valore IQM | Classe di Qualità      |
|------------------------|------------|------------------------|
| Torrente Carrione      |            |                        |
| CAR S1T1               | 0,92       | Elevato                |
| CAR S1T2               | 0,41       | Scadente o Scarso      |
| CAR S1T3               | 0,18       | Pessimo o Cattivo      |
| CAR S3T1               | 0,12       | Pessimo o Cattivo      |
| CAR S4T1               | 0,12       | Pessimo o Cattivo      |
| CAR S5T1               | 0,28       | Pessimo o Cattivo      |
| CAR S6T1               | 0,82       | Buono                  |
| CAR S6T2               | 0,82       | Buono                  |
| CAR S7T1               | 0,62       | Moderato o Sufficiente |
| CAR S7T2               | 0,96       | Elevato                |
| Fiume Frigido          |            |                        |
| FRI S1T1               | 0,73       | Buono                  |
| FRI S2T2               | 0,67       | Moderato o Sufficiente |
| FRI S3T3               | 0,2        | Pessimo o Cattivo      |
| Fiume Versilia         |            |                        |
| VER S1T1               | 0,53       | Moderato o Sufficiente |
| VER S2T2               | 0,68       | Moderato o Sufficiente |
| VER S3T3               | 0,57       | Moderato o Sufficiente |
| Torrente Turrite Secca |            |                        |
| TURS1T1                | 0,6        | Moderato o Sufficiente |
| Torrente Edron         |            |                        |
| EDRS1T1                | 0,63       | Moderato o Sufficiente |
| Torrente Acqua Bianca  |            |                        |
| ACQS1T1                | 0,58       | Moderato o Sufficiente |

Fonte: ARPA Toscana

la riproduzione di scenari variabili in funzione di differenti condizioni di copertura dei suoli come derivati dalle applicazioni di *remote sensing*, oggetto di una collaborazione di ricerca con l'Università di Firenze (UNI-FI)

Per quanto riguarda le acque sotterranee, completata l'analisi delle serie storiche di torbidità e portata ottenute dal gestore relative ad un ampio periodo (2006-2017), è stata già delineata con UNI-FI la modellazione concettuale e si procederà con la costruzione e calibrazione del corrispondente modello numerico attraverso MODFLOW-CFP.

## Il monitoraggio con immagini satellitari e droni

È stato sperimentato, in collaborazione con UNI-FI, un metodo di monitoraggio delle cave attraverso immagini satellitari e da drone per l'individuazione di possibili criticità ambientali su larga scala monitorando così i cambiamenti dovuti all'attività estrattiva ed ottimizzando il relativo controllo *in situ*.

È stata messa a punto una metodica per la mappatura dell'intero bacino marmifero che, utilizzando immagini da satellite ad alta ed altissima risoluzione, consente di definire la variazione dell'uso del suolo, mediante una procedura di calcolo di indicatori

Le tecniche di *remote sensing* hanno riguardato l'utilizzo di dati dai satelliti Sentinel-2 (<http://copernicus.eu/main/sentinels>) e immagini ad alta risoluzione fornite di satelliti Pléiades 1A e 1B (<https://pleiades.cnes.fr/en/PLEIADES/index.htm>) per il periodo settembre 2016-settembre 2017.

Per poter meglio discriminare le zone in ombra, verranno messi a punto indicatori compositi di variazione utilizzando immagini radar Cosmo Skymed con risoluzione 3m x 3m.

Tali indicatori consentiranno una più accurata stima delle variazioni sulle aree di cava, oltre che una loro più precisa discriminazione sulla base della rugosità superficiale ottenibile dalla risposta del terreno al segnale radar, che consentirà di indirizzare opportunamente le attività di controllo in campo.

Se l'impiego di immagini satellitari ha consentito di sviluppare una prima metodica per il monitoraggio dell'attività estrattiva a livello di bacino, l'uso della fotogrammetria terrestre da drone, testata all'interno del progetto, ha permesso di mettere a punto un sistema per una mappatura di dettaglio a livello di singola cava.

Partendo da immagini ottiche e utilizzando le potenzialità degli algoritmi *Structure from Motion* (SfM), sono state ottenute mappe 2D e 3D in HD per la successiva stima preliminare dei cambiamenti delle volumetrie nell'area di cava.

La tecnica di rilievo e di analisi è stata messa a punto su diverse cave rappresentative delle diverse morfologie e piani di coltivazione in essere.

Ad oggi è in corso il confronto con dati LIDAR pregressi ad altissima risoluzione messi a disposizione dalla Regione Toscana. I risultati di tale studio potranno fornire una cartografia delle variazioni delle cave rilevate, con precisione sub metrica. D'altra parte, vista la presenza di cave in galleria, sono state studiate anche le potenzialità dell'impiego del *laser scanner* per monitorare lo sviluppo delle coltivazioni nel tempo e per mettere a punto tecniche di calcolo delle volumetrie estratte.

Saranno presto resi disponibili, tramite un'interfaccia di consultazione; (cartografia dinamica), gli indicatori ottenuti e gli esiti dei rilievi eseguiti.

La mappatura dei cambiamenti a livello di bacino da satellite si è dimostrata promettente per il monitoraggio delle aree estrattive. Se da una parte le immagini

---

Pléiades hanno consentito di perimetrare in modo più dettagliato le aree di cava, anche le immagini Sentinel a più bassa risoluzione si sono dimostrate efficaci in termini di valutazione delle variazioni nell'uso del suolo. È stata messa a punto una prima procedura di *change detection* che sarà affinata con il supporto di immagini radar. I voli con drone e l'utilizzo degli algoritmi di ricostruzione della scena 3D hanno permesso di testare la tecnica in diversi contesti morfologici e le potenzialità per il calcolo delle volumetrie.

## Bibliografia

---

Ghetti P.F., 1997, *Manuale di applicazione – Indice biotico esteso (I.B.E.) I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. In: Provincia Autonoma di Trento – Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente.

Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M., 2016. – *IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua* – Versione aggiornata 2016 – ISPRA – Manuali e Linee Guida 131/2016. Roma.



## Accompagnamento ambientale alle 'Grandi opere: un esempio di gestione di multiproblematiche ambientali

Emanuele Scotti, Tatiana Sammartano  
ARPAL Liguria

### Premessa

La Liguria, per conformazione territoriale, caratteristiche geologiche e geomorfologiche, e per i peculiari rapporti tra le aree insediative e il territorio naturale, costituisce un *unicum* a livello di regioni italiane.

Territorio essenzialmente montagnoso, con spartiacque posto a breve distanza dalla linea di costa e rilievi con quote superiori ai 1.000 m slm, è da sempre caratterizzato da insediamenti per lo più costieri o limitati alle ristrette aree di fondovalle.

Alla storica vocazione marinara e mercantile, in epoca moderna si sovrappose una presenza industriale importante, che portò la regione e, in modo particolare, Genova a un ruolo preminente nella nascente industria pesante italiana tra la fine dell'Ottocento e il primo Novecento. Gli scenari macroeconomici recenti hanno portato ad un rilancio della regione come 'terra di passaggio', valorizzandone la collocazione geografica come raccordo tra il mondo mediterraneo e le grandi realtà industriali del nord Italia e del resto dell'Europa. Non è un caso che le principali opere strategiche attualmente in corso di realizzazione nel territorio regionale rappresentate dal "Terzo Valico dei Giovi", dal "Nodo stradale ed autostradale di Genova - Adeguamento del sistema A7-A10-A12" (la cosiddetta "Gronda"), e dal "Potenziamento Infrastrutturale ferroviario del Nodo di Genova" sono tutte opere ferroviarie o stradali finalizzate al miglioramento della mobilità regionale e alla connes-

sione con prioritari assi di comunicazione a livello europeo.

### Il Terzo Valico dei Giovi

Il Terzo Valico dei Giovi è una linea ad alta velocità e capacità finalizzata a potenziare i collegamenti del sistema portuale ligure con le principali linee ferroviarie del Nord Italia e il resto dell'Europa.

Tra le Opere strategiche di cui alla Legge 443 del 21 dicembre 2001 ("Legge Obiettivo") nell'agosto del 2003 ha ottenuto dalla Commissione Speciale VIA il parere favorevole con prescrizioni sul progetto preliminare.

La costruzione della nuova linea ferroviaria, interessante le Regioni Piemonte e Liguria, si sviluppa complessivamente per 53 km, di cui 36 km in galleria, toccando 14 comuni delle province di Genova e di Alessandria. Il territorio Ligure è interessato dalla costruzione di 12 km di galleria di linea (a cui si aggiungono 24 Km per le gallerie di servizio) con potenziali impatti significati sul territorio.

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con provvedimento n. 463 del 14 settembre 2012 ha istituito l'Osservatorio Ambientale, con i princi-





pali compiti di esaminare sotto il profilo ambientale la realizzazione dell'infrastruttura e le ricadute sul territorio, sovrintendere all'esecuzione del monitoraggio ambientale delle componenti ambientali interferite, indicando ogni utile iniziativa ritenuta necessaria, operare per ottimizzare la *governance* della tutela ambientale in sinergia con altri soggetti istituzionalmente preposti. Il supporto tecnico scientifico all'Osservatorio Ambientale è garantito dalle ARPA Piemonte e Liguria grazie alla stipula di un Protocollo di Intesa tra Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, le regioni Piemonte e Liguria, RFI e Consorzio Collegamenti Integrati Veloci (COCIV), sottoscritto il 7 novembre 2013. Le ARPA garantiscono anche il corretto accompagnamento ambientale dell'opera verificando l'esecuzione del monitoraggio in ogni sua fase e l'attuazione del sistema di gestione ambientale per ciascuna matrice ambientale interessata.

Nel complesso, tra il 2015 e il 2017, l'impegno dell'ARPA LIGURIA, teso al *"corretto accompagnamento ambientale dell'opera"*, ha comportato l'effettuazione di più di 9.375 ore uomo e l'esecuzione di 437 sopralluoghi e analisi di laboratorio su 428 campioni.

In particolare sono state effettuate misure locali:

- della qualità dell'aria e amianto aerodisperso, con 103 sopralluoghi e 215 campioni prelevati ed analizzati;
- delle acque superficiali, con 176 sopralluoghi e 148 prelevati ed analizzati;
- delle acque sotterranee, con 50 sopralluoghi e 38 prelevati ed analizzati;
- degli scarichi idrici, con 54 sopralluoghi tra ispezioni e campionamenti, e 27 campioni prelevati e analizzati.

Sono stati altresì effettuate misure sul rumore con l'esecuzione di 36 sopralluoghi nonché esecuzione di 11 sopralluoghi finalizzati alla verifica della gestione dei rifiuti e anche 7 sopralluoghi aventi ad oggetto potenziali

impatti sulla biodiversità.

Sono state pertanto affrontate da ARPA Liguria le diverse problematiche ambientali con riferimento alla gestione dell'amianto naturale contenuto nelle rocce oggetto di scavo e ai diversi aspetti legati alla sicurezza sia dei luoghi di lavoro che di vita, delle terre e rocce da scavo, unitamente ai relativi rapporti istituzionali con gli Enti competenti. L'Agenzia inoltre ha dato risposta alle diverse problematiche territoriali, confrontandosi con gli amministratori locali e i comitati, in particolare sui temi delle risorse idriche e del dissesto idrogeologico.

### La gestione delle terre e rocce da scavo e l'amianto aerodisperso

La presenza di materiale amiantifero naturale in alcune tratte delle gallerie in esecuzione, e la conseguente possibilità di dispersione di fibre di amianto, ha reso necessaria una gestione accorta sia per aspetti di natura ambientale sia per quelli di natura sanitaria, relativi alla sicurezza dei lavoratori nei cantieri e a quella della popolazione.

Per l'oggettiva rilevanza tecnico-scientifica e per le profonde ripercussioni in termini di impatto sociale e mediatico il tema dell'amianto ha rappresentato il più gravoso ambito di attività dell'ARPA Liguria.

Allo scopo è stato costituito un gruppo di Lavoro tra l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Ligure, l'Agenzia Sanitaria Ligure e il Consorzio Collegamenti Integrati Veloci avente specifica finalità di implementare e dettagliare le procedure di gestione dell'amianto in cantiere con particolare riferimento al contenimento della possibile dispersione di fibre all'interno della galleria e del cantiere e alla successione gestione delle rocce estratte contenenti materiali amiantiferi.

Particolare attenzione è stata rivolta:

alla modalità all'abbattimento dei fronti di scavo e alle escavazioni, costituenti fasi lavorative durante le quali le fibre di amianto contenute nelle rocce possono essere meccanicamente liberate e quindi disperse nell'ambiente. È stato infatti definito un Codice di scavo che prevede la compartimentazione della galleria in tre settori (area contaminata, area di decontaminazione e area incontaminata) e l'adozione di sistemi di abbattimento delle polveri e di ventilazione che impediscono la veicolazione delle fibre al di fuori della galleria;

al monitoraggio e al controllo della dispersione delle fibre mediante l'installazione di centraline di misura della concentrazione di amianto aerodisperso negli ambienti di lavoro e di vita. Le centraline sono state poste all'uscita della galleria di scavo, presso una prima cintura, al di fuori dell'area di cantiere, in prossimità di recinzione e accessi, e presso una seconda cintura, in prossimità di punti considerati "recettori sensibili", cioè edifici o centri abitati.

I valori di amianto aerodisperso rilevato nei diversi punti fanno scattare inerenti e diverse procedure di gestione.

I controlli e le analisi hanno mostrato che anche materiali "sottosoglia", ossia con quantità di amianto inferiori al limite di legge di 1000 mg/kg, possono essere in grado di indurre significative concentrazioni di fibre aerodisperse, ma che l'adozione di opportuni provvedimenti e dispositivi di controllo della dispersione e di abbattimento delle fibre liberate può contenere entro limiti di assoluta sicurezza i livelli di concentrazioni di fibra aerodispersa anche in presenza di concentrazioni di amianto nei materiali molto superiori al limite di legge.

## Le Acque sotterranee

Per gli aspetti qualitativi delle acque sotterranee, particolarmente significativa è stata l'individuazione, per cia-

scun punto di monitoraggio, dei "valori tipici" di *ante operam*, in grado, pertanto, di poter rilevare ogni anomalia composizionale potenzialmente legata all'esecuzione dell'opera. Il monitoraggio di oltre trenta parametri specifici non ha rilevato alterazioni delle acque riconducibili ai lavori.

Sotto l'aspetto quantitativo sono stati calcolati i *coefficienti di esaurimento* delle sorgenti monitorate, in modo da disporre di elementi oggettivi ed affidabili per la verifica degli effetti di depauperamento indotti dagli scavi. Il confronto tra l'andamento tipico della sorgente e le portate effettivamente misurate consente di valutare in modo affidabile il reale impatto, distinguendo gli effetti naturali dovuti alle variazioni meteoclimatiche e al regime naturale della sorgente, da quelli indotti dallo scavo della galleria.

Nella zona della Finestra Cravasco, interessata per un lungo tratto dall'attraversamento di una formazione carbonatica acquifera, l'impatto sensibile su alcune sorgenti era stato previsto a livello progettuale, e per questo sono state effettuate opere acquedottistiche integrative, oltre all'adozione, nel tratto critico, di uno speciale rivestimento impermeabilizzato *full round*, che dovrebbe contenere al massimo grado l'effetto di drenaggio e quindi, a lungo termine, consentire un generalizzato ripristino delle quote idriche sotterranee.

## Bibliografia

Cortesogno L. & Haccard D. (1984) - *Note illustrative alla carta geologica della Zona Sestri-Voltaggio* - Società Geologica Italiana;

Beccaris G., Scotti E., Di Ceglia F., Prandi S. (2010) - *Asbestos control in ligurian ophiolites* - Congresso SGI, Pisa;

Beccaris G., Brancucci M., Crispini L., Fornasaro S.,

---

Marescotti P., Poggi E., Scotti E., Solimano M. (2014) - *La presenza naturale di metalli nei suoli: criticità operative e possibili soluzioni - Metodi di indagine mirati per la determinazione dei valori di fondo naturale di alcuni metalli in rocce suoli serpentinitici dell'Unità Voltri in Liguria* - Eco Bonifiche e rifiuti, Dicembre 2014;

Beccaris G., Crispini L., Fornasaro S., Lucchetti G., Marescotti P., Orecchia M., Poggi E., SCOTTI E., Solimano M. (2014) - *Background levels of potentially toxic elements in ultramafic soils from the Voltri Unit: a mineralogical and geochemical approach* - Rendiconti della Società Geologica Italiana - Vol. 31, Suppl. n.1 - Settembre 2014 - Congresso della Società Geologica Italiana e 90° Congresso della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia.

## 2. ATMOSFERA

### Biomonitoraggio della qualità dell'aria in Abruzzo tramite i licheni: risultati delle misurazioni del periodo 2013-2017

Antonella Iannarelli  
ARTA Abruzzo

#### Introduzione

I licheni sono l'espressione di un'associazione simbiotica tra un fungo, per lo più un Ascomicete (più raramente un Basidiomicete) e un'alga verde o un cianobatterio.

Le alghe e i cianobatteri sono organismi autotrofi, vale a dire in grado di compiere il processo fotosintetico sintetizzando zuccheri a partire da anidride carbonica e acqua, con l'ausilio della clorofilla in presenza della luce. Il fungo, eterotrofo, assume dal suo partner algale questi zuccheri come nutrimento e in cambio fornisce all'alga acqua, sali minerali e protezione dal disseccamento e dalle forti radiazioni solari. La vita dei licheni dipende completamente dall'aria e il rapporto con il substrato su cui sono insediati è limitato alla compatibilità di pH. Alcune specie di licheni sono sensibilissime agli inquinanti presenti nell'aria, altre relativamente più resistenti; per queste caratteristiche sono idonei a rappresentare la qualità media dell'aria nelle procedure di monitoraggio in maniera completa e non istantanea. Le tecniche di biomonitoraggio possono essere distinte in due categorie:

- bioindicazione
- bioaccumulo

#### Bioindicazione

La bioindicazione si basa su misure biologiche, ovvero modificazioni morfologiche, fisiologiche o genetiche a

livello di organismo e su variazioni nella composizione a livello di popolazione e comunità espresse come grado di biodiversità.

Fra i diversi organismi preposti alla funzione di bioindicatore della qualità dell'aria, i licheni epifiti, cioè quelli che crescono sulla corteccia delle piante, sono risultati i più adatti e i più utilizzati a livello internazionale: sono alquanto longevi, hanno un lento accrescimento (pochi millimetri l'anno) e un metabolismo altrettanto lento.

Nello specifico è possibile osservare in essi modificazioni indotte dall'inquinamento almeno a tre livelli diversi:

- *morfologica*: si rivela con la diminuzione della distanza dalla fonte di emissione ed ha bisogno di tempi lunghi per manifestarsi;
- *fisiologica*: è correlato con la deposizione di solfati, nitrati, clorati, polveri, metalli;
- *ecologica*: è legato ad una progressiva diminuzione del numero di specie nonché di individui di ciascuna specie nel tempo.

#### Bioaccumulo

Il termine bioaccumulo indica un aumento della concentrazione di una sostanza chimica in un organismo nel tempo, in relazione alla concentrazione della sostanza stessa nell'ambiente.

Le sostanze chimiche si accumulano negli organismi ogni volta che il loro assorbimento procede più rapidamente della loro metabolizzazione.

I licheni sono ampiamente utilizzati come biaccumulatori di elementi in traccia, tra cui metalli pesanti, radionuclidi, zolfo, fluoro e idrocarburi clorurati. Grazie al loro metabolismo strettamente dipendente dagli apporti atmosferici e alla loro struttura, possono accumulare questi elementi in quantità ben superiori ai

loro fabbisogni fisiologici e mantenerli inalterati per lungo tempo senza manifestare danni.

## Monitoraggio della qualità dell'aria

Nel periodo 2015-2017 è stato eseguito il monitoraggio della qualità dell'aria della regione Abruzzo utilizzando lo studio dei licheni con la tecnica della bioindicazione. Il sistema di campionamento si basa su un insieme di Unità di Campionamento Primarie (UCP) e di Unità di Campionamento Secondarie (UCS). Le UCP sono costituite da aree quadrate di un km di lato aventi come centro i nodi della griglia della rete nazionale. Le UCS sono aree circolari di raggio di 125 m collocate in ciascuno dei quadranti (NW; NE; SE; SW) della UCP. Una UCP è considerata idonea se esiste al suo interno almeno una UCS rilevabile; a sua volta una UCS è rilevabile se esistono al suo interno almeno tre alberi su cui è possibile effettuare il rilievo. All'interno delle UCS, vengono selezionati e georeferenziati i 3 alberi più vicini al centro dell'UCS che presentano i requisiti standard previsti dal protocollo.

Gli alberi sono scelti in base alle seguenti caratteristiche: inclinazione del tronco non superiore a  $10^\circ$ , per evitare effetti dovuti all'eccessiva eutrofizzazione aerea di superfici molto inclinate, circonferenza minima di 60 cm, per evitare situazioni con flora lichenica pioniera, assenza di fenomeni evidenti di disturbo (verniciature, gravi malattie della pianta etc.).

Il rilevamento delle Biodiversità Lichenica (BL) di ogni albero viene effettuato utilizzando un reticolo di campionamento costituito da quattro elementi rettangolari, ciascuno formato da una serie lineare di cinque quadrati di 10x10 cm, disposti verticalmente sul tronco in corrispondenza dei quattro punti cardinali.

**Figura: 1 Reticolo di campionamento**



Fonte: ARTA Abruzzo

Il reticolo è posizionato sul tronco a un metro dalla superficie del suolo. Nell'esecuzione del rilievo vanno annotate, per ciascuna direzione cardinale, tutte le specie licheniche presenti all'interno della griglia e la loro frequenza, espressa con un valore da 0 a 5, che rappresenta il numero di quadrati in cui ogni specie è presente. Per ciascun albero vanno mantenute separate le somme di frequenze relative ai quattro punti cardinali (BL<sub>JN</sub>, BL<sub>JE</sub>, BL<sub>JW</sub>, BL<sub>JS</sub>), per mettere in evidenza eventuali dif-





nella Provincia di Teramo.

I risultati ottenuti nelle stazioni monitorate (Figura 2), mostrano che il 40,6% ha una Naturalità molto alta (colore blu), il 9,4% ha una Naturalità alta (verde scuro), il 25% ha una Naturalità media (verde chiaro), il 9,4% è classificato con una Naturalità bassa/alterazione bassa (giallo), un altro 9,4% è classificato con una Alterazione media (arancione) ed infine un 6,2% è classificato con una Alterazione alta (rosso).

Non sono state rilevate stazioni con Alterazione molto alta, anche se probabilmente questo risultato potrebbe trovarsi in area metropolitana costiera.

Con i dati ottenuti dalla campagna di monitoraggio è stata elaborata una Carta di base di naturalità/alterazione della regione Abruzzo che fornisce un quadro abbastanza completo, benché suscettibile di futuri aggiornamenti di dettaglio, della situazione della qualità dell'aria in Abruzzo. I dati consentono di affermare che la maggior parte del territorio abruzzese ha un Indice di Biodiversità Lichenica compatibile con una qualità dell'aria da alta a molto alta. I valori di IBL alti si concentrano nelle zone dei Parchi, situati per la gran parte in provincia di L'Aquila e in parte in provincia di Teramo. Ad eccezione di quanto rilevato, una stazione situata a Navelli (AQ) è stata classificata con una Naturalità bassa, a causa di un incendio che ha distrutto la copertura lichenica sulla corteccia degli alberi. Le aree di maggiore alterazione riscontrate in regione, tra bassa e media, riguardano le provincie di Chieti, Pescara e, in parte, Teramo: sono i territori in cui si concentrano i nuclei industriali più estesi. In particolare due stazioni situate nella provincia di Chieti hanno un IBL associato ad un'alterazione alta: una a Cupello, in cui la Stazione di monitoraggio è prossima a una discarica, l'altra a Celenza sul Trigno, dove la Stazione è in prossimità della S.S. 650, molto trafficata.

## Bibliografia

- ANPA, 2001. *I.B.L. Indice di biodiversità lichenica*. ANPA, Manuali e linee guida 2/2001
- Nimis P.L., 1999a. *Il biomonitoraggio della "qualità dell'aria" in Italia*. In: Piccini C. & Salvati S., Atti del Workshop *Biomonitoraggio della Qualità dell'Aria sul territorio Nazionale*, Roma 26-27 novembre 1998. ANPA.
- Nimis P.L., 1999b. *Linee-guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti*. In: Piccini C. & Salvati S., Atti del Workshop *Biomonitoraggio della Qualità dell'Aria sul territorio Nazionale*, Roma 26-27 novembre 1998. ANPA.
- Nimis P.L., Bargagli R., 1999. *Linee-guida per l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia*. In: Piccini C. & Salvati S., Atti del Workshop *Biomonitoraggio della Qualità dell'Aria sul territorio Nazionale*, Roma 26-27 novembre 1998. ANPA.



## La previsione e la valutazione regionale del PM10 – il sistema modellistico SPIAIR

Alberto Dalla Fontana, Silvia Pillon, Luca Zagolin  
ARPA Veneto

Il sistema modellistico SPIAIR (Sistema per la Previsione dell'Inquinamento dell'Aria), implementato dall'Osservatorio Aria di ARPA Veneto, è basato sul modello fotochimico CAMx (*Comprehensive Atmospheric Model with eXtensions*), sviluppato e liberamente distribuito da Ramboll Environ (<http://www.camx.com/>). Per la stima delle concentrazioni degli inquinanti simulati, il sistema SPIAIR si avvale di un *set* di *input* di tipo meteorologico (modello meteo COSMO-LAM17), geo-morfologico (orografia e uso del suolo) ed emissivo. Il dominio di simulazione copre l'intera regione Veneto e gran parte di Friuli Venezia Giulia e Trentino Alto Adige, oltre alle intere provincie di Brescia e Mantova e alla porzione nord-orientale dell'Emilia-Romagna; si tratta di un dominio di circa 250 km di lato con risoluzione di 4 km.

Il sistema SPIAIR produce e pubblica quotidianamente, ([http://www.arpa.veneto.it/ozono/mappe\\_previsione\\_PM10.php](http://www.arpa.veneto.it/ozono/mappe_previsione_PM10.php)), le mappe di previsione fino a +72 ore della media giornaliera del PM10 e del massimo orario (su base giornaliera) di ozono. La pubblicazione delle mappe *on-line* è iniziata da aprile 2017; nel corso del tempo il sistema ha subito vari aggiornamenti e migliorie, in particolare dell'inventario emissivo, che è attualmente aggiornato al 2015, e dell'*input* meteorologico, che è recentemente passato al COSMO 5 km.

Inoltre, è stata messa a punto una procedura in grado di correggere l'*output* modellistico a +24 ore con i dati misurati dalle stazioni di misura; la correzione si basa sullo scarto effettivo misurato tra modello e misura in corrispondenza di un *set* di stazioni idonee, dotate di analizza-

tore automatico di PM10. In tal modo è possibile produrre, con un ritardo di poche ore (il cosiddetto "near real time"), una mappa delle concentrazioni di PM10 giornaliera sul territorio regionale. La spazializzazione dello scarto sui punti della griglia di calcolo è effettuata mediante un algoritmo che calcola lo scarto come combinazione lineare degli scarti nei recettori discreti corrispondenti alle stazioni circostanti. Sono tuttora in opera delle analisi di sensitività per determinare i migliori parametri di configurazione dell'algoritmo e le stazioni più adatte.

Nelle figure 1 e 2 sono presentate le mappe della media annuale del PM10 e del numero di superamenti del valore limite giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  relative all'anno 2017, calcolate a partire dalle mappe di analisi giornaliera generate con il metodo sopra descritto; con un pallino circolare sono state riportate le medie misurate presso i siti di *background* urbano e rurale, rappresentate nella stessa scala di colore del modello. Si osserva che complessivamente l'accordo è buono (coincidenza dei colori), a parte la zona centro-orientale della provincia di Rovigo dove si osserva una sottostima delle concentrazioni misurate.

In particolare, l'accordo tra misura e stima modellistica è buono anche per le stazioni non incluse nella procedura di correzione e precisamente: PD\_Alta Padovana, RO\_Borsea e RO\_Badia Polesine; fa eccezione RO\_Adria in cui si manifesta una sottostima sia della media annuale, che del numero di superamenti.

Come stima quantitativa della *performance* dell'algoritmo di correzione si riportano alcuni comuni indicatori statistici (Jolliffe e Stephenson, 2003) calcolati in corrispondenza alle stazioni non incluse nella procedura di correzione e cioè BIAS (media modello – media stazione), RMSE (errore quadratico medio), MAE (errore assoluto medio) e indice di correlazione (di Pearson) R relativamente all'anno 2017 (valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ):

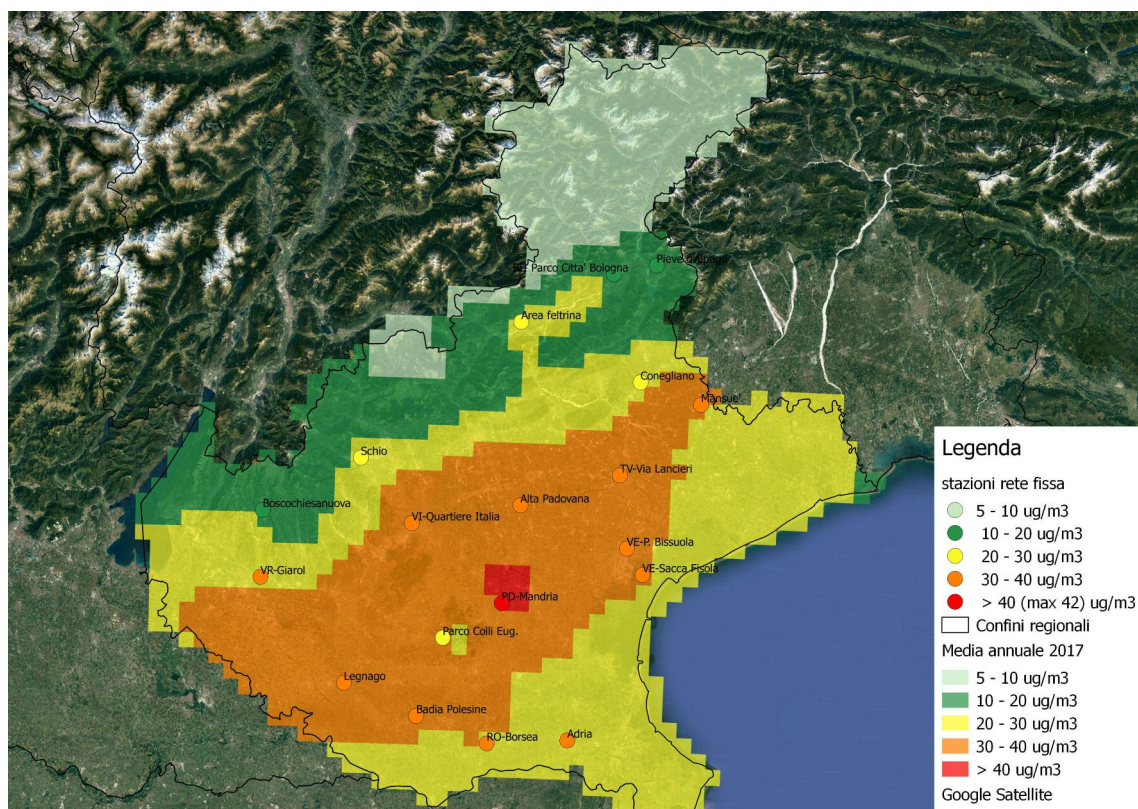
- PD\_Alta Padova: media stazione: 35, media modello: 32, BIAS: -3, RMSE: 13, MAE: 8, R=0,89;
- RO\_Borsea: media stazione: 34, media modello: 29, BIAS: -5, RMSE: 10, MAE: 7; R=0,95
- RO\_Badia Polesine: media stazione: 35, media modello: 31, BIAS: -4, RMSE: 11, MAE: 7, R=0,93.

- PD\_Alta Padova: media stazione: 35, media modello: 34, BIAS: -1, RMSE: 16, MAE: 10, R=0,81;
- RO\_Borsea: media stazione: 34, media modello: 25, BIAS: -9, RMSE: 19, MAE: 13; R=0,79
- RO\_Badia Polesine: media stazione: 35, media modello: 27, BIAS: -8, RMSE: 20, MAE: 13, R=0,75.

a confronto con gli stessi indicatori calcolati per la previsione a +24 (non corretta):

Da questa valutazione risulta che gli indicatori per le stime corrette sono sempre migliori, con l'eccezione del BIAS per PD\_Alta Padova, rispetto alle stime non cor-

**Figura 1: Concentrazione media annuale di PM10, anno 2017**



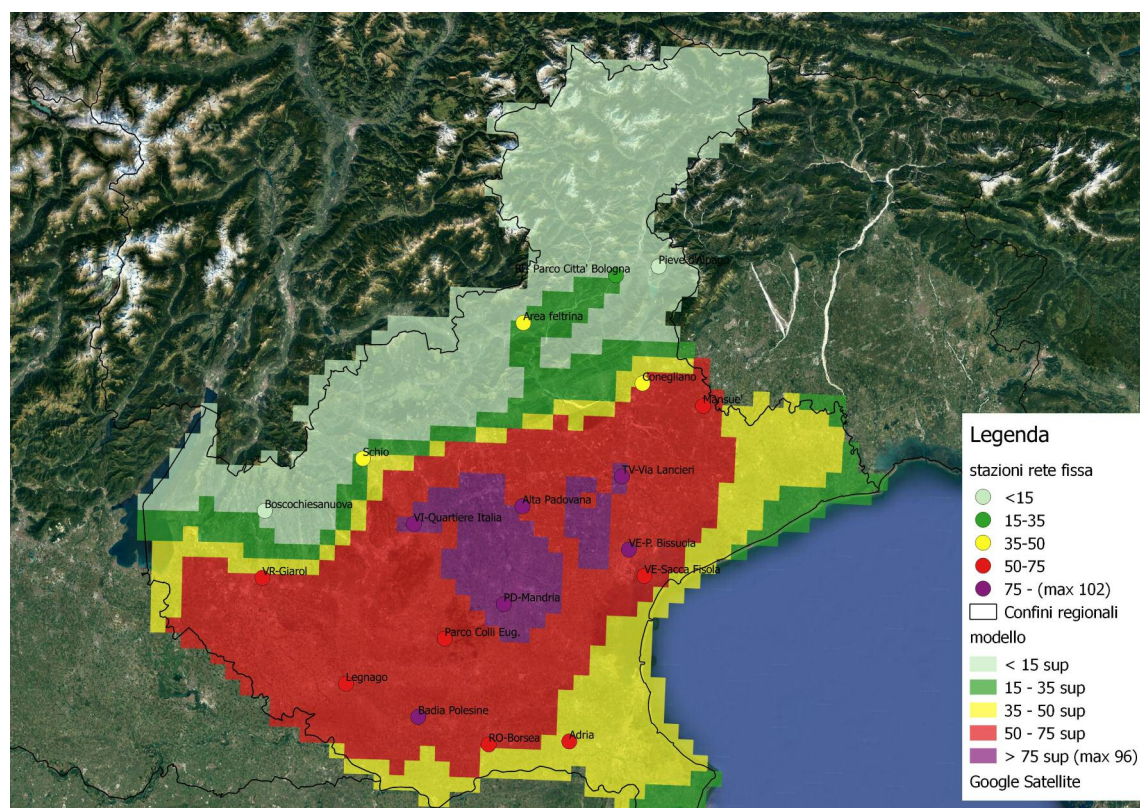
Fonte: ARPA Veneto

rette. Persiste tuttavia un BIAS negativo probabilmente dovuto a scarti particolarmente significativi durante i fenomeni di accumulo della stagione invernale; ciò si ripercuote anche nel RMSE, che è sensibile al quadrato degli scarti, mentre il MAE, per la stima corretta, è sempre minore di 10; in altri termini si può dire che in media l'errore assoluto della miglior stima modellistica della media giornaliera rispetto al valore misurato è inferiore a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Bibliografia

Jolliffe Ian T., Stephenson David B., 2003. *Forecast Verification. A Practitioner's Guide in Atmospheric Science* (Wiley & Sons Ltd)

**Figura 2: Numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero per il PM10, anno 2017**



Fonte: ARPA Veneto





### 3. BIOSFERA

#### Individuazione degli elementi della rete ecologica nei territori del Sito Unesco “Paesaggi vitivinicoli del Piemonte: Langhe - Roero e Monferrato”

Luciano Crua, Davide Vietti, Romina Di Paolo,  
Massimiliano Ferrarato  
ARPA Piemonte

Nel corso degli ultimi anni ARPA Piemonte ha adottato una metodologia, sviluppata internamente, per definire gli elementi della rete ecologica del territorio regionale. Tale metodo è stato applicato a parti consistenti del territorio regionale e i risultati sono impiegati sia per le diverse valutazioni ambientali, sia all'interno di altri progetti e valutazioni ecologiche del territorio. Il prodotto realizzato è una metodologia modellistica utile per l'identificazione degli elementi della rete ecologica in modo automatico. Il lavoro è stato sviluppato a più riprese da ARPA Piemonte nell'ultimo decennio (Ferrarato *et al.*, 2004; Vietti *et al.*, 2004; Alibrando *et al.*, 2007) come supporto per la valutazione ambientale di piani e progetti ed è stata oggetto di una recente e profonda revisione.

La Regione Piemonte con la DGR n. 52 - 1979 del 31 luglio 2015 “Legge regionale del 29 giugno 2009, n. 19 “TESTO UNICO SULLA TUTELA DELLE AREE NATURALI E DELLA BIODIVERSITÀ.” APPROVAZIONE DELLA METODOLOGIA TECNICO-SCIENTIFICA DI RIFERIMENTO PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI DELLA RETE ECOLOGICA REGIONALE E LA SUA IMPLEMENTAZIONE”, ha individuato la metodologia come strumento utile a definire la rete ecologica regionale. Sul sito di ARPA Piemonte sono pubblicate tutte le fasi della procedura.

Il metodo prevede che l'analisi di un territorio avvenga mediante l'elaborazione di modelli ecologici al fine di valutare, con un criterio oggettivo, la presenza di aree

di valore ecologico e di aree con funzione di corridoio ecologico.

Ponendo in questo modo i presupposti per la realizzazione di un modello per identificare e tutelare le aree a maggior biodiversità e le aree residuali potenzialmente utilizzabili per il potenziamento delle connessioni ecologiche.

I modelli prevedono la realizzazione di una carta degli *habitat* del territorio su cui si svilupperanno le analisi necessarie.

L'intero processo di creazione della rete ecologica è stato studiato per poter essere riproducibile con la cartografia esistente e con *software* libero.

Per la costruzione della carta degli *habitat* si è convertito i diversi strati cartografici disponibili utilizzati in tipologia di habitat classificati con il sistema EUNIS.

Dalla carta degli *habitat*, tramite il modello, vengono individuate le aree importanti per i differenti gruppi faunistici e per la vegetazione e in base a queste si definiscono le aree a valore ecologico. Parallelamente viene effettuata l'analisi tramite il modello “fragm” per valutare, tramite strumenti *gis*, la permeabilità ecologica (attitudine di un territorio ad essere attraversato dalle specie animali considerate) e la connettività ecologica (livello di interconnessione tra le diverse aree naturali “sorgente” presenti).

A seguito dell'applicazione della metodologia descritta è possibile identificare gli elementi che concorrono a costituire la rete ecologica, ossia:

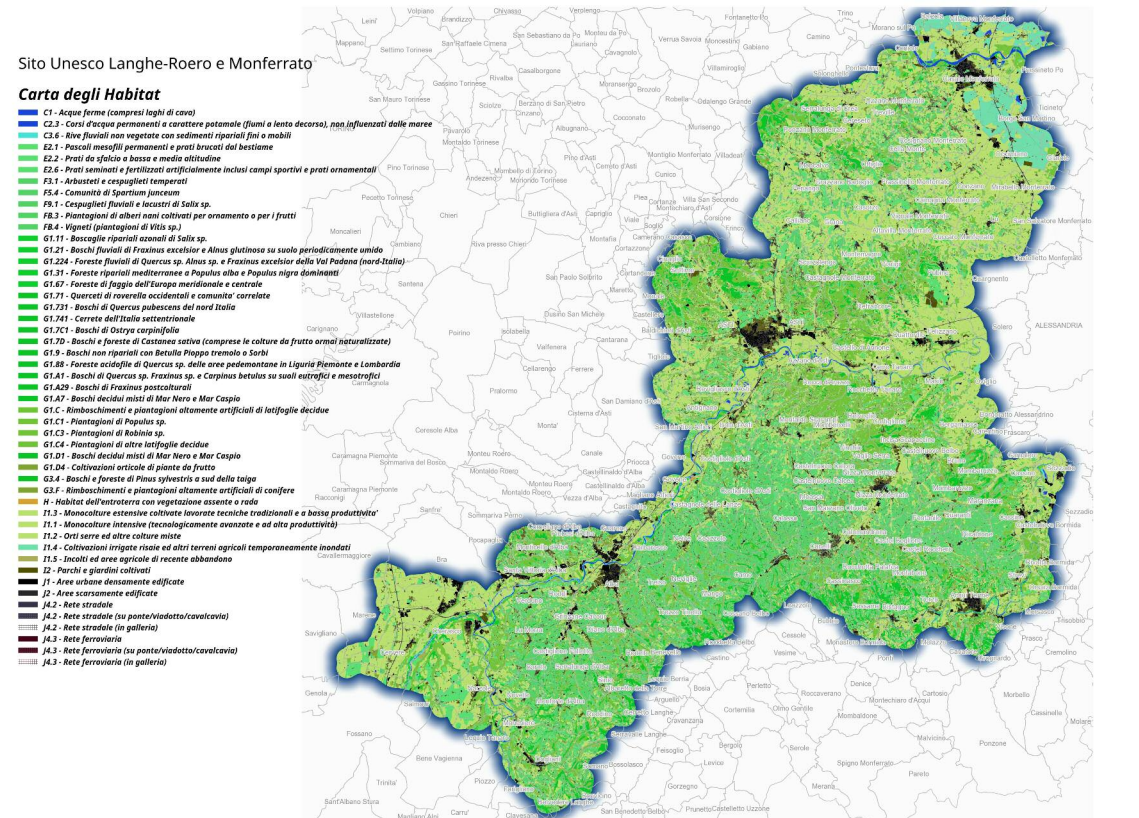
- le aree di valore ecologico (AVE)
- le aree a connettività ecologica alta o molto alta.

Il metodo è stato applicato a diversi territori regionali negli scorsi anni. Una delle prime implementazioni è stata condotta sulla provincia di Novara nell'ambito del progetto, finanziato dalla fondazione **Cariplo, “Novara in Rete”** (<http://www.novarainrete.org>), assieme a Lipu

(capofila), Provincia di Novara, Regione Piemonte e Università di Pavia. Obiettivo del progetto era consolidare e approfondire le conoscenze utili a definire la Rete Ecologica della provincia di Novara. Si è colta l'occasione con questo progetto di collaborare con l'Università di Pavia, dove è stato messo a punto un metodo per l'individuazione delle Aree prioritarie per la conservazione della biodiversità. Nel corso del 2017 si sono identificati gli elementi della rete ecologica nei territori del Sito Unesco "Paesaggi vitivinicoli del Piemonte: Langhe - Roero e Monferrato"

tivinicoli del Piemonte: Langhe - Roero e Monferrato", in seguito alla necessità di adeguamento dei PRGC, al fine di garantire un idoneo livello di tutela per i territori dei comuni ricadenti nell'area. Per guidare e dare uniformità all'adeguamento della pianificazione territoriale dei Comuni coinvolti, nel 2015 sono state approvate dalla Regione Piemonte le "Linee guida per l'adeguamento dei piani regolatori e dei regolamenti edilizi alle indicazioni di tutela per il Sito UNESCO". Tra gli aspetti ecologici-paesaggistici a cui si devono adeguare, le linee

Figura 1: Carta degli habitat del Sito Unesco "Paesaggi vitivinicoli del Piemonte: Langhe - Roero e Monferrato"



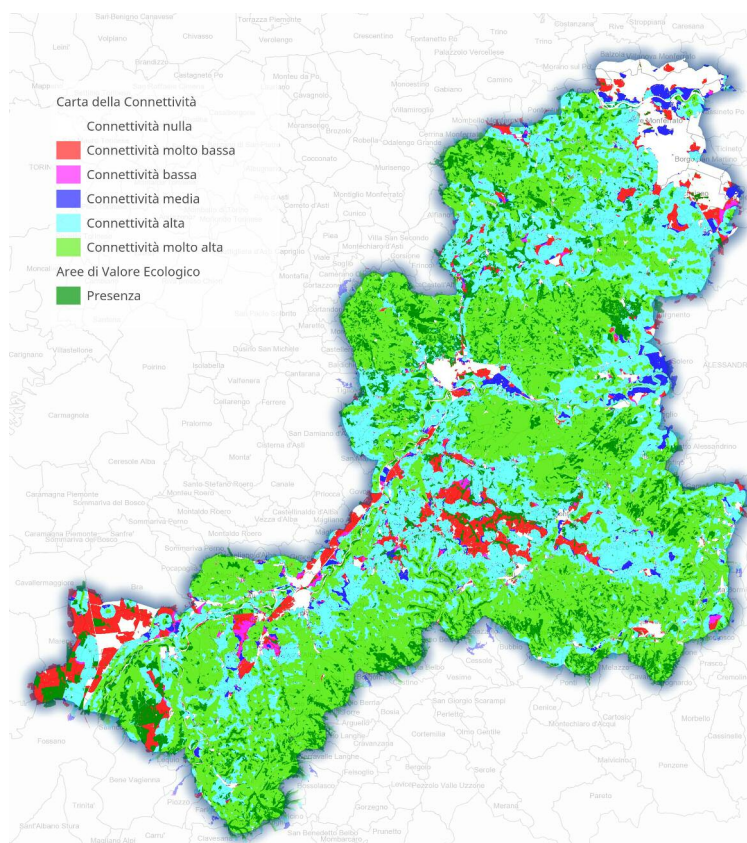
Fonte: ARPA Piemonte

guida prevedono di individuare i corridoi ecologici con l'intento di delineare per questi opportune azioni di tutela. Per favorire questa analisi e per utilizzare tutti una stessa base di partenza, è stata fornito agli Enti lo strato cartografico con i *layer* definiti da ARPA: carta degli *habitat* (Figura 1), carta delle Aree a Valore Ecologico e la carta della connettività (Figura 2).

Un altro caso di utilizzo dei risultati di queste analisi è la metodologia sviluppata per la valutazione dell'assetto

ecosistemico da utilizzare nella redazione dei Programmi di Gestione dei Sedimenti dei fiumi del Piemonte. A tale scopo si sono creati due indicatori che insieme ad altri vanno a costruire l'Indice di Assetto Ecosistemico. Un indicatore valuta la percentuale di superficie delle Aree di Valore Ecologico sulla superficie del tratto di corso d'acqua indagato, mentre l'altro valuta la percentuale di territorio ricadente nelle classi di connettività alta e molto alta, sempre rapportata alla superficie del tratto. Tale metodologia è stata applicata nel

**Figura 2: Carta delle Aree di Valore Ecologico e della Connettività**



Fonte: ARPA Piemonte



---

redigendo Programma di Gestione dei Sedimenti del Torrente Stura di Lanzo sito in provincia di Torino.

## Bibliografia

---

Alibrando M., Carrino M., Crua L., Ferrarato M., Lorusso B., Vietti D., 2007. *Applicazioni e modelli GIS in campo ecologico*. Torino. Atti dell'11° Conferenza nazionale ASITA (Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali), novembre 2007. <http://atti.asita.it/asita2007/pdf/262.pdf>.

Ferrarato M., Vietti D., Maffiotti A., Sartore L., 2004. *Valutazione del grado di connettività e permeabilità di un corridoio ecologico attraverso l'analisi COST DISTANCE*. Siena. Atti del XIV Congresso nazionale della SitE (Società Italiana di Ecologia), ottobre 2004.

Vietti D., Maffiotti A., Sartore L., Ferrarato M., 2004. *Realizzazione del Modello ecologico BIOMOD per l'identificazione della biodisponibilità di un territorio e degli impatti previsti sulla biodiversità animale*. Siena. Atti del XIV Congresso nazionale della SitE (Società Italiana di Ecologia), ottobre 2004.

## Sitografia

---

<https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/ecosistemi-e-biodiversita/reti-ec>

## 4. GEOSFERA

### Monitoraggio del fiume Mera e del lago di Mezzola a seguito dell'evento franoso del Pizzo Cengalo, Val Bondasca (Svizzera)

Dario Bellingeri, Cristina Borlandelli, Pietro Genoni,  
Roberto Serra  
ARPA Lombardia

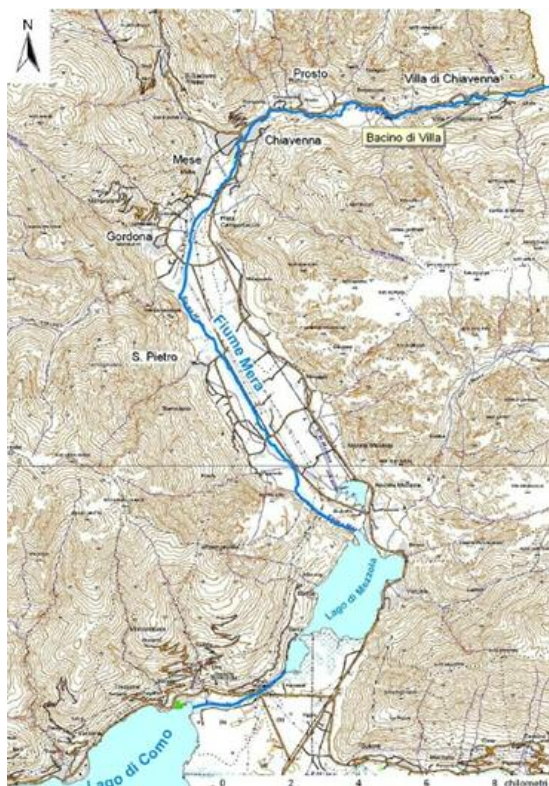
#### Premessa

Il giorno 23 agosto 2017, dal versante svizzero del Pizzo Cengalo in Val Bondasca, si verificava il distacco di una frana di tipo colata detritica il cui volume roccioso è stato stimato tra i 2 e i 4 milioni di m<sup>3</sup>.

Il materiale detritico della colata raggiungeva il centro abitato di Bondo (Svizzera) confluendo nel fiume Mera sul quale, dopo alcuni chilometri, è collocata la diga di Villa di Chiavenna (Sondrio). Dopo poche ore dall'evento, per fini di sicurezza, veniva aperto lo scarico di fondo della diga, sino allo svuotamento totale dell'invaso e, successivamente, il materiale residuo veniva fluitato nel fiume Mera. La mobilitazione della frana ha provocato effetti ambientali importanti in relazione sia all'elevata concentrazione di solidi sospesi rilasciati nelle acque del fiume Mera e la conseguente deposizione lungo tutta l'asta fluviale, sia per gli effetti sul lago di Mezzola in cui sfocia il Mera.

Al fine di valutare l'impatto dell'evento e l'evoluzione dello stato ambientale dei corpi idrici interessati, ARPA Lombardia ha pianificato ed eseguito uno specifico monitoraggio di indagine che ha previsto sopralluoghi, prelievi di acqua e organismi acquatici, misure e rilievi in campo, oltre che approfondimenti su immagini satellitari dell'area interessata (Figura 1).

Figura 1: Corpi idrici in territorio italiano coinvolti nell'evento franoso



Fonte: Regione lombardia

#### Risultanze dei monitoraggi

##### FIUME MERA

Sul fiume Mera sono state eseguite misure in campo dei parametri fisico-chimici di base, sono stati prelevati campioni per le analisi dei solidi sospesi totali ed è stato effettuato il monitoraggio delle comunità biologiche (macroinvertebrati bentonici e diatomee).

In particolare, i dati raccolti in circa 10 mesi di indagine hanno evidenziato che:

- a monte dell'invaso di Villa di Chiavenna le concentrazioni di solidi sospesi, pari a circa 1.000 mg/L appena dopo l'evento franoso, si sono assestate attorno a valori inferiori a 100 mg/L, con una componente sedimentabile significativa e quasi sempre superiore al 60% dei solidi sospesi totali;
- nelle stazioni a valle dell'invaso di Villa di Chiavenna i solidi sospesi totali, che avevano raggiunto concentrazioni fino a oltre 10.000 mg/L durante il periodo di fluitazione post-evento, si sono stabilizzati attorno a valori compresi tra 20 e 50 mg/L (in funzione della distanza dalla diga), con una componente sedimentabile piuttosto variabile a testimonianza della dinamicità del materiale presente in alveo;
- i macroinvertebrati, che prima dell'evento presentavano uno stato tra "buono" ed "elevato", hanno mostrato uno scadimento nello stato "scarso" e/o "sufficiente", senza un'evidente tendenza alla ripresa. Tale condizione può essere messa in relazione al perdurare del trasporto del materiale depositato a valle dell'invaso, il quale rende difficile la colonizzazione stabile dell'alveo da parte di questi organismi.

#### LAGO DI MEZZOLA

Sul lago di Mezzola sono state eseguite misure in campo dei parametri fisico-chimici di base sulla colonna d'acqua e sono stati prelevati campioni per le analisi dei solidi sospesi totali e del fitoplancton.

Le massime concentrazioni di solidi sospesi, fino a 19 mg/L, sono state osservate nei primi due campionamenti post-evento negli strati superficiali, dove il materiale più fine rimaneva confinato a causa della maggiore densità delle acque ipolimniche, e dove, per il periodo, le acque lacustri presentano stratificazione

termica.

Un ulteriore incremento delle concentrazioni di solidi sospesi è stata osservata negli stessi campioni prelevati in prossimità del fondo in quanto raggiunto dal materiale più grossolano avente maggiore velocità di sedimentazione.

Già a partire da metà ottobre, dopo circa due mesi dall'evento franoso, i valori di concentrazione risultavano inferiori al limite di quantificazione (5 mg/L) lungo l'intera colonna d'acqua.

La trasparenza del lago, misurata mediante disco di Secchi, ha raggiunto, a circa un mese dall'evento franoso, valori minimi (0,2 m; rilievo di settembre), mentre nelle successive misure i valori risultavano maggiormente in linea con quelli storici.

#### Il monitoraggio idromorfologico

Il monitoraggio idromorfologico ha previsto riprese fotografiche lungo tutto il tratto del Mera in sezioni opportunamente individuate, oltre al rilievo dell'andamento delle principali variabili idrologiche (pioggia e livello) nelle stazioni idrometeorologiche attive sul bacino del fiume Mera.

L'analisi dei valori di livello idrometrico, precipitazioni e temperatura, rilevate alla stazione di Samolaco, a valle di tutte le restituzioni idroelettriche e in chiusura del bacino idrografico del Mera, ha permesso di descrivere le relazioni tra queste variabili e le fasi di gestione della diga.

A supporto delle altre valutazioni e misure di campo sono state condotte diverse attività di monitoraggio utilizzando dati e tecnologie di Osservazione della Terra, orientate al monitoraggio dei principali effetti del dissesto a diverse scale e con diverse risoluzioni. Lo schema di Figura 2 riassume le attività effettuate, descritte in sintesi nel seguito.

Un set multitemporale di immagini satellitari Sentinel-2 è stato utilizzato per ricostruire la dinamica spazio-temporale della torbidità nel Lago di Mezzola.

L'ingente apporto di materiale a seguito del dissesto ha fatto aumentare sensibilmente la riflettività delle acque lacustri, fino al massimo registrato a fine settembre 2017 (a circa un mese dall'evento franoso); valori mantenutosi sempre alti ma progressivamente in diminuzione, durante il mese di ottobre.

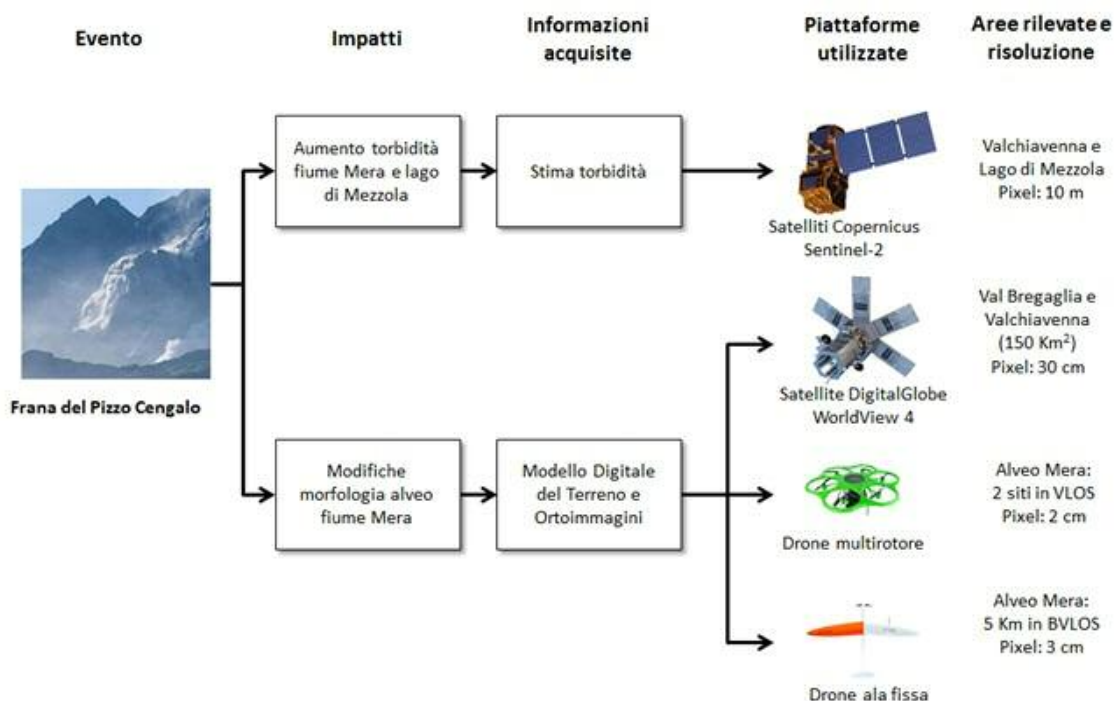
In generale, si è osservato che l'aumento di riflettività (successivamente trasformata in termini di torbidità attraverso un modello, grazie alla collaborazione del CNR-

IREA) è risultato eccezionale in particolare per la sua durata ed estensione. Infatti il fenomeno ha interessato la totalità del lago per circa due mesi.

Al fine di valutare le principali modifiche morfologiche avvenute nell'alveo del fiume Mera a seguito del dissesto, sono state svolte attività di monitoraggio a due diverse scale.

A scala di intero bacino sono state acquisite immagini satellitari ad alta risoluzione (WorldView-4, risoluzione 30 cm) in modalità stereoscopica. L'elaborazione di questi dati ha consentito di osservare la dinamica delle principali variazioni planimetriche avvenute in alveo e

**Figura 2: Schema di sintesi delle attività di monitoraggio condotte con dati di osservazione della terra**



Fonte: ARPA Lombardia

---

di ricostruire un DSM preliminare dell'alveo del Mera. A scala di maggior dettaglio sono stati effettuati diversi rilievi aerofotogrammetrici utilizzando gli aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR, o droni) in dotazione dell'ARPA Lombardia. In particolare, nel gennaio 2018 sono stati effettuati rilievi con drone multirottore su due tratti specifici, lunghi rispettivamente 650 m e 500 m, e un rilievo sperimentale con drone ad ala fissa su un tratto fluviale di 5 km. Quest'ultimo, realizzato nel marzo 2018, è stato svolto nell'ambito di un ciclo di sperimentazioni con ENAC (Ente Nazionale Aviazione Civile), mirate alla regolamentazione della modalità di rilievo BVLOS (*Beyond Visual Line Of Sight*), modalità altrimenti ad oggi non consentita. I rilievi su specifici tratti del Mera con drone multirottore sono stati effettuati in due siti significativi dal punto di vista del monitoraggio idromorfologico, le aree di Gordona e del tratto terminale prima della confluenza nel Lago di Mezzola. I prodotti dei rilievi sono costituiti in ortoimmagini di dettaglio (risoluzione di 2 cm) e modelli digitali delle superfici (DSM). L'elevata accuratezza dei DSM ricostruiti tramite aerofotogrammetria da drone (RMSE, valutati con punti GPS indipendenti, nell'ordine di circa 6 cm) risulta molto efficace al fine di caratterizzare lo stato morfologico attuale dell'area, anche come base per il monitoraggio delle future variazioni plano-altimetriche, e come supporto conoscitivo degli interventi gestionali e di difesa idraulica previsti e parzialmente già attuati in quest'area. Ad esempio, su uno dei due tratti monitorati, il rilievo aerofotogrammetrico con drone multirottore è stato ripetuto nell'agosto 2018, al fine di ricostruire le variazioni morfologiche indotte in alveo a seguito di lavori di ricostruzione dell'argine, effettuati ai fini di sicurezza idraulica nei mesi precedenti.

## La caratterizzazione dei bacini vulcanici laziali: l'approccio sperimentale al caso del Lago di Vico e le risultanze delle indagini

Simone Dionisi  
ARPALazio

### Premessa

Nel novembre 2009, nell'ambito delle attività in convenzione con la Provincia di Viterbo per un approfondimento sullo stato ambientale del lago di Vico, fu acquisito dall'ARPA Lazio un campione di sedimento del lago di Vico le cui analisi evidenziarono i superamenti dei limiti riportati in Colonna A della Tabella 1 (dell'All. 5 al Titolo V della Parte quarta del D.Lgs. 152/2006) per i parametri Cadmio, Nichel e Arsenico.

Nell'Agosto del 2010 venne pertanto stipulata una convenzione tra Regione Lazio e ARPA Lazio per la redazione e l'esecuzione del Piano di Caratterizzazione del Lago di Vico ai dall'art. 242 del D.Lgs. 152/2006.

Quasi contestualmente nel novembre 2010, a seguito di accertati superamenti delle CSC Col. A per i parametri Arsenico, Zinco e Tetracloroetene, di cui a precedente campagna di indagini, indirette e dirette, condotte presso un'area sulla sponda meridionale del Lago di Vico, sede a cavallo delle due guerre, di un laboratorio di caricamento e deposito di armamenti militari speciali, ARPA Lazio stipulò un'ulteriore convenzione con il Centro Tecnico Logistico Interforze N.B.C., per la redazione ed esecuzione del relativo piano della caratterizzazione. Di difficile definizione è stato il Modello Concettuale Preliminare del Sito da adottare (rispetto ai siti contaminati di norma considerati) in relazione alla particolarità idrogeologica dell'areale oggetto di studio quale lago

vulcanico nonché alla particolare matrice (il sedimento) interessata da contaminazione da metalli con particolare riferimento all'arsenico.

Diversi di conseguenza sono stati gli Enti che hanno collaborato per la progettazione ed esecuzione del Piano di caratterizzazione, fornendo supporto di ricerca e simulazioni di carattere sperimentali; i seguenti: Università degli studi della Tuscia, Università di Roma "Tor Vergata", Università di Roma "Sapienza", Università degli studi di Napoli Federico II e l'Istituto per l'ambiente marino costiero del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

### Cenni di Inquadramento Geologico

Il lago di Vico, con una superficie di circa 12 km<sup>2</sup> sui complessivi 41 km<sup>2</sup> del bacino idrografico, è situato in provincia di Viterbo e rientra in porzione meridionale del bacino idrografico del Fiume Tevere.

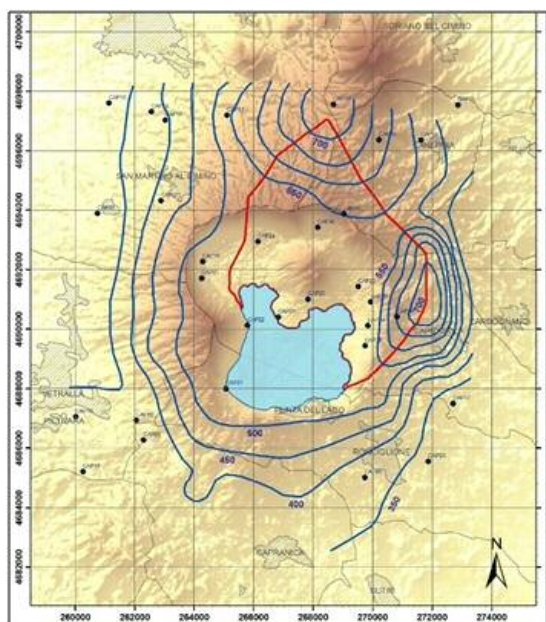
Il lago coincide con la caldera poligenica dell'omonimo vulcano venutasi a formare per ripetuti collassi del suo apparato a seguito dello svuotamento parziale della camera magmatica sottostante.

L'intera area studiata rientra nel sistema idrogeologico Cimino-Vicano, e si caratterizza per un acquifero di base continuo impostato nelle vulcaniti indifferenziate, spesse anche centinaia di metri, tamponate al letto da una articolata coltre sedimentaria prevulcanica basso-trasmissiva con sedimenti silicoclastici cenozoici e dai depositi marini plio-pleistocenici.

Sopra la falda basale sono di sovente presenti falde sospese generalmente di limitata estensione (Figura 1).



**Figura 1: A sinistra Ricostruzione della piezometria dell'area Cimino-Vicana**



Fonte: Capelli et al., 2007

Legenda: In rosso è individuato il bacino idrogeologico del lago di Vico

## Gli Studi e le Risultanze

Gli studi hanno preliminarmente ipotizzato le possibili sorgenti di contaminazione sia naturali che antropiche con riferimento:

- al contesto litogeologico e idrogeologico di costituzione sito;
- alle attività agricole, principalmente coltivazione del nocciolo, con relativo utilizzo di fitofarmaci e nutrienti;
- agli insediamenti turistico-residenziali presenti sulle sponde del lago;
- al laboratorio di caricamento e deposito di armamenti

militari speciali in cui venivano conservati iprite ed altre armi chimiche (ex Magazzino Materiali Difesa NBC), a cavallo delle due guerre.

La campagna di indagine svolta, finalizzata alla caratterizzazione delle matrici suolo e sottosuolo, acque superficiali, sotterranee e sedimenti lacustri, è consistita in: rilievo batimetrico e magnetometrico del lago di Vico, Monitoraggio idrochimico delle acque superficiali del lago, effettuazione di micro carotaggi per il prelievo di campioni di suolo, valutazione della conducibilità idraulica dei terreni superficiali investigati, campionamento del sedimento lacustre, effettuazione di sondaggi geognostici fino alla profondità massima di 60 m.

Gli studi condotti hanno portato alle seguenti risultanze:

1. Assenza di contaminazione diffusa dei suoli per cause antropiche.

È stato infatti definito il valore di fondo naturale dei suoli dell'area investigata per l'Arsenico, pari a 110,3 mg/kg s.s (ci si è avvalso del criterio del 95° percentile delle concentrazioni misurate nelle aree naturali in accordo con le linee guida APAT-ISS - 2006). Tale Valore, è stato utilizzato come riferimento per la valutazione della qualità dei suoli nelle aree agricole e nelle aree residenziali e produttive. Dal confronto tra i valori di concentrazione dell'arsenico nei suoli con il determinato valore di fondo è emerso che tutti i valori riscontrati in fase di indagine per i suoli indagati sono risultati inferiori.

2. Assenza di corpi sommersi, correlabili ad attività non documentate dell'Ex Magazzino Materiali Difesa NBC. Il rilievo batimetrico e magnetometrico del fondale del lago ha consentito di ottenere una dettagliata ricostruzione della morfologia del fondo lago con l'esclusione della presenza di anomalie magnetiche.

3. I valori di Arsenico riscontrati nei sedimenti del Lago sono correlati alla natura vulcanica dell'invaso.

È stata eseguita la datazione al radiocarbonio ( $^{14}\text{C}$ ), in



quattro campioni di sedimento prelevati dalle due stazioni più profonde del lago di Vico. I risultati hanno indicato un'età compresa tra i 2850 anni ed i 8250 +/- 50/80 anni ed hanno dimostrato che le concentrazioni più elevate di Arsenico individuate nelle porzioni più profonde delle carote di sedimento prelevate e datate sono riferibili ad epoche in cui è certa l'assenza di ogni contributo di sorgenti di contaminazioni antropiche.

Con riferimento alle possibili sorgenti di contaminazione sia naturali che antropiche e all'eventuale ipotesi di contaminazione delle acque sotterranee, sono state effettuate simulazioni del trasporto di contaminanti con l'ausilio del codice MT3DMS v.5.3 (Zheng e Wang 1999) integrato in GroundwaterVistas (Rumbaugh e Rumbaugh 2015).

Il relazione al quadro idrogeologico elaborato, che conferma che le acque del lago sono alimentate dalle acque sotterranee nel settore settentrionale, mentre è il lago ad alimentare le acque sotterranee negli altri settori, sono state effettuate le seguenti simulazioni per tre casi distinti:

- a) Caso 1: sorgente diffusa di contaminazione nel settore settentrionale della caldera, dove l'uso del suolo è prevalentemente agricolo
- b) Caso 2: sorgente puntuale di contaminazione delle acque sotterranee nel settore meridionale della caldera, dove è ubicato l'ex-magazzino NBC
- c) Caso 3: contaminazione geogenica per possibili risalite di fluidi idrotermali localizzate nell'intorno del sito (Centro Studi Fogliano) dove è ubicato il pozzo con acque a 50 °C.

Le simulazioni del trasporto hanno indicato che solo laddove la sorgente di contaminazione antropica sia ubicata nel settore settentrionale della caldera sono possibili impatti sulla qualità delle acque del lago (caso 1). Invece, è possibile una contaminazione geogenica di Arsenico delle acque del lago da risalite di fluidi profondi

attraverso le zone di fratturazione che caratterizzano l'area vulcanica (caso 3). Eventuali sorgenti di contaminazione di origine antropica ubicate nei settori orientale, meridionale e occidentale della zona intracalderica avrebbero impatto solo sulla qualità delle acque sotterranee, senza interferire con quelle superficiali del lago. Con riferimento all'attività di speciazione dell'Arsenico nei complessi acquosi e nelle fasi minerali, lo studio eseguito su campioni di acqua sotterranea e superficiale, ha evidenziato come gli indici di saturazione mostrino condizioni di forte sotto-saturazione delle acque rispetto ai minerali di Arsenico più comuni, quali Arsénolite,  $As_2O_5$  e Arsenico nativo. Gli indici di saturazione (SI) fortemente negativi di tali minerali sono dovuti probabilmente alla mancanza delle condizioni di pH-Eh adatte alla loro formazione. L'elevata mobilità dell'Arsenico, per valori di pH prossimi alla neutralità o leggermente basici, tipici delle acque sotterranee e superficiali analizzate (Smedley&Kinniburgh, 2002), facilita inoltre la tendenza di tale elemento a rimanere in soluzione. Nelle acque indagate l'Arsenico è presente sempre sotto forma di complessi acquosi: Lo stato di ossidazione principalmente riscontrato è quello dell' $As^{+5}$ , riconosciuto come meno tossico della forma ridotta  $As^{+3}$ .

## Bibliografia

- ARPA Lazio (2011) *Piano della caratterizzazione "Ex Magazzino Materiali difesa NBC" (ai sensi del D.Lgs 152/2006 e s.m.i.)* [www.arpalazio.gov.it/ambiente/suolo/progetti.htm](http://www.arpalazio.gov.it/ambiente/suolo/progetti.htm)
- ARPA Lazio (2012) *Piano della caratterizzazione del lago di Vico (ai sensi del D.Lgs 152/2006 e s.m.i.)* [www.arpalazio.gov.it/ambiente/suolo/progetti.htm](http://www.arpalazio.gov.it/ambiente/suolo/progetti.htm)
- ARPA Lazio (2018) *Relazione conclusiva di caratterizzazione del bacino del lago di Vico* [www.arpalazio.gov.it/ambiente/suolo/progetti.htm](http://www.arpalazio.gov.it/ambiente/suolo/progetti.htm)

## Amianto in FVG: un impegno costante

Simonetta Fuser, Laura Liguori, Italo Pellegrini  
ARPA Friuli Venezia Giulia

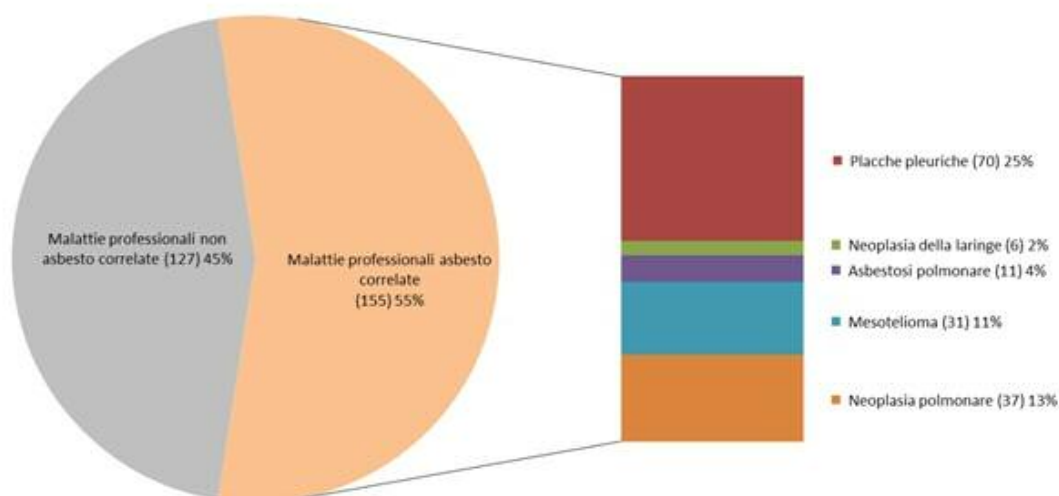
Il problema dell'amianto assume ai giorni nostri un carattere di estrema attualità riguardando aspetti sanitari, ambientali e sociali.

La lunga latenza tra l'inalazione delle fibre e la comparsa delle patologie croniche e tumorali asbesto-correlate, nonostante il divieto imposto dalla Legge 257 del 1992 di importare e commercializzare in Italia l'amianto e i materiali che lo contengono, pone ancora oggi all'ordine del giorno il tema dei decessi dovuti a queste malattie, soprattutto nelle zone del Paese dove questo materiale

venne abbondantemente impiegato principalmente nei settori della navalmeccanica e nell'edilizia. È purtroppo noto a tutti che, sotto questo aspetto, il Friuli Venezia Giulia e in particolare i territori dell'Isontino, della Bassa Friulana e della provincia di Trieste hanno pagato il prezzo più alto in termini di perdita di vite umane a causa delle malattie correlate all'amianto.

A titolo esemplificativo, secondo i dati resi pubblici dal Servizio di Prevenzione e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro della AAS n.2 "Isontina e Bassa Friulana", nel solo periodo tra il 01/01/2017 e il 04/09/2017 sono stati registrati 282 casi di malattia professionale dei quali ben il 55% (155 casi) sono risultati ascrivibili a patologie asbesto-correlate, secondo un dettaglio meglio evidenziato nella Figura 1, e il *trend* non accenna ancora a diminuire.

**Figura 1: Denunce di malattie professionali pervenute in AAS n.2 "Isontina-Bassa e Friulana" nel periodo 01/01/2017-04/09/2017**



Fonte: Elaborazione ARPA Friuli Venezia Giulia

Nota: Si osserva una forte incidenza della componente asbesto-correlata (55% sul totale)

In questo contesto, ARPA FVG ha consolidato, soprattutto negli ultimi anni, il proprio ruolo istituzionale in tema di amianto, proponendosi come soggetto pubblico deputato principalmente al presidio della componente ambientale che nello specifico ha visto l'Agenzia impegnata in tutta una serie di attività connesse con la mappatura e il monitoraggio dell'amianto ancora presente sul territorio regionale. L'obiettivo era ed è produrre conoscenza scientifica sulla dimensione del problema, sia mediante quantificazione e qualificazione dell'amianto in opera (mappatura) sia con misura dei livelli di concentrazione di fibre aerodisperse in ambiente esterno (monitoraggio).

In tema di monitoraggio, il laboratorio fibre di ARPA FVG, svolge la propria attività mediante campionamento e analisi dell'amianto aerodisperso, utilizzando un sofisticato microscopio elettronico a scansione (SEM) dotato di sensore per la microanalisi, che rappresenta la migliore tecnologia disponibile per lo studio di questo tipo di materiale.

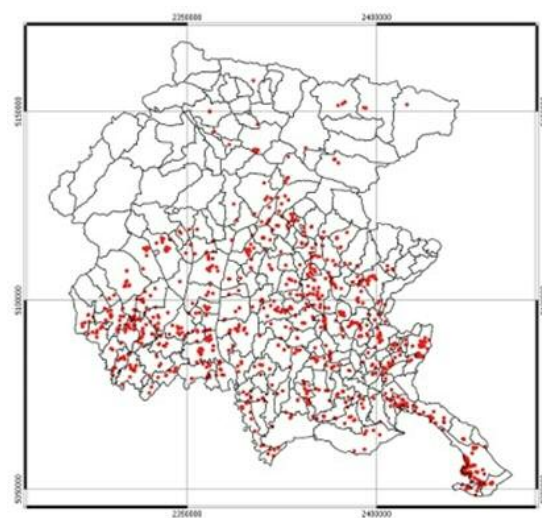
## Il lavoro di ARPA FVG

I censimenti e le mappature effettuati finora da ARPA FVG, hanno fornito una fotografia del territorio regionale mettendo in evidenza la presenza, di circa 1.800.000 m<sup>2</sup> di coperture in cemento-amianto ancora in opera (così detto Eternit), corrispondenti alla superficie di circa 240 campi da calcio (Figura 2).

Queste attività conoscitive, per ragioni operative, hanno interessato solamente le strutture in cemento-amianto dei capannoni artigianali/industriali e non quelle delle abitazioni private, fornendo quindi una sottostima della reale situazione esistente che risulta ancora oggi poco nota.

La quantificazione e georeferenziazione del feno-

**Figura 2: Mappatura delle coperture in cemento amianto condotte da ARPA FVG nel 2006, 2007 e 2015 (circa 1.500 strutture pari a una superficie complessiva di circa 1.800.000 m<sup>2</sup>)**



Fonte: Elaborazione ARPA Friuli Venezia Giulia

meno basata sulla sola determinazione della superficie di coperture in cemento-amianto in opera iniziata nel 2006, è stata integrata successivamente con un importante elemento chiamato "indice di priorità di intervento" e definito in dettaglio con DM 101/2003. Questo indice, frutto di un algoritmo di calcolo basato su 20 parametri caratteristici di ogni singolo manufatto di amianto oggetto di mappatura, ha permesso di ottenere una sorta di "ordinamento" di tutte le strutture secondo quella che è la loro priorità in caso di intervento di bonifica ed anche per l'erogazione dei contributi economici destinati ai lavori di rimozione.

## Linee operative di ARPA FVG

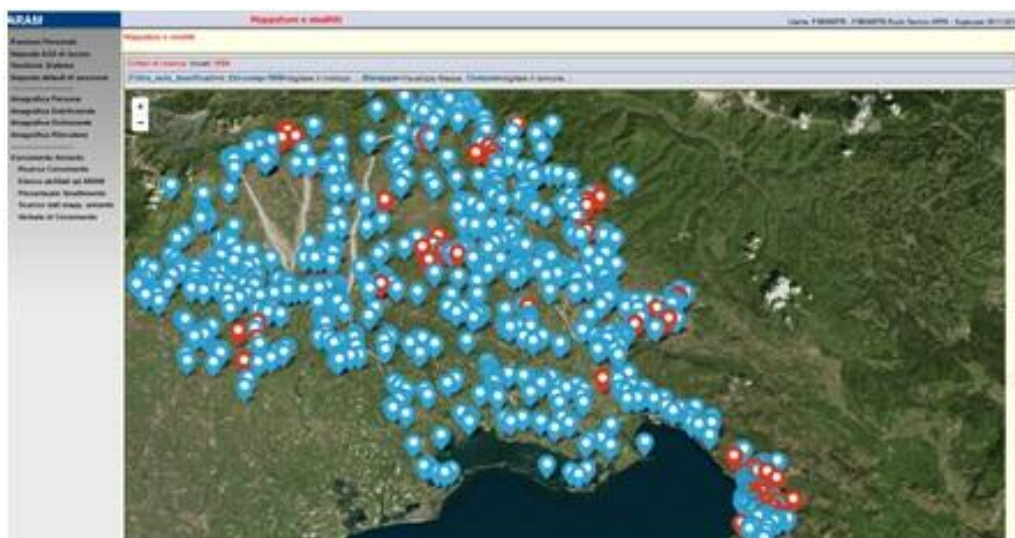
Le principali linee operative lungo le quali si sta muovendo ARPA FVG, come previsto dal piano regionale amianto, approvato con DPREG n. 108/2018, riguardano in particolare la gestione e condivisione dei dati, il monitoraggio ambientale *outdoor*, la comunicazione e la partecipazione attiva a piani e programmi.

## Gestione e condivisione dei dati

Già a partire dagli anni '80 in Friuli Venezia Giulia le strutture del Servizio Sanitario Regionale (SSR) condussero numerosi lavori di censimento di materiali contenenti amianto, relativi soprattutto ad ambienti di lavoro *indoor*. A essi si sono aggiunti i censimenti e le mappe delle coperture in cemento amianto realizzati da ARPA FVG.

Attraverso una stretta collaborazione tra gli Enti regionali deputati, nel periodo 2014-2015 è stata realizzata l'implementazione di Me.La. (Medicina Lavoro), un applicativo *Web-based* già in uso presso le Aziende per l'Assistenza Sanitaria (AAS) per la gestione delle bonifiche dell'amianto e le relative procedure connesse con la sicurezza dei lavoratori, contenente una nuova sezione completamente riprogettata per la gestione cartografica dei dati sull'amianto presente sul territorio (Figura 3). Il nuovo strumento informativo è stato denominato ARAM (ARchivio AMianto). ARAM è stato rilasciato ufficialmente in primavera del 2017 ed è a disposizione di tutte le amministrazioni comunali del Friuli Venezia Giulia che possono gestire autonomamente tutti i dati sull'amianto presenti nel proprio territorio, garantendo nel contempo la condivisione delle informazioni in modo coerente, uniforme, semplice e aggiornato.

Figura 3: Strumento informativo ARAM (ARchivio AMianto)



Fonte: Elaborazione ARPA Friuli Venezia Giulia

## Il monitoraggio ambientale *outdoor*

Il monitoraggio ambientale dell'amianto in aria (*outdoor*) rappresenta una reale novità in materia, essendo molto poche le attività sistematiche e pianificate sull'intero territorio regionale in tal senso. ARPA FVG, forte della competenza maturata nel settore, è in grado di provvedere autonomamente sia per quanto attiene la fase di campionamento che per quella analitica in microscopia elettronica a scansione (SEM). Tale attività è svolta presso il laboratorio fibre della sede ARPA FVG di Trieste, unico laboratorio in regione accreditato presso il Ministero della Salute per l'esecuzione delle analisi di amianto aereodisperso in tecnica SEM/EDX (*Energy Dispersive X-ray Analysis*).

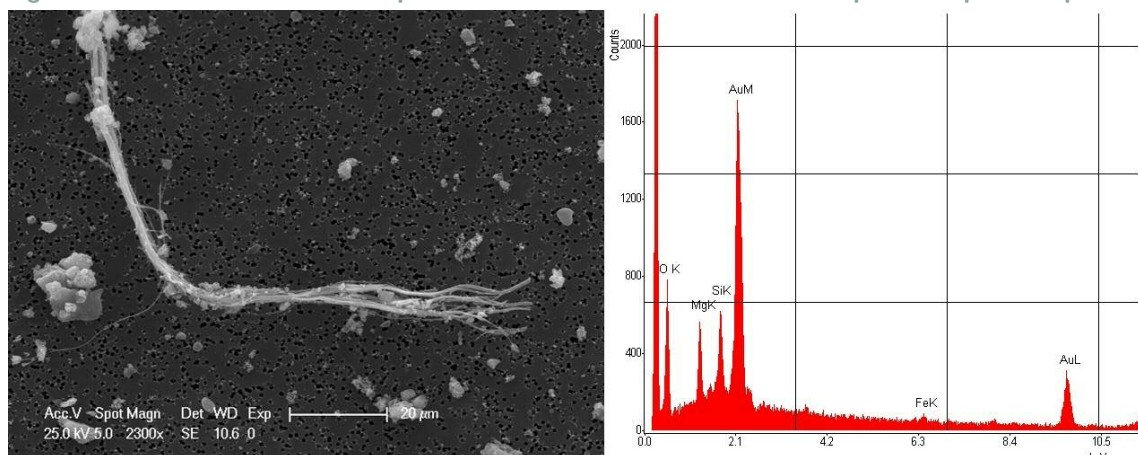
La sola presenza di un manufatto di cemento amianto sul territorio (per esempio una copertura in Eternit) non rappresenta necessariamente la sussistenza di un rischio per la salute umana che, come noto, è invece associato alla presenza di fibre libere aero-disperse. ARPA FVG ha attivato nel 2016 un innovativo percorso di monitoraggio ambientale effettuando una serie di campio-

namenti in alcune zone ritenute maggiormente significative avviando dal 2017 anche un programma specifico di monitoraggio delle aree militari dismesse sul territorio della regione FVG (Figura 5). I dati fin ora raccolti non hanno evidenziato in alcun caso superamenti del limite massimo di 2 fibre/litro previsto dal DM 06/09/1994 per la restituzione degli ambienti bonificati, attestandosi mediamente a valori molto inferiori a tale limite.

## La comunicazione ed informazione

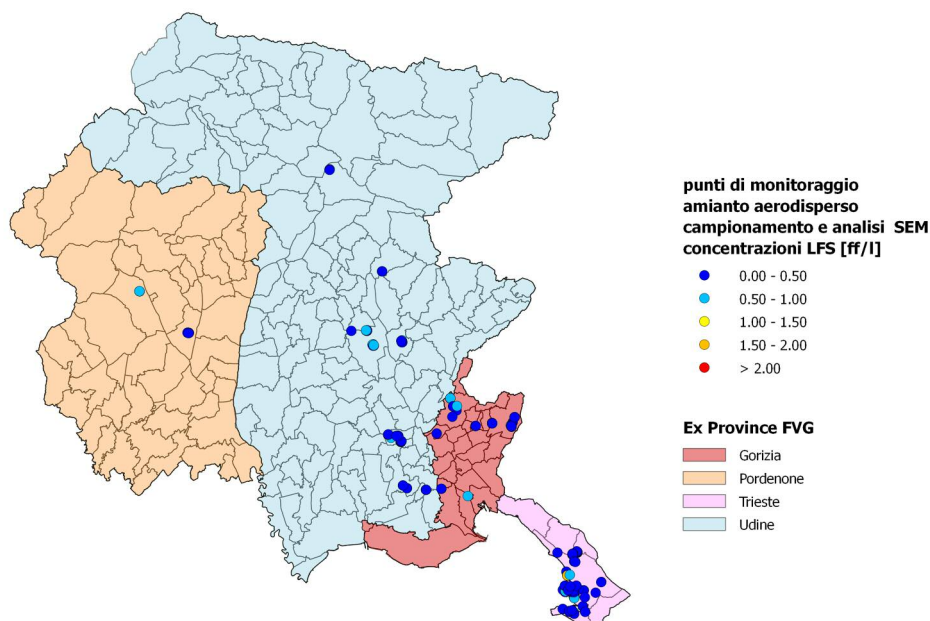
È noto che una corretta comunicazione rappresenta uno degli elementi più importanti per un'efficace gestione dei rischi di qualsiasi natura. In tema di amianto, nel nostro territorio sono state date negli ultimi anni numerose risposte in tal senso mediante un'intensa attività divulgativa rivolta alle amministrazioni e ai cittadini. Nel 2015 a Trieste si è tenuta la VI Conferenza regionale sull'amianto, importantissima occasione dove numerosi e qualificati esperti in materia hanno potuto relazionare sulle diverse tematiche afferenti i vari aspetti che ca-

**Figura 4: Fascio di crisotilo al microscopio elettronico a scansione (SEM) e relativo spettro da spettroscopia EDX**



Fonte: Elaborazione ARPA Friuli Venezia Giulia

Figura 5: Punti di monitoraggio amianto aerodisperso campagne 2016-2017-2018 in regione Friuli Venezia Giulia



Fonte: Elaborazione ARPA Friuli Venezia Giulia

ratterizzano il problema amianto in tutte le sue forme. L'attività informativa è proseguita nel gennaio 2017 con la pubblicazione della *brochure* "Conoscere l'amianto", un utilissimo strumento divulgativo rivolto al cittadino dove è possibile trovare tutte le informazioni pratiche di carattere tecnico, sanitario e assistenziale concernenti la tematica dell'amianto.

Nel mese di giugno 2017 si è svolta a Monfalcone la seconda tappa del "Tour Città Amianto Zero", un progetto nato da un'idea dell'ANCI coordinato dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Piemonte, al quale ha aderito come *partner* locale anche ARPA FVG. Il *tour* è stato un viaggio in sei tappe attraverso le città maggiormente colpite dal problema dell'amianto: da Casale Monferrato, luogo simbolo per la presenza del maggior

stabilimento europeo per la produzione dell'Eternit, a Catania, passando per Monfalcone, Bologna, Firenze e Lecce. Sempre nel 2017 si è tenuto a Monfalcone la VII Conferenza regionale amianto, una due giorni ricca di interventi e di approfondimenti sugli aspetti giuridici, sanitari, sociali e ambientali in tema di amianto.

L'attività svolte durante l'anno 2018 si sono focalizzate nell'avvio di percorsi volti ad illustrare agli amministratori locali e ai cittadini le migliori pratiche per la gestione delle problematiche connesse con l'amianto sul territorio.

## Piani e programmi

Il Friuli Venezia Giulia, con il Piano Regionale Amianto promulgato nel lontano 1996 in attuazione dell'art. 10



della legge 27 marzo 1992, n. 257 e D.P.R. 8 agosto 1994, si impose a livello nazionale come regione all'avanguardia in tema di gestione della problematica amianto. Il Piano, che già all'epoca delineava moderne strategie operative individuando tra l'altro precisi riferimenti in tema di censimenti, dotazioni strumentali, gestione dei rifiuti e formazione dei lavoratori, rappresenta ancora oggi un valido strumento di lavoro per l'impostazione e l'attuazione dei piani di azione in materia di amianto. Con DPREG n. 108/2018 è stato adottato definitivamente il nuovo Piano Regionale Amianto.

Si aggiunge, inoltre che recentemente, con delibera di Giunta regionale n. 1667, dd. 07/09/2018 è stata ricostituita la Commissione regionale per l'amianto di cui ARPA è componente dal 2014 come previsto dall'art. 12 della L.R. 05/12/2013 n. 21 a modifica dell'art. 5 della L.R. 12/09/2001 n. 22. La Commissione Regionale Amianto è l'organismo con funzioni di tenuta e aggiornamento dei registri degli esposti e dei mesoteliomi e delle altre neoplasie correlabili all'esposizione all'amianto con compiti consultivi e propulsivi in relazione alla sorveglianza sanitaria ed ambientale.

### Un impegno costante

I dati sanitari relativi alle patologie osservate sui lavoratori esposti raccolti dal SSR non stanno evidenziando ancora *trend* decrescenti e il picco massimo delle malattie asbesto correlate, proprio in ragione della loro lunga e soggettiva latenza, fa ancora fatica a trovare una collocazione precisa nel prossimo futuro.

Attraverso ARAM è stata calcolata la presenza (sottostimata) di circa 1.800.000 m<sup>2</sup> di superficie totale di coperture in cemento amianto sul territorio regionale, evidenzia che il fenomeno è ancora attuale e ben presente, anche se va sottolineato che i potenziali rischi

correlabili a questa realtà dei fatti risultano di gran lunga inferiori e nemmeno confrontabili con quelli presenti negli ambienti di lavoro dove, prima della messa al bando, l'amianto veniva utilizzato correntemente nei cicli produttivi.

I dati di monitoraggio delle fibre aerodisperse in ambiente *outdoor* raccolti da ARPA FVG a partire dal 2016 evidenziano concentrazioni ambientali estremamente basse. Anche le attività di bonifica, se condotte bene, da ditte qualificate e con l'impiego tassativo delle buone tecniche, non rappresentano elementi di grande preoccupazione per i lavoratori addetti, che comunque risultano costantemente seguiti e tutelati sotto il profilo prevenzionistico e sanitario dalle stringenti e precise normative in materia. Il principio di precauzione ci indica però di proseguire con costante impegno lungo la strada già tracciata delle bonifiche, del monitoraggio ambientale esteso ad aree e strutture con manifesta presenza di manufatti in cemento amianto (aree militari dismesse, edifici pubblici, reti acquedottistiche, ecc.), della completa messa in sicurezza e dell'eliminazione totale dell'amianto in opera.

Le costanti e precise attività di prevenzione svolte dalle strutture competenti del SSR in materia di tutela della salute dei lavoratori addetti alle bonifiche e degli esposti, il grosso e fondamentale lavoro dell'intero apparato sociale a servizio delle persone ammalate e dei loro familiari, l'intensa attività svolta dalla Commissione Regionale Amianto di cui alla L.R. 22/2001, e l'attività in campo ambientale posta in essere da ARPA FVG in stretta sinergia con la Regione in materia di mappatura e monitoraggio dell'amianto in opera, conferiscono sicuramente un'ottima robustezza ai tre pilastri sanitario, sociale e ambientale che rappresentano il sostegno portante a presidio dell'intera tematica.



---

## Inquinamento diffuso dei suoli: il caso della città di Trieste

---

Laura Catalano  
ARPA Friuli Venezia Giulia

### Introduzione

---

Le situazioni riconducibili a un inquinamento di tipo diffuso rappresentano fenomeni complessi e multidisciplinari per i quali è necessario applicare un approccio integrato, al fine di valutarne compiutamente gli aspetti sanitari e ambientali e determinare le ricadute socio-economiche sul territorio.

Nelle aree urbane è estremamente difficile discriminare le singole cause che danno origine a situazioni di inquinamento diffuso dei suoli poiché si tratta spesso di una molteplicità indifferenziata di sorgenti attive nel presente o nel passato, quali, ad esempio, il traffico veicolare, i processi di combustione domestica, l'utilizzo di materiali di riporto e di scarti di fonderia, la presenza di insediamenti industriali. Un ulteriore aspetto da considerare è che, diversamente da quanto accade per l'atmosfera e l'idrosfera, i contaminanti nel suolo tendono ad accumularsi e a permanere per lunghi periodi di tempo, subendo in alcuni casi delle modificazioni nella struttura dovute a reazioni di tipo chimico e fisico.

La vigente normativa nazionale non prevede criteri per la gestione di tale problematica e assegna alle Regioni, attraverso la stesura di specifici Piani di Gestione, la disciplina delle situazioni di inquinamento diffuso e l'applicazione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale.

In questo contesto il caso dell'inquinamento diffuso nella città di Trieste ha portato all'elaborazione e all'applicazione di nuovi approcci concettuali, di metodologie

e linee di intervento non tradizionali. Non è stato adottato, infatti, *"l'approccio della bonifica"* in senso stretto; è stato messo in subordine l'aspetto strettamente analitico dei dati, l'infittimento dei punti di indagine per la definizione dettagliata delle aree, ed è stata invece approfondita, anche per una questione di tempi e di contesto urbano, l'individuazione degli interventi da adottare sotto il profilo della prevenzione e per la protezione della popolazione interessata, ritenendo prioritarie le aree sensibili caratterizzate dalla presenza di bambini.

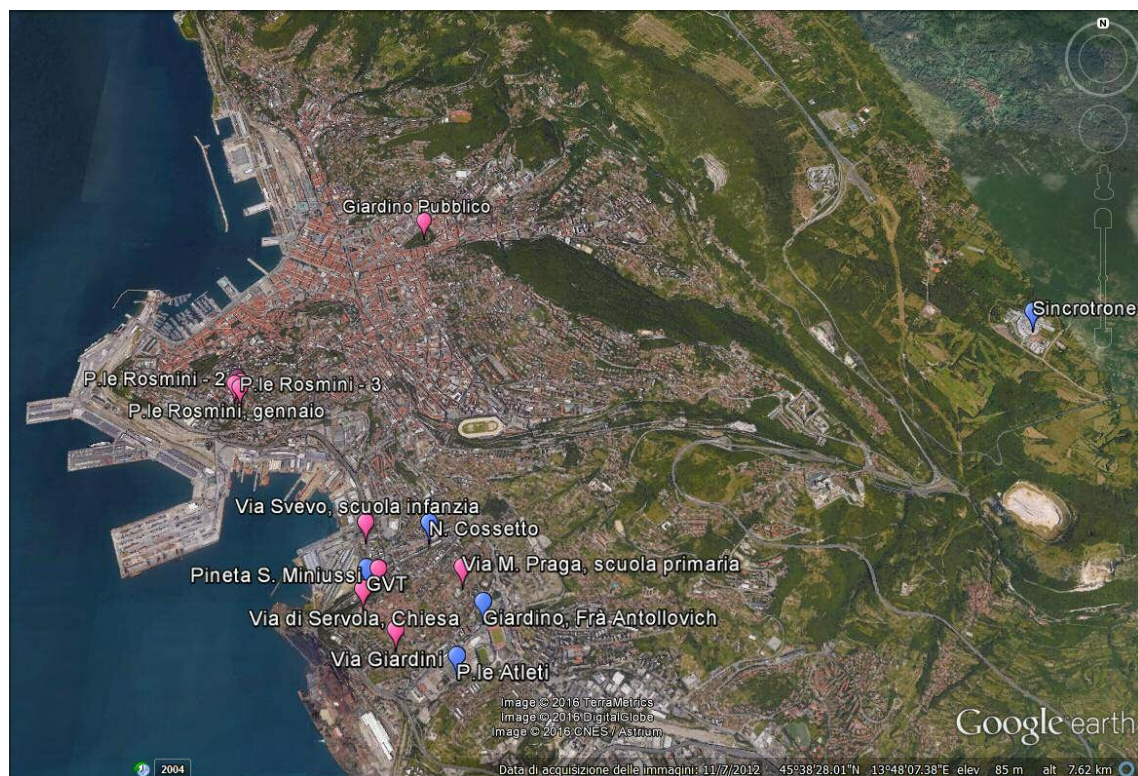
### Metodologia d'indagine e risultati

---

Nel 2016 la Regione FVG, il Comune di Trieste, l'Azienda sanitaria triestina e ARPA FVG hanno concordato uno specifico protocollo operativo per l'esecuzione di indagini, condotte a titolo conoscitivo, sulla valutazione della presenza degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) negli strati superficiali del terreno quale eventuale contributo di polveri aerodisperse emesse nel corso degli anni dallo stabilimento siderurgico di Servola. Il set analitico è stato successivamente ampliato con la determinazione di metalli, PCB, diossine/furani, clorobenzeni.

ARPA FVG ha eseguito dei campionamenti di terreno superficiale (primi 10 cm di suolo) in diverse aree cittadine. Le analisi hanno evidenziato superamenti dei limiti delle Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) – colonna A, Tab. 1, All. 5, Titolo V della parte IV del D.Lgs. 152/2006 – riferiti a metalli, diossine e IPA, fra cui il Benzo(a)pirene, sostanza cancerogena.

Figura 1: Punti di campionamento di top soil prelevati nelle aree urbane di Trieste



Fonte: Elaborazione ARPA Friuli Venezia Giulia

Legenda: In rosa e in blu i punti con concentrazioni di Benzo(a)pirene rispettivamente superiori e inferiori ai limiti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione di colonna A, Tab. 1, All. 5, Titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006

Considerate l'estensione dell'area investigata e i risultati delle elaborazioni statistiche associate alla presenza di tutti gli inquinanti rilevati, allo stato attuale delle conoscenze si può affermare che le aree di Trieste oggetto dell'attività di campionamento prevista dal protocollo operativo sono caratterizzate da un articolato inquinamento diffuso di origine antropica.

Quanto sopra esposto ha trovato ufficializzazione da parte del Tavolo Tecnico regionale, appositamente

istituito per coinvolgere tutti i soggetti competenti in materia ambientale e sanitaria (Regione, ARPA, Azienda Sanitaria, Comune di Trieste). Il Tavolo Tecnico regionale ha discusso l'approccio metodologico e, con il supporto dell'Istituto Superiore di Sanità, ha individuato, tra l'altro, il superamento della CSC del Benzo(a)pirene quale efficace indicatore per definire e stabilire interventi a protezione della popolazione.

È stato approvato, inoltre, il "*Piano Stralcio per le Aree*

*Sensibili*”, che rappresenta una parte del Piano di Gestione dell'inquinamento diffuso della città di Trieste. Il “*Piano Stralcio per le Aree Sensibili*”, quindi, è rivolto non a caratterizzare in modo compiuto l'intera area urbana di Trieste, ma a guidare le azioni di risanamento nelle zone che sono state considerate a elevata priorità perché a rischio sanitario e a monitorare l'efficacia degli interventi adottati:

- per le aree a gioco scolastiche (ridotta superficie, elevata fruizione di bambini per un tempo prolungato, necessità di rendere l'area sicura e utilizzabile in tempi molto brevi) il Comune di Trieste ha effettuato la sostituzione dello strato di terreno superficiale, pari a circa 20-25 cm di spessore;
- per i giardini pubblici (elevata/bassa fruizione, presenza/assenza di aree a gioco pavimentate, grandi superfici prative e numerose alberature) è stata scelta la tecnica del fitorimedio mediante rizodegradazione, da attuare nel medio-lungo periodo. La scelta è ricaduta su specie con sistemi radicali di tipo fibroso, caratteristici di alcune piante erbacee (ad es. *festuca*), che, essendo caratterizzati da numerose radici sottili, si estendono in modo diffuso e forniscono un'ampia superficie di contatto con il suolo (Baglivo *et al.*, 2005). Al momento le essenze che il Comune di Trieste ha scelto di utilizzare sono state *festuca arundinacea* (festuca falascona) associata a una piccola quota di *poa pratensis* (erba fienarola), *cynodon dactylon* (gramigna), *amaranthus tricolor* (amaranto tricolore) e, successivamente, dopo opportune verifiche, potrà essere utilizzato anche *carex spp.* (carice). (<http://www.ibaf.cnr.it/phytoremediation/fitorimedio.pdf>)

Il fitorimedio, oltre a diminuire il tenore di Benzo(a)pirene nei suoli, deve garantire fin da subito la compattazione del terreno così da ridurre il risollevarsi dei contaminanti e, quindi, il rischio di esposizione per inalazione.

La seconda linea di lavoro riguarda il Piano di Gestione dell'inquinamento diffuso della città di Trieste, che è in fase di elaborazione a cura dell'ARPA FVG, dell'Università degli Studi di Trieste e della Regione FVG. Il tavolo tecnico regionale ha iniziato ad affrontare il Piano di Gestione con lo scopo di sviluppare strumenti di intervento che, compatibilmente con il dettato normativo vigente, consentano alle Amministrazioni pubbliche di disporre di uno strumento efficace e funzionale per una gestione dell'inquinamento diffuso di tipo non emergenziale, sostenibile e compatibile con il “*Piano Stralcio per le Aree Sensibili*”. Il fine ultimo di questo complesso lavoro, infatti, è l'elaborazione di un piano di gestione che tratti la contaminazione non solo nei giardini pubblici o nelle scuole, ma la problematica nel suo complesso, assicurando un approccio metodologico esportabile e applicabile anche in altre realtà urbane.

L'impostazione dello studio, approvata dal Tavolo Tecnico regionale, non tiene conto della “storia passata” in termini di emissioni e di suoli né di possibili meccanismi di degradazione e dilavamento a seguito della deposizione di Benzo(a)pirene nel suolo. Lo studio è orientato, infatti, a descrivere e quantificare l'apporto attuale di Benzo(a)pirene, per effetto delle deposizioni atmosferiche, nelle varie zone della città di Trieste. La modellazione delle deposizioni, validata da opportune misure di campo, servirà a definire misure di tipo gestionale volte a contenere il tasso di inquinamento e a ridurre il rischio per la popolazione (ad es. localizzazione e gestione delle aree verdi pubbliche e private, interventi sulla mobilità, ecc.).

## Considerazioni conclusive

Rispetto al passato le Amministrazioni e i cittadini stanno dimostrando una maggiore attenzione nei con-

fronti delle caratteristiche dei suoli presenti nelle aree urbane, riconoscendo ad essi un ruolo chiave nell'ambito dell'ecosistema urbano e per la salvaguardia della qualità di vita dei cittadini stessi.

Pertanto è auspicabile che a livello nazionale, attraverso un coordinamento centralizzato, sia pianificato e realizzato uno studio sull'inquinamento diffuso dei suoli presenti nelle maggiori aree urbane; tale studio, mettendo in rete Amministrazioni ed Enti locali, ISPRA, Agenzie Regionali per l'Ambiente e Istituti di ricerca, potrebbe fornire per la prima volta una visione organica su ampia scala, rappresentativa di questo fenomeno.

I "suoli urbani", infatti, risultano spesso più contaminati di quelli che si trovano all'esterno del contesto urbano; considerando la particolare vicinanza tra suolo contaminato ed esseri umani che si verifica in una città, ne possono derivare situazioni potenzialmente critiche. A livello nazionale vi è, tuttavia, ancora un lungo cammino da percorrere che passa attraverso la condivisione di nuovi approcci concettuali, nuove metodologie e linee di intervento che sottintendono una visione organizzata e coerente, integrata con tutte le discipline che trattano l'ambiente urbano e la salute (Ajmone-Marsan, 2008; Barberis *et al.*, 2008; Biasioli M. e Ajmone-Marsan F., 2007; ISS, 2017; SNPA, 2016).

## Bibliografia

Baglivo F., Marella G., Saccomandi F., 2005, APAT, *Phytoremediation: metodologie, parametri e protocollo d'applicazione*.

Ajmone-Marsan F., 2008, *Introduzione ai suoli urbani*. In: Qualità dell'ambiente urbano-V Rapporto ISPRA, Focus su: Il suolo, il sottosuolo e la città, ISPRA, 31-32.

Barberis R., Fabietti G., Biasioli M., 2008, *La contaminazione diffusa dei suoli torinesi*. In: Qualità dell'ambiente

urbano-V Rapporto ISPRA, Focus su: Il suolo, il sottosuolo e la città, ISPRA, 49-56.

Biasioli M. e Ajmone-Marsan F., 2007, *Organic and inorganic diffuse contamination in urban soils: the case of Torino (Italy)*. In: Journal of Environmental Monitoring, 9(8), 862-868.

ISS, 2017, *Linee di indirizzo sulla valutazione e gestione dei rischi sanitari connessi alle situazioni di inquinamento diffuso*.

SNPA, 2016, *Criteri per la elaborazione dei piani di gestione dell'inquinamento diffuso*.





## 5. IDROSFERA

### Naufragio Concordia: conseguenze ambientali e ripristino dei fondali

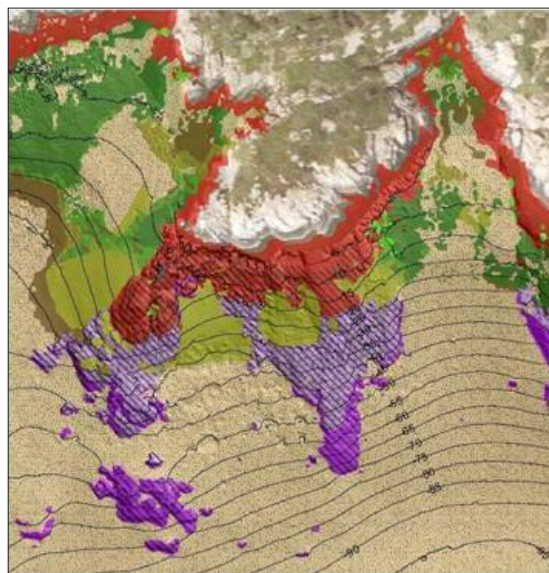
Luigi Alcaro<sup>1</sup>, Marina Penna<sup>1</sup>, Paola Gennaro<sup>1</sup>, Benedetta Trabucco<sup>1</sup>, Tiziano Bacci<sup>1</sup>, Cecilia Mancusi<sup>2</sup>, Enrico Cecchi<sup>2</sup>  
1 ISPRA, 2 ARPA Toscana

La notte del 13 gennaio 2012 la nave da crociera Costa Concordia affonda a pochi metri dalla costa dell'Isola del Giglio (Gr), incastrandosi simmetricamente su due promontori sommersi, presso la Punta della Gabbianara, su un fondale profondo circa 30 metri. Al momento dell'incidente erano presenti a bordo una quantità totale di 2.243 m<sup>3</sup> di olio combustibile medio/pesante (IFO 380) e di 203 m<sup>3</sup> di diesel, oltre una quantità incerta di olio lubrificante. Le quantità che potenzialmente potevano essere sversate in mare sono quindi paragonabili al quantitativo trasportabile da una piccola petroliera. Le caratteristiche chimico-fisiche dell'olio combustibile (alta densità e viscosità) avrebbero determinato un danno molto grave, in caso di sversamento, a causa della tendenza a permanere nell'ambiente marino.

Durante la presenza del relitto al Giglio, tuttavia, non sono stati segnalati significativi rilasci di idrocarburi, se non l'osservazione occasionale di iridescenze. Le conseguenze ambientali osservate sono state quindi determinate sostanzialmente da fattori fisici, tra i quali l'ombra del relitto e delle opere di cantiere che hanno limitato l'attività di fotosintesi della *Posidonia* e delle macroalghe e la copertura dei fondali con materiale sedimentario proveniente soprattutto da trivellazioni del fondale per la posa di strutture di cantiere (piattaforme) e dalla deposizione dei 1.400 sacchi di cemento utilizzati per favorire la rotazione del relitto. Le aree che hanno subito un evidente danno sono state ben individuate e stimate in circa 46.000 m<sup>2</sup>; le biocenosi che hanno su-

bito il maggior impatto sono la prateria a *Posidonia oceanica* L. (Delile) e i popolamenti del Coralligeno con una copertura complessiva stimata in circa 13.700 m<sup>2</sup> (Figura 1). Queste biocenosi sono protette da legislazione nazionale ed europea e considerate fondamentali anche per lo sviluppo di molte specie marine a loro volta protette. Esse sono molto sensibili a fattori di alterazione fisica che si sono determinati nell'area del naufragio.

**Figura 1: Carta delle biocenosi bentoniche, agosto 2018 (originale in scala 1:1.000)**



Fonte: CIBM

Legenda: In tratteggiato le biocenosi di fondo duro che risultano danneggiate. Rosso: Popolamenti infralitorali fotofili, Viola chiaro: popolamenti infralitorali sciafili e del circolitorale, Viola scuro: Coralligeno, Verde: prateria di *Posidonia*, Verde muschio: prateria di *Posidonia* danneggiata o persa, Verde brillante: *Posidonia* su roccia, Verde/Marrone: Prateria in regressione, Marrone: matite morta di *Posidonia*, Giallo: fondi mobili.

A partire dal novembre 2014, dopo la partenza del relitto alla volta del porto di Genova, si è realizzato il progetto di ripristino dei fondali, finalizzato principalmente al recupero delle strutture e dei materiali realizzati o persi durante il progetto di rotazione e rigalleggiamento del relitto. Le attività hanno previsto la rimozione dei rifiuti provenienti dal relitto, dei 12 *anchor blocks* utilizzati come sistema di ritenuta, delle 6 piattaforme (ampie circa 50x30 metri) per supportare il relitto dopo la rotazione, dei 1.400 sacchi con malta cementizia per supportare la rotazione del relitto e del sedimento proveniente dalle diverse attività (palificazioni, riempimento sacchi, ecc.).

L'ISPRA è stato parte del Comitato tecnico-scientifico prima, ed è parte dell'Osservatorio di monitoraggio ora. Tali strutture sono state istituite dalla Protezione Civile Nazionale e sono costituite da rappresentanti delle principali Istituzioni coinvolte nella gestione dell'emergenza (Ministero dell'Ambiente, Ministero dei Trasporti, Guardia Costiera, Istituto Superiore della Sanità, ISPRA, ARPA Toscana, Regione Toscana, Provincia di Grosseto, Comune Isola del Giglio). In questo ambito ISPRA e ARPA Toscana hanno avuto la possibilità di verificare e controllare, durante l'esecuzione dei lavori, che le singole operazioni necessarie alla rimozione del relitto e delle strutture e materiali di cantiere avvenissero limitando al massimo il loro impatto ambientale.

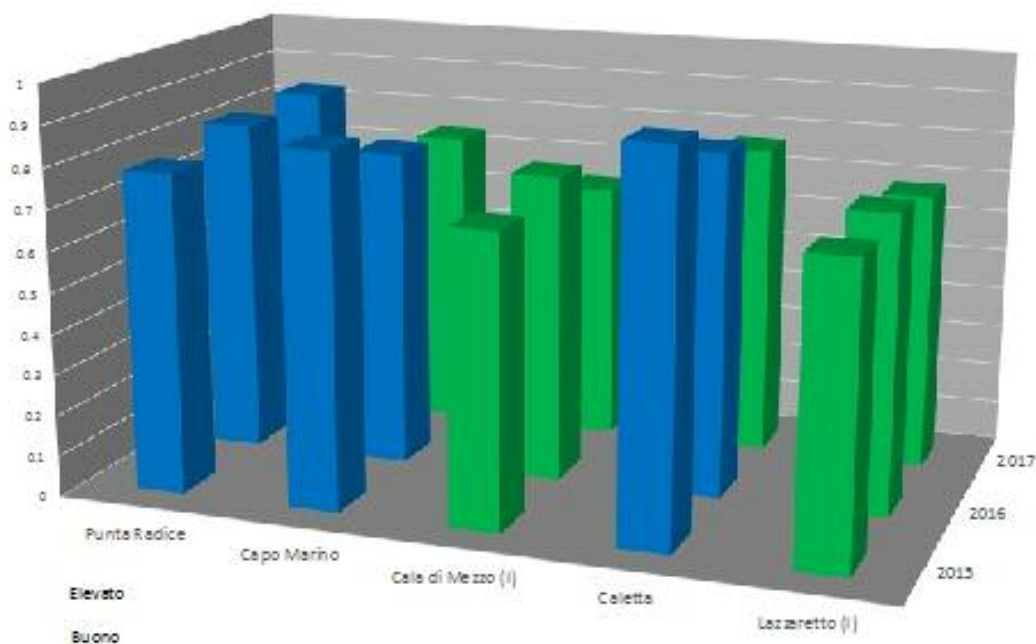
Inoltre, ISPRA e ARPA Toscana hanno realizzato il monitoraggio delle biocenosi bentoniche *Posidonia oceanica* e Coralligeno allo scopo di verificare il loro stato di salute e la loro evoluzione con il prosieguo dei lavori. Sono state condotte campagne di indagini dello stato ecologico di dette biocenosi, ponendo a confronto tratti di fondale presenti nell'area di cantiere con aree di analoghe caratteristiche edafiche ma considerate di riferi-

mento (controllo) perché distanti da specifiche e potenziali sorgenti di impatto. Le attività sono state svolte congiuntamente da Operatori Scientifici Subacquei (OSS) ISPRA e ARPA Toscana.

Per quanto riguarda le indagini sulle praterie di *Posidonia oceanica*, sono stati individuati 2 siti presenti nell'area cantiere (Cala del Lazzaretto e Cala di Mezzo) e 3 siti di controllo, due più a Nord ed uno più a Sud rispetto all'area interessata. I dati acquisiti in immersione sono stati utilizzati per il calcolo dell'Indice di classificazione ecologica PREI (*Posidonia oceanica* Rapid Easy Index, Gobert *et al.*, 2009), il cui valore indica lo stato qualitativo ecologico della biocenosi indagata. I risultati delle campagne di monitoraggio evidenziano che l'indice PREI presenta valori più bassi nelle aree d'impatto (Cala del Lazzaretto e Cala di Mezzo), rivelando l'esistenza di un impatto nell'area interessata dal naufragio della M/N Costa Concordia e dai cantieri per la rimozione del relitto nonché da quello per la rimozione delle strutture e materiali presenti sui fondali. Il PREI, pur classificando tutti i siti tra la classe BUONA ed ELEVATA, mostra alcune differenze tra i siti di impatto e i siti di controllo, evidenziando nei primi alcuni segnali di stress, con valori di PREI leggermente inferiori (Figura 2). La densità fogliare della prateria e il tipo di limite inferiore sono i descrittori del PREI più sensibili al disturbo studiato, confermando la loro efficacia da utilizzare in caso di valutazione di impatto. Questi ed altri segnali di stress della prateria, alcuni imputabili a impatti meccanici evidenziati nelle attività di monitoraggio e non rilevati dal PREI, sono stati probabilmente causati dalle pressioni dovute al naufragio della nave e alle attività di cantiere che sinergicamente hanno influenzato la qualità ecologica delle praterie presenti nell'area circoscritta del cantiere.



Figura 2: Valori del PREI per i siti indagati



Fonte: Elaborazione e dati ISPRA/ARPA Toscana

Nota: "Lazzaretto" e "Cala di Mezzo" rappresentano i siti d'impatto

Per quanto riguarda le indagini sul popolamento a coralligeno il giudizio di qualità ecologica è stato calcolato mediante l'indice ESCA (Cecchi e Piazzi, 2010; Cecchi *et al.*, 2014; Piazzi *et al.*, 2015; Piazzi *et al.*, 2017) che integra l'assetto della componente animale e vegetale del popolamento coralligeno descrivendo gli effetti di differenti cause riconducibili agli impatti delle attività antropiche. È stata indagata 1 stazione nell'area di cantiere (Punta Gabbianara), 3 stazioni di controllo, due a Nord e una a Sud rispetto all'area impattata e una intermedia fra sito impattato e controllo (Punta Lazzaretto). In generale, i popolamenti coralligeni dell'isola del Giglio appaiono ben strutturati e diversificati in tutti

i siti indagati, con *patterns* di variabilità spaziale che sono da considerare tipici dell'*habitat* a coralligeno. L'indice ESCA ha permesso di evidenziare valori di stato ecologico simili nei tre siti di controllo per tutti gli anni di monitoraggio (BUONO/ELEVATO), mentre nel sito d'impatto (Punta Gabbianara) lo stato ecologico è risultato SUFFICIENTE per gli anni 2015-2016-2017, ed ELEVATO nel 2018, a testimonianza di un avvenuto recupero dell'area indagata successivamente alla cessazione delle attività di cantiere. I risultati delle campagne di monitoraggio rilevano quindi che, anche per quel che riguarda il Coralligeno, l'impatto sulle biocenosi marine è stato limitato all'area prossima al naufragio della

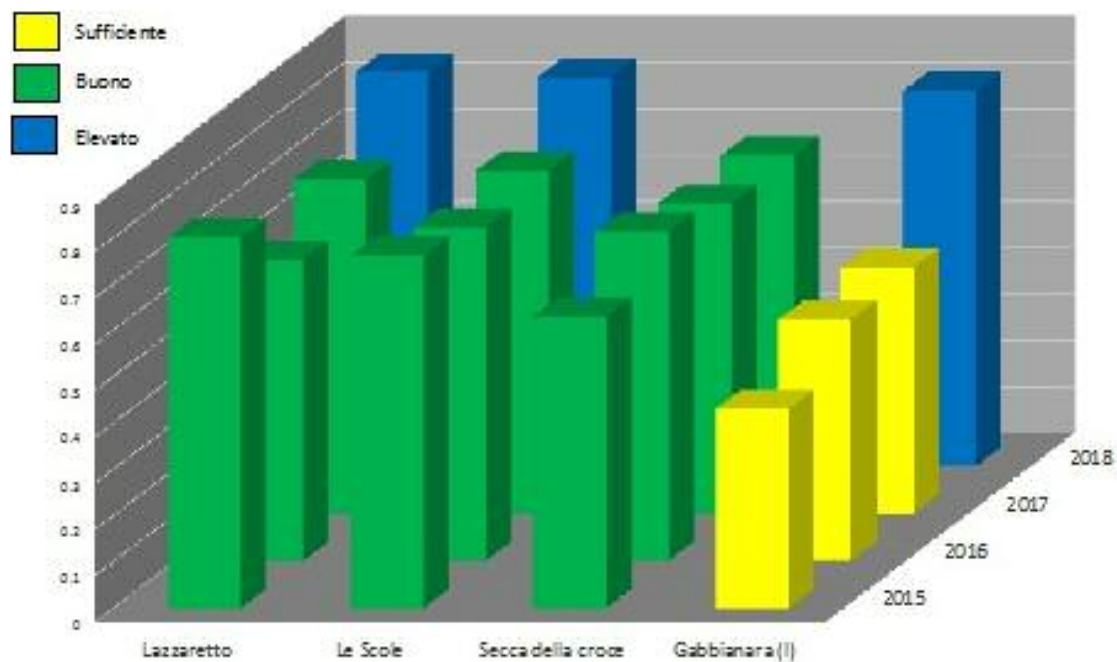
Costa Concordia, nonché al cantiere di rimozione della nave e al cantiere per il ripristino dei fondali, in una zona quindi molto circoscritta, ovvero quella direttamente interessata dai lavori e dalle risospensioni sedimentarie legate all'attività di cantiere. La principale causa di degrado del coralligeno è stata individuata dunque nella copertura dei fondali da parte del sedimento fine prodotto con le attività di cantiere. Un significativo aumento della torbidità, nell'area di cantiere, è stato infatti registrato lungo l'intera colonna d'acqua, dalla superficie fino a 50 m di profondità. Una volta cessate le attività del cantiere, l'indice ESCA ha registrato un miglioramento della qualità ecologica di Punta della Gabbianara (sito d'impatto), a testimo-

nianza del recupero naturale dell'*habitat* in seguito alla rimozione dei fattori di pressione (Figura 3).

### Bibliografia

Cecchi E., Piazzì L., 2010. *A new method for the assessment of the ecological status of coralligenous assemblage*. *Biologia Marina Mediterranea* 17:162-163.  
 Cecchi E., Gennaro P., Piazzì L., Ricevuto E., Serena F., 2014. *Development of a new biotic index for ecological status assessment of Italian coastal waters based on coralligenous macroalgal assemblages*. *European Journal of Phycology* 49, (3): 298-312.  
 Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-Raimondino, V., Andral,

**Figura 3: Valori dell'indice ESCA per i siti indagati. "Gabbianara" rappresenta il sito d'impatto**



Fonte: Elaborazione e dati ISPRA/ARPA Toscana

B., Chery, A., Lejeune, P., Boissery, P., 2009. *Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the Posidonia oceanica Rapid Easy Index (PREI)*. Mar. Pollut.Bull. 58, 1727-1733.

Piazzi L., Gennaro P., Cecchi E., et al., 2015. *Improvement of the ESCA index for the evaluation of ecological quality of coralligenous habitat under the European Framework Directives*. Mediterranean Marine Science 16: 419-426.

Piazzi L., Gennaro P., Cecchi E., Serena F., Bianchi C.N., Morri C., Montefalcone M., 2017. *Integration of ESCA index through the use of sessile invertebrates*. Scienza Marina 81(2): 283-290.

**Il sistema idrogeologico della Piana di Castelvetro-Campobello di Mazara (TP) e la valutazione del trasferimento degli inquinanti dal corpo idrico sotterraneo ai corpi idrici superficiali connessi**

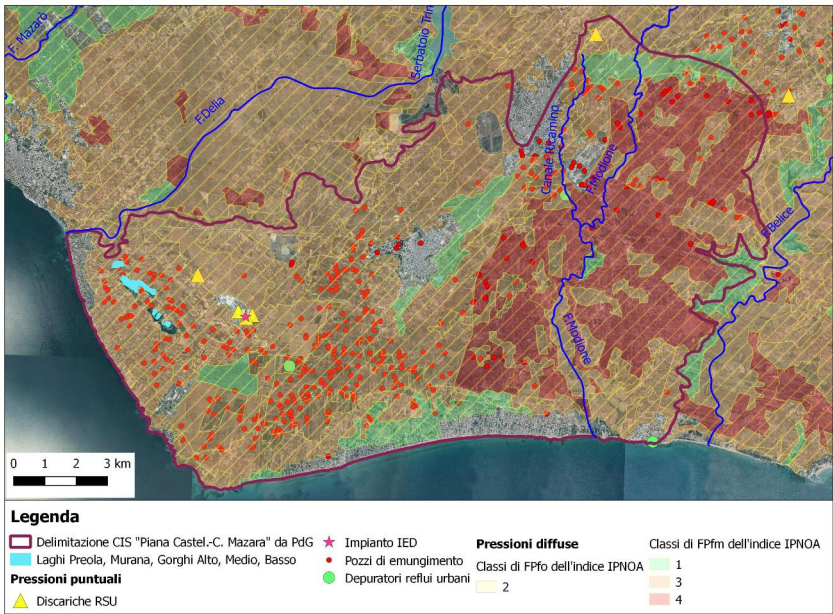
Anna Abita, Virginia Palumbo, Marco Nicolosi, Santino Pellerito, Nunzio Costa  
ARPA Sicilia

**Premessa**

ARPA Sicilia, nell’ambito di una Convenzione con la Regione Siciliana finalizzata alla revisione del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia, ha effettuato

uno studio sul sistema idrogeologico “Piana di Castelvetro-Campobello di Mazara” (TP) volto a valutare le interazioni tra l’omonimo corpo idrico sotterraneo, caratterizzato da superamenti puntuali di SQ e VS di cui al D.lgs. 30/2009, e i corpi idrici superficiali ad esso connessi, con particolare riferimento ai laghi Preola, Murana e Gorghi Tondi (Figura 1), caratterizzati da uno stato chimico non buono e uno stato ecologico da cattivo a sufficiente, nonché siti della Rete Natura 2000 ed aree umide di importanza internazionale ai sensi della “Convenzione di Ramsar”. Lo studio, condotto al fine di verificare il soddisfacimento delle condizioni concernenti il buono stato chimico del corpo idrico sotterraneo di cui all’art. 4, comma 2, lettera c, punto 2 ed All. 5, punti 4.b,

**Figura 1: Localizzazione del corpo idrico sotterraneo della Piana di Castelvetro-Campobello di Mazara e dei laghi Preola, Murana e Gorghi Tondi ed ubicazione delle fonti di pressione puntuali e diffuse individuate come significative dal PdG**



Fonte: ARPA Sicilia – Struttura Tecnica ST2 – “Monitoraggi Ambientali”

4.c del D.Lgs. 30/2009, è consistito in:

- una prima fase conoscitiva, finalizzata all'inquadramento, alla modellizzazione concettuale del sistema idrogeologico ed all'esecuzione di nuovi rilievi ed indagini sul campo;
- una seconda fase di valutazione dei processi idrologici, idrogeologici e di trasporto dei contaminanti, basata sul quadro di conoscenza del sistema derivante dalla fase iniziale ed effettuata con strumenti di modellistica numerica differenti, in base ai processi da simulare ed alla loro scala di rappresentazione (dall'intero sistema della Piana al settore occidentale dello stesso in corrispondenza dei laghi Preola, Murana e Gorghi Tondi).

## I risultati dello studio

I principali risultati ottenuti dallo studio condotto sull'intero sistema della Piana sono stati:

- A. la delimitazione e la ricostruzione dello sviluppo geometrico dell'acquifero. È stata ridefinita, sulla base dell'analisi dei dati geologici ed idrogeologici acquisiti, la perimetrazione dell'acquifero (Figura 2a), attraverso la mappatura del limite inferiore del *complesso idrogeologico calcarenitico-sabbioso* permeabile riconosciuto nell'area, e ricostruito lo sviluppo geometrico tridimensionale dell'acquifero;
- B. l'analisi del comportamento idrodinamico dell'acquifero. È stato analizzato il comportamento idrodinamico dell'acquifero in risposta all'andamento temporale nel periodo 2008-2017 della ricarica meteorica e dei prelievi dai pozzi di emungimento, mediante simulazione con un modello idrogeologico integrato, individuando così le aree caratterizzate dalle principali depressioni piezometriche indotte dai prelievi idrici nell'acquifero (Figura 2a);

C. l'individuazione delle interconnessioni dell'acquifero con i corpi idrici superficiali. È stata riconosciuta un'interconnessione idraulica tra la falda idrica ospitata nell'acquifero ed il fiume Modione nei tratti del reticolo che attraversano gli affioramenti calcarenitici, nonché un'interconnessione tra la falda ed i laghi Preola, Murana e Gorghi Tondi. È stata altresì individuata una condizione di fiume drenante lungo il tratto perimetrale dell'acquifero che lambisce l'alveo del fiume Belice. Nel reticolo idrografico del fiume Modione sono stati individuati, sulla base dei risultati del modello integrato, i tratti che mostrano un comportamento esclusivamente alimentante e quelli che mostrano un comportamento esclusivamente drenante la falda nell'intero periodo simulato (2008-2017);

D. la valutazione del bilancio idrico dell'acquifero. La valutazione del bilancio idrico medio annuo dell'acquifero riferito al decennio 2008-2017, effettuata sulla base dei risultati del modello integrato, ha evidenziato condizioni prossime all'equilibrio di bilancio per l'unità, con un valore medio annuo di variazione di immagazzinamento pari a 1.3 Mm<sup>3</sup>/anno sul periodo, corrispondente al 3% del totale delle voci di entrata del bilancio (Figura 2a).

I principali risultati ottenuti dallo studio condotto nel settore occidentale dell'acquifero, nella zona dei laghi, sono stati:

- E. la preliminare definizione del modello concettuale pressioni-impatti. È stato elaborato il modello concettuale del settore occidentale del corpo idrico sotterraneo, con particolare riferimento alle relazioni tra le fonti di pressione puntuale e diffusa presenti (discariche RSU dismesse di C.da Misiddi-Campana e C.da S. Nicola Soprano-Gilletto ed aree interessate da

attività agricole e zootecniche) ed i relativi potenziali impatti sul corpo idrico sotterraneo e sui corpi idrici superficiali connessi (inquinamento chimico e da nutrienti);

F. la valutazione del trasporto dell'arsenico disciolto proveniente dalle discariche RSU dismesse. Le concentrazioni di As disciolto simulate dal modello di trasporto per un periodo di 30 anni (età presunta delle discariche) in corrispondenza dei punti di osservazione dei laghi mostrano un andamento temporale crescente in particolare in Gorgo Alto, Gorgo Medio e Preola. I valori di concentrazione stimati dalla simulazione a fine periodo nei punti di osservazione dei laghi ed in quelli posti poco a monte nella falda risultano più bassi rispetto a quelli medi osservati nelle campagne di monitoraggio effettuate da ARPA Sicilia nel periodo 2013-2015 nei laghi e nel periodo 2016-2017 nel corpo idrico sotterraneo. Le ragioni degli scostamenti rilevati andrebbero ricercate, oltre che in una possibile sottostima degli apporti inquinanti provenienti dalla discarica di C.da S. Nicola-Gillette, anche nella presenza di un'ulteriore possibile sorgente antropica dell'As disciolto in falda (rilascio connesso all'applicazione diffusa sulle superfici agricole di fertilizzanti chimici o pesticidi contenenti As come impurezza o additivo) e, per quanto riguarda i laghi, anche nella presenza di una possibile sorgente secondaria di As (rilascio nella colonna d'acqua dell'As presente nella matrice sedimento, in fase adsorbita o in fase solida, attraverso processi di desorbimento o dissoluzione favoriti da determinate condizioni redox). Il bilancio dei flussi di massa dell'As disciolto sull'intero periodo simulato mette in evidenza l'esistenza di un trasferimento di massa del contaminante dalla falda idrica sotterranea ai 5 laghi (Figura 2b), con flussi entranti in particolare in Preola (0.18

g/d), Gorgo Alto (0.05 g/d) e Gorgo Medio (0.02 g/d). Tali flussi possono contribuire a determinare il superamento in tali corpi idrici superficiali dello SQA-MA dell'As di cui alla Tab. 1/B del D.Lgs. 172/2015, generando un possibile impatto sul loro stato ecologico;

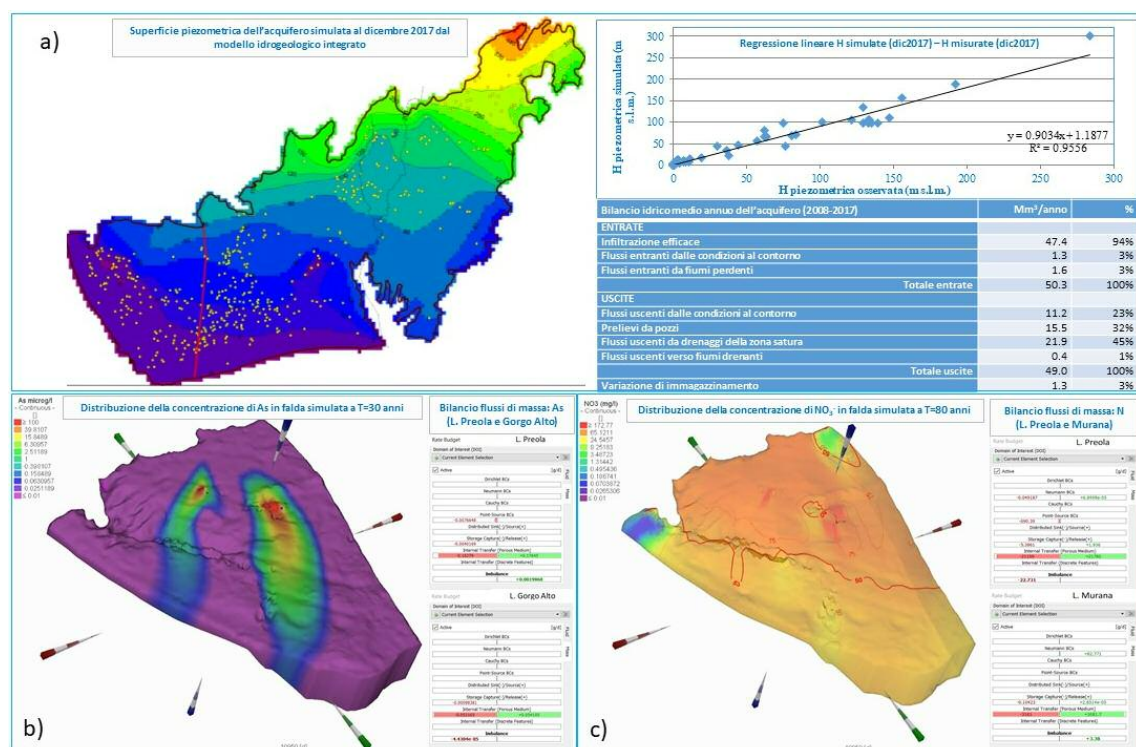
G. la valutazione del trasporto del nitrato proveniente da fonti di pressione diffuse e puntuali. Al termine del periodo di simulazione di 80 anni (periodo complessivo stimato di applicazione dei carichi di N provenienti da pressioni diffuse di tipo prevalentemente agricolo, nonché nell'ultimo trentennio dalle discariche RSU) emerge come i carichi di N rilasciati in falda dalle pressioni antropiche determinino nel corpo idrico sotterraneo uno stato di contaminazione da  $\text{NO}_3^-$  con concentrazioni superiori allo SQ di 50 mg/l di cui al D.Lgs. 30/2009 in quasi tutto il settore nord-orientale del dominio locale (Figura 2c). Le concentrazioni di  $\text{NO}_3^-$  in falda simulate dal modello di trasporto a fine periodo trovano corrispondenza con quelle osservate nelle campagne di monitoraggio del corpo idrico sotterraneo effettuate da ARPA Sicilia nel triennio 2015-2017. Il bilancio dei flussi di massa del contaminante relativo agli ultimi 30 anni di simulazione mette in evidenza l'esistenza di un trasferimento di massa di N totale dalla falda idrica sotterranea ai 5 laghi (Figura 2c), con valori maggiori in corrispondenza dei laghi Preola (21780 g/d) e Murana (3082 g/d). Le concentrazioni di N totale simulate al tempo T=80 anni nella zona dei laghi risultano più alte rispetto a quelle medie osservate nelle ultime campagne di monitoraggio effettuate da ARPA, che hanno altresì rilevato la presenza nei laghi di fioriture di cianobatteri, in concomitanza con valori generalmente bassi di N inorganico disciolto. L'analisi congiunta dei risultati del modello e del monitoraggio effettuato fa ipotizzare che i bassi valori di N inorga-



Figura 2: a) Riperimetrazione dell'acquifero della Piana di Castelvetrano-Campobello di Mazara e superficie piezometrica simulata dal modello integrato, diagramma di correlazione tra piezometria simulata e misurata (in alto) e risultati del bilancio idrico dell'acquifero (in basso). La linea rossa indica il limite del settore occidentale dell'acquifero comprendente i laghi.

b) Distribuzione della concentrazione di As disciolto in falda simulata dal modello di trasporto nel settore occidentale dell'acquifero, bilancio dei flussi di massa di As nei Laghi Preola e Gorgo Alto.

c) Distribuzione della concentrazione di NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in falda simulata dal modello di trasporto nel settore occidentale dell'acquifero (è evidenziata la linea ad isoconcentrazione 50 mg/l), bilancio dei flussi di massa di N nei Laghi Preola e Murana



Fonte: ARPA Sicilia - Struttura Tecnica ST2 - "Monitoraggi Ambientali"

nico disciolto riscontrati nei laghi siano conseguenza della fioritura di cianobatteri, sensibili all'arricchimento di nutrienti, la cui proliferazione sarebbe

quindi favorita dagli apporti di N provenienti dal corpo idrico sotterraneo contaminato da NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Le fioriture di cianobatteri, indicative di condizioni di eutrofizza-



zione dei laghi, potrebbero quindi rappresentare un impatto causato dal trasferimento del  $\text{NO}_3^-$  dal corpo idrico sotterraneo ai corpi idrici superficiali connessi.

Sulla base dei risultati ottenuti si ritengono non soddisfatte le condizioni concernenti il buono stato chimico del corpo idrico sotterraneo "Piana di Castelvetro-Campobello di Mazara" di cui all'art. 4, comma 2, lettera c, punto 2 del D.Lgs. 30/2009, dal momento che la quantità e le concentrazioni dei contaminanti da esso trasferite ai corpi idrici superficiali connessi (laghi Preola, Murana e Gorghi Tondi), stimate sulla base del modello di trasporto messo a punto, determinano, con un'affidabilità entro il grado di approssimazione dello stesso, un possibile impatto sul loro stato ecologico.

## Bibliografia

Bonanno A., Ciabatti P., Liguori V., Provenzano M. C. & Sortino G., 2000. *Studio idrogeologico ed idrogeochimico dell'acquifero multifalda della Piana di Castelvetro e Campobello di Mazara (Sicilia occidentale)*. Quaderni di Geologia Applicata, 7, 4, 45-59.

Cassa per il Mezzogiorno – Ripartizione progetti idrici divisione V – Schemi idrici della Sicilia, 1982. *Indagini idrogeologiche per l'approvvigionamento idrico del Sistema II Nordoccidentale della Sicilia (Acquiferi principali)*. Arlab S.r.l.

Cusimano G., Hauser S., Vassallo M., 2006. *Hydrogeochemistry of a wetland area of southwestern Sicily (Italy)*. EWA (European Water Association)

European Commission, 2009. *Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment*. Guidance Document No. 18 – 2009. ISBN 978-92-79-11374-1.

European Communities, 2009 Luxembourg

European Commission, 2015. *Technical Report on*

*Groundwater Associated Aquatic Ecosystems*, Technical Report N. 9 – 2015. ISBN 978-92-79-53895-7. European Communities, 2015 Luxembourg

Jayasumana C., Fonseka S., Fernando A., Jayalath K., Amarasinghe M., Siribaddana S., Gunatilake S., Paranagama P., 2015. *Phosphate fertilizer is a main source of arsenic in areas affected with chronic kidney disease of unknown etiology* in Sri Lanka, Springerplus. 2015 Feb 24;4:90. doi: 10.1186/s40064-015-0868-z. eCollection 2015.

## Determinazione dello stato quantitativo della falda nella piana di Aosta

Pietro Capodaglio, Fulvio Simonetto<sup>1</sup>, Gennaro Alberto Stefania<sup>2</sup>, Tullia Bonomi<sup>2</sup>

1 ARPA Valle d'Aosta, 2 Università degli studi Milano-Bicocca

La Direttiva Quadro 2000/60/CE richiede, per le acque sotterranee, la determinazione dello stato qualitativo e quantitativo dei corpi idrici sotterranei. Tuttavia, sia la direttiva europea che la normativa nazionale di recepimento (D.Lgs. 30/09) non forniscono alcuna indicazione tecnica su come effettuare tale valutazione. Al fine di colmare tale lacuna ISPRA, in collaborazione con diverse ARPA, ha emanato nel 2016 una Linea Guida dal titolo "Criteri tecnici per l'analisi dello stato quantitativo e il monitoraggio dei corpi idrici sotterranei", in base alla quale ARPA Valle d'Aosta (ARPA VdA), in collaborazione con l'Università degli studi di Milano-Bicocca, ha effettuato la valutazione dello stato della falda alluvionale della piana di Aosta (Stefania *et al.*, 2018a). In questo modo è stato ottenuto il duplice obiettivo di ottenere un giudizio di stato per l'area di studio e di verificare l'effettiva applicabilità delle linee guida ad un caso di studio reale.

Attraverso l'utilizzo dei dati piezometrici provenienti dagli archivi di ARPA VdA, organizzati all'interno del database idrogeologico TANGRAM ([www.tangram.samit.unimib.it](http://www.tangram.samit.unimib.it)), e la loro elaborazione con strumenti informativi territoriali, sono stati applicati i test predisposti dalle linee guida. Il protocollo ISPRA prevede l'applicazione di 4 test: 1) bilancio idrico, 2) acque superficiali connesse, 3) ecosistemi terrestri dipendenti e 4) intrusioni saline. Per ciascun test si esprime un giudizio di stato, che può essere "buono" o "scarsa", e l'esito negativo di anche uno

solo di essi comporta la classificazione in stato quantitativo scarso per la risorsa idrica sotterranea.

L'esecuzione del test 1 a sua volta prevede 3 fasi: fase 0) di preselezione, in cui si valuta se l'acquifero è interessato da emungimenti, fase A) di analisi della tendenza dei livelli di falda su lungo periodo e fase B) di analisi del bilancio idrico.

Data la conoscenza della presenza di pozzi, si è passati direttamente alla fase A del *test* 1. Il passaggio preliminare è stato quello di analizzare le serie storiche piezometriche, riferite all'intervallo temporale tra il 2000 e il 2017, provenienti da 213 punti di monitoraggio presenti nella Piana di Aosta e selezionare quelle che rispettavano gli standard proposti dalle linee guida, che indicano come requisito minimo l'utilizzo di serie temporali di almeno 6 anni con 2 misure annue.

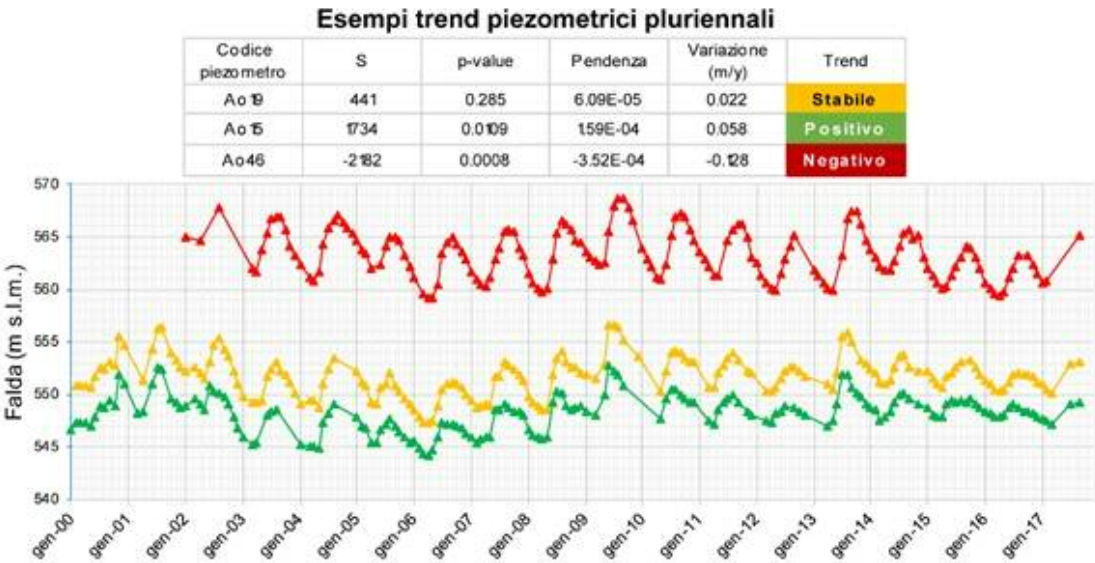
Per quanto riguarda la Piana d'Aosta, a causa di criticità dovute alla lunghezza, completezza, numerosità e omogeneità delle serie temporali, solo 24 stazioni rispettavano tali requisiti. Per poter comunque procedere alla definizione dello stato quantitativo, si è scelto di derogare ai requisiti minimi previsti dalle linee guida giungendo ad un dataset di 64 punti di monitoraggio, che garantiscono comunque una buona distribuzione spaziale e una buona continuità temporale dei punti di misura.

Per ciascuno dei 64 punti di misura sono stati realizzati grafici piezometria-tempo per visualizzare e analizzare la dinamica temporale della falda, da cui è emersa una falda caratterizzata da ampie oscillazioni piezometriche a carattere stagionale legate essenzialmente allo scioglimento nivale. Attraverso un'attenta analisi qualitativa e statistica dei dati è stata rilevata e gestita la presenza di veri e falsi *outliers*. Per ciascuna serie piezometrica è stata calcolata la retta di regressione (la quale rende conto della variazione dei livelli sul lungo periodo), il cui

coefficiente angolare è stato convertito in variazione di livello piezometrico, espresso in m/anno. Ciascuna serie piezometrica è stata quindi analizzata mediante test di Mann-Kendall, il quale testa l'ipotesi di assenza o presenza di *trend* significativi. In base ai risultati statistici ogni serie storica è stata quindi classificata come crescente, stabile o decrescente (Figura 1). L'analisi ha evidenziato una generale stabilità dei livelli di falda, con 49 punti senza variazioni significative, 7 con tendenza positiva e 8 con tendenza negativa, principalmente concentrati nella zona di Aosta dove i prelievi sono più intensi. Data la differente lunghezza delle serie e la disomogeneità nella frequenza di monitoraggio, sia tra le serie che all'interno dei *dataset* stessi, i risultati sono stati mantenuti a livello puntuale in quanto una spazializzazione non sarebbe stata significativa.

Data la generale stabilità dei *trend* piezometrici sul lungo periodo si è passati alla fase B del *test*1. Obiettivo di questa fase è quello di valutare se le risorse idriche disponibili (*Available Groundwater Resources - AGR*) siano maggiori dei prelievi medi su lungo termine (*Long-Term Annual Average Abstraction - LTAAQ*). A tale scopo sono stati impiegati i dati di pompaggio e quelli relativi al bilancio idrogeologico per la Piana d'Aosta ottenuto mediante l'uso del modello numerico di flusso della Piana d'Aosta (Stefania *et al.*, 2018b). Per effettuare il *test*, i dati transitori a passo mensile relativi al pompaggio insistente sulla piana (rappresentativi quindi del LTAAQ) sono stati confrontati con la ricarica mensile netta relativa alla falda (AGR), sia includendo che escludendo l'apporto di acqua di infiltrazione legato alle acque superficiali (Figura 2). Analizzando il

Figura 1: Esempi di tendenza su lungo periodo. *Trend* decrescente in rosso, stabile in giallo, crescente in verde



Fonte: Bigoni M., 2018. Validazione delle linee guida per la valutazione dello stato quantitativo delle acque sotterranee: applicazione alla Valle d'Aosta. Tesi magistrale inedita

problema in termini di sommatoria e medie su scala annuale emerge che la ricarica è sempre in grado di compensare i prelievi idrici, mantenendo il sistema in una situazione di surplus idrico (ai sensi della linea guida  $AGR/LAATQ < 1$ ). Analizzando il problema a cadenza mensile si è osservata una diversa risposta del sistema in funzione della stagionalità. In particolare, nei mesi in cui la ricarica è minima o assente (inverno, estate) i prelievi ( $LAATQ$ ) risultano maggiori della ricarica ( $AGR$ ) mandando il sistema in deficit idrico ( $AGR/LAATQ > 1$ ). Nei mesi primaverili in cui invece lo scioglimento nivale è massimo, la ricarica è sempre di gran lunga superiore al pompaggio mantenendo il sistema in una fase di *surplus* idrico ( $AGR/LAATQ < 1$ ).

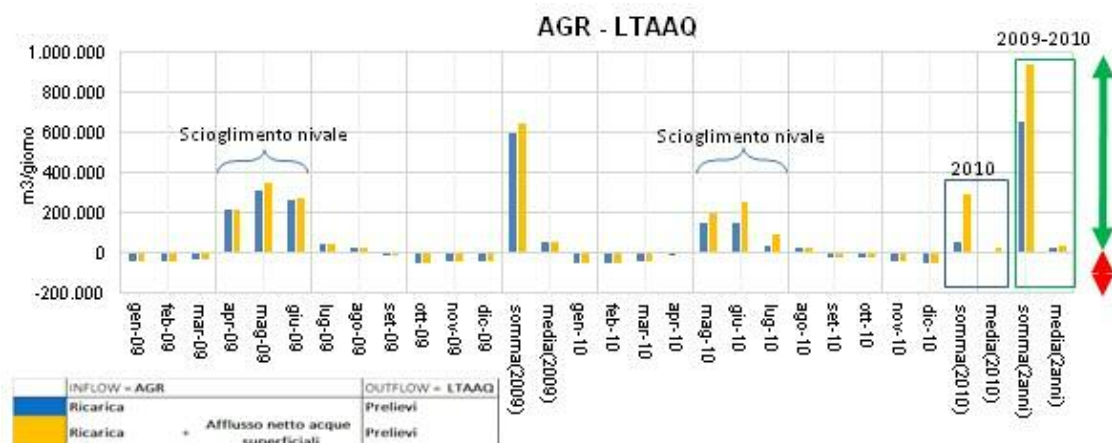
L'applicazione delle linee guida alla risorsa idrica dell'acquifero della Piana di Aosta ha quindi dato esito quan-

titativo buono secondo il *test 1*.

Per il *test 2* sono stati raccolti i giudizi di qualità relativi alle acque superficiali elaborati dall'Autorità di Bacio del Po (AdB Po) e ARPA VdA che descrivono una situazione di buono stato chimico ed ecologico, ad eccezione di 3 corsi d'acqua che sono però classificati come altamente modificati e le cui criticità sono ascrivibili alle modificazioni morfologiche antropiche e dunque non dipendenti dalle acque sotterranee (ARPA VdA, 2017). È stato quindi assegnato un giudizio quantitativo buono secondo questo *test*.

Per il *test 3* sono state analizzate le valutazioni relative allo stato di conservazione degli ecosistemi, elaborate in ISPRA e ARPA VdA, e la scheda della zona umida Les lles di Saint-Marcel sita nell'area di studio. Non essendo state rilevate criticità imputabili alle acque sotterranee

**Figura 2: Andamento temporale della differenza tra ricarica netta dell'acquifero (AGR) e prelievi (LAATQ)**



Fonte: Stefania et al., 2018a, Valutazione dello stato quantitative delle acque Sotterranee: applicazione all'acquifero della piana di Aosta. In: 6° Convegno Nazionale AIGA, 27-29/6/18, Courmayeur

(Regione Autonoma Valle d'Aosta, 2003; ISPRA, 2016), è stato assegnato un giudizio di buono stato quantitativo secondo questo test.

Il test 4 non è stato effettuato in quanto, data la collocazione dell'area in esame, non sono ragionevolmente ipotizzabili intrusioni saline.

I risultati evidenziano che, nell'area in esame, lo stato quantitativo deve essere considerato senz'altro "buono". Infatti, tutti i test eseguiti hanno dato esito positivo secondo le linee guida. Tuttavia, i cambiamenti climatici in atto potrebbero modificare significativamente le condizioni attuali nei prossimi anni, imponendo quindi di mantenere un monitoraggio costante e attento sull'area analizzata.

Per quanto riguarda le criticità insite nella metodologia per la valutazione dello stato quantitativo, specie per quello che riguarda il test 1, si suggerisce di incrementare lo sforzo di monitoraggio sia spazialmente che temporalmente, al fine di ottenere una banca dati robusta ed aggiornata che possa favorire e migliorare le future analisi e descrivere meglio tutte le aree attualmente non valutabili per assenza di dati. Inoltre l'analisi di bilancio relativa alla fase B del test 1 ha messo in evidenza che la scala temporale di analisi del problema può essere un fattore fondamentale di cui occorre tener conto quando si tratta della valutazione dello stato quantitativo di un corpo idrico. Infatti, seppur le variazioni stagionali possano non avere effetti significativi sulla falda, potrebbero generare tuttavia impatti indesiderati sui sistemi idrici superficiali e sugli ecosistemi terrestri ad essa collegati.

## Bibliografia

ARPA VdA, 2017. *Classificazione dei corpi idrici superficiali al termine del I PdGPO (2010-2015)*

Bigoni M., 2018. *Validazione delle linee guida per la valutazione dello stato quantitativo delle acque sotterranee: applicazione alla Valle d'Aosta*. Tesi magistrale inedita

ISPRA, 2016a. *Criteri tecnici per l'analisi dello stato quantitativo e il monitoraggio dei corpi idrici sotterranei*. Manuali e Linee Guida XXX/2016.

ISPRA, 2016b. *Mappatura degli ecosistemi e valutazione del loro stato di conservazione*. Strategia nazionale per la biodiversità

Regione Autonoma Valle d'Aosta, 2003. *IT1205070 - Zona umida di Les Iles di Saint-Marcel*. Rete Natura 2000

Stefania G.A., Zanotti C., Rotiroti M., Fumagalli L., Bigoni M., Simonetto F., Capodaglio P., Bonomi T., 2018a. *Valutazione dello stato quantitative delle acque Sotterranee: applicazione all'acquifero della piana di Aosta*. In 6° Convegno Nazionale ALGA, 27-29/6/18, Courmayeur. Stefania G.A., Rotiroti M., Fumagalli L., Simonetto F., Capodaglio P., Zanotti C., Bonomi T., 2018b. *Modeling groundwater/surface-water interactions in an Alpine valley (the Aosta Plain, NW Italy): the effect of groundwater abstraction on surface-water resources*. Hydrogeology Journal, 26(1), 147-162.

## Ottimizzazione dell'affidabilità dei risultati e dello sforzo di campionamento: un Approccio Multiplo applicato alla classificazione dello Stato Ecologico della Laguna di Venezia ai sensi della Direttiva 2000/60/CE

Federica Cacciatore<sup>1</sup>, Andrea Bonometto<sup>1</sup>, Rossella Boscolo Brusà<sup>1</sup>, Paolo Parati<sup>2</sup>, Marta Novello<sup>2</sup>, Alessandra Girolimetto<sup>2</sup>

1 ISPRA, 2 ARPA Veneto

La Direttiva Acque 2000/60/CE richiede che ciascuno Stato Membro valuti lo stato ecologico dei corpi idrici (CI) e fornisca una stima della confidenza e precisione della classificazione. Il compromesso tra sforzo di campionamento e affidabilità della classificazione è un tema rilevante per le attività di monitoraggio istituzionali, in particolare per le Agenzie Regionali, alle quali è richiesto di fornire una valutazione dello stato ambientale su vasta scala, assicurando allo stesso tempo un grado di affidabilità idoneo a supporto delle scelte gestionali.

Alla classificazione dello stato ecologico dei CI di transizione concorrono sia gli elementi di qualità biologica (EQB: vegetazione acquatica, fitoplancton, macrozoobenthos e fauna ittica), sia gli elementi idromorfologici, fisico-chimici e chimici a supporto. I risultati del monitoraggio biologico devono essere espressi in termini di Rapporti di Qualità Ecologica (RQE) rispetto alle condizioni di riferimento, ovvero quelle presenti in siti non o lievemente impattati, come previsto dalla normativa. In base alla deviazione dalle condizioni di riferimento, i RQE sono divisi in 5 classi di stato: Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso e Cattivo. La distinzione più importante è quella tra stato Buono e Sufficiente in quanto, in base a quanto previsto dalla Direttiva Acque, quando lo stato

di qualità è inferiore a Buono, gli Stati Membri/Autorità di Distretto devono adottare un piano delle misure di ripristino dello stato Buono.

Nel presente lavoro è stata valutata la relazione tra numerosità delle stazioni e affidabilità della classificazione, utilizzando come caso studio l'EQB macrofite (macroalghe e fanerogame) in Laguna di Venezia (550 km<sup>2</sup>). Lo stato delle macrofite è classificato tramite l'indice MaQI (*Macrophyte Quality Index*), adottato a livello nazionale (DM 260/2010) ai sensi della Direttiva Acque per le acque di transizione. Al fine della classificazione dello Stato Ecologico, nel 2011, per il primo ciclo di monitoraggio condotto nell'ambito del Piano di Gestione del Distretto Alpi Orientali, sono state monitorate 114 stazioni per l'EQB macrofite, distribuite tra gli 11 CI naturali in cui è suddivisa la Laguna.

Per i successivi cicli di monitoraggio, sulla base delle evidenze della classificazione condotta nel primo ciclo di monitoraggio, si è resa opportuna un'ottimizzazione dello sforzo di campionamento, mirata a una riduzione della numerosità delle stazioni, ma volta a mantenere un'adeguata affidabilità della classificazione. A tal fine, infatti, sono stati analizzati, tramite un Approccio Multiplo (statistica inferenziale, analisi della variabilità spaziale e giudizio esperto), il rapporto tra variazione spaziale dei risultati dello stato ecologico, numerosità delle stazioni di campionamento e affidabilità della classificazione ecologica (Figura 1).

Innanzitutto, è stata analizzata la variabilità spaziale della classificazione all'interno di ciascun corpo idrico, tramite l'intervallo di confidenza (L) dato dalla formula:

$$LCI = tNCI - 1,96 SC_{NCI}$$

con  $tNCI - 1,96$  = valore critico del  $t$  di Student per il livello di confidenza  $1 - \alpha$ ;  $\alpha = 0,05$ ;  $N_{CI}$  = numero di stazioni per CI;  $SC_{CI}$  = deviazione standard di ciascun CI.

Il range di L, da confrontare in prima analisi con l'am-

piezza delle classi di Stato Ecologico definite dal DM 260/2010 per il MaQI (0,2), è risultato compreso tra 0,05 e 0,27; i valori più bassi sono stati osservati in alcuni CI polialini (salinità < 30psu) caratterizzati da bassa variabilità ecologica interna, mentre la maggiore variabilità è stata riscontrata in un CI di piccole dimensioni (ENC2), con la presenza di un forte gradiente delle caratteristiche idromorfologiche e delle pressioni che insistono sul CI. L'affidabilità della classificazione è stata valutata, tramite la distribuzione *t* di Student, in termini di probabilità che lo stato ecologico osservato ricada all'interno della classe indicata e di probabilità cumulata rispetto alla soglia Buono/Sufficiente. L'affidabilità che l'assegnazione della classe (*face value*) fosse corretta è risultata variabile tra il 42 e il 100%, mentre la probabilità di correttezza della classificazione rispetto alla soglia critica Buono/Sufficiente è risultata sempre superiore all'80% (Tabella 1).

In seguito a tali evidenze è stato quindi verificato dove potesse essere adottata una riduzione dello sforzo di campionamento, senza inficiare i risultati dell'affidabilità della classificazione, o viceversa, dove fosse necessario implementare lo sforzo di monitoraggio. A tal fine, per ciascun CI, è stato messo in relazione il numero delle stazioni (*N*) con l'intervallo di confidenza (*L*) tramite la formula:

$$N = t_{NCI-1, \alpha/2} \cdot S / CI_{L/2}$$

con  $N = t_{NCI-1, \alpha/2} \cdot S$  = valore critico del *t* di Student per il livello di confidenza  $1 - \alpha$ ;  $\alpha = 0,05$ ; *S* = deviazione standard.

Sono stati considerati tre diversi scenari, in base al criterio di scelta del *L* considerato, come di seguito descritto.

In riferimento ai limiti di classe definiti dalla normativa Italiana (DM 260/2010) per il MaQI, l'ampiezza di ciascuna classe è di 0,2. Di conseguenza, per il primo scenario è stato usato un *L* pari a 0,1, al fine di incorrere in

un errore massimo di una sola classe ecologica, in un'unica direzione. Per il secondo scenario è stato adottato un *L* pari a 0,2, con la possibilità, quindi, di un errore massimo di non più di una classe, ma in entrambe le direzioni. Infine, per il terzo scenario, al fine di ottenere un intervallo di confidenza omogeneo tra i CI, è stato adottato il valore medio di *L* dei CI della Laguna di Venezia, pari a 0,109.

Il risultato dell'applicazione dei tre scenari ha visto il passaggio dalle 114 stazioni della rete di monitoraggio originale a quello di 172 stazioni, usando l'intervallo più restrittivo (*L* pari a 0,1); 57 stazioni con *L* pari a 0,2; e 150 stazioni con *L* medio dell'intera Laguna (0,109).

A partire dall'approccio statistico, è stato quindi introdotto il giudizio esperto per la scelta di *L* nel calcolo di *N* per ciascun CI, secondo i seguenti criteri:

- a) con *L* del CI compreso tra i valori di 0,109 e 0,2, *N* è rimasto uguale al 2011;
- b) con *L* del CI > 0,2, per il calcolo di *N* è stato usato *L* = 0,2;
- c) con *L* del CI inferiore a 0,109, *N* è stato calcolato con *L* = 0,109.

Il risultato complessivo a livello dell'intera Laguna è stato di 88 stazioni, ma per definire quali stazioni togliere o aggiungere sono stati considerati, per ciascun CI, la superficie totale (al netto di isole/terra emersa), le caratteristiche idrologiche e morfologiche (superficie occupata da canali, ghebbi e barene) e l'affidabilità della classificazione rispetto alla soglia critica Buono/Sufficiente, così come previsto dalla Direttiva Acque.

L'approccio Multiplo ha quindi permesso la riduzione dello sforzo di campionamento per la Laguna di Venezia da 114 a 84 stazioni.

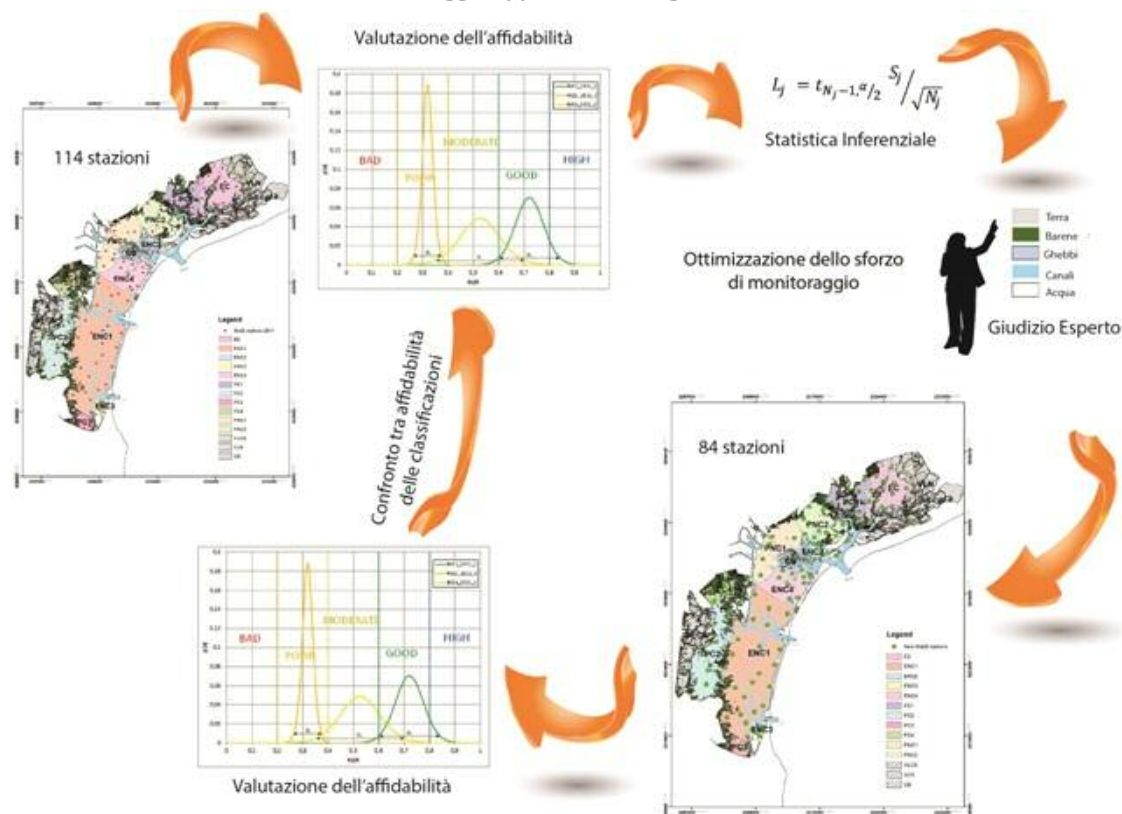
L'affidabilità della classificazione ottenuta con il nuovo numero di stazioni è stata verificata nuovamente, mediante la probabilità cumulativa della distribuzione del



$t$  di Student, ottenendo una diminuzione media di 3,3 punti percentuali (Tabella 1) della probabilità di appartenenza alla specifica classe. Considerando la soglia critica tra stato Buono e Sufficiente, importante ai fini dell'adozione delle misure come previsto dalla Direttiva Acque, a seguito dell'ottimizzazione dello sforzo di campionamento l'affidabilità della classificazione è risultata pari all'83-100%, con una diminuzione media di 0,19% rispetto alla rete di monitoraggio originale (Tabella 1).

L'Approccio Multiplo, basato sull'analisi statistica e il giudizio esperto, applicato ai dati del monitoraggio ecologico della Direttiva Acque, è risultato valido per la Laguna di Venezia, ambiente assai complesso. Lo stesso approccio può essere applicato anche ad altri corpi idrici di altre lagune del territorio nazionale e/o ad altri EQB, al fine di valutare l'affidabilità della classificazione, come richiesto dalla Direttiva Acque, nonché per l'ottimizzazione dello sforzo di monitoraggio.

**Figura 1: Schematizzazione dell'Approccio Multiplo per la verifica dell'affidabilità della classificazione e per l'ottimizzazione dello sforzo di monitoraggio applicato alla Laguna di Venezia**



Fonte: Elaborazione ISPRA/dati ARPA Veneto

**Tabella 1: Numero di stazioni e affidabilità della classificazioni di ciascun corpo idrico della Laguna di Venezia prima (Rete 2011) e dopo (Nuova rete) l'applicazione dell'Approccio Multiplo**

| CI   | Numero di stazioni |            | Affidabilità della classificazione |                 | Probabilità di essere < a Buono (%) |            |
|------|--------------------|------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|
|      | Rete 2011          | Nuova rete | Rete 2011                          | Nuova rete      | Rete 2011                           | Nuova rete |
| EC   | 13                 | 13         | 54% Sufficiente                    | 54% Sufficiente | 99                                  | 99         |
| ENC1 | 26                 | 21         | 91% Buono                          | 87% Buono       | 2                                   | 3          |
| ENC2 | 7                  | 7          | 59% Sufficiente                    | 59% Sufficiente | 84                                  | 84         |
| ENC3 | 3                  | 3          | 42% Sufficiente                    | 42%Sufficiente  | 87                                  | 87         |
| ENC4 | 10                 | 10         | 75% Sufficiente                    | 75% Sufficiente | 83                                  | 83         |
| PC1  | 9                  | 6          | 100% Scarso                        | 96% Scarso      | 100                                 | 100        |
| PC2  | 12                 | 4          | 94% Scarso                         | 96% Scarso      | 100                                 | 100        |
| PC3  | 6                  | 3          | 99% Scarso                         | 90% Scarso      | 100                                 | 99         |
| PC4  | 7                  | 3          | 100% Scarso                        | 90% Scarso      | 100                                 | 99         |
| PNC1 | 11                 | 5          | 100% Scarso                        | 99% Scarso      | 100                                 | 100        |
| PNC2 | 10                 | 9          | 88% Scarso                         | 83% Scarso      | 100                                 | 100        |

Fonte: Elaborazione ISPRA /dati ARPA Veneto

## Ingressione salina della Piana di Muravera (Sardegna sud-orientale): attività ARPAS per il monitoraggio della falda

Maurizio Testa  
ARPA Sardegna

### Inquadramento geografico e geologico dell'area

La piana di Muravera è ubicata nel settore sud-orientale della Sardegna, nella regione del Sarrabus, ed è rappresentata dalla piana deltizia del Fiume Flumendosa, il secondo in Sardegna per lunghezza ma il primo per portata media alla foce.

Nella piana sono presenti tre centri abitati, Muravera, San Vito e Villaputzu, con circa 14.000 residenti che aumentano notevolmente nel periodo estivo.

Le principali attività economiche sono il turismo, l'agricoltura, la pastorizia e la pesca.

Il Fiume Flumendosa nasce nel massiccio del Gennargentu e, dopo un percorso di 127 km, sfocia a mare tra gli abitati di Muravera e di Villaputzu con una portata media di 22 m<sup>3</sup>/s; il suo bacino idrografico ha una superficie di 1.775 km<sup>2</sup>.

Il suo percorso è interrotto da diversi sbarramenti che costituiscono dei laghi artificiali, i più importanti dei quali sono il Lago Alto Flumendosa o Bau Muggeris di 61.000.000 di m<sup>3</sup> e il Lago Basso Flumendosa o Nuraghe Arrubiu di 317.000.000 di m<sup>3</sup>, laghi utilizzati per produzione di energia elettrica, per irrigazione e per uso idropotabile.

La piana costiera ospita il Corpo Idrico Sotterraneo (CIS) "Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario di Muravera - codice 1111", così denominato ed individuato dal Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna, avente

un'area di 40,5 km<sup>2</sup>.

La geologia della piana di Muravera è caratterizzata da un complesso paleozoico metamorfico, affiorante ai bordi della piana, ricoperto da detriti e alluvioni del Pleistocene e dell'Olocene, spessi fino a qualche centinaio di metri. Graniti tardo-paleozoici affiorano poco a nord dell'abitato di San Vito. Il complesso metamorfico, al centro della piana, si trova probabilmente a diverse centinaia di metri di profondità, sotto le coperture alluvionali; il suo sprofondamento è dovuto a faglie ed a fenomeni di subsidenza.

I depositi delle conoidi reicise e quelli delle alluvioni terrazzate del I ordine del Pleistocene, costituiti da conglomerati cementati ed ossidati, con matrice argillosa, poggiano sul basamento metamorfico ai bordi della piana. I depositi delle alluvioni dei terrazzi del II ordine dell'Olocene, costituiti da conglomerati e sabbie fluviali, ma anche da livelli più fini limoso-argillosi, occupano la maggior parte dell'area centrale della piana. Essi sono da mettere in relazione con le dinamiche di trasporto e deposizione dei materiali trasportati dal Flumendosa in un ambiente di delta fluviale.

Depositi sabbiosi di spiaggia o di dune eoliche costiere affiorano lungo la linea di costa, mentre nel retro spiaggia sono presenti depositi limosi palustri.

Un livello argilloso sub-orizzontale di almeno 60 metri di spessore, con apparente continuità, è stato incontrato in diversi sondaggi profondi della zona centrale della piana, ad una profondità di circa 50 metri. Tale deposito argilloso trova conferma in dati derivanti da campagne geofisiche con profili sismici e sondaggi elettrici.

### Idrogeologia

Nella piana a valle dell'abitato di Muravera, la sistematica differenza di livello piezometrico tra i pozzi profondi e i

pozzi superficiali suggerisce l'esistenza di almeno due acquiferi sovrapposti, caratterizzati da differenti carichi idraulici.

La falda superficiale, impostata nella formazione sabbiosa, generalmente freatica, è fortemente produttiva ed è stata abbondantemente sfruttata in passato dagli agricoltori mediante pozzi a largo diametro, con profondità generalmente comprese tra 5 e 15 metri.

La falda profonda, in pressione e in un acquifero di sabbie e ghiaie, è sfruttata con perforazioni che possono raggiungere e superare il centinaio di metri di profondità.

Entrambe le falde, separate da un orizzonte argilloso, sono interessate da un'ingressione salina già nota dagli anni 1970-80.

L'equilibrio idrodinamico tra acque superficiali, acque sotterranee e acque marine è estremamente delicato e fin dalla metà del secolo scorso è stato turbato dalla realizzazione di numerose opere:

- dighe e altre opere di ingegneria fluviale che hanno interessato il Flumendosa ed i suoi affluenti;
- opere di bonifica e di regimazione idraulica effettuate presso la foce che impediscono al fiume di esondare salvaguardando gli abitati ma, nel contempo, sottraggono alle falde gran parte del contributo apportato alla loro ricarica dalle acque del fiume;
- numerosi pozzi (stimati in circa 2.000), prima superficiali e poi profondi, per finalità irrigue, acquedottistiche e turistiche, con emungimenti incontrollati.

Inoltre, la realizzazione di opere per la piscicoltura nello stagno di San Giovanni, con l'apertura delle antiche foci e la creazione di un collegamento tra il mare ed una di queste, Foxi Pedrionnas, contribuisce alla penetrazione di acque marine verso l'entroterra.

## Attività ARPAS

La problematica della salinizzazione del CIS 1111 Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario di Muravera è affrontata da ARPAS con una serie di attività specifiche.

È in attività una rete di monitoraggio costituita da 12 stazioni (Figura 1):

- 2 stazioni di monitoraggio chimico, con frequenza di campionamento semestrale (colore celeste);
- 2 stazioni di monitoraggio quantitativo, con frequenza di misura mensile (colore viola);
- 8 stazioni di monitoraggio chimico-quantitativo, con frequenza di campionamento semestrale e di misura mensile (colore verde).

Delle 12 stazioni che insistono sia sulla falda freatica e sia sulla falda in pressione, undici sono attive dal 2011 e una è attiva dal 2018.

Le stazioni sono rappresentate da pozzi privati, pozzi a uso acquedottistico di Abbanoa, gestore unico del servizio idrico integrato della Sardegna, piezometri e da un vascone freatico.

Complessivamente, ad oggi, sono state effettuate 810 misure della soggiacenza che hanno permesso di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica mediante grafici e carte piezometriche e che indicano, anche mediante il confronto con i dati di letteratura, una depauperazione progressiva della falda superficiale.

Su tre dei piezometri (Figura 1 - stazioni della rete 72, 73, 74) sono state installate nel 2016 dei *datalogger* con trasduttore di pressione e termometro per la misura della soggiacenza e della temperatura dell'acqua con frequenza di misura giornaliera.

Le misure effettuate permettono una ricostruzione di maggiore dettaglio dell'andamento della superficie piezometrica, dando particolare risalto ai fenomeni noti

come “bombe d’acqua” ben evidenti con la registrazione delle misure su base giornaliera.

Le misure piezometriche registrate saranno messe in relazione con i dati pluviometrici raccolti dal Dipartimento Meteorologico dell’ARPAS.

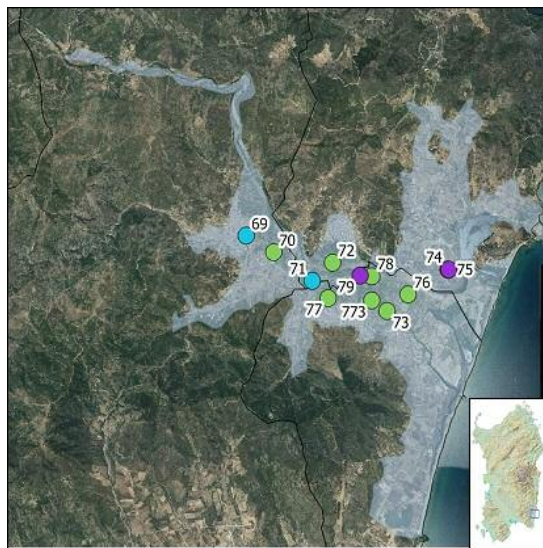
Sono stati eseguiti su diverse stazioni profili verticali di conducibilità elettrica specifica; in una di queste (Figura 1 – stazione 73), nella quale è stata osservata la stratificazione delle acque dolci sulle acque salate, il profilo di conducibilità elettrica viene ripetuto periodicamente. I dati sono stati utilizzati per analizzare le oscillazioni dell’interfaccia che risulta essere in relazione con i periodi di ricarica della falda. L’analisi dei dati temporali sul lungo periodo permetterà quindi di valutare l’avanzamento verticale del cuneo salino.

## Collaborazioni e studi

ARPAS ha in atto delle collaborazioni in materia di acque sotterranee con alcuni Dipartimenti dell’Università di Cagliari, nell’ambito delle quali lo studio dell’ingressione salina della piana di Muravera assume una rilevanza particolare. Per quanto riguarda l’accordo di collaborazione siglato con il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura dell’Università di Cagliari (DICAAR), nel 2016-2017 è stata sviluppata una tesi di laurea finalizzata alla comprensione dell’ingressione salina nella piana. Nel 2018, nell’ambito del progetto AMIRIS (Analisi Multitemporale dell’impatto d’insediamenti costieri sulle Risorse Idriche Sotterranee), il DICAAR ha organizzato una tavola rotonda sulla stessa tematica, alla quale ARPAS ha portato un contributo alla discussione presentando i risultati degli studi condotti.

Un altro accordo di collaborazione tra Agenzia del Distretto Idrografico della Sardegna ed il Dipartimento di Scienze Chimiche e geologiche dell’Università di Cagliari,

**Figura 1: Corpo Idrico Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario di Muravera e stazioni della rete di monitoraggio**



Fonte: ARPAS

che coinvolge nel tavolo tecnico ARPAS, ha come obiettivo il miglioramento delle conoscenze dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei e la gestione appropriata delle risorse idriche. Nello specifico, relativamente al CIS 1111 della piana di Muravera, scelta come sito pilota, è prevista una modellazione idrogeologica 3D del corpo idrico, la simulazione di scenari per la gestione delle risorse idriche sotterranee con modellazione numerica di flusso e trasporto ed una ricostruzione della relazione tra ecosistemi acquatici, ecosistemi terrestri e acque sotterranee. Anche in questo caso, le conoscenze acquisite con il monitoraggio ARPAS sono utilizzate nella realizzazione del modello concettuale e di quello numerico.

---

## Bibliografia

---

Ardau F., Barbieri G., 1994. *Evolution of salt water intrusion in the coastal plain of Muravera (South-Eastern Sardinia)*. Atti del 13° Salt Water Intrusion Meeting, Cagliari (Italia), pp. 305-312.

Ardau F., Barbieri G., 2000. *Aquifer configuration and possible causes of salination in the Muravera plain (SE Sardinia, Italy)*. Atti del 16° Salt Water Intrusion Meeting, Miedzyzdroje (Polonia), pp.11-18, vol. 80.

Balia R., Viezzoli A., 2015. *Integrated interpretation of IP and TEM data for salinity monitoring of aquifers and soil in the coastal area of Muravera (Sardinia, Italy)*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata Vol. 56, n. 1, pp. 31-42.

INEA Istituto Nazionale di Economia Agraria, Napoli R., Vanino S., 2011. *Valutazione del rischio di salinizzazione dei suoli e di intrusione marina nelle aree costiere delle regioni Meridionali in relazione agli usi irrigui*.

Servizio geologico d'Italia, Carmignani et al., 2001. *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 549 Muravera*.

## La cetofauna dei mari della Campania: particolarità e minacce

Nicola Maio<sup>1</sup>, Agnese Petracchioli<sup>1</sup>, Fabio M. Guarino<sup>1</sup>, Salvatore Viglietti<sup>2</sup>, Antonella Loreto<sup>2</sup>, Francesco Pollaro<sup>3</sup>  
 1 Dip. di Biologia, Univ. NA Federico II, 2 ARPA Campania, 3 CSEM

La cetofauna dei mari della Campania presenta alcune peculiarità grazie alla presenza di specie molto rare anche per l'intero bacino del Mediterraneo. Il monitoraggio dei Cetacei in Campania è cominciato nel 1986 e attualmente presso il Dipartimento di Biologia dell'Università di Napoli Federico II sono in corso analisi molecolari per identificare l'origine degli individui spiaggiati lungo la costa campana e studi sulla determinazione della loro età e tassi di crescita. I dati raccolti sono finalizzati a ottemperare alle richieste della "Marine strategy". In base alle ricerche sinora effettuate, sei specie sono regolarmente avvistate nelle acque costiere della regione: Balenottera Comune *Balaenoptera physalus* (Mysticeti, Balaenopteridae), Capodoglio *Physeter macrocephalus* (Odontoceti, Physeteridae), Stenella Striata *Stenella coeruleoalba*, Tursiopo *Tursiops truncatus*, Delfino Comune *Delphinus delphis* e Grampo *Grampus griseus* (Delphinidae) (Maio, 2015b; 2015c).

La Balenottera Comune è una specie molto frequente nelle acque della Campania e in particolare a Nord di Ischia, nell'area del Canyon di Cuma, utilizzata come sito di alimentazione durante l'estate (Mussi & Miragliuolo, 2003). Anche nelle acque salernitane sono stati registrati molti avvistamenti, con gruppi fino a tre individui (Figura 1a). Per questa specie la Campania detiene due record: il dato più antico, che risale al 1600 con una emimandibola conservata presso la Basilica di Sorrento (NA), e l'esemplare più grande d'Italia con 20m di lun-

ghezza, scoperto nel 1928 a S. Giovanni a Teduccio (NA) (Maio *et al.*, 2014a; Cagnolaro *et al.*, 2014a). L'ultimo esemplare noto è un neonato rinvenuto morto al largo di Vico Equense nel 2016.

Il Capodoglio è presente ma difficile da osservare, si riunisce in branchi ridotti rispetto a quelli degli oceani. L'incontro più frequente è con individui isolati, spesso maschi solitari, mentre le aggregazioni più numerose sono state di cinque esemplari nel Salernitano. La maggior parte degli incontri si concentrano soprattutto in estate e autunno, in particolare nell'area del Canyon di Cuma, tra Ventotene e Ischia e tra il Golfo di Salerno e quello di Policastro (Pollaro *et al.*, 2007; Pace *et al.*, 2014; Fig. 1b.). La segnalazione più antica di un Capodoglio in Campania è relativa ad uno spiaggiamento avvenuto a Forio d'Ischia nel 1770 (Maio *et al.*, 2005; Podestà *et al.*, 2008; Bearzi *et al.*, 2011;). Tra il 1940 e il 2016 nelle coste campane sono stati segnalati 16 spiaggiamenti, tra i quali un neonato nel 1982 ad Acciaroli (Pollica, SA).

La Stenella Striata (Figura 1c) è la specie più comune del Mediterraneo e anche i dati per la Campania rispecchiano tale abbondanza. Lungo la costa salernitana sono stati registrati branchi fino ad 80 esemplari nella fascia tra i 25 e i 200m di profondità. In prossimità dell'isola di Ischia questa specie pelagica si avvicina anche alla costa. Sia gli avvistamenti sia gli spiaggiamenti confermano che Stenella utilizza come sito di riproduzione durante i mesi estivi non soltanto l'area salernitana, ma anche l'area del Canyon di Cuma (Mussi & Miragliuolo, 2003). Non è da escludere, comunque, un secondo periodo di riproduzione alla fine dell'inverno. Dal 1988 ad oggi, sono stati registrati almeno 139 spiaggiamenti di Stenella (Maio *et al.*, 2001a). Negli ultimi anni sono stati trovati diversi individui spiaggiati in Campania, alcuni positivi al Morbillivirus (Di Guardo *et al.*, 2013; Casalone *et al.*, 2014; Profeta *et al.*, 2015), uno al glioblastoma (Pintore *et al.*, 2018) e un caso di mal rossino



(*Erysipelothrix rhusiopathiae*), il primo diagnosticato per l'Italia continentale, particolarmente importante in quanto agente zoonosico (Di Nocera *et al.*, 2009).

Il Tursiope è la seconda specie più frequente nel Mediterraneo e nelle acque campane. Era nota nel Napoletano sin da XVIII secolo: nel bosco della Reggia di Portici fu realizzata una vasca di acqua marina che ospitava quattro "grandi delfini", probabilmente il primo "delfinario" di cui si possiede documentazione (Maio & Piciariello O., 2000). Risultano soltanto 32 individui spiaggiati, una sottostima dovuta ai molti casi di delfinidi rinvenuti e rimasti indeterminati. Da notare lo spiaggiamento di un neonato nel 2009 che confermerebbe l'ipotesi dell'utilizzo del Golfo di Salerno oltre alle acque di Ischia come aree riproduttive in estate (Pollaro *et al.*, 2007; Mussi & Miragliuolo, 2003). Lungo il litorale salernitano formano gruppi sino a 30 individui.

Il Delfino Comune è una specie che almeno fino agli anni '70 del secolo scorso era più comune nel Mediterraneo come confermano i dati bibliografici e museologici (Cagnolaro *et al.*, 2012, 2014b). In seguito, la sua presenza si è estremamente ridotta. Per la Campania sono noti solo due spiaggiamenti: a Ischia nel 2003 e a Bagnoli (Napoli) nel 2006 (Maio, 2005; Maio *et al.*, 2012). Dal 1997 è stata documentata la presenza di una comunità di Delfino Comune nell'area del Canyon di Cuma con branchi in media di 42 (max 100) individui. La presenza costante di cuccioli e giovani osservati induce a pensare che il sito sia utilizzato anche per la riproduzione durante l'estate (Pace *et al.*, 2015).

Il Grampo è una specie piuttosto comune nel Mar Tirreno, soprattutto lungo i margini della piattaforma continentale. In Campania sono stati segnalati solo sette spiaggiamenti (Maio, 1998; Maio *et al.*, 2006, 2009). Nel Golfo di Napoli e a nord-ovest di Ischia sono spesso osservati branchi composti da circa 7-10 individui (max

40), sia adulti che piccoli (Mussi & Miragliuolo, 2003).

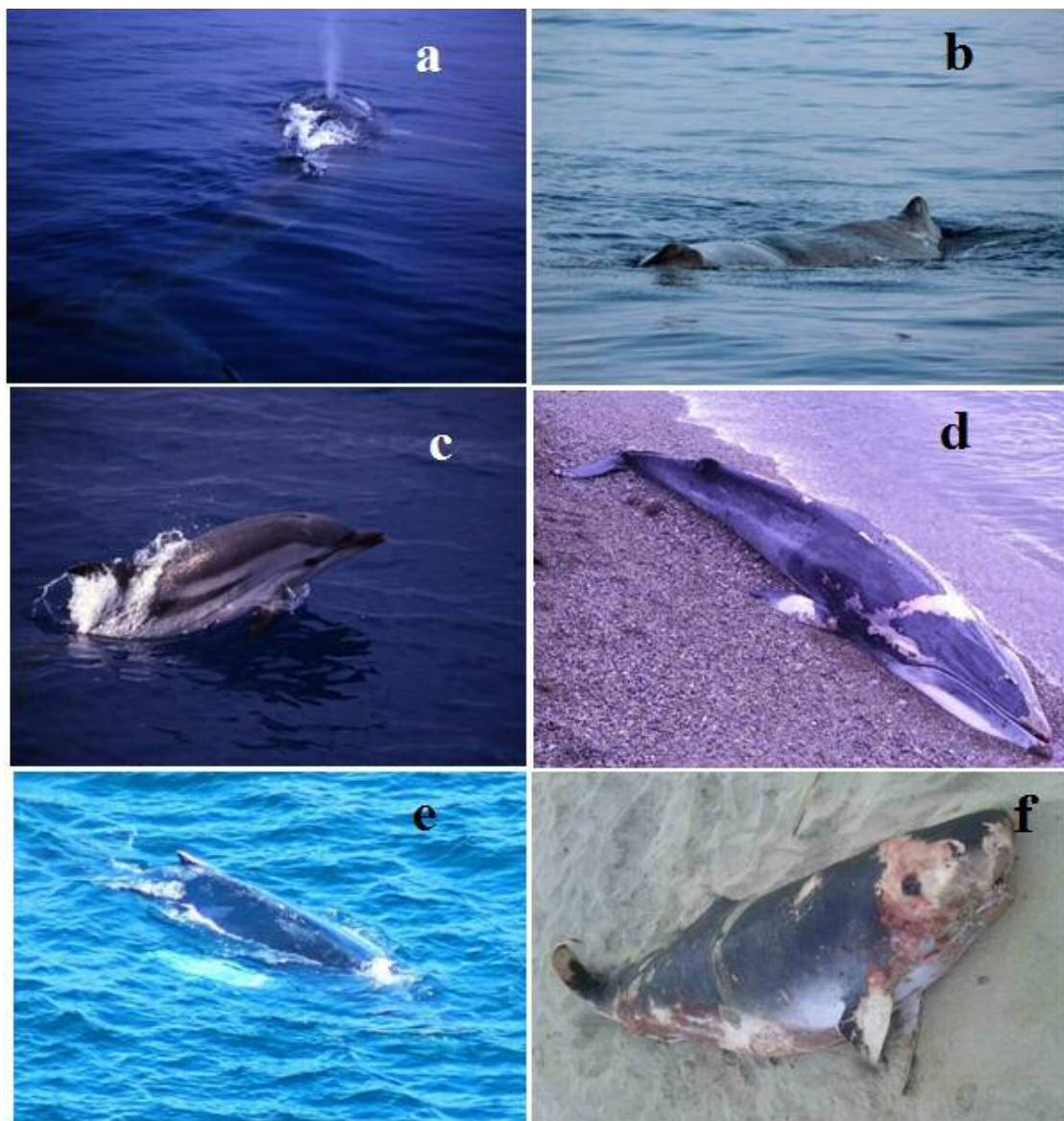
Nelle acque campane vi sono altre specie più rare e considerate "irregolari" in quanto non vi è certezza di popolazioni stabili: il Globicefalo *Globicephala melas* (Delphinidae) e la Balenottera Minore *Balaenoptera acutorostrata* (Mysticeti: Balaenopteridae).

La presenza del Globicefalo è nota storicamente per le coste napoletane e salernitane. La prima segnalazione risale al 1866 con una cattura nel Golfo di Salerno (Maio *et al.*, 2001b; Maio & De Stasio, 2014). Negli anni '90 del '900 il Globicefalo è stato osservato nell'arcipelago Pontino Campano con gruppi composti da 6 a 35 individui, anche con piccoli (Mussi *et al.*, 1997). A partire da quegli anni è diventato estremamente raro. Negli ultimi anni sono stati avvistati occasionalmente gruppi di 4-6 individui al largo delle coste cilentane.

La Balenottera Minore è piuttosto rara nel Mediterraneo ed è documentata per il litorale della Regione Campania solo per due eventi: la cattura di un adulto a Lacco Ameno (Ischia) nel 1925 e lo spiaggiamento di un cucciolo lattante a Salerno nel 2010 (Figura 1d). Quest'ultimo ritrovamento conferma l'ipotesi che alcune femmine dall'Atlantico settentrionale entrino nel Mediterraneo, in inverno, con piccoli non svezzati o per partorire. I dati molecolari, infatti, indicano che l'individuo di Salerno possiede l'aplotipo degli esemplari della Groenlandia occidentale (Maio *et al.*, 2016a).

Altre tre specie sono molto rare e considerate "accidentali": si tratta dello Zifio *Ziphius cavirostris* (Ziphiidae), della Megattera *Megaptera novaeangliae* (Balaenopteridae) e del Cogia di Owen *Kogia sima* (Kogiidae). Di Zifio l'unica segnalazione per la Campania è un esemplare di circa cinque metri rinvenuto nel 1989 nelle acque al largo di Napoli (Maio & Quercia, 2006). Un individuo giovanile di Megattera (Fig. 1e) è stato osservato nel Golfo di Pozzuoli nel 2015). Si tratta della prima documenta-

Figura 1: a) Balenottera comune b) Capodoglio c) Stenella striata d) Balenottera minore spiaggiata nel 2010 e) Megattera avvistata nel 2015 f) Cogia di Owen spiaggiato nel 2017



Fonte: Foto 1a – 1 c di C. Bastoni; 1 b di G. Gruosso; 1d di F. Di Nocera; 1e di R. Sgammato; 1f di A. Gasparro

zione di questa specie nel Mar Tirreno e per la Regione Campania (Maio *et al.*, 2016b). Un giovane di megattera è stato avvistato nel 2016, a nord dell'isola di Procida, ma potrebbe trattarsi dello stesso individuo del 2015. Nel 2017 una femmina di Cogia di Owen si è spiaggiata presso Agropoli (Fig. 1f): si tratta del terzo record documentato per l'intero Mediterraneo (Maio *et al.*, 2017). In conclusione, nelle acque costiere regionali è stata finora documentata la presenza di 11 specie di Cetacei che rappresenta circa il 65% della cetofauna nota dei mari italiani (17 specie) e circa il 48% di quella mediterranea (23 specie).

## Bibliografia

- Bearzi G., Pierantonio N., Affronte M., Holcer D., Maio N., Notarbartolo Di Sciara G., 2011, Overview of sperm whale *Physeter macrocephalus* mortality events in the Adriatic Sea, 1555–2009. *Mammal Review*, 41(4): 276–293. DOI: 10.1111/j.1365-2907.2010.00171.x.
- Cagnolaro L., Maio N., Vomero V. (eds), 2014a, The cetacean collections of Italian museums. First part (living Cetaceans). *Museologia Scientifica. Memorie*, 12: 1–420 pp.
- Cagnolaro L., Maio N., Vomero V., 2014b, Cetaceans and Italian museums: scientific research and historical valorization of a great zoological patrimony. *Museologia Scientifica Memorie*, 12: 8–12.
- Cagnolaro L., Podestà M., Affronte M., Agnelli P., Cancelli F., Capanna E., Carlini R., Cataldini G., Cozzi B., Insacco G., Maio N., Marsili L., Nicolosi P., Olivieri V., Poggi R., Renieri T. & Wurtz M., 2012, Collections of extant Cetaceans in Italian museums and other scientific institutions. A comparative review. *Atti Soc. it. Sci. nat. Museo civ. St. nat.* Milano, 153 (2): 145–202.
- Casalone C., S. Mazzariol, A. Pautasso, G. Di Guardo, F. Di Nocera, G. Lucifora, C. Ligios, A. Franco, G. Fichi, C. Cocumelli, A. Cersini, A. Guercio, R. Puleio, M. Gorla, M. Podestà, L. Marsili, G. Pavan, A. Pintore, E. De Carlo, C. Eleni, S. Caracappa, 2014, Cetacean strandings in Italy: an unusual mortality event along the Tyrrhenian Sea coast in 2013. *Diseases of Aquatic Organisms*, 109: 81–86.
- Di Guardo G., C. E. Di Francesco, C. Eleni, C. Cocumelli, F. Scholl, C. Casalone, S. Peletto, W. Mignone, C. Tittarelli, F. Di Nocera, L. Leonardi, A. Fernández, F. Marcer, S. Mazzariol, 2013, *Morbillivirus* infection in Cetaceans stranded along the Italian coastline: Pathological, immunohistochemical and biomolecular findings. *Research in Veterinary Science*, 94: 132–137.
- Di Nocera F., De Carlo E., Maio N., Pollaro F., Iovane G., 2009, Record of a case of Erysipelas in Striped Dolphin (*Stenella coeruleoalba*) stranded along the Salerno District seacoasts. *Proceedings (abstracts) of the 8<sup>o</sup> Italian National Conference on cetaceans and sea turtles. Pescara, October 29–30 2009*. Abstract.
- Maio N. & De Stasio R., 2014, La collezione cetologica del Museo Zoologico dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Catalogo aggiornato e ragionato. *Museologia Scientifica Memorie*, 12: 327–342.
- Maio N. & Picariello O., 2000, Storia della collezione di Cetacei del Museo Zoologico dell'Università di Napoli Federico II. *Museol. sci.* 16 (1): 225–258.
- Maio N. & Quercia F., 2006, Cetacei spiaggiati lungo il litorale campano: ricerca e conservazione. In: Guglielmi R. & Nappi A. (eds), *Atti Convegno: "La Natura in Campania: aspetti biotici e abiotici". Napoli, 18 novembre 2004*. Gruppo Attivo Campano A.R.C.A. – Onlus. Pagg.: 158–164.
- Maio N., 1998, Studio di un grampo *Grampus griseus* (Cuvier, 1812) spiaggiato nel Golfo di Napoli (Cetacea, Delphinidae): considerazioni sulle cause della morte.

*Atti Soc. it. Sci. nat. Mus. civ. St. nat.* Milano, 139 (1): 3-12.  
 Maio N., 2005, I Cetacei spiaggiati sull'Isola d'Ischia: storia e curiosità. *Delphis News*, 4 (3): 14-15.

Maio N., 2015b – *Descrizione delle specie*. In: Cagnolaro L., Cozzi B., Notarbartolo di Sciarra G., Podestà M. (Eds.), *Fauna d'Italia Vol. XLIX. Mammalia IV. Cetacea*. Edagricole-New Business Media. Milano. 375 pp.

Maio N., 2015c, The Cetacean biodiversity in the Italian seas (Mammalia Cetacea). *Biodiversity Journal*, 6 (3): I-II.

Maio N., Finelli F., Di Sarno A. & Caligiuri V., 2001a, Valori di metalli pesanti e rilievi necroscopici riscontrati su Cetacei spiaggiati in Campania. *Atti 3° Convegno Nazionale sui Cetacei. Napoli, 5-6 dicembre 1997. Natura – Soc. it. Sci. nat. Museo civ. St. Nat.* Milano, 90 (2): 57-69.

Maio N., Picariello O. & Cagnolaro L., 2001b, I Cetacei del Museo Zoologico dell'Università di Napoli Federico II (Mammalia, Cetacea). Catalogo della collezione con note osteometriche. *Suppl. Atti 3° Convegno Naz. sui Cetacei. Napoli, 5-6 dicembre 1997. Natura – Soc. it. Sci. nat. Museo civ. St. nat. Milano*, 90 (2): 71-83.

Maio N., Psomadakis P. N. & Miragliuolo A., 2005, Finding of osteological remains of the first documented Sperm Whale stranded along the Campania coasts. *6° Convegno Nazionale sui Cetacei e sulle Tartarughe Marine. Sperlonga (LT), 26-27 novembre 2005*. Abstract: 36.

Maio N., Quercia F. & Finelli F., 2006, Rinvenimento di un Grampo *Grampus griseus* (Cuvier, 1812) nel Golfo di Napoli (Cetacea; Delphinidae). *Boll. Sez. Campania ANISN (N.S.)*, 17 (32): 29-34.

Maio N., Pollaro F., Finelli F., Quercia F., D'Argenio F., Sodano I., Buonocore C., Milano T., De Carlo E., Di Nocera F., Galiero G., 2009, Cetaceans stranded along the Campanian coasts. An historical overview. *Proceedings of the 8° Italian National Conference on cetaceans and sea turtles. Pescara, October 29-30 2009*. Abstract.).

Maio N., Pollaro F., Di Nocera F., De Carlo E., Galiero G., 2012, Cetacei spiaggiati lungo le coste della Campania dal 2006 al 2011 (Mammalia: Cetacea). *Atti Soc. it. Sci. nat. Museo civ. Stor. nat. Milano*, 153(2): 241-255.

Maio N., Petraccioli A., De Stasio R., Federico A., Pollaro F., 2014a, I reperti cetologici conservati presso enti scientifici e religiosi della Campania. *Museologia Scientifica Memorie*, 12: 346-354.

Maio N., Cagnolaro L., Malerba G., Vomero V., 2014b, A national catalogue of the Italian cetacean collections. *Museologia Scientifica Memorie*, 12: 406-417.

Maio N., Giovannotti M., Caputo Barucchi V., Petraccioli A., Pollaro F., Guarino F. M., Splendiani A., De Stasio R., Odierna G., 2016a, Haplotype characterization of a young stranded Common Minke Whale (*Balaenoptera acutorostrata* Lacépède, 1804): is the Mediterranean Sea a potential calving or nursery ground for the species? *Hystrix*, 27 (2): 1-4. DOI:10.4404/hystrix-27.2-11661

Maio N., Maione V. & Sgammato R., 2016b, First record of a Humpback Whale *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) in the Tyrrhenian Sea (Cetacea Balaeonopteridae). *Biodiversity Journal*, 6 (3): 761-766.

Maio N., Pollaro F., Gasparro A., Petraccioli A., Mezzasalma M., Guariglia M., Galiero G., Di Nocera F., Iaccarino D., Santoro M., Insacco G. & Guarino F. M., 2017, New record of Dwarf Sperm Whale *Kogia sima* (Owen, 1866) from the Mediterranean Sea (Cetacea Kogiidae). *Biodiversity Journal*, 8 (4): 947-950.

Mussi B. & Miragliuolo A., 2003, I Cetacei della costa nord occidentale dell'Isola d'Ischia (Canyon di Cuma). Pp. 213-232. In: *Ambiente marino e costiero e territorio delle isole Flegree (Ischia, Procida e Vivara, Golfo di Napoli). Risultati di uno studio multidisciplinare*. M. C. Gambi, M. De Lauro, F. Jannuzzi (Eds.). *Memorie Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche, Società Italiana di Scienze, Lettere e Arti in Napoli*, pp 425.

- Mussi B., Miragliuolo A., Battaglia M., 1997, Cetacei nell'arcipelago delle isole pontine e campane. *Atti del 5° Seminario Internazionale di Studi sull'Ecosistema marino. Gaeta, Napoli, Ustica, Italia*. (L. Valerio Ed.), Oasi Blu del WWF Italia, Gaeta, pp: 157-167.
- Pace D. S., Miragliuolo A., Mariani M., Vivaldi C. and Mussi B., 2014, Sociality of sperm whale off Ischia Island (Tyrrhenian Sea, Italy). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24(S1): 71-82.
- Pace D.S., Mussi B., Airolidi S., Alessi J., Arcangeli A., Atzori F., Azzolin M., Campana I., Celona A., Fiori C., Giacoma C., Gnone G., Luperini C., Mangano R., Miragliuolo A., Moulins A., Nuti S., Pellegrino G., Rosso M., Salvioi F., Tepsich P., Tringali M., 2015. New insights on the presence and distribution of the endangered short-beaked common dolphin *Delphinus delphis* in Italian waters. *Biologia Mar. Mediterr.*, 22(1): 262-263.
- Pintore M.D., Mignone W., Di Guardo G., Mazzariol S., Ballardini M., Florio C.L., Gorla M., Romano A., Caracappa S., Giorda F., Serracca L., Pautasso A., Tittarelli C., Petrella A., Lucifora G., Di Nocera F., Degli Uberti B., Corona C., Casalone C., Iulini B., 2018. Neuropathologic findings in cetaceans stranded in Italy (2002-14). *Journal of Wildlife Diseases*, 54 (2): 295-303.
- Podestà M., Cagnolaro L., Cozzi B., Maio N., Nicolosi P., Demma M., 2008, Sperm whales preserved in the Italian museums of natural history. *Marine mammals in time: past, present and future. The 22<sup>nd</sup> Annual Conference of the Europ. Cetacean Conf. March 10-12 2008, Egmond Aan Zee The Netherlands*: 205-206.
- Pollaro F., Maio N., D'Argenio F., Annunziato P., Grusso G. & Buonocore C., 2007 – The Cetacean fauna from the seacoast of the Gulf of Salerno and Policastro (South Italy, Campania). Preliminary results. *7° Convegno Nazionale sui Cetacei e sulle Tartarughe Marine. Roma, 5-6 dicembre 2007*. Abstract.
- Profeta F., C. E. Di Francesco, F. Marsilio, W. Mignone, Di Nocera F., E. De Carlo, G. Lucifora, G. Pietrolungo, M. Baffoni, C. Cocumelli, C. Eleni, G. Terracciano, N. Ferri, G. Di Francesco, C. Casalone, A. Pautasso, S. Mazzariol, C. Centelleghes, G. Di Guardo, 2015, Retrospective seroepidemiological investigations against *Morbillivirus*, *Toxoplasma gondii* and *Brucella* spp. In cetaceans stranded along the Italian coastline (1998-2014). *Research in Veterinary Science*, 101: 89-92.



## Impatto della pesca a strascico sui fondali marini

Gianluca De Grandis  
ARPA Marche

L'implementazione delle Direttive Europee sulle acque ha spinto verso nuovi approcci per la definizione dello stato di salute degli ambienti marini.

La Direttiva Quadro sulla Strategia per l'ambiente marino 2008/56/CE (MSFD, Marine Strategy Framework Directive), in particolare, è uno strumento per la protezione del mare e costituisce il primo contesto normativo vincolante per gli Stati Membri della UE; la Direttiva considera l'ambiente marino in un'ottica sistemica, ponendosi l'obiettivo di mantenere la biodiversità e di preservare la vitalità di mari e oceani.

Nell'ambito del "Programma di Monitoraggio per la Strategia Marina" sono stati sviluppati studi specifici degli *Habitat* di fondo marino così come disciplinato nelle Convenzioni stipulate dal MATTM con le ARPA e codificato in apposite schede metodologiche.

I monitoraggi previsti da questa complessa normativa europea sono declinati e sviluppati adattandoli alle diverse realtà europee. ARPA Marche (ARPAm) opera nel contesto della Regione Mediterranea, Sottoregione Adriatica insieme alle altre Agenzie rivierasche con capofila ARPA Emilia Romagna (ARPAE).

Il Mar Adriatico centro-settentrionale è un bacino semichiuso e poco profondo. In esso sfociano i principali fiumi italiani (il Po in primis) e i nutrienti trasportati da terra sono alla base di una florida catena trofica. L'Adriatico è quindi un mare molto produttivo e le attività di pesca sono state storicamente sempre importanti. Nelle Marche operano marinerie tra le più importanti a livello nazionale (Ancona, San Benedetto del Tronto, Civita-

nova Marche, Fano) impegnate principalmente nella cattura di specie demersali e bentoniche.

Lo strascico è una delle tecniche localmente più diffuse per pescare specie pregiate che vivono in prossimità e/o nel fondale marino. Le reti a strascico hanno generalmente forma conica; la parte terminale prende il nome di sacco, l'apertura invece prende il nome di bocca. La rete è mantenuta aperta da strutture chiamate divergenti che servono anche a tenere la rete a contatto col fondo. La rete a strascico lavora tirata dal peschereccio a una velocità di 2-4 nodi. La parte della bocca a contatto col fondale è armata di piombi e catene con la funzione di smuovere il sedimento e di catturare pesci ed altri animali, mentre la parte superiore è dotata di galleggianti con lo scopo di tenere aperta la bocca. La pesca a strascico causa significativi impatti sull'ambiente marino. Gli attrezzi infatti asportano e distruggono qualunque cosa incontrino sul percorso, pesci, invertebrati, alghe, lasciando evidenti tracce sui fondali.

ARPAm esegue indagini specifiche al fine di valutare l'impatto della pesca a strascico sui fondali marchigiani compresi all'interno delle acque territoriali (12 miglia nautiche). I monitoraggi vengono eseguiti annualmente su 2 aree campione (una a nord e una a sud della Regione), ciascuna con una estensione di 25 km<sup>2</sup> (quadrati di 5X5 km). Su ogni area vengono eseguite indagini a dettaglio crescente che comprendono caratterizzazioni morfologiche preliminari dei fondali con il *Side Scan Sonar* (SSS) e videoriprese subacquee per mezzo di un ROV (*Remotely Operated Vehicle*). Tutti i dati acquisiti (mappe, video, fotogrammi, immagini SSS) sono georeferenziati con precisione sub-metrica, grazie ad un posizionamento GPS differenziale.

Il sistema SSS permette di ricostruire i lineamenti morfologici dei fondali indagati, grazie all'elaborazione dei segnali sonar trasmessi e ricevuti da sensori montati su un *tow-fish* che viaggia a mezz'acqua rimorchiato dall'im-

barcazione. Nel caso in esame, il sistema è utilizzato per evidenziare e mappare le tracce lasciate sui fondali dallo strascico. La *Side Scan Sonar (SSS) Survey* è eseguita su entrambe le aree campione seguendo rotte piano parallele a copertura totale. L'acquisizione dei dati SSS permette quindi la ricostruzione del modello morfologico e la mappatura delle aree impattate dalle attività di pesca.

Le indagini condotte sinora hanno mostrato una morfologia dei fondali marini molto regolare (Figura 1). Il *backscatter* acustico è generalmente riconducibile a un substrato mobile di natura prevalentemente sabbiosa con una frazione siltosa e pelitica variabile su scala locale. I monitoraggi di ARPAM hanno evidenziato come le aree indagate siano spesso solcate da numerose

**Figura 1: mappatura SSS di un'area 5x5 km con visibili tracce di pesca a strascico**



Fonte: Elaborazione ARPAM



tracce di fondo riconducibili ai divergenti delle reti utilizzate nelle attività di pesca allo strascico.

La *Visual ROV Survey* è eseguita per ognuna delle aree di indagine su 9 transetti lunghi 100 m. L'ubicazione dei transetti è pianificata sulla base delle risultanze emerse nella *Side Scan Sonar Survey*.

ARPAM utilizza un veicolo subacqueo completamente manovrabile da bordo (ROV- *inspection class*) grazie ai 4 motori elettrici (2 orizzontali e 2 verticali) di cui è dotato. I video sono acquisiti da videocamere ad alta definizione montate sul veicolo (Figura 2). La scalatura dei *targets* identificati è possibile grazie a 2 led montati sul frontale del ROV e distanziati circa 10 cm tra loro. La georeferenziazione delle riprese è garantita da un sistema di posizionamento acustico subacqueo USBL

(Ultra Short Baseline).

Lo studio quali-quantitativo delle specie bentoniche riprese dal ROV e il confronto della qualità ambientale dei siti impattati dalla pesca a strascico, rispetto a quella dei siti non interessati da tale pratica, permette di valutare lo stato di salute degli ecosistemi marini.

### Bibliografia

CE 56, 2008 – Direttiva 2008/56/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 17 giugno 2008 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino (direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino). G.U. dell'Unione Europea L164/19 del 26/06/2008.

**Figura 2: Fotogramma da videotransetto ROV**



Fonte: Elaborazione ARPAM

## Il fenomeno delle mucillagini in mare Adriatico

Carla Rita Ferrari, Margherita Benzi, Cristina Mazziotti  
ARPAE Emilia-Romagna

Le mucillagini sono costituite, principalmente, da polisaccaridi (zuccheri complessi) che si rigonfiano a contatto con l'acqua e che si riuniscono formando aggregati di forma e grandezza diverse. Esse prendono origine come prodotto "extracellulare", ossia come escrezione da parte di microalghe presenti in ambiente marino op-

pure si formano per disgregazione cellulare delle stesse. Anche nel 2018 si è manifestato il fenomeno mucillagini, un fenomeno naturale particolarmente impattante nel mare Adriatico per le sue particolari conformazioni, ma presente in tutti mari.

Dal 1989 ARPAE Emilia-Romagna effettua uno specifico monitoraggio, sia con telecamera subacquea che visivo, per seguire le varie fasi di aggregazione che caratterizzano il fenomeno e per definirne un quadro spaziale. Il fenomeno delle mucillagini è diverso dal fenomeno eutrofico (relativo alle fioriture algali che si verificano in conseguenza degli apporti di nutrienti attraverso i fiumi)

Tabella 1: Eventi affioramento materiale mucillaginoso nel tratto marino emiliano-romagnolo

|      | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Sett | Ott | Nov | Dic |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 1988 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1989 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1990 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1991 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1992 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1993 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1994 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1995 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1996 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1997 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1998 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 1999 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2000 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2001 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2002 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2003 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2004 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2005 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2006 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2007 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2008 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2009 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2010 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2011 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2012 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2013 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2014 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2015 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2016 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2017 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |
| 2018 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |

Fonte: ARPAE Emilia-Romagna, Struttura Oceanografica Daphne

anche per la sua estensione: il fenomeno eutrofico è infatti localizzato mentre quello mucillaginoso interessa l'intero bacino Adriatico.

Nel 2018 l'avvistamento di materiale mucillaginoso è iniziato al largo delle coste emiliane, a circa 3 miglia dalla costa: il 3 e 4 luglio nell'area di mare centro meridionale, sotto forma di filamenti; il 10-13 luglio nell'area di mare settentrionale; il 17 e 18 luglio, infine, con affioramenti più consistenti di mucillagine nella zona di mare centro-settentrionale. A fine luglio il materiale mucillaginoso ha fatto la sua presenza, in superficie e anche a riva, in alcune località della costa dell'Emilia-Romagna.

In Tabella 1 sono riportati gli anni in cui il materiale mucillaginoso è affiorato nell'area antistante la costa emiliano-romagnola.

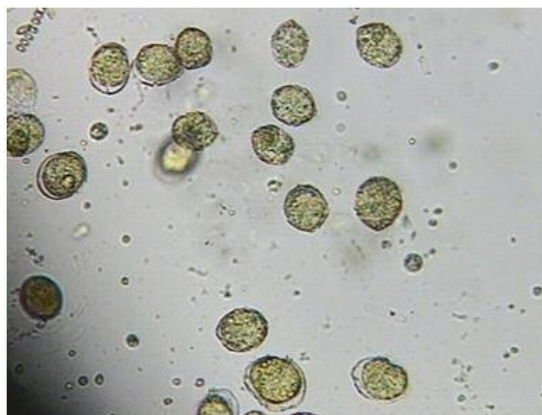
La produzione di mucillagine è un fenomeno molto diffuso in ambiente marino, non limitato ai soli mari italiani e al Mediterraneo. Inoltre, tale fenomeno non si genera a seguito della presenza di sostanze inquinanti nel mare; la testimonianza più antica, infatti, risale al 1729, periodo in cui non erano state ancora sintetizzate molecole inquinanti.

I meccanismi che inducono l'escrezione di tale materiale da parte delle microalga in ambiente marino e le sue dinamiche di aggregazione sono tuttora oggetto di ricerca. Altre ipotesi messe in campo sono riferite ai cambiamenti climatici, alle modificazioni nella circolazione delle acque, all'alterazione del *turnover* dei nutrienti. L'impegno profuso nello studio delle mucillagini ha portato all'individuazione di un "early warning" per tale fenomeno, legato alla presenza della microalga Dinoflagellata *Gonyaulax fragilis* (Figura 1): in pratica, quando in mare viene rilevata la presenza di tale microalga, subito vengono intensificati i controlli con telecamera subacquea e sollecitate le Agenzie delle regioni adiacenti ad effettuare i medesimi controlli.

La partecipazione a vari progetti sul tema ha consentito

la classificazione dei vari stadi del fenomeno, permettendo di uniformare e standardizzare tutte le sue fasi anche al fine di fornirne una denominazione/identificazione univoca. Quando si presenta, il fenomeno delle mucillagini compare sotto forma di fiocchi bianchi lungo la colonna d'acqua (0,1 - 3 cm) denominati, per somiglianza, "neve marina"; nei mesi estivi, dopo ulteriori stadi di aggregazione, può manifestarsi una fase a "filamenti" (1 - 20 cm), che tendono a distribuirsi più superficialmente lungo la colonna d'acqua. Generalmente, il processo di aggregazione si arresta a questo stadio, ma può anche evolvere ulteriormente con fasi a "reticolo" e "nuvole" (di dimensioni fino a 400 cm) (Figura 2), fino ad affiorare nelle acque superficiali durante i mesi estivi (Figura 3). Le mucillagini compaiono in superficie, localmente, sotto forma di chiazze e strisce che, nel corso della giornata, possono variare di dimensione e spostarsi in funzione dei venti e delle correnti, mentre una parte del materiale si deposita sui fondali e in genere non affiora lungo la costa. Quando vi è la predominanza di venti che spirano verso

**Figura 1: Microalga (*Gonyaulax fragilis*), responsabile della formazione di aggregati mucillaginosi, al microscopio**



Fonte: ARPAE Emilia-Romagna, Struttura Oceanografica Daphne

**Figura 2: Due fasi di aggregazione del materiale mucillaginoso nella colonna d'acqua: foto in alto - 1° stadio "Neve marina" (1-5 mm), foto in basso - 4° stadio "Nuvole" (1-5 m)**



costa (ad esempio Scirocco) il materiale mucillaginoso viene sospinto e ammassato a ridosso dei porti, delle barriere frangiflutti e in zona di balneazione. Risulta, quindi, difficile dare un quadro spaziale del fenomeno e prevederne spostamenti ed evoluzione.

La disaggregazione e scomparsa del fenomeno avviene principalmente ad opera di forti mareggiate con rapido ricambio delle masse d'acqua.

Il fenomeno delle mucillagini determina effetti negativi sugli ecosistemi marini, sulle attività di pesca e maricoltura, sulle attività turistiche. Per quanto riguarda gli ecosistemi marini, il materiale mucillaginoso produce un effetto filtro e quando si deposita sui fondali causa soffocamento agli organismi sessili bentonici (meccanicamente ostruisce i sifoni inalanti) e crea ipossie localizzate nelle aree di sedimentazione. Relativamente all'attività di pesca, il fenomeno mucillagini causa importanti effetti negativi per il suo impatto sugli attrezzi da pesca (le reti si intasano e diventano pesanti, impe-



Fonte: ARPAE Emilia-Romagna, Struttura Oceanografica Daphne

deno la pesca) e crea sofferenza ai molluschi bivalvi. Per tale ragione, nel 2018, in Veneto, Friuli Venezia Giulia, Marche ed Emilia-Romagna le attività di pesca sono state temporaneamente sospese.

È sicuramente forte, infine, l'impatto sulle attività turistiche, abbassando l'appetibilità balneare con conseguente flessione delle presenze turistiche.

Fin dal 1989, la Struttura Oceanografica Daphne di ARPAE E.R. sorveglia nelle acque regionali l'evoluzione del fenomeno tramite una mirata attività di monitoraggio, che viene intensificata quando si verificano aumenti dell'aggregazione del materiale.

A conclusione delle attività di monitoraggio delle acque marino costiere, tutte le informazioni rilevate, comprese il fenomeno mucillagini, vengono riportate nel *bollettino 'Mare informa' pubblicato nel sito di ARPAE Emilia-Romagna*.

## Bibliografia

Giani M., Berto D., Cornero M., Sartori G., Rinaldi A., 2005. *Le mucillagini nell'Adriatico e nel Tirreno*. Quaderno Icram n. 1 – Ed. Millenium

Innamorati M., 1995. *Hyperproduction of mucilages by micro and macro algae in the Tyrrhenian Sea*. Sci.Tot. Environ., 165:65–81.

Rinaldi A., Montanari G., Ghetti A., Ferrari C.R., Penna N., 1990. *Presenza di materiale mucillaginoso nell'Adriatico Nord-Occidentale negli anni 1988 e 1989. Dinamica dei processi di formazione, di diffusione e di dispersione*. Acqua-Aria, 7/8: 561-567.

Rinaldi A., Vollenwieder R.A., Montanari G., Ferrari C.R., Ghetti A., 1995. *Mucilages in the Italian seas: the Adriatic and Tyrrhenian Seas. 1988-1991*. Sci. Tot. Environ., 165: 165-183.

Sci. Tot. Environ. Volume 353 numbers 1-3, 15 December 2005. *Special Issue Mucilages in the Adriatic and Tyrrhenian Seas*.

**Figura 3: Affioramento e spiaggiamento di materiale mucillaginoso nelle acque marine emiliano-romagnole**



Fonte: ARPAE Emilia-Romagna, Struttura Oceanografica Daphne



## Presenza dello Ctenoforo *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz, 1865) nel mare Adriatico

Carla Rita Ferrari, Margherita Benzi, Cristina Mazziotti  
ARPAE Emilia-Romagna

L'introduzione di specie esotiche invasive è una grave minaccia per la biodiversità. Le specie esotiche invasive possono sostituire le specie native, ridurre la biodiversità delle comunità, modificare la composizione e l'abbondanza delle specie, modificare la struttura della comunità e produrre effetti a cascata che potrebbero

**Figura 1: Esemplare di *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz, 1865)**



Fonte: Archivio fotografico ARPAE Emilia-Romagna - Struttura Oceanografica Daphne

causare importanti impatti negativi sull'ecosistema (EEA, relazione tecnica n. 16/2013). Le invasioni in ambiente marino possono anche avere un impatto sulla salute umana e causare sostanziali perdite economiche (Grosholz, 2002; Wallentinus e Nyberg, 2007).

Per questi motivi, la prevenzione e gestione della diffusione delle specie esotiche sono tematiche di grande importanza nelle politiche europee, come la direttiva quadro sulla Strategia Marina (MSFD) (UE, 2008). Nella MSFD il descrittore D2, uno degli undici descrittori qualitativi per determinare il buono stato ambientale (GES), richiede che "Le specie non indigene introdotte dalle attività umane *siano* a livelli tali da non alterare negativamente gli ecosistemi".

L'introduzione dello Ctenoforo *Mnemiopsis leidyi* (Figura 1) nel Mediterraneo desta grande preoccupazione a causa dei potenziali impatti ecologici ed economici. Negli ultimi decenni sono state segnalate in modo crescente le fioriture invasive di *M. leidyi* (Vandendriessche *et al.*, 2014). *M. leidyi* è ampiamente riconosciuto come invasore dannoso e classificato tra le 100 specie più invasive del mondo (<http://www.issg.org/>). Il forte impatto ecologico di *M. leidyi* sulle reti alimentari marine è dovuto all'alimentazione diretta di zooplancton e ittioplancton (uova e larve di pesce), causando danni agli stock ittici (Purcell *et al.*, 2001a, b; Kideys, 2002).

Il primo avvistamento dello Ctenoforo è avvenuto nel mar Nero nel 1980 (Vinogradov *et al.*, 1989); successivamente tale specie aliena ha invaso con successo l'adiacente mar Azov (parte settentrionale del mar Nero) (Studenikina *et al.*, 1991), il mar Caspio (Ivanov *et al.*, 2000), il mar Marmara (Shiganova, 1997) e il nord del mare Egeo (Shiganova *et al.*, 2004).

Il nord Adriatico riceve circa un quinto dell'apporto di acque da parte dei fiumi del Mediterraneo (Ludwig *et*

al., 2009) ed è caratterizzato dalla presenza di elevata biomassa planctonica (Benović *et al.*, 1984; Fonda Umani *et al.*, 1992). Queste caratteristiche contribuiscono a creare nell'Adriatico settentrionale un'importante area di *nursery* e foraggiamento per la sardina e l'acciuga che, insieme, rappresentano circa il 41% delle catture totali del mare Adriatico (Morello e Arneri, 2009). Ne consegue una crescente preoccupazione riguardo ai potenziali effetti sugli *stock* ittici derivanti dall'introduzione di questa specie nel mar Adriatico, in analogia a quanto precedentemente riportato con riferimento ad altre aree geografiche. Pertanto è importante monitorare anche i dati sui quantitativi di pesca, al fine di stabilire/verificare eventuali perdite.

Inoltre, si segnala che l'Adriatico settentrionale è interessato da un considerevole traffico marittimo con la presenza di importanti porti: Trieste, Venezia, Ravenna, Pesaro, aree sensibili per lo scarico delle acque di zavorra dei mercantili, fonte sicuramente di introduzione di specie aliene.

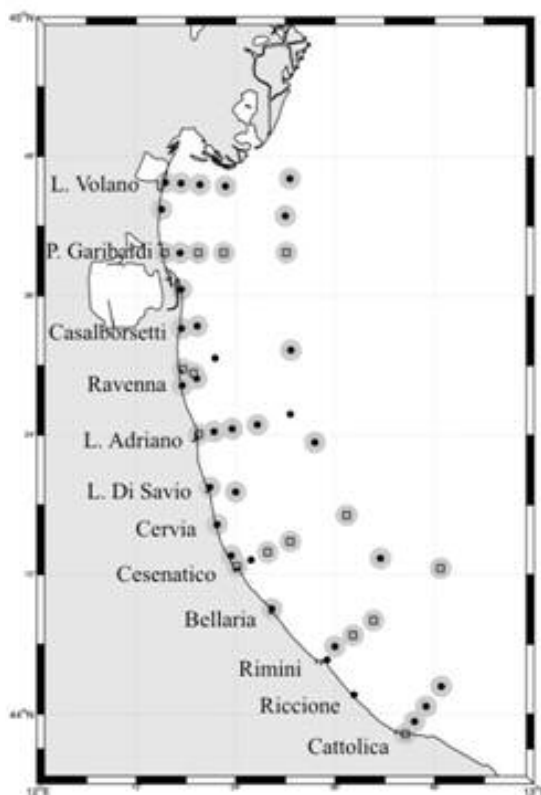
Durante l'estate 2016 è stata registrata per la prima volta nel Mare Adriatico nord occidentale (regione Emilia-Romagna) la presenza di *Mnemiopsis leidyi*, dove sono stati segnalati ampi sciame dello ctenoforo invasivo lungo tutta la costa (Maley *et al.*, 2017). *M. leidyi* è stato costantemente monitorato nell'area dalla sua prima apparizione.

In Figura 2 sono state mappate le stazioni di monitoraggio di ARPAE E.R. (Struttura Oceanografica Daphne): 48 stazioni, posizionate da 0,5 a 20 km dalla costa, in ognuna delle quali viene utilizzata la sonda multiparametrica CTD lungo la colonna d'acqua; lo zooplancton viene determinato in 11 stazioni.

La Figura 3 riporta le presenze di *Mnemiopsis leidyi* (esprese come numero di individui / m<sup>2</sup>) rilevate nel

tratto di mare prospiciente la regione Emilia-Romagna, osservate mediante censimenti visuali da agosto 2016 a dicembre 2017. Significative le osservazioni effettuate nel 2017.

**Figura 2: Stazioni di monitoraggio di ARPAE (48) situate da 0,5 a 20 km dalla costa: in ogni stazione viene utilizzata la sonda multiparametrica CTD, lo zooplancton viene determinato in 11 stazioni**



Fonte: ARPAE Emilia-Romagna



Al fine di verificare gli effetti che potrebbe causare l'introduzione di *M. leidy* sono state effettuate analisi quali-quantitative sullo zooplankton, con particolare riferimento alla presenza di uova e larve di pesce.

In Tabella 1 è riportato il numero di uova e larve di pesci rilevato negli anni 2015-2017.

Si sottolinea, inoltre, come *M. leidy* presenti un grande potenziale invasivo, determinato sia dalla sua rapida crescita e riproduzione, sia dalla sua elevata tolleranza ad ampi range di temperatura e salinità (Kremer, 1994; Shiganova, 2001a, 2001b, 2001c, 2004; Purcell *et al.*, 2001a, 2001b).

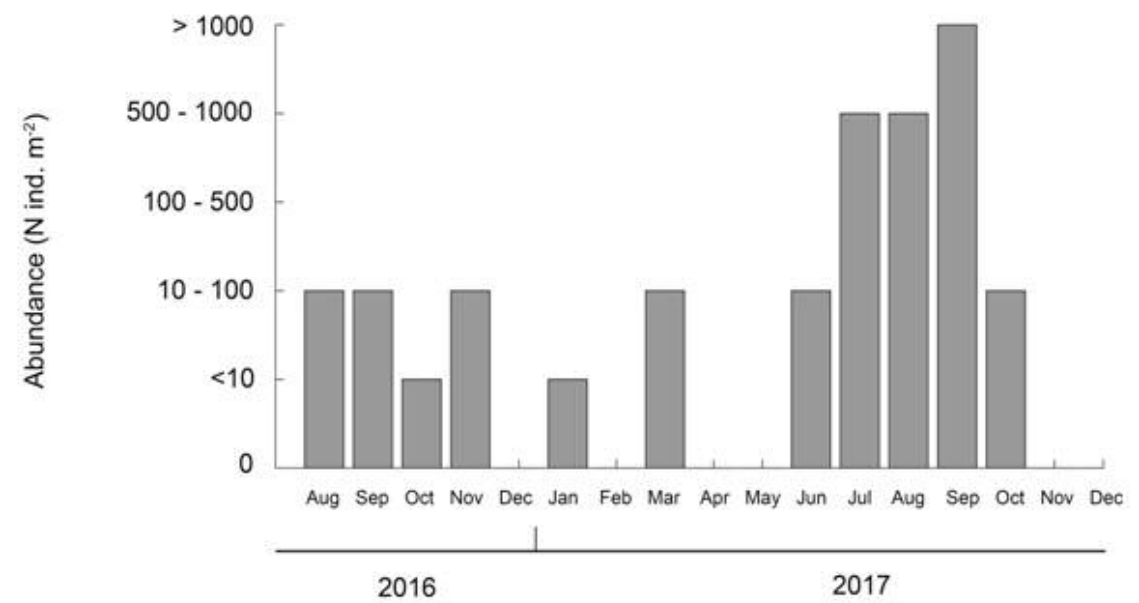
**Tabella 1: Valori medi annui di uova e larve di pesce rilevate (numero di individui/m<sup>3</sup>) nelle 11 stazioni di campionamento del mesozooplankton**

| Anno | Uova di pesce | Larve di pesce |
|------|---------------|----------------|
| 2015 | 35.18         | 2.44           |
| 2016 | 13.53         | 3.5            |
| 2017 | 11.88         | -              |

Fonte: ARPAE Emilia-Romagna

Il monitoraggio effettuata da ARPAE conferma che le condizioni ambientali dell'area d'indagine sono adatte alla crescita di *M. leidy*. Inoltre, a causa degli effetti combinati di importanti fattori, quali temperatura, salinità e disponibilità di cibo, *M. leidy* è in grado di sopravvivere anche durante i mesi invernali.

**Figura 3: Presenze di *Mnemiopsis leidy* (numero di individui/m<sup>2</sup>) nel tratto di mare prospiciente la regione Emilia-Romagna, (agosto 2016 - dicembre 2017)**



Fonte: ARPAE Emilia-Romagna

## Bibliografia

- Benović, A., Fonda Umani, S., Malej, A., Specchi, M., 1984. *Net zooplankton biomass of the Adriatic Sea*. Mar. Biol. 79, 209–218.
- Direttiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 giugno 2008. *Direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino*
- EEA, Technical report No 16/2013. *The impact of invasive alien species in Europe*. 118pp
- Grosholz E., 2002. *Ecological and evolutionary consequences of coastal invasions*. Trends Ecol. Evol. 17: 22–27, doi: 10.1016/S0169-5347(01)02358-8
- Ivanov V.I., Kamakim A.M., Ushvtzhev V.B., Shiganova T.A., Zhukova O., Aladin N., Wilson S.L., Harbison G.R., Dumont H.J., 2000. *Invasion of Caspian Sea by the comb jellyfish Mnemiopsis leidyi (Ctenophora)*. Biol. Invasions 2, 255–258.
- Kideys A.E., 2002. *Fall and Rise of the Black Sea ecosystem*. Science 297: 1482–1484, <http://dx.doi.org/10.1126/science.1073002>
- Kremer P., 1994. Patterns of abundance of *Mnemiopsis* in US coastal waters: A comparative overview. ICES Journal of Marine Science 51:347–354, <http://dx.doi.org/10.1006/jmsc.1994.1036>
- Ludwig W., Dumont E., Meybeck M., Heussner S., 2009. *River discharges of water and nutrients to the Mediterranean and Black Sea: major drivers for ecosystem changes during past and future decades?* Prog. Oceanogr. 80, 199–217.
- Malej A., Tirelli V., Lučić D., Paliaga P., Vodopivec M., Gruppi A., Ancona S., Benzi M., Bettoso N., Camatti E., Ercolessi M., Ferrari C.R., Shiganova T., 2017. *Mnemiopsis leidyi in the northern Adriatic: here to stay?* Journal of Sea Research 124, 10–16.
- Morello E.B., Arneri E., 2009. *Anchovy and sardine in the Adriatic Sea — an ecological review*. In: Gibson, R.N., Atkinson, R.J.A., Gordon, J.D.M. (Eds.), Oceanography and Marine Biology. An Annual Review. 47. pp. 209–256
- Purcell J.E., Arai M.N., 2001a. *Interaction of pelagic cnidarians and ctenophores with fish: a review*. Hydrobiologia 451: 27–44
- Purcell J.E., Arai MN, 2001b. *Interaction of pelagic cnidarians and ctenophores with fish: a review*. Hydrobiologia 451: 27–44
- Purcell J.E., Shiganova T.A., Decker M.B., Houde E.D., 2001a. *The ctenophore Mnemiopsis in native and exotic habitats: U.S. estuaries versus the Black Sea Basin*. Hydrobiologia 451:145–176, doi:10.1023/A:1011826618539
- Purcell J.E., Shiganova T.A., Decker M.B., Houde ED, 2001a. *The ctenophore Mnemiopsis in native and exotic habitats: U.S. estuaries versus the Black Sea Basin*. Hydrobiologia 451:145–176, doi:10.1023/A:1011826618539
- Shiganova T.A., Dumont H.J.D., Solosky A.F., Kamakin A., Tinenkova D., Kurasheva E.K., 2004. *Population dynamics of Mnemiopsis leidyi in the Caspian Sea, and effects on the Caspian ecosystem*. In: Dumont H., Shiganova T., Niermann U. (eds), *Aquatic Invasions in the Black, Caspian and Mediterranean Seas*. NATO Science Series 4. Earth and Environmental Sciences. Kluwer Academic Publishers, 71–111, doi:10.1007/1-4020-2152-6\_3
- Shiganova T.A., Mirzoyan Z.A., Studenikina E.A., Volovik S.P., Siokou-Frangou I., Zervoudaki S., Christou E.D., Skirta A.Y., Dumont H.J., 2001b. *Population development of the invader ctenophore Mnemiopsis leidyi, in the Black Sea and in other seas of the Mediterranean basin*. Marine Biology 139: 431–445, <http://dx.doi.org/10.1007/s002270100554>
- Shiganova T.A., Yu V., Bulgakova S.P., Volovik Z., Mir-zoyan A., Dudkin S.I., 2001c. *The new invader Beroe ovata Mayer, 1912 and its effect on the ecosystem in the northeastern Black Sea*. Hydrobiologia 451: 187– 97
- Shiganova T.A., Zhukova D.P., Ushvtzhev V.B., Dulimov

- 
- A.B., Musaeva E.I., 2001a. *New invader in the Caspian Sea – ctenophore Mnemiopsis and its initial effect on the pelagic ecosystem*. Oceanology 41: 542-549
- Shiganova T.A., 1997. *Mnemiopsis leidyi abundance in the Black Sea and its impact on the pelagic community*. In: Ozsoy, E., Mikaelyan, A. (Eds.), *Sensitivity of North Sea, Baltic Sea and Black Sea to Anthropogenic and Climatic Changes*. Kluwer Acad Pub, Dordrecht, pp. 117–130.
- Studenikina E.I., Volovik S.P., Miryozan I.A., Lutz G.I., 1991. *The ctenophore Mnemiopsis leidyi in the Sea of Azov*. Oceanology 3, 722–725.
- Vandendriessche S., Vansteenbrugge L., Derweduwen J., Maelfait H., Hostens K., 2014. *Jellyfish, jellypress and jellyperception*. Report of the Joint CIESM/ICES Workshop on Mnemiopsis Science (JWMS), 18–20 September 2014 A Coruña, Spain
- Vinogradov M.E., Shushkina E.A., Musaeva E.I., Yu P., 1989. *Ctenophore Mnemiopsis leidyi (A. Agassiz) (Ctenophora: Lobata) – newsletters in Black Sea*. Oceanology 29: 293–298.
- Wallentinus I., Nyberg C.D., 2007. *Introduced marine organisms as habitat modifiers*. Marine Pollution Bulletin 55: 323–332, doi: 10.1016/j.marpolbul.2006.11.010

## Contaminazione da Mercurio dell'asta fluviale Paglia – Tevere. Potenziale danno ambientale e inquinamento transfrontaliero

Paolo Stranieri, Andrea Sconocchia  
ARPA Umbria

ARPA Umbria partecipa al monitoraggio del fiume Paglia per studiare e fronteggiare una importante criticità territoriale legata all'inquinamento diffuso da Mercurio, molto probabilmente derivante dalle antiche attività estrattive condotte in Toscana. Unitamente a Regione e USL, l'Agenzia svolge una serie di campionamenti delle matrici aria, acqua, suolo e sedimenti per offrire un quadro integrato dello stato ambientale dell'area di studio

e delle eventuali ricadute sulla salute umana.

All'interno di tale monitoraggio la Regione Umbria ha affidato ad ARPA Umbria alcune attività specifiche per l'attuazione del Piano interregionale di indagine nelle aste fluviali del fiume Paglia e del fiume Tevere, finalizzato alla verifica dello stato di contaminazione da Mercurio.

Il Piano è stato adottato in data 18 novembre 2016 dall'Autorità di Bacino del Tevere, in quanto promotore di un tavolo tecnico interregionale per la valutazione della problematica; successivamente, il Piano è stato approvato dalla Giunta Regionale con atto n. 727 del 26.6.2107. Le indagini conoscitive sino ad ora svolte hanno evidenziato, nei suoli e nei sedimenti, una diffusa presenza di concentrazioni di Mercurio superiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) (Tab. 1, All. 5 alla Parte

**Tabella 1: Prime analisi su suolo e sedimenti del mercurio nei Fiumi Paglia e Tevere**

| suolo riva destra<br>Hg mg/Kg ss |            | sedimento<br>Hg mg/Kg ss | suolo riva sinistra<br>Hg mg/Kg ss |            |                                                                                |
|----------------------------------|------------|--------------------------|------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>6,4</b>                       | <b>5,9</b> | <0,10                    | 0,20                               | <b>1,8</b> | UMBRIA: TRANSETTO 3 – FIUME PAGLIA – CASTEL VISCARDO PIANLUNGO                 |
| 0,74                             | 0,50       | <b>7,1</b>               | <b>5,7</b>                         |            | UMBRIA: TRANSETTO 8 – FIUME PAGLIA – ORVIETO FONTANELLE DI BARDANO             |
| <b>4,8</b>                       | <b>7,5</b> | <b>4,1</b>               | <b>4,1</b>                         |            | UMBRIA: TRANSETTO 12 – FIUME PAGLIA – ORVIETO GUADO LA SVOLTA                  |
|                                  | <b>1,6</b> | <b>4,9</b>               | <b>4,4</b>                         | <b>5,4</b> | UMBRIA: TRANSETTO 16 BIS – FIUME PAGLIA – ORVIETO ALTEZZA CASELLO AUTOSTRADALE |
| <b>5,8</b>                       | 0,61       | <b>2,3</b>               | <b>3,2</b>                         |            | UMBRIA: TRANSETTO 23 BIS – FIUME TEVERE – PRIMA <b>OASI ALVIANO</b>            |
| <b>3,0</b>                       | <b>6,1</b> | 0,24                     | <b>6,3</b>                         |            | UMBRIA: TRANSETTO 24 – FIUME TEVERE – DOPO <b>OASI ALVIANO</b>                 |

Fonte: Piano di indagine nelle aste fluviali del F. Paglia e F. Tevere per la verifica dello stato di contaminazione da mercurio – Rapporto Attività Fase 1, 2017.

Nota: i valori in tabella sono quelli misurati nelle matrici ambientali; quelli sottolineati superano il valore limite per le aree residenziali/verde pubblico (colonna A) [µg/l] quelli con doppia sottolineatura superano il valore limite per aree commerciali/industriali (colonna B) [5µg/l]

IV del Titolo V del D.Lgs.152/06), che tendono a diminuire a valle dell'Oasi di Alviano (Tabella 1). Va precisato che i valori tabellari con i quali sono stati confrontati i risultati ottenuti sono quelli previsti per il suolo di siti ad uso residenziale - verde pubblico (colonna A della succitata tabella) e commerciali - industriali (colonna B della succitata tabella); per i siti a destinazione agricola e per i sedimenti non esistono, allo stato attuale, riferimenti di legge cogenti.

Diversamente, le acque (superficiali e sotterranee) sono risultate sostanzialmente prive di Mercurio allo stato disciolto, anche se le stesse contengono solidi sospesi contenenti Mercurio. Tali primi risultati hanno indotto il gruppo di lavoro a ritenere che quella dell'Oasi di Alviano possa essere una potenziale area di accumulo e deposizione dei sedimenti fini contenenti Mercurio.

Sul fronte sanitario, le campagne di indagine sinora eseguite in collaborazione con USL Umbria 2 sulle principali specie ittiche evidenziano una possibile correlazione tra la concentrazione di Mercurio e l'area di pesca, rilevando nel fiume Paglia concentrazioni misurate che decrescono dalla zona di Allerona verso la confluenza con il fiume Tevere, cioè allontanandosi dall'area estrattiva del Monte Amiata, ritenuta la fonte primaria della contaminazione. Dalle indagini eseguite nel tratto umbro è emersa la necessità di vietare il consumo di pesce proveniente dal fiume Paglia, permettendo comunque l'attività di pesca sportiva con l'obbligo del rilascio del pesce catturato (tecnica del no kill). I comuni dell'Umbria hanno già da tempo emesso ordinanze in tal senso.

Le indagini previste su altri alimenti vegetali sono state svolte a partire dal febbraio 2018; l'unità di Progetto "Ambiente e Salute" della USL Umbria 2 esclude rischi per la salute umana legati al consumo di vegetali nelle aree prossime ai fiumi Paglia e Tevere.

Per quanto di competenza di ARPA Umbria, oltre a prov-

vedere al completamento di quanto contemplato dal piano di monitoraggio interregionale, sono previste ulteriori indagini conoscitive volte ad inquadrare meglio la situazione umbra. Alcune di queste sono già in corso, altre sono solo state previste. Tra queste ricordiamo:

- estendere il campionamento dei suoli in alcuni transetti fino a raggiungere le superfici prive di contaminazione, al fine di dare indicazioni di massima dell'area potenzialmente contaminata (indagini già eseguite, i cui esiti sono riportati in Figura 1);
- eseguire approfondimenti specifici su matrici ambientali nell'Oasi di Alviano;
- eseguire misure di  $Hg^0$  in aria (già eseguite con esito negativo);
- eseguire misure sulle deposizioni atmosferiche nell'area orvietana (già eseguite con esito negativo);
- eseguire indagini sulle componenti vegetali anche ai fini di eventuali azioni di fitorimediazione;
- eseguire alcuni carotaggi nei terreni alluvionali del Paglia e nell'Oasi di Alviano per la ricostruzione dei profili di sedimentazione e la verifica della contaminazione verticale in termini di volumetria;
- eseguire ulteriori approfondimenti sanitari da parte della USL Umbria 2, che effettuerà la valutazione dell'accettabilità nell'ambito dell'analisi di rischio di cui all'allegato 1 del titolo V del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. In particolare, nell'analisi di rischio inversa verrà individuata la CSR (Concentrazione di soglia di rischio) per i recettori determinati, confrontandola con i valori limite, tenendo conto di effetti sulla salute acuti, subacuti e cronici e di assunzione giornaliera, settimanale, mensile e annuale tramite le diverse vie.

L'impegno dell'Agenzia prevede anche il supporto alle Amministrazioni comunali coinvolte nell'inquinamento in oggetto per la definizione delle eventuali misure da

adottare nell'area che potrà essere identificata come potenzialmente contaminata, in attesa di eventuale caratterizzazione specifica (Figura 2). Risulterà infatti necessario un esame del contesto normativo, al fine di identificare correttamente gli strumenti amministrativi di intervento e calibrare adeguati strumenti di contenimento. A tal proposito, al fine di consentire agli Enti competenti un pronunciamento completo ed esaustivo, verranno approfonditi i seguenti temi:

- natura dei siti presenti lungo il corso del Paglia e del Tevere e caratterizzati dalla presenza di sedimenti contenenti Mercurio. Saranno approfonditi gli aspetti legati ai limiti di riferimento (specialmente per le aree agricole e per i sedimenti) e alla gestione delle aree

circostanti il corso fluviale (quali siti contaminati o aree danneggiate dalla contaminazione proveniente da siti contaminati);

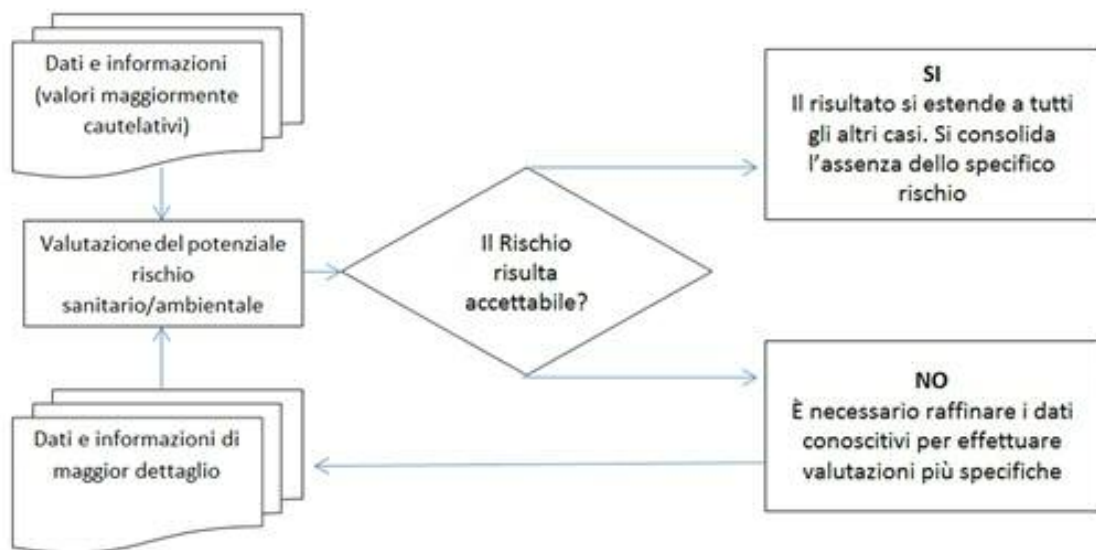
- ruoli e responsabilità dei soggetti coinvolti, con particolare riferimento alla figura del proprietario o soggetto interessato non responsabile, del soggetto responsabile e delle Pubbliche Amministrazioni chiamate ad esercitare il potere sostitutivo di intervento.

Figura 1: Infittimento/ripetizione analisi del Mercurio (mg/Kg) nel suolo del Fiume Paglia

| Fiume Paglia |             |      |     |               |      |       |
|--------------|-------------|------|-----|---------------|------|-------|
| Transetti    | riva destra |      |     | riva sinistra |      |       |
| T1           |             |      |     |               |      | 0,14  |
| T2           |             |      |     |               |      | <0,10 |
| T3           | 0,20        | 2,1  | 6,8 | 3,9           | 0,98 | 0,21  |
| T4           | 0,11        |      |     |               |      |       |
| T5           |             |      |     |               |      |       |
| T6           | 0,1         | 0,27 | 5,2 |               |      | <0,10 |
| T7           |             |      |     |               |      | <0,10 |
| T8           | 0,27        | 0,30 | 1,8 | 2,8           |      | 0,38  |
| T10          | 0,25        |      |     | 2,1           |      |       |
| T11          | 0,27        |      |     |               |      |       |
| T12          |             | 6,9  | 5,0 | 5,4           | 6,4  | 0,91  |
| T13          |             |      |     |               |      | 1,5   |
| T14          | <0,10       | 0,16 | 1,4 | 0,98          |      | 0,35  |
| T16 BIS      |             | 1,2  |     | 5,4           | 3,3  |       |
| T20          | 0,66        |      |     |               |      |       |
| T21          |             | 0,67 |     | 1,5           |      | 0,16  |
| Fiume Tevere |             |      |     |               |      |       |
|              | riva destra |      |     | riva sinistra |      |       |
| T 23 BIS     | 1,4         | 3,2  | 4,7 | 3,6           |      | 0,17  |
| T24          | 0,62        | 0,22 | 1,4 | 4,5           |      | 0,41  |

Fonte: REMTECH 2018 – presentazione "Attività mineraria e contaminazione dei corsi d'acqua: il caso del Mercurio nel bacino Tevere – Paglia"; Giancarlo Marchetti (ARPA U.)

Figura 2: Proposta di modello decisionale per la valutazione del rischio e gestione dei vincoli



Fonte: Fiume Paglia/Tevere – Gestione della fascia di territorio interessata da sedimenti fluviali e potenzialmente contaminata da Mercurio – A. Sconocchia (ARPA UJ), 2018

## Bibliografia

Benvenuti M e Costagliola P., 2016. *Il distretto mercurifero del comprensorio amiatino: nuovi dati sull'impatto ambientale nel sistema fluviale Paglia-Tevere* ("The mercury district of Monte Amiata: new data on the environmental impact in the fluvial system Paglia-Tiber"). *Geologia dell'Ambiente (SIGEA)*. 4, 2-5.

Chiarantini L., Benvenuti M., Beutel M., Costagliola P., Covelli S., Gabbani G., Lattanzi P., Pandeli E., Paolieri M., Petranich E., Rimondi V., 2016. *Mercury and Arsenic in Stream Sediments and Surface Waters of the Orcia River Basin, Southern Tuscany, Italy*. *Water Air Soil Pollut* (2016) 227: 408 DOI 10.1007/s11270-016-3110-x.

Chiarantini L., Rimondi V., Benvenuti M., Beutel M.W., Costagliola P., Gonnelli C., Lattanzi P., Paolieri M., 2016. *Black pine (Pinus nigra) barks as biomonitors of airborne mercury pollution*. *Sci. Total Env.*, 569-570, 105-113.

Chiarantini L., Rimondi V., Bardelli F., Benvenuti M., Cosio C., Costagliola P., Di Benedetto F., Lattanzi P., Sarret G., 2017. *Mercury speciation in Pinus nigra barks from Monte Amiata 1 (Italy): an X-ray Absorption Spectroscopy study*. *Env. Poll*, 227, 83-88.

Colica A., Benvenuti M., Chiarantini L., Costagliola P., Lattanzi P., Rimondi V., Rinaldi M., 2018. *Mercury dispersion from the Mt. Amiata mining district to the upper reach of the Paglia river (central Italy): a*



*geomorphological-geochemical approach defines the interaction between river deposits and mining activity.*

Alpine and Mediterranean Quaternary, Vol. 31 (Quaternary: Past, Present, Future – AIQUA Conference, Florence, 13-14/06/2018), 63 – 67.

Colica A., Benvenuti M., Chiarantini L., Costagliola P., Lattanzi P., Rimondi V., Rinaldi M., 2018. *An integrated approach for investigating river contamination by metal mining: methodological framework and application to the Paglia River (Central Italy)*. CATENA, in press.

Costagliola P., Benvenuti M., Chiarantini L., Lattanzi P., Paolieri M. and Rimondi V., 2017. *Tree Barks as Environmental Biomonitors of Metals – The Example of Mercury*. *Advances. Environment and Pollution Research*, NorCal Open Access Publications, Volume 2017; Issue 01.

Gray J.E., Rimondi V., Costagliola P., Vaselli O., Lattanzi P., 2014. *Long-distance transport of Hg, Sb, and As from a mined 3 area, conversion of Hg to methyl-Hg, and uptake of Hg by fish on the Tiber River basin, west-central Italy*. *Environ Geochem Health*, 36, 145-157. IF: 2.566.

Lattanzi P., Rimondi V., Chiarantini L., Colica A., Benvenuti M., Costagliola P., Ruggieri G., 2017. *Mercury dispersion through streams draining the Mt. Amiata district, southern Tuscany, Italy*. *Procedia Earth and Planetary Science* 17.

Pattelli G., Rimondi V., Benvenuti M., Chiarantini L., Colica A., Costagliola P., Di Benedetto F., Lattanzi P., Paolieri M., Rinaldi M., 2014. *Effects of the November 2012 Flood Event on the Mobilization of Hg from the Mount Amiata Mining District to the Sediments of the Paglia River Basin*. *Minerals*, 4, 241-256. IF: 1.000.

Rimondi V., Bardelli F., Benvenuti M., Costagliola P., Gray J.E., Lattanzi P., 2014. *Mercury speciation in the Mt. Amiata mining district (Italy): Interplay between urban*

*activities and mercury contamination*. *Chem. Geol.*, 380, 110-118. IF: 4.102.

Rimondi V., Gray J.E., Costagliola P., Vaselli O., Lattanzi P., 2012. *Concentration, distribution, and translocation of mercury and methylmercury in mine-waste, sediment, soil, water, and fish collected near the Abbadia San Salvatore mercury mine, Monte Amiata district, Italy*. *Sci. Tot. Env.*, 414, 318-327 IF: 3.19.

Rimondi V., Costagliola P., Gray J. E., Lattanzi P., Nannucci M., Paolieri M., Salvadori A., 2014. *Mass loads of dissolved and particulate mercury and other trace elements in the Mt. Amiata mining district, Southern Tuscany (Italy)*. *Environ Sci Pollut Res*, 21, 5575-5585. IF: 2.828.

Rimondi V., Chiarantini L., Lattanzi P., Benvenuti M., Beutel M., Colica A., Costagliola P., Di Benedetto F., Gabbani G., Gray J. E., Pandeli E., Pattelli G., Paolieri M., Ruggieri G., 2015. *Metallogeny, exploitation and environmental impact of the Mt. Amiata mercury ore district (Southern Tuscany, Italy)*. *Ital. J. Geosci.*, 134, 323-336. doi: 10.3301/IJG.2015.02.



## 6. AGENTI FISICI

### La tutela del silenzio nelle Dolomiti: il monitoraggio acustico a Passo Sella

Luciano Mattevi, Daniele Segata  
APPA Trento

In occasione dell'anno internazionale del turismo sostenibile, proclamato dalle Nazioni Unite, nel 2017 è stata avviata l'iniziativa *"Dolomites Vives"* al fine di valorizzare e tutelare il territorio delle Dolomiti, riconosciuto nel 2009 dall'UNESCO "Patrimonio dell'umanità", in modo responsabile, ecologico e sostenibile.

Nei mesi di luglio e agosto ha quindi preso via la sperimentazione di una **mobilità "alternativa"**, promossa

dalle Province di Trento e Bolzano, che ha interessato le giornate del mercoledì, nella fascia oraria dalle ore 09:00 alle ore 16:00, durante la quale il transito al Passo Sella è stato consentito solo a quanti raggiungevano il valico alpino a piedi, in bicicletta, con gli impianti di risalita, con i mezzi del trasporto pubblico e con i veicoli a trazione elettrica, contribuendo a far riscoprire che *"in montagna riacquista valore il ritmo, spesso perduto e inavvertito, del giorno e della notte, del sole e della luna e del volgere della volta stellata. Per un po' esso ci libera dalla tirannia dei motori e delle accelerazioni, dell'elettronica e degli appuntamenti, delle molte altre incombenze, in una parola dallo stress della nostra esistenza"* (Reinhold Stecher). Insomma, una piccola grande rivo-

Figura 1: Passo Sella con vista su Sassolungo



Fonte: APPA della Provincia Autonoma di Trento

luzione che ha cercato di creare uno spartiacque tra “il prima” e “il dopo”, auspicando possa incoraggiare altre future analoghe iniziative.

Il tratto stradale interessato dai rilievi del rumore si snoda lungo un percorso che collega l'abitato di Selva di Val Gardena a quello di Canazei, in uno dei territori montani più belli al mondo, sia per valore paesaggistico, sia per rilevanza scientifica a livello geologico e geomorfologico. Un territorio dominato dalle Torri del Sella che superano i 3.000 metri e dalla barriera delle Mesules che compongono i “Monti Pallidi”, un insieme di gruppi montuosi delle Alpi Orientali comprese tra Veneto, Trentino-Alto Adige e Friuli Venezia Giulia.

Definire le **qualità sonore** di tale ambiente è comunque assai difficile e complesso poiché sono molteplici i fattori che lo caratterizzano. Alcuni di questi possono essere rappresentati mediante l'ausilio di appropriati indicatori metrici, altri invece ricadono in quella sfera di emozioni personali che difficilmente possono trovare riferimento in descrittori di tipo fisico, ricompresi nella scala dei deciBel (dB). Il “silenzio”, infatti, non si limita a definire una “*assenza di ogni forma di rumore, di suono o di voce*”, ma si allarga ad un concetto più ampio e specifico nel quale il venir meno del rumore antropico, alieno al rumore naturalmente presente nell'area, valorizza tutto ciò che è naturale e che può assumere la connotazione di “**suono del silenzio**”.

La mancanza di adeguati riferimenti normativi per valutare gli ambienti naturali ha rappresentato un'ulteriore “sfida” nel cercare di definire appropriati indicatori, ricavati da idonei riferimenti bibliografici e dall'esperienza maturata dagli autori.

Nel periodo dal 31 luglio al 10 agosto 2017, è stato dunque eseguito un monitoraggio acustico, per rilevare l'impatto prodotto, principalmente, dal rumore del traffico stra-

dale della SS 242 di Val Gardena e Passo Sella.

Le rilevazioni sono state eseguite a bordo strada, in un tratto rappresentativo, a un'altezza da terra di 4 metri, coerentemente con quanto indicato al punto 2 dell'Allegato C del D.M. 16 marzo 1998, recante “*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*”. Il descrittore assunto a riferimento è il **livello continuo equivalente** di pressione sonora ponderata “A” (LAeq), previsto dalla vigente normativa per valutare il potenziale disturbante di un ambiente sonoro. La ponderazione mediante la curva “A” aiuta inoltre ad allineare quanto rilevato dal fonometro a quanto percepito dall'orecchio umano, “pesando” le frequenze acustiche rilevate sulla base della media sensibilità.

Per cercare di aiutare nella lettura del grafico (Figura 2), si ricorda che, essendo il rumore una grandezza logaritmica e non lineare, nell'analizzare i risultati è utile considerare che, con riferimento all'intensità acustica, una variazione di livello di 3 dB(A) corrisponde ad un raddoppio della potenza sonora, ovvero ad un suo dimezzamento. Nel caso del rumore da traffico stradale, questo ha lo stesso effetto di un raddoppio o dimezzamento del numero di veicoli transitanti. Mentre, una variazione di 10 dB(A), che corrisponde per l'apparato uditivo umano ad un raddoppio o, rispettivamente, ad un dimezzamento della sensazione sonora, equivale ad un aumento, ovvero ad una diminuzione, di 10 volte il numero dei veicoli transitanti, a parità di velocità e di composizione del traffico.

Nel grafico (Figura 2), le medie orarie dei livelli di rumore, nei giorni di normale apertura del traffico, sono indicate dalla linea “gialla”, mentre quelli dei mercoledì di limitazione dalla linea “verde”. L'andamento delle due linee sono simili al di fuori della fascia oraria interessata dalla limitazione, mentre all'interno della fascia oraria

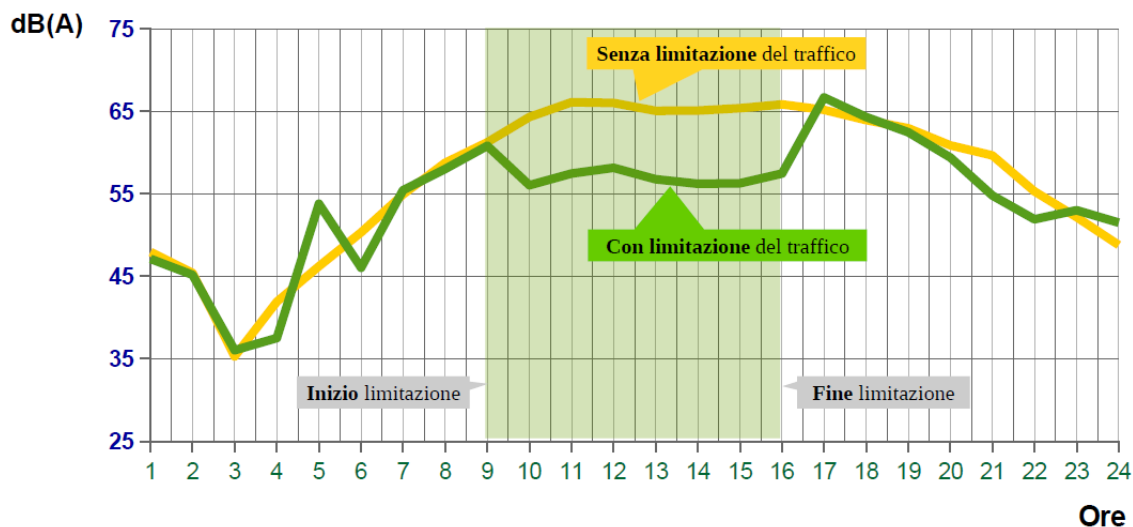
dalle 09:00 alle 16:00, i livelli di rumore sono assai differenti. E' quindi possibile identificare molto chiaramente la diminuzione del rumore prodotto dal traffico veicolare durante la restrizione dei veicoli, racchiusa nell'area "verde" dello sfondo del grafico.

Al contempo, è utile evidenziare che il LAeq, pur essendo il descrittore di riferimento nell'attuale normativa pubblicitica, non costituisce di per sé un indicatore sufficientemente rappresentativo del disturbo da rumore, specie per quei casi contraddistinti da significative fluttuazioni dei livelli sonori, come invece possono rappresentare altri indicatori, peraltro non contemplati dalla normativa nazionale di settore. Fra questi, possiamo certamente annoverare il **"clima di rumore"**, il quale descrive la variabilità della rumorosità presente nell'area esaminata. Tale parametro, ricavato dalla differenza fra i livelli statistici percentili di picco (L10) e di rumore residuo (L90), è generalmente elevato nelle aree nelle

quali il contributo del rumore stradale è marcato, mentre è minimo nelle aree con un limitato contributo antropico. Valori elevati del clima di rumore sono generalmente associabili a situazioni di disagio proprio a causa della natura della rumorosità dovuta al traffico veicolare, per il quale gli eventi sonori sono di elevata intensità, ma di breve durata e "spiccano" rispetto al livello di fondo.

La scienza medica valuta il rumore attraverso l'osservazione della reazione dell'uomo, mentre l'iniziativa promossa mira a valorizzare l'ambiente montano per cercare di far riscoprire e apprezzare il "silenzio". Una differenza sostanziale, giacché il silenzio non rappresenta una condizione di quiete, bensì l'assenza di attività rumorose antropiche, in cui è possibile ascoltare e apprezzare i tipici **suoni della Natura**, come il vento sulle rocce o fra le fronde degli alberi, lo scorrere dell'acqua di un ruscello, il canto degli uccelli, suoni questi che

**Figura 2: Confronto fra i livelli di rumore medi orari rilevati durante i giorni di normale apertura al traffico (linea "gialla") e quelli rilevati nei mercoledì di limitazione del traffico (linea "verde")**



Fonte: Elaborazione APPA della Provincia Autonoma di Trento

combinati fra loro restituiscono molteplici e variabili forme di emozioni e sensazioni che di rado riusciamo a sperimentate in ambiti urbani. Infatti, due suoni di pari intensità sono in grado di restituire sensazioni assai differenti. Ad esempio, il suono di un torrente e il rumore dovuto al traffico veicolare stradale, anche se percepiti come stimoli sonori diversi, possono produrre livelli energetici (LAeq) comparabili.

Attraverso l'impiego del clima di rumore è stato dunque possibile esaltare la differenza fra i livelli rilevati nei periodi di limitazione del traffico e quelli registrati nei periodi di traffico veicolare normale, riconoscendo fra i due periodi uno scostamento medio di ben 8,8 dB(A).

La medesima differenza fra le medie dei due periodi (con limitazione e senza limitazione) è stata riscontrata anche considerando il LAeq riferito al solo periodo di chiusura del traffico, dalle ore 9:00 alle ore 16:00. Mentre, analizzando l'intero periodo di riferimento diurno (06:00÷22:00), la differenza fra le medie si riduce sensibilmente a valori di 3,6 dB(A).

Questa tendenza è originata dall'impiego del LAeq, il quale restituisce una media energetica del rumore rilevato durante l'intero periodo di misura, "diluendo" eventuali eventi di picco avvenuti nel corso di un sottoperiodo.

Attraverso l'impiego del LAeq è stato altresì possibile riconoscere che, per percepire una riduzione dei livelli di rumore in misura "evidente", ossia oltre i 5 dB(A) in tutto il periodo di riferimento diurno (06:00÷22:00), sarebbe necessario estendere il periodo di restrizione del traffico all'intero periodo di riferimento.

Grazie all'iniziativa *Dolomites Vives* è stato per questo possibile riconoscere che, per valutare le **qualità** del suono percepito, anziché limitarsi al solo LAeq, risulterebbe utile potersi avvalere di altre e diverse elaborazioni derivate da analisi psicoacustiche, quali *loudness*,

*sharpness*, *fluctuation strenght*, etc. Queste permetterebbero di correlare fra loro diversi e differenti indicatori che definiscono lo **stimolo sensoriale** uditivo e le relazioni tra gli stimoli e i giudizi percettivi. Ciò, aiuterebbe a ricondurre l'eventuale **disturbo psicoacustico** alla qualità del suono percepito e non solo alla sua quantità.

## Bibliografia

Manuale di acustica applicata, Benedetto G., Camerino D., Merluzzi F., Spagnolo R., 2014, *Percezione uditiva ed effetti del rumore*;

ANPA, Callegari A. e Franchini A., 2000, *Rassegna degli effetti derivanti dall'esposizione al rumore*;

ARPA Piemonte e Provincia di Torino, Corgnati D., Fogola J., Grasso D., Pannocchia A., Pavone F., Voza N., 2013, *Analisi delle migliori pratiche e tecnologie disponibili nei settori della misurazione e registrazione del rumore e in quello della psicoacustica*;

Istituto Superiore di Sanità, Cosa M. e Nicoli M., 1977, *Rumore da traffico stradale: valutazione, predeterminazione e limiti*;

Università di Padova, Drioli C. e Orio N., 1999, *Elementi di acustica e psicoacustica*;

APPA Trento, Gerola F. e Mattevi L., 1996, *Controllo della rumorosità da traffico veicolare – La misura, gli effetti, l'analisi dei dati per l'anno 1996 e i sistemi di contenimento*;

Brüel&Kjær Sound & Vibration Measurement A/S, 2000, *Il rumore ambientale*;

Dolomites Vives, 2017, *Scoprire e vivere il fascino delle Dolomiti in modo responsabile, ecologico e sostenibile*;

Mountain Wilderness Italia, 2017, *Silenzio! Riscoprire un sincero contatto con la natura*;

Ufficio Federale dell'Ambiente (UFAFP), 2002, *L'ambiente in Svizzera*.



## Analisi di radioattività naturale in campioni di sedimenti fluviali della regione Calabria

Francesco Caridi, Vincenzo Sorrenti,  
Giovanna Belmusto  
ARPA Calabria

La radioattività naturale ambientale è dovuta alla presenza di radionuclidi cosmogenici e primordiali (nella crosta terrestre). In particolare, il contenuto di radionuclidi in un fiume dipende dalle caratteristiche mineralogiche nel bacino idrografico e dalla chimica del fiume nel suo insieme. I radioisotopi naturali nei sedimenti hanno diverse possibili origini, come l'erosione e il recupero di minerali terrestri e rocce (igneo o metamorfiche) contenenti  $^{40}\text{K}$  e radioisotopi di uranio e torio radioattivi, precipitazioni e altri fenomeni di deposizione, come la sedimentazione gravitazionale. La radioattività naturale fornisce il maggior contributo alla dose ricevuta dalla popolazione.

In questo articolo sono stati analizzati sedimenti fluviali provenienti da otto diversi siti della costa calabrese, al fine di identificare e quantificare la concentrazione di attività di radionuclidi naturali gamma-emettitori, in particolare  $^{226}\text{Ra}$  (in equilibrio secolare con  $^{238}\text{U}$ ),  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$ , anche al fine di registrare i livelli di fondo della radioattività.

Tale matrice è particolarmente significativa dal punto di vista ambientale, in quanto, per le sue caratteristiche chimico-fisiche, conserva la presenza di inquinanti anche dopo molti anni dall'avvenuta contaminazione. Per ciascuna delle otto località selezionate, riportate in Figura 1, sono stati raccolti dieci campioni di sedimenti fluviali, di circa 1 kg ciascuno, conservati in scatole di plastica etichettate.

In laboratorio, tutti i campioni sono stati essiccati a 105 °C, frantumati, setacciati per ottenere una granulometria inferiore a 2 mm e successivamente inseriti in contenitori Marinelli da 1 L sigillati. Dopo un'attesa di 30 giorni, necessaria al raggiungimento dell'equilibrio radioattivo secolare tra  $^{226}\text{Ra}$  e figli a vita media breve, i campioni sono stati sottoposti ad analisi di spettrometria gamma, con due rivelatori al germanio iperpuro (HPGe) Ortec, raffreddati elettricamente e con elettronica digitale integrata. Il primo è un semiconduttore polarizzato inversamente (GMX) con una risoluzione FWHM di 1.94 keV, efficienza relativa al picco di riferi-

Figura 1: Mappa dei punti di campionamento



Fonte: Elaborazione ARPA Calabria



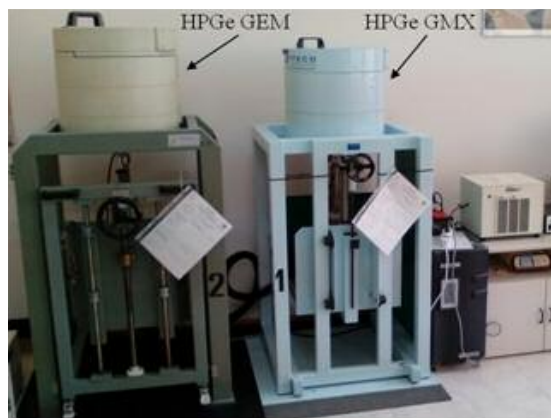
mento ( $^{60}\text{Co}$  a 1.33 MeV) del 37.5% e rapporto picco-Compton di 65:1. Il secondo è un semiconduttore a polarizzazione diretta (GEM), caratterizzato da una risoluzione FWHM di 1.85 keV, un'efficienza relativa del 40% e un rapporto picco-Compton di 64:1.

I rivelatori sono collocati all'interno di pozzetti di piombo, per schermare la radiazione di fondo, e calibrati in energia ed efficienza con una sorgente multi-picco di geometria Marinelli (intervallo di energia 59.54 keV ( $^{241}\text{Am}$ ) - 1836 keV ( $^{88}\text{Y}$ )).

Una foto del *setup* sperimentale è riportata in Figura 2.

L'analisi è stata eseguita utilizzando il *software* Ortec Gamma Vision e conteggiando i campioni per 70000 s. Le concentrazioni di attività di  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  sono state ottenute: dalle linee  $\alpha$  a 295.21 keV e 351.92 keV del  $^{214}\text{Pb}$  e 1120.29 keV del  $^{214}\text{Bi}$  (per  $^{226}\text{Ra}$ ); da quelle a 911.21 keV e 968.97 keV di  $^{228}\text{Ac}$  (per  $^{232}\text{Th}$ ); dalla sua stessa linea a 1460.8 keV per  $^{40}\text{K}$ . L'incertezza è data al livello di confidenza del 95%.

**Figura 2: Setup sperimentale per le analisi di spettrometria gamma**



Fonte: ARPA Calabria

L'attività specifica di ciascun radionuclide identificato è stata calcolata utilizzando la seguente formula:

$$C = \frac{N_E}{\epsilon_E t \gamma_d M}$$

dove  $N_E$  indica l'area netta del fotopicco all'energia  $E$ ,  $\epsilon_E$  e  $\gamma_d$  sono l'efficienza e la resa gamma del fotopicco all'energia  $E$ , rispettivamente,  $M$  è la massa del campione analizzato (kg) e  $t$  è il tempo di analisi (s).

Per la determinazione del rateo di dose, fondamentale per stimare il rischio radiologico da irradiazione esterna, sono stati utilizzati coefficienti di conversione, come dettagliato nella seguente equazione:

$$D \left( \frac{\text{nGy}}{\text{h}} \right) = 0.462 C_{\text{Ra}} + 0.604 C_{\text{Th}} + 0.0417 C_{\text{K}}$$

dove  $C_{\text{Ra}}$ ,  $C_{\text{Th}}$  e  $C_{\text{K}}$  sono le concentrazioni medie di attività (Bq/kg a peso secco) di  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  nei campioni analizzati.

È stata calcolata anche la dose efficace, utilizzando la formula:

$$H_E \left( \frac{\text{mSv}}{\text{y}} \right) = D \times 24 \times 365 \times 0.7 \times 0.2$$

dove  $D$  è il rateo di dose gamma, 0.7 (Sv/Gy) il coefficiente di conversione e 0.2 il fattore di occupazione esterna.

I risultati ottenuti sono riportati in Tabella 1.

**Tabella 1: Attività specifica di  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$ , rateo di dose gamma (D) e dose efficace ( $H_E$ ) per i campioni investigati**

|   | <b>Sampling Point</b>        | <b><math>^{226}\text{Ra}</math><br/>(Bq/kg)</b> | <b><math>^{232}\text{Th}</math><br/>(Bq/kg)</b> | <b><math>^{40}\text{K}</math><br/>(Bq/kg)</b> | <b>D<br/>(nGy/h)</b> | <b><math>H_E</math><br/>(mSv/y)</b> |
|---|------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| 1 | Gioia Tauro (Budello)        | 23.1                                            | 48.3                                            | 1452.2                                        | 100.4                | 0.123                               |
| 2 | Gioia Tauro (Petrace)        | 15.7                                            | 21.8                                            | 1007.2                                        | 62.4                 | 0.077                               |
| 3 | Reggio Calabria (Gallico)    | 15.1                                            | 40.5                                            | 859.3                                         | 67.3                 | 0.083                               |
| 4 | Reggio Calabria (Calopinace) | 16.2                                            | 26.2                                            | 810.4                                         | 57.1                 | 0.070                               |
| 5 | Condofuri (Amendolea)        | 19.1                                            | 46.3                                            | 761.7                                         | 68.5                 | 0.084                               |
| 6 | Africo (Laverde)             | 25.7                                            | 31.1                                            | 541.3                                         | 53.2                 | 0.065                               |
| 7 | Bovalino (Bonamico)          | 24.7                                            | 43.7                                            | 748.1                                         | 69.1                 | 0.085                               |
| 8 | Caulonia (Allaro)            | 26.7                                            | 33.4                                            | 1076.9                                        | 77.4                 | 0.095                               |

Fonte: Elaborazione ARPA Calabria

I valori sperimentali della concentrazione di attività sono compresi nell'intervallo 15.1 Bq/kg - 26.7 Bq/kg per  $^{226}\text{Ra}$ , 21.8 Bq/kg - 48.3 Bq/kg per  $^{232}\text{Th}$  e 541.3 Bq/kg - 1452.2 Bq/kg per  $^{40}\text{K}$ , rispettivamente. L'attività specifica di  $^{40}\text{K}$  è più di un ordine di grandezza maggiore di quella di  $^{226}\text{Ra}$  e  $^{232}\text{Th}$ , in buon accordo con la letteratura. La più alta concentrazione di attività di  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  è stata ottenuti nei sedimenti dei torrenti Allaro (Caulonia) e Budello (Gioia Tauro), rispettivamente. Le concentrazioni medie mondiali di  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  sono 35 Bq/kg, 30 Bq/kg e 400 Bq/kg, rispettivamente.

I nostri risultati mostrano che la concentrazione di attività di  $^{226}\text{Ra}$  in tutti i campioni analizzati è inferiore al valore medio mondiale, a differenza di  $^{232}\text{Th}$ , la cui attività specifica è superiore al valore medio mondiale, ad eccezione dei sedimenti fluviali campionati nel torrente

Petrace di Gioia Tauro e Calopinace di Reggio Calabria. La concentrazione di attività di  $^{40}\text{K}$  è superiore al valore medio mondiale per tutti i campioni esaminati. I valori calcolati (nGy/h) del rateo di dose assorbita sono compresi nell'intervallo 53.2 nGy/h (torrente Laverde ad Africo) - 100.4 nGy/h (torrente Budello a Gioia Tauro). Il valore medio per tutti i campioni analizzati (69.4 nGy/h) è poco superiore a quello medio mondiale (60 nGy/h) [2]. I valori della dose efficace (mSv/y) sono compresi nell'intervallo 65 xSv/y (torrente Laverde ad Africo) - 123 xSv/y (torrente Budello a Gioia Tauro), superiori al valore medio mondiale di 70 xSv/anno [6], ad eccezione del torrente Laverde ad Africo, e sono paragonabili al background ambientale medio dei luoghi in esame, misurato durante altre campagne on-site [7]. I risultati ottenuti permettono di escludere, dal punto di vista

---

radiologico, qualunque rischio per la popolazione dell'area investigata; costituiscono, inoltre, una *baseline* per successive investigazioni finalizzate ad estendere la mappatura radiometrica.

## Bibliografia

---

El-Gamal A. et al., 2007, *Study of the spatial distribution of natural radioactivity in Upper Egypt Nile River sediments*, Radioactive Measurements 42 457–465.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 2000, *Sources and effects of ionizing radiations*, United Nations, New York.

Caridi F. et al, 2016, *Radioactivity, granulometric and elemental analysis of river sediments samples from the coast of Calabria, south of Italy*, The European Physical Journal Plus 131:136.

Ortec Gamma Vision-32 v. 6, 2010.

Ramasamy V. et al., 2011, *Horizontal and vertical characterization of radionuclides and minerals in river sediments*, Applied Radiation and Isotopes 69 184–195.

Orgun Y. et al., 2007, *Natural and anthropogenic radionuclide in rocks and beach sands from Ezine region, Western Anatolia, Turkey*, Applied Radiation and Isotopes, 65 739–747.

Caridi F. et al., 2015, *Measurements of Gamma Radioactivity in River Sediment Samples of the Mediterranean Central Basin*, American Journal of Condensed Matter Physics 5 (3) 61–68.

## 7. AGENTI CHIMICI

### Applicazione dell'indicatore CIP (Classe d'Impatto Potenziale) al monitoraggio dei pesticidi nelle acque interne della Sicilia

Maria Lucia Antoci

ARPA Sicilia - Struttura Territoriale di Ragusa

L'indicatore CIP Classe d'Impatto Potenziale (Franchi A., 2018) permette di valutare la pressione ambientale dovuta all'impiego dei pesticidi e costituisce un utile strumento per la verifica della sostenibilità delle strategie di lotta ai parassiti adottate in campo agricolo. Il CIP, per la caratterizzazione quali-quantitativa dell'impatto, fa riferimento a 20 proprietà, ambientali, eco-tossicologiche e tossicologiche, delle sostanze attive ad azione fitoiatrica.

Le prime sei (affinità per l'acqua, mobilità nel suolo, persistenza nel suolo, persistenza in acqua, persistenza nei sedimenti, potenziale di percolazione) sono relative al comparto Acqua e misurano, in termini previsionali, il potenziale di contaminazione della risorsa idrica.

Le successive sette proprietà (affinità al bioaccumulo, tossicità per i mammiferi, tossicità per gli uccelli, tossicità per i pesci, tossicità per invertebrati acquatici, tossicità per le api, tossicità per lombrichi) stimano l'impatto sul comparto Ecosistema e sono rappresentative dei livelli di tossicità acuta e cronica riferite a sei specie animali e alla capacità di bioaccumulo di ogni sostanza.

Il "Pericolo per gli organismi acquatici" tiene conto unicamente della classificazione CLP (regolamento sulla classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze chimiche), che contempla esclusivamente i pericoli verso questo sub-comparto, che rappresenta tuttavia un settore limitato, seppure molto delicato e importante, dell'ecosistema.

Infine, le ultime sei proprietà dell'elenco (dose giornaliera accettabile, effetti sul sistema endocrino, effetti sulla riproduzione, mutagenesi, cancerogenesi, danni a organi) attengono alla tossicità nei confronti dell'uomo, impatto sul comparto Salute, e riguardano soprattutto gli effetti a lungo termine.

L'indicatore CIP attribuisce una classe d'impatto (Alta, Media o Bassa) in base ad intervalli prefissati di variazione delle singole proprietà e una classe d'impatto complessiva per i comparti Acqua, Ecosistema e Salute, derivante dall'aggregazione delle classi del singolo comparto.

L'applicazione dell'Indicatore CIP ai dati di monitoraggio delle acque consente di leggere, sotto una diversa prospettiva, il dato di pressione ambientale che le indagini periodiche di presenza di pesticidi nell'ambiente idrico restituiscono.

Le valutazioni sono correlate al protocollo analitico adottato e pertanto intercettano solo l'informazione restituita dalle sostanze indagate. A causa dell'indisponibilità di metodi analitici o di metodi di facile applicabilità, alcuni composti di largo utilizzo, caratterizzati da priorità elevata per l'ambiente acquatico, non rientrano ancora nel set di composti oggetto del monitoraggio delle ARPA. Pertanto, complessivamente, le elaborazioni restituiscono una sottostima di quello che può essere l'impatto reale dei pesticidi nel comparto idrico.

Per una trattazione del tema, rappresentativa di diverse situazioni territoriali, sono stati analizzati, per il periodo 2010-2016 e in riferimento al dato nazionale disponibile sul portale pesticidi di ISPRA, i risultati del monitoraggio di acque superficiali e sotterranee della Sicilia, con un focus, fino all'anno 2017, sulla provincia di Ragusa. La Regione Sicilia ha consolidato nel tempo una rete di monitoraggio adeguata ad evidenziare l'impatto sull'ambiente idrico, in aree caratterizzate da un consistente e

intenso utilizzo di prodotti ad azione fitoiatrica. Inoltre, ARPA Sicilia, oramai da anni, adotta per la selezione delle sostanze attive e l'aggiornamento dei protocolli di monitoraggio, i criteri di priorità proposti dalle Linee Guida di ISPRA.

L'applicazione dell'indicatore CIP ai dati delle rilevazioni annuali ha reso necessario definire il parametro IP "Indicatore Presenza" rappresentativo sia del numero di campioni in cui è rilevata la presenza di un dato pesticida sia della concentrazione riscontrata, valutata come 50° percentile dei campioni con residui (IP50).

Associando ad ogni sostanza il valore di IP50 moltiplicato con il coefficiente derivante dalla classe CIP (classe Alta 3, Media 2, Bassa 1), è ricavato l'Indicatore di Presenza per Classe (IPC) per ciascuna proprietà, ambientale, eco-tossicologica e tossicologica. Il rapporto tra la somma di IPC per i pesticidi rilevati nel monitoraggio e la somma di IP50 restituisce la Classe Media della pro-

prietà ambientale considerata.

Nella Tabella 1 viene esplicitato il calcolo della Classe Media per la proprietà Tossicità per i pesci (CMTp).

Il calcolo della Classe Media permette di misurare l'impatto del monitoraggio in un determinato territorio nel corso degli anni oppure per lo stesso anno e di confrontare i monitoraggi di diverse realtà territoriali. La valutazione è svolta per tutte le proprietà comprese dal CIP. Il valore della Classe Media varia da un minimo di 1 al massimo di 3. Suddividendo l'intervallo in quattro livelli e attribuendo a ciascuno colori diversi è possibile rappresentare, per le varie proprietà ambientali, i valori di Classe Media e il loro andamento nel periodo 2010-2016, rispetto alle diverse realtà territoriali oggetto della valutazione.

Nella Tabella 2 viene presentato il quadro riassuntivo per le acque superficiali.

Tabella 1: Classe Media esempio di calcolo

| Tossicità Pesci |             |          |       |        |       |
|-----------------|-------------|----------|-------|--------|-------|
| SOSTANZA ATTIVA | n. presenze | 50-perc. | IP50  | Classe | IPC   |
| 2,4-D           | 177         | 0,02     | 3,54  | 2      | 7,08  |
| ACETAMIORID     | 48          | 0,03     | 1,44  | 1      | 1,44  |
| ACRINATRINA     | 13          | 0,03     | 0,39  | 3      | 1,17  |
| AZOSSISTROBINA  | 106         | 0,03     | 3,18  | 2      | 6,38  |
| BENTAZONE       | 22          | 0,02     | 0,44  | 1      | 0,44  |
| *****           | ***         | ***      | ***   | ***    | ***   |
| *****           | ***         | ***      | ***   | ***    | ***   |
| *****           | ***         | ***      | ***   | ***    | ***   |
| *****           | ***         | ***      | ***   | ***    | ***   |
| *****           | ***         | ***      | ***   | ***    | ***   |
| somma totale    |             |          | 74,79 |        | 151,1 |

$$CM\ Tp = \frac{151,08}{74,79} = 2,02$$

Fonte: Elaborazione ARPA Sicilia, Struttura di Ragusa

I valori più elevati della Classe Media sono relativi alla persistenza in acqua, per il comparto Acqua, la tossicità per i mammiferi per il comparto Ecosistema e gli effetti sul sistema endocrino per il comparto Salute. Nel caso degli effetti sul sistema endocrino, il valore elevato di CM è riconducibile all'assenza di dati per tale specifica proprietà, situazione a cui l'indicatore CIP, per il principio di precauzione, associa un impatto Alto con un fattore moltiplicativo pari a 3.

Analoga valutazione è stata svolta per le acque sotterranee adottando analoga separazione dei livelli della Classe Media e solo differenti cromatismi.

Anche per le acque sotterranee le proprietà con valori elevati delle CM risultano essere la persistenza in acqua per il comparto Acqua, la tossicità per i mammiferi per il comparto Ecosistema ed effetti sul sistema endocrino per il comparto Salute.

In particolare per le acque superficiali, il comparto Salute in provincia di Ragusa evidenzia variazione dei valori di CM, negli anni 2016 e 2017 con un incremento considerevole per la cancerogenesi, mutagenesi ed effetti sul sistema riproduttivo, riconducibile all'avvio dell'indagine sulla presenza del Glifosate e del metabolita AMPA, di cui il monitoraggio restituisce una consistente contaminazione delle acque superficiali interne.

Inoltre, il confronto del dato previsionale d'impatto, determinato tramite l'applicazione dell'indicatore CIP alle vendite per l'Italia, per la Sicilia e per la provincia di Ragusa (CIP Media) (Antoci M.L., 2018), mostra una buona coerenza con il dato d'impatto sull'ambiente idrico valutato tramite i tenori delle Classi Medie e calcolato rispetto i risultati dei monitoraggi delle acque superficiali e sotterranee.

Pertanto, l'applicazione dell'indicatore Classe d'Impatto

**Tabella 2: Quadro riassuntivo della Classe Media per le acque superficiali**

| Impatto     | Colore  | Valore CM              |
|-------------|---------|------------------------|
| Basso       | Verde   | < 1,5                  |
| Medio-basso | Giallo  | $1,5 \leq CM \leq 2,0$ |
| Medio-alto  | Arancio | $2,0 < CM \leq 2,5$    |
| Alto        | Rosso   | > 2,5                  |

| Quadro riassuntivo<br>Acque superficiali<br>Classe Media |                                  | italia<br>stato IP50<br>2010-11-12-13-14-15-16 |     |     |     |     |     |     | sicilia<br>stato IP50<br>2010-11-12-13-14-15-16 |     |     |     |     |     |     | ragusa<br>stato IP50<br>2010 -11 -12 -13 -14 -15 - 16 - 17 |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Comparto Acqua                                           | Affinità per l'acqua             | 2,0                                            | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 1,6                                             | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 2,1 | 1,5                                                        | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,1 | 2,8 |
|                                                          | Persistenza nel suolo            | 1,9                                            | 2,3 | 2,3 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 1,8                                             | 1,8 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,9                                                        | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 2,2 |     |
|                                                          | Mobilità nel suolo               | 1,7                                            | 1,5 | 1,4 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,7                                             | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,6                                                        | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,7 | 1,2 |
|                                                          | Persistenza in acqua             | 2,4                                            | 2,9 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,8                                             | 2,8 | 2,8 | 2,6 | 2,8 | 2,7 | 2,7 | 2,7                                                        | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 3,0 |
|                                                          | Persistenza nel sedimento        | 2,2                                            | 2,6 | 2,6 | 2,5 | 2,6 | 2,5 | 2,6 | 2,2                                             | 2,1 | 2,1 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,2                                                        | 2,2 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 2,2 |
| Comparto Ecosistema                                      | Potenziale di percolazione       | 1,8                                            | 1,7 | 1,6 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,9                                             | 2,1 | 1,8 | 1,7 | 1,9 | 1,9 | 1,7 | 1,8                                                        | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,2 |
|                                                          | Tossicità per i mammiferi        | 2,2                                            | 1,9 | 1,9 | 2,1 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2,6                                             | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,4 | 2,7                                                        | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,6 | 2,6 | 2,5 | 1,7 |
|                                                          | Tossicità per gli uccelli        | 1,9                                            | 2,2 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2,1 | 1,9                                             | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 1,8 | 1,7 | 2,0 | 1,8                                                        | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 2,0 | 2,1 |
|                                                          | Tossicità per i pesci            | 1,7                                            | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 2,1                                             | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 2,2                                                        | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 1,9 | 1,5 |
|                                                          | Tossicità per gli inv. acquatici | 2,0                                            | 1,6 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,2                                             | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,2 | 2,0 | 2,4                                                        | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 1,5 |
| Comparto Salute                                          | Tossicità per le api             | 2,5                                            | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 1,9                                             | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 1,8                                                        | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 2,4 |
|                                                          | Tossicità per i lombrichi        | 2,0                                            | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 2,0                                             | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 2,0                                                        | 1,9 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 1,5 |
|                                                          | Affinità al bioaccumulo          | 1,4                                            | 1,6 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2,0                                             | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 1,8 | 2,1                                                        | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 1,2 |
|                                                          | PERICOLO AMB. ACQUATICO          | 2,7                                            | 2,7 | 2,7 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5                                             | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,6                                                        | 2,3 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
|                                                          | Effetti sul sist. endocrino      | 2,9                                            | 2,8 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,7                                             | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,6                                                        | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,6 | 2,8 | 2,7 | 2,3 |
| Comparto Salute                                          | Effetti sul sist. riproduttivo   | 1,6                                            | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,4                                             | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 1,4                                                        | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,6 | 1,9 |
|                                                          | Rischio superamento ADI          | 2,1                                            | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 2,3                                             | 2,3 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,2                                                        | 2,3 | 2,2 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,0 | 1,3 |
|                                                          | Mutagenesi                       | 1,6                                            | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,7 | 1,6 | 1,7 | 1,3                                             | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,3 | 1,3                                                        | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 1,9 |
|                                                          | Cancerogenesi                    | 2,0                                            | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,2                                             | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 1,2                                                        | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 2,6 |
|                                                          | Danni ad organi                  | 1,7                                            | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,2                                             | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 1,3                                                        | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 2,0 |

Fonte: Elaborazione ARPA Sicilia, Struttura di Ragusa su dati ISPRA e dati ARPA Sicilia



**Tabella 3: Quadro riassuntivo della Classe Media per le acque sotterranee**

| Quadro riassuntivo<br>Acque sotterranee<br>Classe Media |                                  | italia<br>stato IP50   |     |     |     |     |     |     | sicilia<br>stato IP50  |     |     |     |     |     |     | ragusa<br>stato IP50             |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                                         |                                  | 2010-11-12-13-14-15-16 |     |     |     |     |     |     | 2010-11-12-13-14-15-16 |     |     |     |     |     |     | 2010 -11 -12 -13 -14 -15 -16 -17 |     |     |     |     |     |     |     |
| Comparto Acqua                                          | Affinità per l'acqua             | 1,9                    | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,0                    | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 2,0                              | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 2,0 | 1,9 |
|                                                         | Persistenza nel suolo            | 2,1                    | 2,0 | 2,0 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 2,0 | 2,0                    | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 2,0                              | 1,6 | 1,9 | 1,8 | 2,0 | 1,8 | 1,9 | 1,7 |
|                                                         | Mobilità nel suolo               | 1,9                    | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0                    | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 1,9 | 1,9 | 1,7 | 2,0                              | 2,3 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 1,7 | 1,8 |
|                                                         | Persistenza in acqua             | 2,8                    | 2,7 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,8                    | 2,7 | 2,8 | 2,6 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,8                              | 2,2 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,5 |
|                                                         | Persistenza nel sedimento        | 2,6                    | 2,3 | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,4 | 2,4                    | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,4                              | 1,7 | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 1,9 |
|                                                         | Potenziale di percolazione       | 2,4                    | 2,3 | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,3 | 2,1                    | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 1,9 | 2,1                              | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2,1 | 1,8 | 1,9 | 2,1 |
| Comparto Ecosistema                                     | Tossicità per i mammiferi        | 2,7                    | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,5 | 2,9                    | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 2,7 | 2,7 | 2,6 | 2,9                              | 2,9 | 2,8 | 2,9 | 2,8 | 2,6 | 2,6 | 2,4 |
|                                                         | Tossicità per gli uccelli        | 2,3                    | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 1,9 | 2,3                    | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 2,3                              | 2,0 | 1,9 | 2,1 | 1,8 | 1,6 | 1,7 | 1,5 |
|                                                         | Tossicità per i pesci            | 2,3                    | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,4                    | 1,9 | 1,8 | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,4                              | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 2,1 | 1,9 | 1,9 |
|                                                         | Tossicità per gli inv. acquatici | 2,3                    | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,5                    | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,5                              | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 2,1 | 2,1 |
|                                                         | Tossicità per le api             | 2,1                    | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 1,8                    | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,8                              | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,7 |
|                                                         | Tossicità per i lombrichi        | 2,3                    | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,2                    | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,2                              | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,7 |
| Comparto Salute                                         | Affinità al bioaccumulo          | 2,1                    | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 2,4                    | 1,8 | 1,6 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 2,4                              | 1,5 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 1,9 | 1,7 |
|                                                         | PERICOLO AMB. ACQUATICO          | 2,4                    | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,5                    | 2,2 | 2,2 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,5                              | 2,5 | 2,3 | 2,4 | 2,3 | 2,6 | 2,5 | 2,0 |
|                                                         | Effetti sul sist. endocrino      | 2,9                    | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,8 | 2,8 | 2,9                    | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,8 | 2,8 | 2,7 | 2,9                              | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,8 | 2,7 | 2,7 | 2,6 |
|                                                         | Effetti sul sist. riproduttivo   | 1,1                    | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1                    | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,1                              | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,3 | 1,5 |
|                                                         | Rischio superamento ADI          | 2,6                    | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,6                    | 2,4 | 2,3 | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,6                              | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 2,1 | 2,0 |
|                                                         | Mutagenesi                       | 1,0                    | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,0                    | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,0                              | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,2 | 1,1 | 1,4 |
|                                                         | Cancerogenesi                    | 1,1                    | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,3 | 1,1                    | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,1                              | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,3 |
|                                                         | Danni ad organi                  | 1,1                    | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,1                    | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1                              | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
|                                                         |                                  |                        |     |     |     |     |     |     |                        |     |     |     |     |     |     |                                  |     |     |     |     |     |     |     |
|                                                         |                                  |                        |     |     |     |     |     |     |                        |     |     |     |     |     |     |                                  |     |     |     |     |     |     |     |

Fonte: Elaborazione ARPA Sicilia, Struttura di Ragusa su dati ISPRA e dati ARPA Sicilia

potenziale, nella valutazione dei dati di monitoraggio rappresenta un approccio innovativo per la stima della pressione ambientale determinata dall'impiego di tali sostanze.

L'utilizzo di indicatori specifici per gli aspetti eco-tossicologici, ambientali e sanitari, permette di svolgere valutazioni più approfondite e di pesare la presenza dei pesticidi in funzione delle caratteristiche intrinseche delle sostanze attive impiegate o riscontrate nei monitoraggi.

È così possibile giungere a una graduazione e stima della pressione ambientale che può essere svolta su diversa scala territoriale e temporale per singolo comparto ambientale o rispetto a specifiche caratteristiche eco-tossicologiche, ambientali e sulla salute umana.

## Bibliografia

Antoci M.L., ARPA Sicilia, 2018. *Aggiornamento della Valutazione dell'impatto Correlato all'uso dei Pesticidi in Ambito Regionale e Provinciale. Applicazione Dell'indicatore Classe D'impatto Potenziale di ARPA Toscana ai dati di Vendita di Fitofarmaci ed ai Risultati del Monitoraggio dell'ambiente* Idrico  
[http://www.arpa.sicilia.it/wpcontent/uploads/2014/06/Valutazione\\_impatto\\_fitofarmaci](http://www.arpa.sicilia.it/wpcontent/uploads/2014/06/Valutazione_impatto_fitofarmaci).

Franchi A., ARPA Toscana, 2018. *Fitofarmaci Classe di impatto potenziale - CIP Versione aggiornata con dati di classificazione CLP* in  
[http://www.arpat.toscana.it/documentazione/catalogo-pubblicazioni-arpat/fitofarmaci-classe-di-impatto-potenziale-cip\\_rev\\_1\\_03042018.pdf](http://www.arpat.toscana.it/documentazione/catalogo-pubblicazioni-arpat/fitofarmaci-classe-di-impatto-potenziale-cip_rev_1_03042018.pdf).



## 8. AMBIENTE E BENESSERE

### Effetti sanitari a breve termine del PM10 di origine desertica e non desertica sulla salute umana in Sicilia

Matteo Renzi<sup>1</sup> Francesco Forastiere<sup>1</sup>, Roberta Calzolari<sup>2</sup>, Achille Cernigliaro<sup>3</sup>, Giuseppe Madonia<sup>2</sup>, Paola Michelozzi<sup>1</sup>, Marina Davoli<sup>1</sup>, Salvatore Scondotto<sup>3</sup>, Massimo Stafoggia<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>ASL Roma 1, <sup>2</sup>ARPA Sicilia, <sup>3</sup>Regione Sicilia, <sup>4</sup>Karolinska Institutet, Institute of Environmental Medicine (IMM)

Negli ultimi decenni molti studi epidemiologici hanno evidenziato effetti dannosi sulla salute umana determinati dall'esposizione, sia a breve che a lungo termine, ad inquinanti atmosferici (Samoli *et al.*, 2008; Cohen *et al.*, 2017; EEA, 2017). La letteratura scientifica si è soffermata principalmente sugli effetti avversi sulla salute – quali mortalità per cause naturali e ricoveri ospedalieri per patologie cardiovascolari e respiratorie – ed esposizione al particolato atmosferico (PM). Nelle aree urbane l'emissione di tale inquinante è strettamente legata al traffico veicolare e alla combustione di biomasse. Sebbene siano state già fornite evidenze sugli effetti del PM antropogenico su morbilità e mortalità (Baccarelli *et al.*, 2009; Gruzieva *et al.*, 2017), risultano invece meno indagati gli effetti del PM prodotto da altre fonti, come incendi boschivi, eruzioni vulcaniche ed avvezioni desertiche.

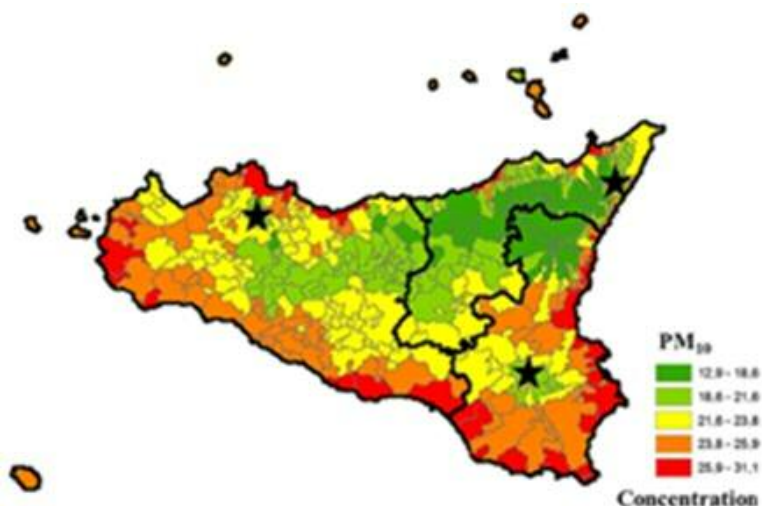
Recentemente, il progetto europeo MED-PARTICLES, oltre a evidenziare gli effetti a breve termine sulla salute per le diverse frazioni di PM nelle regioni del sud Europa (Samoli *et al.*, 2013 e 2014, Stafoggia *et al.*, 2013), ha approfondito il ruolo delle sabbie desertiche provenienti da avvezioni sahariane separando il contributo della componente desertica da quella antropogenica nella composizione del PM10 (Pey *et al.*, 2013; Stafoggia *et al.*,

2015). I risultati del progetto hanno evidenziato che nell'area del Mediterraneo gli eventi di avvezione sahariana si manifestano per una percentuale considerevole di giorni durante l'anno e che gli effetti sanitari attribuibili a tale componente desertica sono almeno paragonabili a quelli determinati dal PM di origine antropogenica. Questi risultati interessanti hanno stimolato un approfondimento sugli esiti sanitari del particolato atmosferico e sul potenziale ruolo delle avvezioni sahariane in Sicilia, la più grande isola del mediterraneo, caratterizzata sia dalla presenza di grandi aree urbane e industriali (3 aree ad elevato rischio di crisi ambientale – AERCA: Gela (CL), Priolo (SR) e Milazzo (ME)), sia dalla vicinanza ad aree desertiche.

Negli ultimi anni l'utilizzo di modelli complessi, basati su dati satellitari e *Land-Use Regression* (LUR), ha permesso di quantificare il PM giornaliero permettendo anche di predirne la concentrazione giornaliera e stimare l'associazione con esiti sanitari anche in località in cui non sono disponibili dati di monitoraggio della qualità dell'aria. Nel presente studio, utilizzando stime di concentrazione del PM10 basate su dati satellitari, è stata ampliata su base regionale un'analisi precedentemente condotta su quattro città siciliane per valutare l'associazione tra il PM10, di origine desertica e non desertica, e la mortalità causa-specifica nella regione Sicilia (Renzi *et al.*, 2017).

A causa della sua posizione geografica, l'isola è spesso investita da avvezioni sahariane, che possono determinare un notevole aumento dei livelli medi regionali di PM10; in aggiunta a ciò, sono presenti anche numerose sorgenti di emissione di particolato, alcune di natura antropogenica (attività industriali, riscaldamento domestico e traffico veicolare), altre di origine naturale (polveri vulcaniche, erosioni delle coste, aerosol marino, etc.). Nello studio, per stimare le

Figura 1: Concentrazioni medie di PM10 nell'intera regione nel periodo 2006-2012



Fonte: Renzi *et al.* 2018

concentrazioni medie giornaliere di PM10, è stata utilizzata la metodologia in 3 step (Stafoggia *et al.*, 2016) basata su diversi strumenti d'indagine (modelli meteorologici, mappe di aerosol, etc.). Tale metodologia ha permesso di identificare gli episodi di avvezione sahariana nell'intera regione, indipendentemente dalla loro durata ed intensità (Pey *et al.*, 2013). Successivamente, è stata condotta un'analisi statistica delle serie temporali di concentrazioni giornaliere di PM10 di fondo, per quantificare il contributo specifico della polvere desertica a livello del suolo, nei giorni di avvezione sahariana. La regione è stata suddivisa in 3 macroaree (Figura 1): occidentale, con la città di Palermo, sud orientale, con le città di Catania e Siracusa, nord orientale, con la città di Messina. Le stelle individuano le tre municipalità rurali di Piana degli Albanesi (occidentale), Fiumedinisi (nord orientale) Vizzini (sud orientale), dove i dati delle concentrazioni

Dal momento che non erano disponibili dati regionali che potessero definire il fondo urbano, per ciascuna delle macroaree è stata individuata una municipalità rurale (indicate con una stella in Figura 1), nella quale è stato assunto trascurabile il contributo del PM10 proveniente dalle attività umane. Le stime di PM10 in queste municipalità rurali sono state ottenute attraverso l'elaborazione delle immagini satellitari, non disponendo di misure dirette. Allo scopo di valutare il contributo di polvere desertica al particolato atmosferico, in accordo con quanto disposto nella EC-Guidelines in EU Air Quality Directive (2008/50/EC), è stato utilizzato l'*EU method*, che consiste nell'applicazione del 40° percentile mobile a 30 giorni sulla serie di dati di PM10, dopo aver escluso i giorni in cui si sono verificati gli eventi di avvezione sahariana. Per questi giorni il valore percentile rappresenta valore di *background* di PM10 atteso, in assenza di evento

desertico. Il contributo desertico è stato stimato calcolando la differenza tra il valore di PM<sub>10</sub> osservato ed il valore atteso sulla base del PM<sub>10</sub> di *background*: si è assunto dunque che la distribuzione dei giorni con polvere sahariana fosse indipendente da altre condizioni che favorissero l'accumulo d'inquinanti atmosferici (per es. riduzione dell'altezza di rimescolamento nel *planetary boundary layer* (PBL), scarsa ventosità etc..) cosicché i picchi di inquinanti registrati in quei giorni potessero essere attribuiti esclusivamente ad episodi di avvezione sahariana. Tale procedura è stata applicata separatamente a ciascuna delle tre macroaree, stimando così delle serie temporali di concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> desertico stratificate per area. Infine è stato stimato il contributo delle altre sorgenti dalla differenza tra le concentrazioni di PM<sub>10</sub> stimate dal modello spazio-temporale basato sui dati satellitari ed il contributo di polvere desertica. Nelle valutazioni è stato tenuto conto anche dell'effetto dei possibili confondenti, come per esempio la temperatura media, le festività e i periodi di vacanze, il decremento della popolazione nel periodo estivo, le epidemie influenzali, in accordo con i più diffusi protocolli in uso anche a livello internazionale (Analitis *et al.*, 2006; Faustini *et al.*, 2011). È stata altresì condotta un'analisi per definire la presenza di associazione tra mortalità causa-specifica ed esposizione al PM<sub>10</sub> (totale, desertico o antropogenico) attraverso l'analisi delle serie temporali nell'intera regione, che ha tenuto conto delle specifiche serie temporali delle 390 municipalità. È stato applicato un modello di regressione di Poisson sovradisperso nel quale la variabile dipendente è la conta giornaliera delle morti causa-specifica, l'esposizione è costituita dalla concentrazione media giornaliera di PM<sub>10</sub> totale, e sorgente specifica (desertica e non desertica) in grado di tener conto dei vari fattori di confondimento. Gli

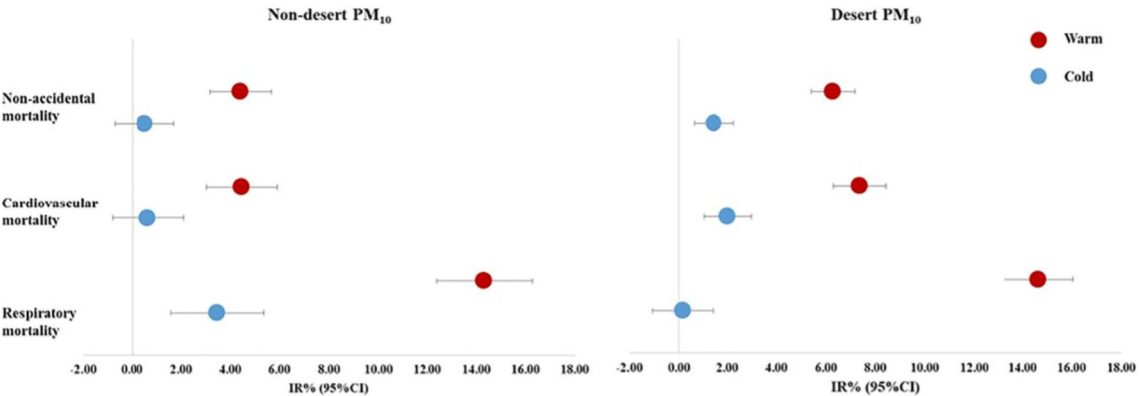
**Tabella 1: Associazione tra il PM<sub>10</sub> sorgente specifico e cause di mortalità causa specifica nell'intera regione Siciliana, per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>, a differenti lag**

| Mortality      | N       | Non-desert PM <sub>10</sub> |      |        | Desert PM <sub>10</sub> |      |        |
|----------------|---------|-----------------------------|------|--------|-------------------------|------|--------|
|                |         | IR%                         |      | 95% CI | IR%                     |      | 95% CI |
| <hr/>          |         |                             |      |        |                         |      |        |
| Non-accidental |         |                             |      |        |                         |      |        |
| Lag 0-1        | 320,187 | 2.14                        | 1.53 | 2.75   | 2.48                    | 2.07 | 2.89   |
| Lag 2-5        |         | 0.93                        | 0.21 | 1.66   | 2.28                    | 1.78 | 2.77   |
| Lag 0-5        |         | 2.27                        | 1.41 | 3.14   | 3.78                    | 3.19 | 4.37   |
| Cardiovascular |         |                             |      |        |                         |      |        |
| Lag 0-1        | 141,205 | 2.34                        | 1.61 | 3.08   | 2.83                    | 2.34 | 3.32   |
| Lag 2-5        |         | 1.11                        | 0.24 | 1.98   | 2.93                    | 2.34 | 3.53   |
| Lag 0-5        |         | 2.38                        | 1.35 | 3.43   | 4.54                    | 3.82 | 5.26   |
| Respiratory    |         |                             |      |        |                         |      |        |
| Lag 0-1        | 20,119  | 3.34                        | 2.44 | 4.25   | 2.01                    | 1.41 | 2.60   |
| Lag 2-5        |         | 6.20                        | 5.10 | 7.32   | 5.14                    | 4.39 | 5.90   |
| Lag 0-5        |         | 8.15                        | 6.82 | 9.50   | 6.29                    | 5.39 | 7.20   |

Fonte: Renzi *et al.* 2018

effetti del PM<sub>10</sub>, di origine desertica ed antropogenica, sono stati valutati simultaneamente attraverso l'analisi di modelli di regressione a due inquinanti, per stimare in modo indipendente gli effetti delle due sorgenti di PM<sub>10</sub>. Sulla base di studi precedenti, le stime sono state calcolate tenendo conto delle numerose finestre di esposizione (*lag*) per ciascuno degli esiti di salute indagati: *lag* 0-1 (media del PM<sub>10</sub> negli ultimi 2 giorni), *lag* 2-5 (media di 4 giorni, dal secondo al quinto) *lag* 0-5 (media degli ultimi 6 giorni). Infine è stata eseguita un'analisi stagione-specifica per fornire stime di effetto separate del PM<sub>10</sub> desertico e non desertico sulla mortalità causa-specifica che potessero tenere conto anche della stagionalità, con particolare riferimento ad una stagione calda (aprile-settembre) e una fredda (ottobre-marzo). I risultati dell'analisi sono espressi come incremento percentuale di mortalità rispetto ad incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub> desertico e non desertico. Nel periodo analizzato nell'intera regione sono state osservate 320.187 morti per cause non accidentali, 141.205 morti per cause cardiovascolari e

Figura 2: Confronto tra gli effetti del PM10 desertico e non desertico sulla mortalità causa-specifiche con riferimento alla stagionalità calda e fredda; i risultati sono espressi come incremento di mortalità



Fonte: Renzi *et al.* 2018

20.119 morti per cause respiratorie. Le avvezioni sahariane si manifestano circa nel 30% dei giorni di un anno.

La Tabella 1 riporta i risultati dell'associazione tra il PM10 sorgente-specifico e gli esiti di mortalità a diversi *lag* ed evidenzia la presenza di effetti consistenti e significativi sulla mortalità per tutte le cause. In particolare, nel *lag* 0-5 si osserva un incremento del rischio di mortalità (IR%) per cause non accidentali del 2.27% (IC 95%=1.41-3.14) e 3.78% (IC 95%=3.19-4.37) per incrementi di 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10 rispettivamente di origine non desertica e desertica. Le stime risultano ancora più elevate per la mortalità per cause respiratorie nell'intervallo più ampio (*lag* 0-5) con IR% di 8.15% (95%CI=6.82-9.50) e 6.29% (95% CI= 5.39-7.20) rispettivamente per PM10 non desertico e desertico. Gli effetti riportati risultano ancora maggiori nel periodo più caldo per entrambe le sorgenti di PM10, come riassunto nella Figura 2.

Gli effetti più elevati, registrati nel periodo più caldo, confermano quanto già descritto dalla letteratura

scientifica e probabilmente sono da mettere in relazione con la maggiore esposizione della popolazione dovuta al maggior tempo trascorso all'aria aperta ed alla consuetudine di tenere più frequentemente aperte le finestre nella bella stagione.

A livello biologico, l'incremento della mortalità osservata potrebbe essere ricondotta all'attivazione di specifici processi infiammatori, che prevedono un incremento della produzione di proteina C-reattiva e di citochine pro-infiammatorie a seguito dell'inalazione di particelle aerodisperse (Shadie *et al.*, 2014). Inoltre, poiché nel corso degli eventi sahariani si verifica verosimilmente un'alterazione delle comuni condizioni meteorologiche, è stato ipotizzato che la potenziale riduzione dei livelli di umidità relativa dell'aria, a causa dell'aggregazione di gocce d'acqua con il particolato, faciliterebbe la diffusione di specie di microrganismi patogeni presenti nel PM, responsabili degli aumenti della mortalità naturale e causa-specifica riportati. Infine i differenti esiti sulla salute descritti potrebbero dipendere dalle

diverse caratteristiche tossicologiche delle polveri desertiche, determinate dalla loro origine e dalle traiettorie lungo le quali avviene la diffusione ed il trasporto. Negli ultimi anni anche altri studi hanno focalizzato la loro attenzione su esposizione a breve termine al PM ed esiti di salute nell'area del Mediterraneo (MED-PARTICLE, Samoli *et al.*, 2013). Recentemente, applicando la metodologia standard EU utilizzata nel presente lavoro, è stata descritta (Stafoggia *et al.*, 2016) un'associazione positiva tra esposizione al PM10 e mortalità per cause naturali e cardiovascolari, principalmente nei giorni di avvezione sahariana, e per cause respiratorie nei giorni senza il contributo sahariano. Nel presente contributo è stata riportata la presenza di un'associazione più elevata tra esposizione a breve termine al PM10 e mortalità generale rispetto a quanto descritto da Stafoggia e collaboratori, da ricondurre possibilmente ad un differente disegno di studio che ha incluso anche ampie aree non urbane e rurali insieme alle grandi città che erano già da sole state oggetto delle precedenti indagini. La Sicilia, per la sua posizione geografica, risulta maggiormente esposta ad eventi di avvezione sahariana, rispetto alle città europee incluse in altri studi, tra cui MED-PARTICLES, ed è affetta da fenomeni sahariani per almeno il 30% dei giorni dell'anno; tali fenomeni, che non sono evitabili, sono però prevedibili. In conclusione i risultati del presente studio suggeriscono che il particolato atmosferico è un importante fattore di rischio di mortalità in Sicilia; in particolare vi è un'evidente e specifica associazione tra esposizione al PM10 di origine desertica e mortalità sostenuta principalmente da cause respiratorie. Pertanto, la possibilità di prevedere il sopraggiungere di fenomeni di avvezione sahariana potrebbe essere un'ottima *chance* per i *policy makers*, sia a livello locale

che nazionale, per implementare specifiche misure di limitazione delle emissioni di particolato da sorgenti antropogeniche al fine di proteggere la salute umana.

## Bibliografia

- Analitis A., Katsouyanni K., Dimakopoulou K., Samoli E., Nikoloulopoulos A., Touloumi Y.P., Giota, Forastiere F., Schwartz J.D., Anderson H.R., Cambra K., Zmirou, D., Vonk J.M., Clancy L., Kriz B., Bobvos J., Pekkanen J., 2006, *Short term effects of ambient particles on cardiovascular and respiratory mortality*, *Epidemiology* 17, 230–233.
- Baccarelli A., Martinelli I., Pegoraro V., Melly S., Grillo P., Zanobetti A., Hou, L., Bertazzi P.A., Mannucci P.M., Schwartz J., 2009, *Living near major traffic roads and risk of deep vein thrombosis*, *Circulation* 119, 3118–3124.
- Cohen A.J., Brauer M., Burnett R., Anderson H.R., Frostad J., Estep K., Balakrishnan K., Brunekreef B., Dandona L., Dandona R., Feigin V., Freedman G., Hubbell B., Jobling A., Kan H., Knibbs L., Liu Y., Martin R., Morawska, L., Pope, C.A., Shin, H., Straif, K., Shaddick G., Thomas M., van Dingenen R., van Donkelaar A., Vos T., Murray C.J.L., Forouzanfar M.H., 2017, *Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015*, *Lancet* 389, 1907–1918.
- European Environment Agency, 2017, *Air Quality in Europe – 2017*, Report EEA Technical Report.
- Faustini A., Stafoggia, M., Berti, G., Bisanti, L., Chiusolo, M., Cernigliaro, A., Mallone, S., Primerano, R., Scarnato, C., Simonato, L., Vigotti, M.A., Forastiere, F., 2011. *The relationship between ambient particulate matter and respiratory mortality: a multicity study in Italy*, *Eur. Respir. J.* 38, 538–547.
- Gruzdeva O., Merid S.K., Gref A., Gajulapuri A., Lemonnier

- N., Ballereau S., Gigante B., Kere J., Affray C., Melén E., Pershagen G., 2017, *Exposure to traffic-related airpollution and serum inflammatory cytokines in children*, Environ. Health Perspect. 125, 1–8.
- Pey J., Querol X., Alastuey A., Forastiere F., Stafoggia M., 2013, *African dust outbreaks over the Mediterranean Basin during 2001–2011: PM concentrations, phenomenology and trends, and its relation with synoptic and mesoscale meteorology*, Atmos. Chem. Phys. 13, 1395–1410.
- Renzi M., Stafoggia M., Cernigliaro A., Calzolari R., Madonia G., Scondotto S., Forastiere F., 2017, *Health effects of Saharan dust in Sicily Region (Southern Italy)*, Epidemiol. Prev. 41, 46–53.
- Renzi M., Forastiere F., Calzolari R., Cernigliaro A., Madonia M., Michelozzi P., Davoli M., Scondotto S., Stafoggia M., 2018, “Short-term effect of desert and non-desert PM10 on mortality in Sicily, Italy” Environ. Int. 120:472–479
- Samoli E., Peng R., Ramsay T., Pipikou M., Touloumi G., Dominici F., Burnett R., Cohen A., Krewski D., Samet J., Katsouyanni K., 2008, *Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA study*, Environ. Health Perspect. 116, 1480–1486.
- Samoli E., Stafoggia M., Rodopoulou S., Ostro B., Declercq C., Alessandrini E., Díaz J., Karanasiou A., Kelessis A.G., Le Tertre A., Pandolfi P., Randi G., Scarinzi C., Zauli Sajani S., Katsouyanni K., Forastiere F., 2013, *Associations between fine and coarse particles and mortality in Mediterranean cities: results from the MED-PARTICLES project*, Environ. Health Perspect. 121, 932–938.
- Shadie A.M., Herbert C., Kumar R.K., 2014, *Ambient particulate matter induces an exacerbation of airway inflammation in experimental asthma: Role of interleukin-33*, Clin. Exp. Immunol. 177, 491–499.
- Stafoggia M., Samoli E., Alessandrini E., Cadum E., Ostro B., Berti G., Faustini A., Jacquemin B., Linares C., Pascal M., Randi G., Ranzi A., Stivanello E., Forastiere F., 2013, *Short-term associations between fine and coarse particulate matter and hospitalizations in Southern Europe: results from the MED-PARTICLES project*, Environ. Health Perspect. 121, 1026–1033.
- Stafoggia M., Schwartz J., Badaloni C., Bellander T., Alessandrini E., Cattani G., de Donato F., Gaeta, A., Leone G., Lyapustin A., Sorek-Hamer M., de Hoogh K., Di Q., Forastiere F., Kloog I., 2016, *Estimation of daily PM concentrations in Italy (2006–2012) using finely resolved satellite data, land use variables and meteorology*, Environ. Int. 1–49.
- Stafoggia M., Zauli-Sajani S., Pey J., Samoli E., Alessandrini E., Basagaña X., Cernigliaro A., Chiusolo M., Demaria M., Díaz J., Faustini A., Katsouyanni K., Kelessis A.G., Linares C., Marchesi S., Medina, S., Pandolfi P., Pérez N., Querol X., Randi G., Ranzi A., Tobias A., Forastiere F., Study Group, M.-P., 2015, *Desert Dust outbreaks in Southern Europe: contribution to daily PM concentrations and short term associations with mortality and hospital admissions*, Environ. Health Perspect.

## La sorveglianza della legionellosi in Campania

Anna Maria Rossi, Francesca Di Leo, Trofimenia Lucibello, Mariangela Pagano, Antonio Coppola, Emanuele Lambiase, Antonio Petrosino  
ARPA Campania

La “malattia dei legionari” fu descritta per la prima volta nell'estate del 1976 quando una grave epidemia si diffuse tra i partecipanti al raduno della “*american legion*”, i reduci del Vietnam, riuniti in un hotel di Philadelphia. 221 persone contrassero una forma severa di polmonite precedentemente non conosciuta e furono contati 34 decessi. Solo in seguito si scoprì che la malattia era stata causata da un batterio, *legionella pneumophila*, che fu isolato nell'impianto di condizionamento dell'hotel, dove i veterani avevano soggiornato.

Le legionelle, di cui si conoscono 61 specie suddivise in oltre 70 sierogruppi, sono batteri ubiquitari in natura. Sono state isolate in acque sorgive, comprese quelle termali, in fiumi, laghi e fanghi. Le temperature comprese tra 25° e 55°C, la stagnazione e la presenza nelle acque di alghe, protozoi e sostanze biodegradabili ne favoriscono la moltiplicazione, con la formazione di pericolosi biofilm che aderiscono alle pareti di serbatoi e tubature.

Sebbene recentemente sia stato documentato il primo caso di trasmissione interumana, tale modalità di trasmissione della malattia rimane pressoché improbabile. Esiste una rete europea di sorveglianza della legionellosi associata ai viaggi (*European legionnaires disease surveillance network - eldsnet*), coordinata dall'ECDC (*European Centre for Disease prevention and Control*) che segnala all'istituto superiore della sanità (ISS) i turisti stranieri che hanno soggiornato e verosimilmente

acquisito l'infezione in Italia.

La fonte di contagio è esclusivamente ambientale, infatti la malattia si contrae per inalazione di aerosol o particelle contenenti il microrganismo e più fine è la nebulizzazione dell'acqua, maggiore è il rischio di infezione, in quanto goccioline di acqua con diametro inferiore a 5 µm penetrano più profondamente nelle basse vie respiratorie. In caso di contagio, il periodo di incubazione della malattia può variare da 2 a 10 giorni a seconda della suscettibilità individuale e dell'intensità di esposizione.

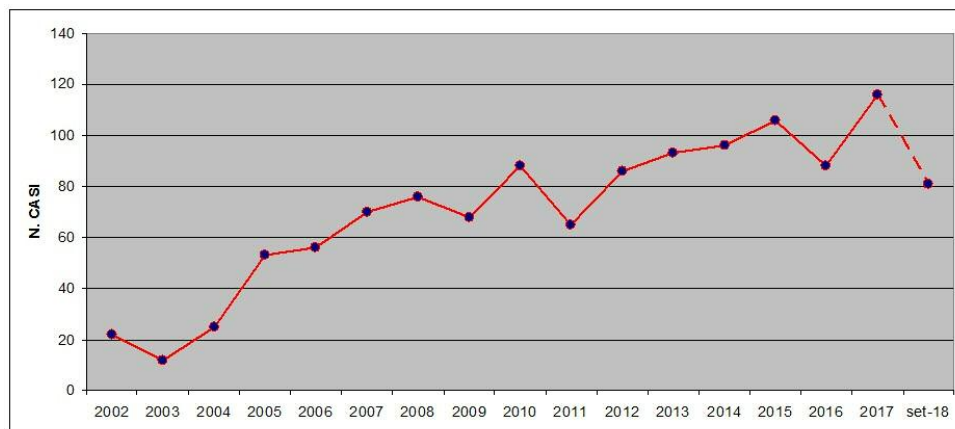
In Italia, le epidemie più rilevanti si sono avute in Lombardia a Cesano Maderno (mb) nel 2006 e in Emilia Romagna a Parma nel 2016. Nell'estate del 2018, tre epidemie hanno riguardato la Lombardia, precisamente a Bresso (mi), Brescia e Mantova. In molti casi il serbatoio di infezione è stato individuato nelle torri di raffreddamento di insediamenti industriali. Anche gli impianti idrici di strutture turistico-recettive è stato dimostrato avere frequentemente causato “cluster” (2 o più casi associati alla struttura nell'arco di due anni) di casi di legionellosi.

Il 7 maggio 2015, sono state pubblicate sul sito del ministero della salute le nuove “linee guida nazionali per la prevenzione e il controllo della legionellosi”. La polmonite da legionella è una malattia soggetta a notifica obbligatoria; la scheda di sorveglianza (all. 7- linee guida 2015) viene compilata da chi effettua la diagnosi ed inviata al servizio di igiene e sanità pubblica (sisp) dell'asl, alla regione e al ministero della salute. La fase successiva consiste nell'individuazione della fonte ambientale di contagio.

In Campania, il Laboratorio di Riferimento Regionale per la legionellosi opera dal 2001 presso l'ARPAC di Salerno ed è di fatto il centro che presiede alla sorveglianza ambientale della legionella di tutta la Regione. Tale centro,



**Figura 1: Numero di casi di legionellosi dal 2002 al 2018 (settembre) in Campania**



N° siti controllati: 958

N° campioni analizzati: 19.153

Fonte: ARPAC

infatti, unitamente all'ASL territoriale di riferimento, interviene nella ricerca di *Legionella spp.* nelle matrici ambientali (biofilm, incrostazioni, acqua, aria) prelevate ai punti critici degli impianti idrici e di condizionamento degli edifici frequentati dal soggetto che si è ammalato di legionellosi.

Il laboratorio è accreditato dal 2012 secondo la norma uni en iso / iec 17025 per la ricerca e tipizzazione di *Legionella spp.* Nella matrice acquosa adottando il metodo descritto nella uni en iso 11731:2017.

Le funzioni del laboratorio di riferimento di arpac possono essere così riassunte:

- Controlli in casi di *cluster* o di casi singoli di malattia;
- Controlli di verifica dopo trattamenti di bonifica;
- Monitoraggi preventivi per la ricerca di legionella in strutture sanitarie pubbliche e private in regime convenzionale;

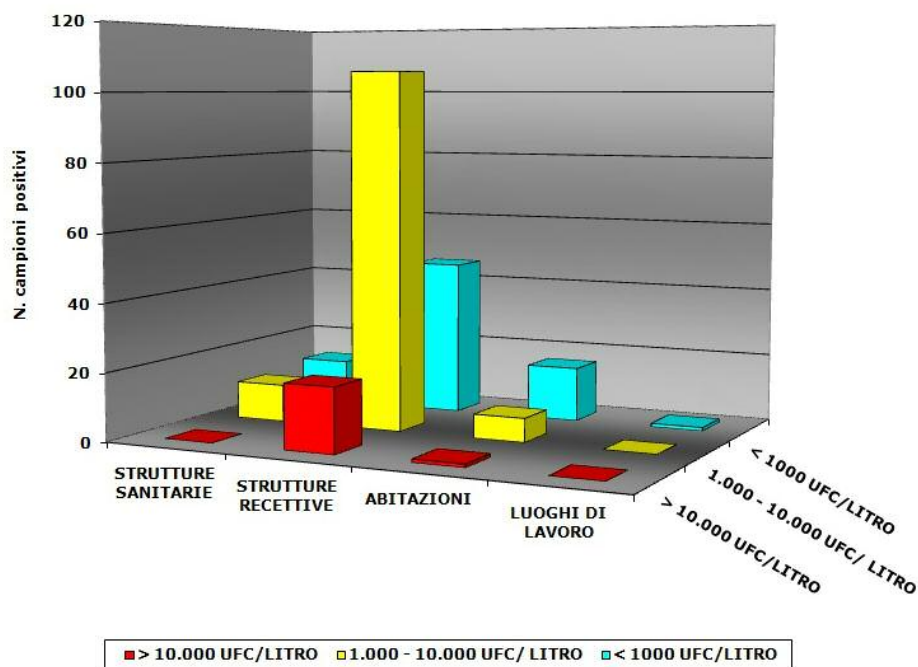
Collaborazione con l'ISS per la formulazione del rapporto annuale sulla legionellosi in Italia;

Divulgazione e formazione sulle azioni preventive per la riduzione del rischio legionella a enti pubblici e privati. Nel periodo compreso tra gennaio 2002 ed ottobre 2018 sono stati segnalati al Laboratorio ARPAC 1.214 casi di legionellosi, 789 dei quali notificati da ospedali campani. Il Laboratorio ha analizzato 19.153 campioni, prelevati in 958 siti sensibili (Figura 1).

Molti di questi casi sono stati controllati più volte nel corso del tempo a seguito di *cluster* o dopo trattamenti di disinfezione. Quando necessario, per uno stesso caso, la ricerca del serbatoio di infezione ha riguardato più siti frequentati dal soggetto che ha contratto la malattia (es. strutture recettive, abitazioni, luoghi di lavoro, ecc).

Nell'ultimo periodo - gennaio 2017/ottobre 2018 - sono pervenute al Laboratorio ARPAC richieste di intervento,

Figura 2: Distribuzione delle concentrazioni di *Legionella* nei campioni positivi esaminati dal Laboratorio ARPAC - gennaio 2017/settembre 2018 (primo controllo)



Fonte: ARPAC

per 197 casi così suddivisi: 108 associati ai viaggi, 17 nosocomiali e 72 comunitari.

Sono stati ispezionati 135 siti: 75 strutture recettive, 14 strutture sanitarie (di cui 9 ospedali), 38 abitazioni e 8 sedi lavorative.

Sono stati notificati 25 *cluster* associati ad altrettante strutture recettive, che hanno complessivamente coinvolto 55 turisti, di cui 43 italiani e 12 stranieri.

*Legionella Pneumophila* è stata isolata in 37/75 strut-

ture recettive (49,3%) con il 17,5% di campioni positivi, nel range di concentrazione tra 100 e 28.000 UFC/L, e di questi il 10% con prevalenza di *L.pneumophila* sierogruppo 1 (Lp.1), il genotipo più aggressivo, e in percentuali decrescenti *L.pneumophila* sierogruppo 6,8,3 e 5. 4/14 strutture sanitarie (28,6%) sono risultate contaminate da *L.pneumophila* con 18,7% di campioni positivi con concentrazioni del germe comprese tra 200 e 9.600 UFC/L. Nell'88% dei campioni si è isolata Lp.1.

Relativamente alle 8 sedi di lavoro investigate, in un solo campione (su 60 totali) è stata isolata L.p.6 in concentrazione di 500 UFC/L.

In 7/38 abitazioni (18,4%) è stata riscontrata presenza del germe e nell'8% dei campioni positivi il *range* di concentrazione era compreso tra 100 e 30.000 UFC/L quasi totalmente (96%) L.p.1. La verifica effettuata nelle case di residenza di 2 soggetti, deceduti per legionellosi, hanno mostrato che il germe si annidava, in un caso, nella cisterna per la riserva d'acqua esposta al sole (200 UFC/L L.p.1) e nell'altro, nel box doccia idromassaggio (30.000 UFC/L L.p.1).

In Figura 2 è riportata la distribuzione delle concentrazioni di legionella nei campioni positivi.

In conclusione, i dati del Laboratorio ARPAC suggeriscono che deve essere migliorata la prevenzione della contaminazione del batterio nelle strutture recettive, largamente frequentate da turisti sia italiani che stranieri, soprattutto al fine di ridurre il numero di *cluster* associati alla Campania. Incoraggiante appare, invece, la riduzione della contaminazione osservata negli ospedali rispetto al passato, espressione dell'adozione di efficaci Piani di sorveglianza del batterio adottati dalle Aziende Ospedaliere.

Preoccupazione desta, infine, il rilevamento di legionella in ambiente domestico. Importante, quindi, è sensibilizzare i cittadini alle insidie di questo germe che può facilmente nascondersi nelle nostre case. Conoscendo l'*habitat* del microrganismo e mettendo in pratica un'efficace prevenzione si può combattere questa temibile malattia. ARPAC continuerà il suo lavoro di divulgazione e formazione sui rischi della legionella in Campania secondo il principio che "se la conosci non la temi".

## Bibliografia

Nuove linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi ([http://www.salute.gov.it/imgs/c\\_17pubblicazioni\\_2362\\_allegato.pdf](http://www.salute.gov.it/imgs/c_17pubblicazioni_2362_allegato.pdf))

Correia am, ferreira js, borges v, et al. *Probable person-to-person transmission of legionnaires disease*. N Engl J med 2016; 375(1): 497-8

Rota m.c., pontrelli g., scaturro m., bella a., bellomo ar., trinito mo, salmaso s., ricco ml. 2005 *legionnaires' disease outbreak in rome, italy* epidemiol infect. Oct.; 133(5): 853-9

Rota m.c., scaturro m., fontana s., foroni m., boschetto g., tentin l., blengio g., bandettini g., buratto t., caporali m., napolic, ricco ml. 2011 - *cluster of travel-associated legionnaires disease in lazise, italy to august 2011*. Eurosurveill. Oct, 16(40) pii:19982

## Analisi biologiche su campioni in ambiente *indoor* in due edifici dopo il sisma dell'Aquila del 6/4/2009

Antonella Iannarelli  
ARTA Abruzzo

Dopo il sisma del 6 Aprile 2009, la città di L'Aquila si è trovata a progettare e ricostruire un gran numero di edifici storici. Durante la progettazione sono stati considerati molti fattori: sostenibilità strutturale, percentuale residua della struttura rimanente su cui lavorare, valutazione del lavoro straordinario sui palazzi storici, valutazione storico-culturale per un'eventuale sostituzione dell'edificio storico danneggiato e garanzia della qualità ambientale dell'aria *indoor*.

L'inquinamento *indoor* interessa l'aria degli ambienti confinati, cioè quella presente nei luoghi in cui si svolgono attività umane, sia di lavoro non industriale, sia conviviali, di svago o riposo. Per abitazioni, scuole, uffici, edifici pubblici o mezzi di trasporto l'inquinamento *indoor* è spesso sottovalutato per fattori di natura culturale, psicologica o storica. Negli anni più recenti è stato segnalato un aumento di problemi sanitari legati alla *Indoor Air Quality* (IAQ), correlabile anche a nuovi stili di vita: misure di risparmio energetico, quali la maggior efficienza di serramenti, possono produrre scarso ricambio d'aria, mentre i sistemi di climatizzazione possono far ricircolare aria eventualmente contaminata. In questi casi, cattiva manutenzione o errata progettazione degli impianti possono portare a contaminazione dell'aria *indoor*. La qualità dell'aria *indoor* è influenzata dalla qualità di quella proveniente dall'esterno, dalla presenza di fonti di inquinamento legate alle attività che si svolgono negli ambienti interni o dalla presenza di fonti di emissione puntiformi più o meno continue.

In Italia non c'è una normativa specifica per il controllo della qualità dell'aria *indoor* negli edifici. Esistono comunque norme emanate dai Comuni nell'ambito dei Regolamenti di igiene e sanità, che fissano parametri di salubrità delle abitazioni e degli abitati in genere.

Nello studio presentato, si è indagata la qualità dell'aria *indoor* in due costruzioni situate vicino L'Aquila: la prima, Colonia Montana IX Maggio a Monteluco di Roio, è un edificio in cima ad una grande collina; la seconda, Palazzo Moscardelli, è un edificio sito nel centro storico della città medievale di Ofena.

Il campionamento all'interno delle stanze è stato effettuato con una pompa Zefon Bio-Pump, in grado di aspirare 15 l/min a flusso libero. Il flusso aspirato è convogliato in un alloggiamento (cassetta Air-0-Cell) studiato per la raccolta rapida di un'ampia quantità di sostanze aeroallergeniche, tra cui spore di muffe, pollini, parti di insetti, frammenti di pelle, fibre e polveri inorganiche.

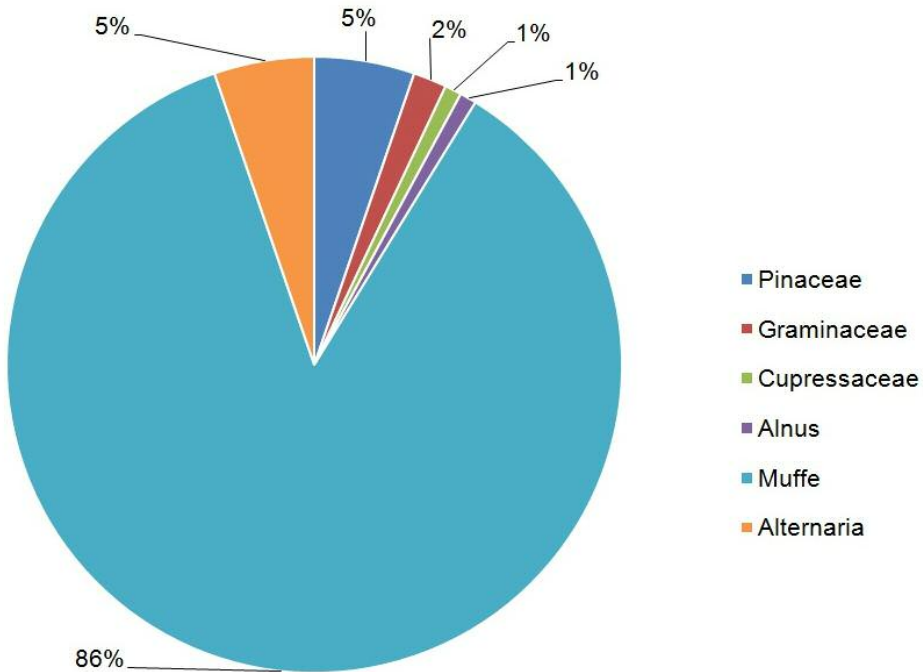
Le cassette Air-0-Cell operano sul principio dell'impatto inerziale: il particolato contenuto nell'aria è aspirato, fatto passare attraverso l'ingresso della cassetta, quindi depositato direttamente su un piccolo vetrino di raccolta.

La natura dell'adesivo di raccolta fa sì che il particolato non subisca alterazioni o venga disperso durante la manipolazione o il trasporto della cassetta.

Al termine del campionamento, le cassette sono portate in laboratorio dove i vetrini vengono rimossi, colorati con il blu di metilene e visionati direttamente al microscopio ottenendo così un'analisi immediata del bioparticolato raccolto.

I pollini sono le cellule riproduttrici maschili delle piante con fiori. Per le loro dimensioni (15-200µ), penetrano agevolmente negli ambienti confinati per via aerea o trasportati da scarpe, indumenti, animali od oggetti. So-

Figura 1: Campioni prelevati nel sito “ex Colonia montana IX Maggio”

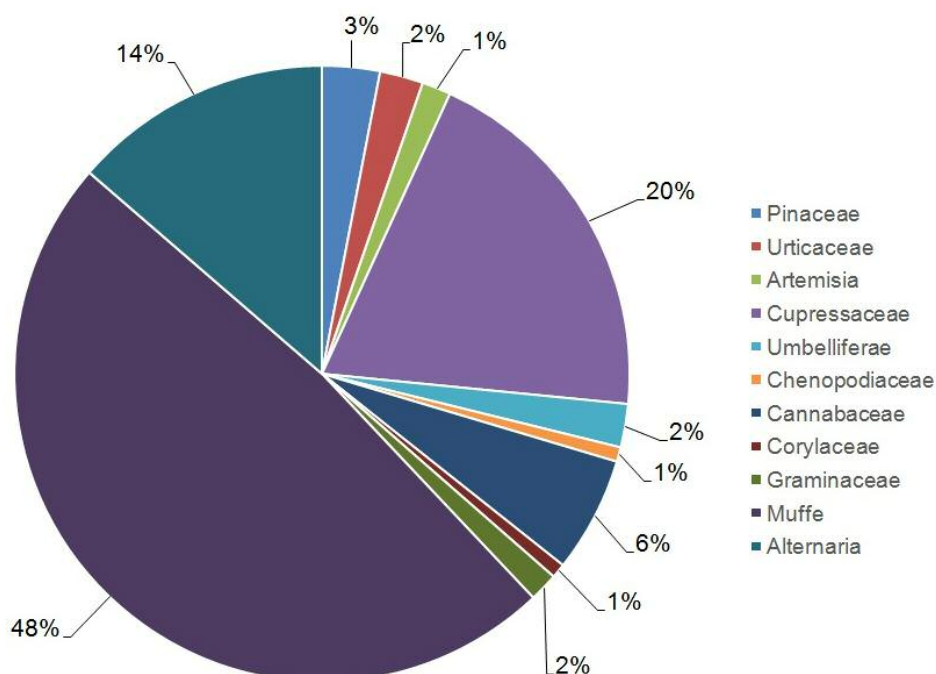


Fonte: ARTA Abruzzo

litamente, nei periodi della fioritura, la concentrazione dei pollini negli ambienti *indoor* è notevolmente minore della concentrazione all'esterno; di contro, nel periodo invernale la concentrazione interna è sovente superiore perché il polline ristagna con la polvere presente all'interno degli edifici. Il principale effetto sulla salute causato dal polline è un'allergia specifica, che diventa un problema quando la concentrazione del polline supera una specifica soglia e rende evidenti sintomi molto

chiari: congiuntiviti, infiammazione alle vie respiratorie, tosse, mal di gola, asma, rinorrea e altro. Di solito, i periodi di pollinosi si manifestano in tempi delimitati e relazionati alla fioritura delle famiglie vegetali a cui si è allergici. Gli ambienti confinati possono, in alcuni casi, rappresentare un vero e proprio rifugio per quanti soffrono di allergie, purché si garantisca all'interno una bassa concentrazione del biocontaminante. Il potere allergenico, cioè la capacità di indurre reazioni

Figura 2: Campioni prelevati nel sito "Palazzo Moscardelli"



Fonte: ARTA Abruzzo

allergiche a seconda del grado di allergenicità del granello pollinico, può essere basso, moderato, alto o elevato. Il grado di allergenicità dipende anche dalle condizioni climatiche dell'area in cui avviene la diffusione pollinica: le zone urbane, ad esempio, possono contribuire ad una maggiore sensibilizzazione ai pollini aerodispersi rispetto a quelle rurali, per la presenza di fattori atmosferici come l'inquinamento.

Le analisi sui campioni di aria *indoor* prelevate nei due

palazzi mostrano la presenza delle stesse specie di pollini rilevate nello spettro pollinico del Bollettino pubblicato dall'ARTA Abruzzo nella settimana 11-17 luglio 2016, con l'aggiunta di altre non presenti nello spettro.

I campioni prelevati nel sito "Ex Colonia montana IX Maggio" di Montelucio di Roio presentano pochissime specie di pollini: i pollini prevalenti sono quelli di *Pinaceae*, a seguire ci sono *Graminaceae*, *Cupressaceae* ed *Alnus*. La prevalenza di pollini di *Pinaceae* è correla-

bile sia alla ingente presenza nella località di Roio di boschi di pini, sia al loro periodo di fioritura, coincidente con il periodo di campionamento. *Cupressaceae* e *Alnus*, che fioriscono in primavera, sono presenti in concentrazioni bassissime. Le muffe in generale hanno concentrazione media: in particolare, *Alternaria* è presente in concentrazioni molto basse. Gli esiti evidenziano uno scenario compatibile con un ricircolo di aria considerevole; infatti il palazzo non è stato ancora ristrutturato e presenta infissi vecchi o rotti, che permettono il passaggio di aria.

I campioni prelevati nel sito "Palazzo Moscardelli", tra via Mazzini e via Accursio nel centro storico di Ofena, presentano un notevole aumento della varietà di pollini e di spore di muffe e un discreto aumento delle loro concentrazioni. Sono presenti soprattutto pollini di essenze vegetali che fioriscono in estate, in accordo con il periodo di campionamento.

Anche la presenza di numerose specie di muffe è riconducibile al periodo estivo, quanto le temperature e l'umidità elevate ne permettono la proliferazione.

Dalla varietà di pollini e di spore si può dedurre con certezza che l'edificio è stato esposto per lungo tempo a uno scambio d'aria con l'esterno.

Eseguiti i lavori di ristrutturazione, le stanze sono state equipaggiate con infissi ermetici; l'umidità e il caldo dei giorni estivi hanno quindi fatto proliferare le muffe, mancando il ricambio di aria con l'esterno.

Le muffe rinvenute (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus* e *Penicillium*) sono le più allergeniche, in quanto caratterizzate da forme e dimensioni tali da poter penetrare in profondità nel tratto respiratorio, sino agli alveoli polmonari.

I pollini e le muffe rilevate negli ambienti *indoor* evidenziano che Palazzo Moscardelli, non essendo abitato, non è stato arieggiato e ripulito adeguatamente. I dati rac-

colti, infatti, hanno mostrato un elevato grado di inquinamento dell'aria interna, sia per sviluppo di muffe che per presenza di pollini, condizione di rischio molto maggiore rispetto a quanto rilevato a Monteluco di Roio.

Come detto, gli spazi confinati possono essere un rifugio efficace per quanti soffrono di allergie a pollini, a patto che siano limitate le concentrazioni *indoor* di biocontaminanti: il *bioaerosol* negli ambienti confinati può infatti rappresentare un pericolo per la salute quando il ricambio d'aria è minimo. Da qui si deduce l'importanza di definire strategie di miglioramento per la riprogettazione di spazi da ricostruire o riutilizzare.

## Bibliografia

- Lombardi A., Murph J., Iannarelli A., Ciranna S., Montuori P., De Leon E.G., *Case studies of environmental quality of buildings damaged by earthquake, prior to adaptive reconstruction: Palazzo Moscardelli in Ofena and ex- Colonia IX maggio at Monteluco di Roio, L'Aquila*  
Bucher E., Bottarelli L., De Gironimo V., Ivaldi C., Lessi S., Moretti O., Verardo P., Anelli P., Gottardini E., Nardelli V., Onorari M., Pellegrini E., Peana I., Stenico A., Tassan F., *POLLnet-Linee guida per il monitoraggio aerobiologico*. Delibera del Consiglio Federale. Seduta del 03.11.2015.Doc.n.61/15-CF  
Bonadonna L., Briancesco R., Brunetto B., Coccia A.M., De Gironimo V., Fuselli S., Gucci P.M.B., Iacovacci P., Lacchetti I., La Rosa G., Meloni P., Paradiso R., Pini C., Semproni M. per il gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento *indoor*, *Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria indoor*. Rapporti ISTISAN13/37



## 9. COMUNICAZIONE AMBIENTALE

### IMPAROSICURO Percorso di formazione sul rischio alluvione

Paolo Gollo, Federico Grasso<sup>1</sup>, Matilde Mosca<sup>2</sup>,  
Alice Barbieri<sup>2</sup>

1 ARPA Liguria, 2 Alfa

Il problema dei fenomeni meteorologici estremi interessa anche la Liguria, regione piccola ma peculiare, con una sottile striscia di terra confinata fra mare e monti, caratterizzata da un elevato rischio idrologico.

La posizione geografica della Liguria all'interno del bacino mediterraneo influenza infatti la sua "climatologia": il golfo ligure è caratterizzato da una stretta fascia di terra alle cui spalle incombono ripidi versanti montuosi, che fisicamente obbligano le masse d'aria ad alzarsi e raffreddarsi: il risultato è che l'umidità al loro interno condensa e precipita. Una posizione unica nel suo genere, su cui insistono più fattori:

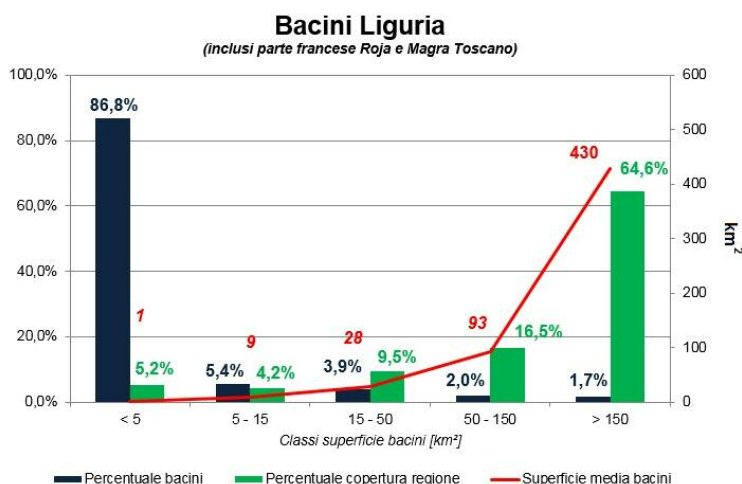
- l'aria fredda atlantica che sbocca dal Golfo del Leone,

incontra le acque più calde del Mar ligure. L'aria si carica di enormi quantità di umidità e dal contrasto termico si genera forte instabilità;

- le masse di aria calda e umida provenienti dalle regioni meridionali (a volte con umidità di matrice sub-tropicale), che sfruttano il corridoio fra la penisola italiana e le isole Corsica e Sardegna per "scivolare" sul Tirreno;
- l'aria fredda padana che contrasta queste correnti calde innescando scambi energetici importanti e fasi di convergenza delle correnti molto pericolose. Laddove la convergenza (ossia lo scontro stazionario fra masse di aria calda e fredda) si instaura, si possono verificare precipitazioni molto intense, capaci di creare importanti effetti al suolo: la Liguria detiene il primato orario di precipitazione sulla singola ora, con i 181 mm caduti a Vicomorasso (GE) il 4 novembre 2011.

Il territorio regionale è quasi tutto montuoso e collinare: il 34,9% è costituito da zone collinari, il 65,1% da montagna. I corsi d'acqua liguri del versante marittimo

Figura 1: La distribuzione dei bacini in Liguria



Fonte: ARPAL

hanno in genere percorso breve, pendenze sensibili, bacini di modesta ampiezza e portata (Figura 1), che entrano rapidamente in crisi in presenza di precipitazioni molto intense.

L'antropizzazione della fascia costiera, proprio alle foci dei torrenti, è un altro ingrediente che ha aumentato il fattore di rischio della popolazione ligure: le scarse pianure alluvionali sono state edificate e in occasione delle precipitazioni più copiose i torrenti tendono a riappropriarsi del loro letto.

All'interno di ARPAL è presente uno dei primi Centri Funzionali italiani, pioniere nell'accoppiamento della modellistica idrologica a quella meteorologica; da qualche anno è stato attivato il portale [www.allertaliguria.gov.it](http://www.allertaliguria.gov.it), primo del suo genere.

Il nuovo sistema di allertamento meteo-idrologico, che recepisce le indicazioni nazionali di protezione civile ed è entrato in vigore nella nostra regione a ottobre 2015, ha ritenuto indispensabile allargare le attività con le scuole, svolte finora occasionalmente, rendendole sistematiche per tutti gli studenti regionali.

In occasione dell'evento #IMPARIOSICURO svolto a Genova nel 2017, il Capo del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale Angelo Borrelli aveva detto: "L'Italia dovrebbe tendere ad avere una formazione adeguata sulla Protezione civile nelle scuole".

Regione Liguria, con le sue strutture Alfa e ARPAL, e con il contributo dell'Ufficio Scolastico Regionale, ha realizzato e messo a disposizione di tutte le scuole liguri un *kit* didattico, affinché possano sviluppare un percorso formativo con l'obiettivo di far capire ai ragazzi che sono tutti responsabili e che, in caso di fenomeni meteo estremi, a volte non prevedibili, è necessario sapere come comportarsi e agire nel modo più corretto.

Tutti i percorsi, con livelli di approfondimento diversificati in relazione al grado di istruzione e quindi dell'età

degli alunni, porteranno gli studenti a familiarizzare con i diversi fenomeni atmosferici, a comprendere le cause delle alluvioni, per arrivare infine a conoscere i livelli di allerta e le misure di autoprotezione. Non è possibile ridurre a zero i rischi ma possiamo rendere tutti più consapevoli, soprattutto i giovani. È importante che i ragazzi sappiano comprendere gli avvisi che arrivano sui loro cellulari e quale atteggiamento tenere per evitare di mettersi in pericolo, così come interpretare al meglio gli avvisi della Protezione Civile senza spaventarsi: sono conoscenze fondamentali.

**#imparosicuro, percorso di formazione sul rischio alluvionale** è l'insieme di tre *kit* didattici destinati a insegnanti e studenti delle scuole primarie e secondarie di primo e secondo grado. Dopo l'introduzione, un numero crescente di moduli (da 7 a 9) accompagna il cammino delle classi alla scoperta degli elementi che concorrono al rischio alluvionale. Si parte dai concetti di base di meteorologia e idrologia, per poi passare al quaderno di lavoro vero e proprio e si prosegue con parole chiave, fenomeni atmosferici, rischio alluvionale, livelli di allerta, ruoli dei diversi soggetti e misure di autoprotezione.

I singoli moduli evidenziano le attività che può svolgere il docente, quelle della classe e le note per la gestione che includono sia i materiali necessari, sia le indicazioni per possibili svolgimenti. I *kit* includono alcune parti teoriche e altre più ludico-pratiche, con esempi tratti da fenomeni meteo-idrologici effettivamente accaduti sul territorio regionale.

Al termine del percorso formativo la classe, intesa nel senso più allargato del termine come l'insieme di insegnanti, alunni e genitori, si arricchisce di una corretta conoscenza, che include i rischi presenti sul territorio, le fonti istituzionali dove informarsi e gli strumenti per combattere le *fake-news*: le previsioni del tempo non

Figura 2: Esempio di uno dei moduli presenti all'interno del kit didattico

#IMPAROSICURO

## 5. IL RISCHIO ALLUVIONE

### DOCENTE

Riprende il concetto di *alluvione*, facendo riferimento in particolare al fenomeno sul territorio ligure, attraverso il racconto di alcuni avvenimenti storici.

Chiede di svolgere un'intervista a coppie, per valutare quanti in passato sono rimasti coinvolti in un'alluvione e nel caso, come hanno agito.

Sottolinea l'importanza del *fattore tempo* mostrando alcune immagini rappresentative.

### STUDENTE

Approfondisce il concetto di *alluvione* e del rischio ad esso correlato.

Racconta la propria esperienza, se vissuta in prima persona, in una situazione di alluvione.

## NOTE PER LA GESTIONE

### MATERIALI:

- allegato "Z"
- allegato "H"
- cancelleria

**Il docente riprende la definizione di alluvione e il rischio per la popolazione ad esso correlato,** racconta alcuni avvenimenti del passato in cui la Liguria è stata coinvolta dal fenomeno. Vengono forniti in allegato a supporto del docente alcuni cenni storici da raccontare ai ragazzi (allegato "Z").

**Il docente chiede agli studenti di intervistarsi a coppie** per condividere e raccontare esperienze personali e non, in situazioni di alluvione, e come sono state affrontate.

Di seguito alcuni esempi di domande da fornire agli studenti, come guida all'intervista:

Fonte: ARPAL

si azzeccano (e sono sbagliate solo quando elaborate su basi non scientifiche), le allerte non sono mai errate (ma si danno con il giusto anticipo solo in presenza di certi segnali) ed è impossibile sapere con mesi di anticipo che tempo farà nelle nostre città.

### Bibliografia

[www.arpal.gov.it](http://www.arpal.gov.it)  
[www.allertaliguria.gov.it](http://www.allertaliguria.gov.it)  
[www.protezionecivile.gov.it](http://www.protezionecivile.gov.it)  
[www.orientamento.liguria.it/imparosicuro/](http://www.orientamento.liguria.it/imparosicuro/)

## GreenEvent – Manifestazioni sostenibili

Silke Raffeiner  
APPA Bolzano

I *GreenEvent* sono manifestazioni o eventi la cui programmazione, organizzazione e attuazione vengono effettuate secondo criteri sostenibili.

I punti cardine sono l'utilizzo consapevole delle risorse e di prodotti ecologici, l'efficienza energetica, la gestione dei rifiuti, la valorizzazione dei prodotti locali e la responsabilità sociale. Queste finalità sono in linea con la strategia climatica a lungo termine presentata dalla Giunta provinciale altoatesina, che si è prefissata di ridurre le emissioni annue di CO<sub>2</sub> pro capite, entro il 2020, al di sotto di 4 tonnellate e entro il 2050 al di sotto di 1,5 tonnellate.

Per ottenere il riconoscimento *GreenEvent* gli organizzatori devono applicare i criteri in materia di risorse, rifiuti, mobilità, ristorazione, energia, comunicazione, acustica e bonus (comportamenti responsabili nei confronti del consumo di alcol e abbattimento delle barriere).

In questo modo si risparmiano risorse preziose e limitate e si rafforza l'economia regionale, ponendo l'accento sull'importanza degli aspetti sociali. L'obiettivo

principale delle misure è evitare la produzione di rifiuti, seguito dal riutilizzo (per esempio, attraverso il riciclaggio), ridurre lo spreco delle risorse (energia, acqua, carta, alimenti...) e, così facendo, ridurre le emissioni dei gas serra.

Secondo un ecobilancio effettuato da ifeu – *Institut für Energie-und Umweltforschung Heidelberg*, una manifestazione "tradizionale" con circa 5.000 visitatori provoca 77.000 kg di emissioni di CO<sub>2</sub>, mentre, rispettando i criteri *GreenEvent*, le emissioni possono essere ridotte del 40% (Knappe e Reinhardt, 2016). Sempre secondo questo bilancio, la maggior parte delle emissioni legate ad un evento viene prodotta dai viaggi dei visitatori e dal consumo energetico legato all'evento.

Nell'assegnazione del riconoscimento di una manifestazione *GreenEvent* si punta su prodotti di provenienza regionale, di stagione, di coltivazione biologica o del commercio equo-solidale, ma anche sulla prevenzione dei rifiuti, ad esempio in primis nell'utilizzo di stoviglie riutilizzabili, ma anche sul loro corretto smaltimento. Sebbene l'attenzione venga rivolta soprattutto sui criteri ambientali, nell'organizzazione di *GreenEvent* vengono presi in considerazione anche aspetti socio-economici. Un fattore importante in un *GreenEvent* è la sensibilizzazione dei collaboratori, ma anche dei visitatori, sia attraverso l'attuazione delle misure previste, sia attraverso l'informazione sul tema, per esempio tramite affissione, in un punto ben visibile, di manifesti con la segnalazione delle misure più importanti che sono state adottate o anche con l'indicazione dei prodotti regionali sui menù ad esempio.

L'Agenzia provinciale per l'ambiente, tramite il suo ufficio gestione rifiuti, assegna agli eventi il riconoscimento

Figura 1: I due loghi – *going GreenEvent* e *GreenEvent*



Fonte: APPA Bolzano

“going GreenEvent” o “GreenEvent” (Figura 1) a seconda del grado di attuazione dei criteri richiesti.

Nel primo anno è possibile ricevere la certificazione *going GreenEvent*. In questo caso durante l'evento devono essere adottati più della metà dei criteri richiesti. Dopo l'evento, l'organizzatore deve consegnare una relazione finale per documentare le misure effettuate. Nel caso in cui la relazione finale sia valutata positivamente, l'organizzatore ha la possibilità di richiedere la certificazione *GreenEvent* per un evento successivo. In questi casi per ottenere la certificazione *GreenEvent* devono essere adottati oltre tre quarti delle misure richieste. Qualora vengano soddisfatti solo la metà dei criteri, all'evento viene assegnata nuovamente la certificazione *going GreenEvent* (al massimo per i due anni a seguire). Questo iter ha la finalità di promuovere, nel giro di tre

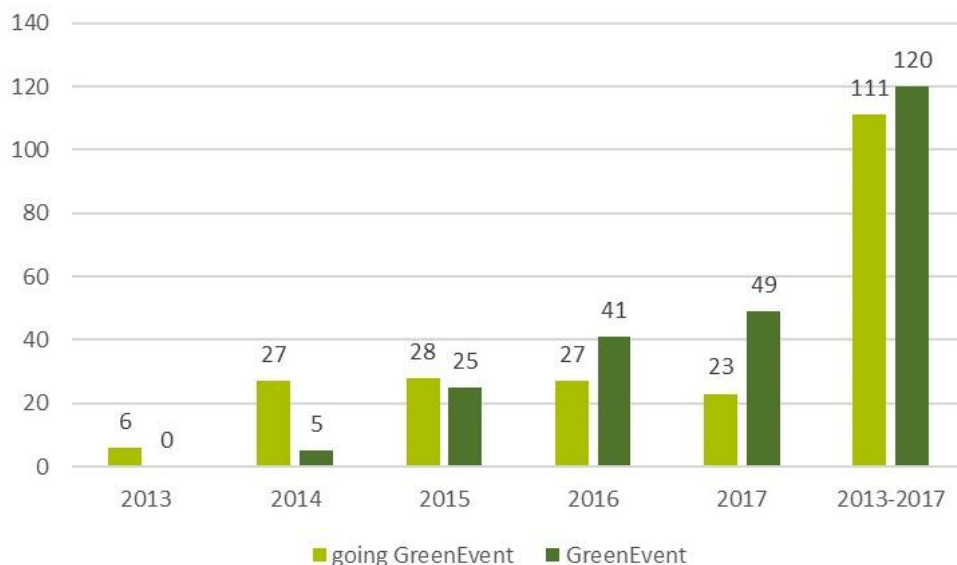
anni, il passaggio di un evento da *going GreenEvent* a *GreenEvent*.

Tutti i documenti necessari per richiedere la certificazione di un evento sono disponibili sul sito di APPA Bolzano (<http://ambiente.provincia.bz.it/servizi/green-event.asp>): il modulo di richiesta, la *checklist* da compilare, le linee guida e l'introduzione alla relazione finale. La certificazione, essendo gratuita, è limitata alle manifestazioni sul territorio della Provincia di Bolzano.

La tendenza ad organizzare manifestazioni eco-compatibili è sempre più forte. Un evento sostenibile non solo contribuisce a tutelare l'ambiente, ma è un vantaggio in termini di *marketing* per gli *sponsor*, i promotori e l'opinione pubblica.

Iniziative paragonabili esistono anche in altri paesi quali l'Austria (“*Green Events Austria*”, con una rete di certifi-

**Figura 2: Numero degli eventi certificati *GreenEvent* e *going GreenEvent* nel periodo 2013 – 2017**



Fonte: APPA Bolzano – elaborazione su dati propri

cazioni regionali, <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/nachhaltigkeit/green-events/Netzwerk.html>) e in altre provincie quali il Trentino (“Eco-Eventi Trentino”, [http://www.eco.provincia.tn.it/EcoEventi\\_Trentino/](http://www.eco.provincia.tn.it/EcoEventi_Trentino/)).

In Alto Adige, l’iniziativa è iniziata nel 2010, con una prima fase pilota. Sono state scelte quattro manifestazioni pilota, con l’obiettivo di organizzarle in modo tale da ridurre l’impatto ambientale. Dopo tale fase, è stato elaborato il concetto per la certificazione *GreenEvent*. Dal 2013, gli organizzatori possono richiedere la certificazione – facoltativa – di una manifestazione come *going GreenEvent* oppure *GreenEvent*.

Nel periodo 2013 – 2017, hanno ottenuto il riconoscimento in totale 231 eventi, di cui 120 “*GreenEvent*” e 111 “*going GreenEvent*” (Figura 2).

Nel 2018, fino alla fine di settembre (25/09/2018), sono stati certificati 73 eventi. Nel 2017 è stata superata per

la prima volta la cifra di 70 eventi certificati nel corso di un anno.

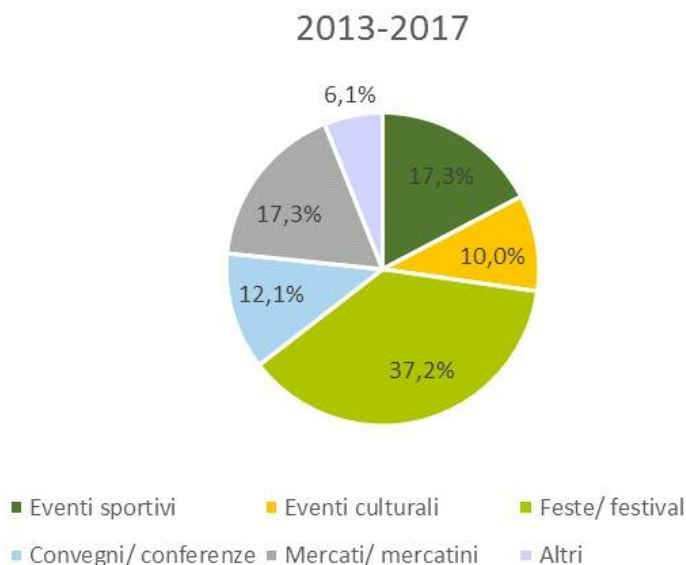
Tra gli eventi certificati, vi figurano eventi sportivi, eventi culturali, convegni, mercati, feste classiche e *festival* (Figura 3).

Per sensibilizzare gli organizzatori in modo più approfondito a certe tematiche ambientali, ogni anno viene organizzato un corso di formazione, dedicato ad una specifica tematica, ad es. alla mobilità (nel 2017).

## Bibliografia

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Knappe F., Reinhardt J., 2016, *Ergebnisse zur ökologischen Bewertung von Green Events* in formato PowerPoint.

**Figura 3: Certificazioni GreenEvent e going GreenEvent per tipo di evento nel periodo 2013 – 2017**



Fonte: APPA Bolzano – elaborazione su dati propri



R SNPA  
07 2019

