

Tematiche ambientali in primo piano
nel Friuli Venezia Giulia

Rapporto
**SULLO STATO
DELL'AMBIENTE
2012**



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
del Friuli Venezia Giulia



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA

FORUM



Rapporto
**SULLO STATO
DELL'AMBIENTE
2012**

La presente pubblicazione
è stata realizzata da



ARPA FVG
Agenzia Regionale per la
Protezione dell'Ambiente
del Friuli Venezia Giulia

ed è stata curata da



ARPA FVG - LaREA
Laboratorio Regionale
di Educazione Ambientale
Michela Mauro, Sara Petrillo e Sergio Sichenze

In copertina

Laguna di Grado, particolare

La fotografia di copertina e le immagini
nelle pagine d'apertura delle sezioni sono
di Ulderica Da Pozzo

Progetto grafico di copertina

cdm associati, Udine

Impaginazione

Grafikesse, Tricesimo (UD)

Stampa

Arti Grafiche Friulane - Imoco Spa, Tavagnacco (UD)



© **ARPA FVG**

Via Cairoli, 14 – 33057 Palmanova (UD)
Tel. 0432 922611 / Fax 0432 922626
www.arpa.fvg.it

© **FORUM** 2012

Editrice Universitaria Udinese srl
Via Palladio, 8 – 33100 Udine
Tel. 0432 26001 / Fax 0432 296756
www.forumeditrice.it

ISBN 978-88-8420-720-3



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
del Friuli Venezia Giulia



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA

**Tematiche ambientali in primo piano
nel Friuli Venezia Giulia**

**Rapporto
SULLO STATO
DELL'AMBIENTE
2012**

FORUM

ARPA <Friuli Venezia Giulia>

Rapporto sullo stato dell'ambiente 2012 : tematiche ambientali in primo piano nel Friuli Venezia Giulia. – Udine : Forum, 2012.
In testa al frontespizio: Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente del Friuli Venezia Giulia; Regione autonoma Friuli Venezia Giulia.

ISBN 978-88-8420-720-3

1. Ambiente naturale-Protezione-Friuli Venezia Giulia-2012-Rapporti informativi

333.72094539 (ed. 22) - ECONOMIA DELLE RISORSE NATURALI ED ENERGIA. CONSERVAZIONE E TUTELA. Friuli Venezia Giulia

Scheda catalografica a cura del Gruppo sulla gestione del catalogo del Sistema bibliotecario dell'Università degli studi di Udine

INDICE

ARPA FVG: criterio scientifico e presidio del territorio a tutela della salute dell'ambiente Luca Ciriani	pag.	9
Il Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Friuli Venezia Giulia nel 2012: un report per una gestione sostenibile del territorio regionale Lionello Barbina	»	13
Le tematiche in primo piano e i segnali ambientali in Friuli Venezia Giulia Giorgio Mattassi	»	15
01. CAMBIAMENTI CLIMATICI		
Cambiamenti climatici Andrea Cicogna, Marco Gani e Stefano Micheletti	»	28
02. NATURA E BIODIVERSITÀ		
Natura e biodiversità Lucia De Colle, Gabriele Facchin, Fabrizio Florit e Lucio Taverna	»	56
03. AMBIENTE, SALUTE E QUALITÀ DELLA VITA		
Qualità dell'aria Elena Giancesini e Fulvio Stel	»	76
Qualità delle acque superficiali interne Nicola Skert e Antonella Zanello	»	88
Qualità delle acque sotterranee Davide Brandolin e Baldovino Toffolutti	»	97

Qualità delle acque marino-costiere e di transizione	»	113
Alessandro Acquavita, Floriana Aleffi e Luisella Milani		
Il mercurio nelle acque marino-costiere e di transizione	»	121
Alessandro Acquavita, Nicola Bettoso e Alessandro Felluga		
I nitrati nelle acque	»	134
Alessandro Acquavita, Pietro Rossin, Nicola Skert, Baldovino Toffolutti e Antonella Zanello		
Qualità delle acque potabili	»	148
Elena Pezzetta e Anna Lutman		
Qualità delle acque sanitarie	»	157
Marinella Franchi		
Qualità del suolo	»	159
Laura Catalano		
Suoli agricoli adiacenti al Sito inquinato di Interesse Nazionale 'Laguna di Marano e Grado'	»	175
Laura Catalano		
Radon	»	190
Concettina Giovani e Silvia Pividore		
Sorgenti orfane	»	198
Massimo Garavaglia e Concettina Giovani		
Campi elettromagnetici	»	209
Massimo Telesca		

Rumore	»	219
Alessandra Petrini e Luca Piani		
Sostanze pericolose	»	246
Sergio Predonzani		
Rischi industriali	»	258
Glauco Spanghero e Franco Sturzi		
Energia	»	269
Massimo Telesca		
04. GESTIONE DELLE RISORSE NATURALI E DEI RIFIUTI		
Gestione dei rifiuti	»	280
Antonella Damian, Beatrice Miorini, Elena Moretti e Cristina Sgubin		
Consumo di suolo	»	295
Paola Giacomich		
APPROFONDIMENTI		
Effetti delle attività umane sulla salute	»	308
Fulvio Daris		
<i>Ecosystem service</i> : impatti sulle funzioni dei sistemi ambientali	»	316
Laura Catalano, Elena Gianesini, Nicola Skert, Fulvio Stel e Antonella Zanello		



ARPA FVG: criterio scientifico e presidio del territorio a tutela della salute dell'ambiente

Luca Ciriani
Vicepresidente
e Assessore
all'Ambiente
della Regione
Friuli Venezia Giulia

Il *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Friuli Venezia Giulia*, redatto dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA FVG), è un documento che considero strategico per la programmazione in tema ambientale. Esso è una fotografia dello stato di salute del nostro territorio, offre una profonda analisi della qualità dell'ambiente e delle sue criticità, e solleva numerosi temi per quanto concerne le scelte che gli amministratori dovranno operare in futuro.

La prima riflessione, leggendo questa pubblicazione, riguarda però il ruolo stesso dell'ARPA FVG. Il risultato, ottenuto da questo grande lavoro di sintesi sullo stato del nostro ambiente, consiste nel rendere estremamente evidente il ruolo tecnico-scientifico dell'Agenzia. Tengo a sottolineare tale aspetto, perché l'esigenza di affidare a dei tecnici autorevoli l'analisi della salute del territorio è sempre più pressante: lo richiedono i cittadini, spesso preoccupati per la propria salute in relazione a quella dell'ambiente in cui vivono. A fronte di queste legittime richieste – che provengono dal basso e derivano anche dalla sempre maggiore coscienza e conoscenza dei temi ambientali – gli amministratori hanno bisogno di strumenti *super partes* per poter effettuare scelte che tengano in considerazione tutti gli aspetti e gli scenari possibili. In questo mio mandato sto lavorando con grande impegno affinché l'ARPA FVG possa incrementare e valorizzare il proprio ruolo tecnico-scientifico, e affinché maturi nei cittadini del Friuli Venezia Giulia la convinzione che le analisi da essa effettuate, i modelli proposti e gli scenari previsti risultino autorevoli e indipendenti in rapporto alle conoscenze scientifiche e alle metodologie tecniche. È questo un importante punto di partenza per poter fare chiarezza, e per poter creare una strategica alleanza tra cittadini e amministrazioni sul fronte della tutela ambientale.

Alleanza: è questo un tema di cui voglio trattare parlando della strategia ambientale da attuare nella nostra Regione. Troppo spesso il rapporto tra amministrazione e ambiente viene vissuto come antitetico: da una parte le norme, dall'altra, a seconda del contesto, i cittadini, il mondo produttivo, i gruppi di pressione ambientalista. Ritengo che oggi, in Friuli Venezia Giulia, questa visione debba essere superata. Grazie all'approfondita conoscenza ambientale – delle sue dinamiche e degli scenari futuri, calati in un territorio di dimensioni ridotte e con una popolazione che di poco supera il milione di abitanti – è possibile definire percorsi e norme che mettano in primo piano la tutela del nostro ambiente creando una coscienza ambientale e una conoscenza condivisa, libera da pregiudizi e basata su quei dati oggettivi che l'ARPA FVG giornalmente è in grado di fornire. È necessario fare ciò che è meglio per l'ambiente e per le persone, e le scelte devono necessariamente essere tecniche, determinate dai dati e dagli scenari previsionali risultanti dalle analisi effettuate con precisi criteri scientifici. Il dato scientifico autorevole deve essere il faro che ci guida nelle politiche ambientali, perché solo così metteremo in atto politiche congruenti con il nostro ambiente, lo proteggeremo e lo difenderemo, e permetteremo anche quello sviluppo necessario a garantirci la competitività e il benessere.

L'ARPA FVG, in questo documento e nella sua giornaliera attività, monitora la salute del territorio con l'obiettivo di tutelare la popolazione del Friuli Venezia Giulia: è questo, in sintesi, il mandato che le è stato affidato. Un mandato che non può prescindere dalla qualità tecnico-scientifica delle analisi. Ribadisco questo concetto perché intendo fissare l'attenzione su un elemento fondamentale, legato all'autorevolezza di questa Agenzia. L'auspicio – che si traduce poi in un concreto impegno – è che questo documento tecnico risulti essere l'avvio di una rinnovata attenzione nei confronti dell'Agenzia, che ponga in primo piano l'autorevolezza e il ruolo indipendente in termini di analisi e di interpretazione dei risultati. Risultati che devono essere sempre alla base delle scelte politiche in tema ambientale.

L'ulteriore riflessione che intendo proporre nel presentare questo volume vuole essere coerente con il

contenuto, ovvero la didascalia della 'fotografia' dello stato ambientale del Friuli Venezia Giulia. Lo stato di salute del Friuli Venezia Giulia è buono, ma non per questo è possibile abbassare il livello di attenzione. L'ARPA FVG ha voluto mettere in risalto in questo documento una serie di temi urgenti che non possono essere trascurati. Alcuni argomenti sono già oggi oggetto di politiche ambientali, altri sono in fase di analisi per la redazione di Piani e Programmi d'Azione, altri ancora hanno urgente bisogno di attenzione. In un quadro complessivamente positivo, dove lo stato di salute del nostro ambiente risulta sostanzialmente buono, emerge la precisa necessità delle amministrazioni locali e del mondo politico di avere continuamente a disposizione i principali indicatori ambientali. Essi devono essere il riferimento per qualsiasi iniziativa, avendo ben presente il ruolo crescente delle esternalità e delle interazioni in un territorio di dimensioni contenute e vario dal punto di vista geomorfologico.

L'ARPA FVG ha redatto questo documento offrendo una panoramica dello stato dell'ambiente regionale in relazione all'osservazione e in riferimento alle norme e agli indicatori riconosciuti a livello nazionale ed europeo, e ha poi voluto mettere in luce lo stato di quegli inquinanti la cui presenza è evidente in regione e può potenzialmente incidere sulla salute. Il merito è anche quello di aver indicato, grazie ai dati disponibili per la maggior parte indicati in serie storiche, le principali relazioni causa-effetto: il valore di questo rapporto è quello di segnalare gli elementi di rischio, indicare la concentrazione degli inquinanti nel nostro territorio e analizzare le interazioni e le possibili conseguenze. Tutto ciò rappresenta il punto di partenza per una corretta informazione, in un settore, quello del dibattito ambientale, dove l'elemento di rischio concentra l'attenzione e rende urgente tracciare approcci e soluzioni.

Questo lavoro, in sintesi e in conclusione, crea le premesse e il background per mettere gli amministratori in condizione di effettuare scelte coerenti con il territorio e con la salute pubblica, con l'obiettivo di rendere sostenibile il progresso e lo sviluppo della nostra regione.



Il Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Friuli Venezia Giulia nel 2012: un report per una gestione sostenibile del territorio regionale

Lionello Barbina
ARPA FVG
Direttore generale

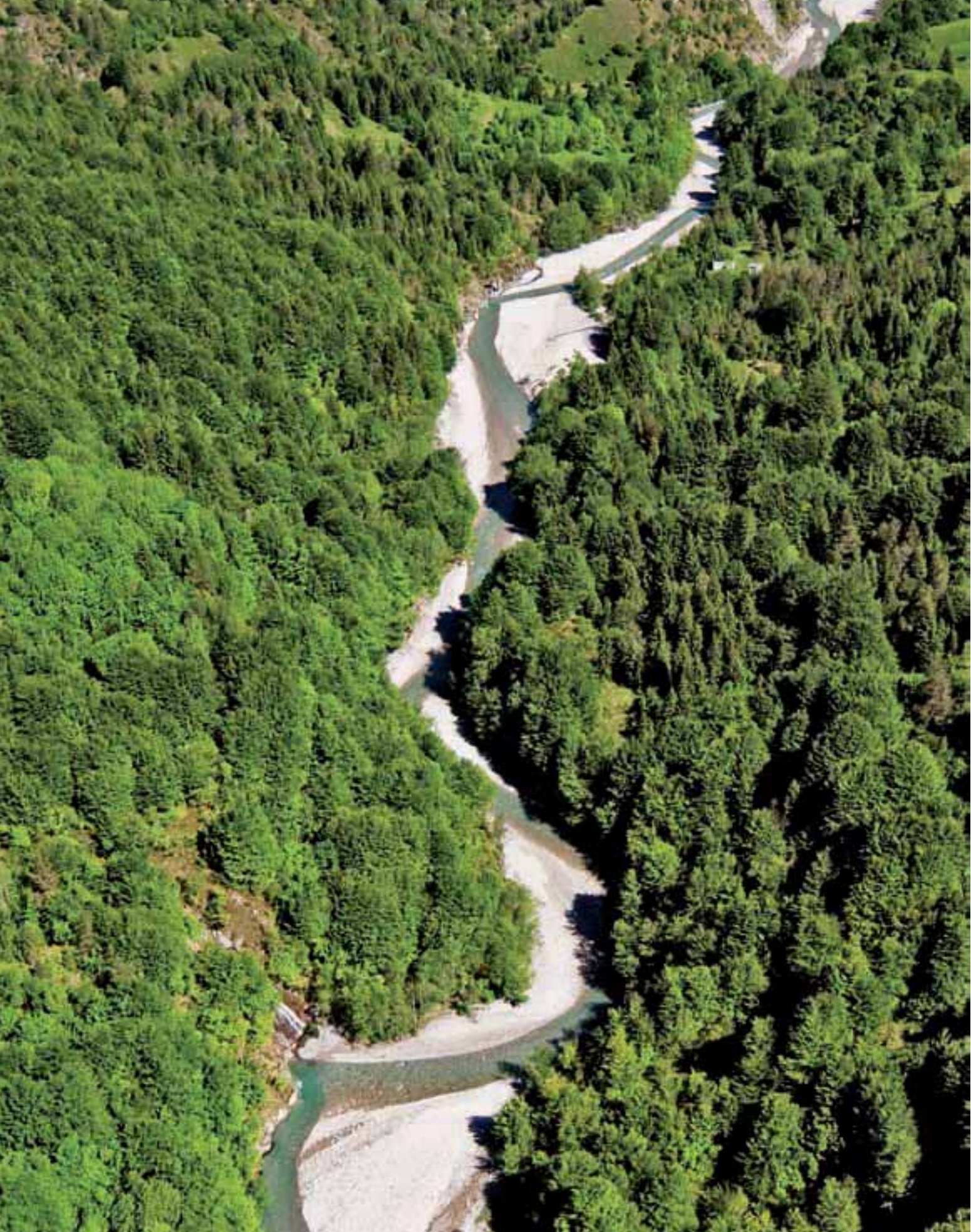
Questo volume è concepito con l'intento di fornire una visione complessiva e aggiornata dei differenti scenari ambientali del territorio regionale e si pone quale strumento utile alla lettura del complesso rapporto uomo-ambiente. La pubblicazione presenta un quadro ampio e articolato della situazione ambientale della nostra regione, in grado di rispondere a diverse domande informative. L'obiettivo è quello di proporre un report che possa essere efficace per elaborare interventi amministrativi e strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, basati sullo stato dell'arte della realtà ambientale, aderenti alla normativa vigente e alle indicazioni nazionali ed internazionali.

Il rapporto presenta la sua analisi utilizzando i cosiddetti 'indicatori ambientali', uno strumento capace di illustrare in modo sintetico i diversi problemi indagati, senza perdere il contenuto informativo dell'indagine. In campo ambientale, si utilizza il metodo DPSIR, che esamina la relazione 'Determinanti-Pressioni-Stato-Impatti-Risposte', adottato da diversi enti nazionali ed europei, come l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e la stessa Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA).

Il rapporto presenta la sua analisi utilizzando i cosiddetti 'indicatori ambientali', uno strumento capace di illustrare in modo sintetico i diversi problemi indagati, senza perdere il contenuto informativo dell'indagine. In campo ambientale, si utilizza il metodo DPSIR, che esamina la relazione 'Determinanti-Pressioni-Stato-Impatti-Risposte', adottato da diversi enti nazionali ed europei, come l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e la stessa Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA).

Il *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente*, in quest'ultima edizione, non si presenta come un elenco di dati, organizzati in tabelle, ma come uno strumento di comunicazione con una descrizione dei principali fenomeni e dei focus ambientali da affrontare in modo prioritario e ai quali prestare particolare attenzione. Il risultato è frutto del lavoro e dell'impegno di elevato profilo tecnico e scientifico del personale dell'ARPA FVG, che rappresenta un ricco patrimonio di conoscenze e competenze. La relazione costituisce un punto di arrivo metodologico-concettuale e, al tempo stesso, un punto di partenza per fornire in modo sempre più mirato ed efficace una reportistica utile a soddisfare le esigenze degli amministratori, dei professionisti e del mondo produttivo.

Infine, il lavoro è certamente utile alla cittadinanza in quanto si propone come strumento informativo che, seppure con il necessario rigore scientifico, mantiene uno stile ed un approccio tali da renderlo fruibile anche da parte dei non addetti ai lavori.



Le tematiche in primo piano e i segnali ambientali in Friuli Venezia Giulia

Giorgio Mattassi
ARPA FVG
Direttore tecnico-
scientifico

Premessa: contenuti innovativi ed obiettivi

Con il *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente (RSA) 2012. Tematiche ambientali in primo piano e segnali ambientali nel Friuli Venezia Giulia* l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia presenta una valutazione tecnico-scientifica indipendente relativa allo stato dell'ambiente del Friuli Venezia Giulia.

L'impostazione della trattazione abbandona la tradizione illustrativa del catalogo degli indicatori ambientali per proporre una rappresentazione innovativa, che seleziona temi ambientali oggetto di discussione e valutazione attuale, nonché argomenti che devono essere tenuti in evidenza dai tecnici e dagli amministratori che operano in regione in quanto rappresentativi di tendenze evolutive e criticità ambientali.

La nuova impostazione comunicativa del Rapporto è stata curata direttamente dal Laboratorio Regionale di Educazione Ambientale (LaREA) dell'ARPA FVG, mentre la selezione degli argomenti e dei contenuti è stata definita attraverso una procedura orientata all'eccellenza e alla qualità, e rapportata con le attività che quotidianamente l'ARPA FVG, nelle sue diverse articolazioni, è chiamata a svolgere a supporto tecnico-scientifico delle pubbliche amministrazioni.

Il *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente 2012* si propone di fornire strumenti concettuali, metodologici e conoscenze tecnico-scientifiche aggiornate sugli argomenti di maggior attualità. Questo, al fine di sviluppare una coscienza diffusa e facilitare una conoscenza comune per la redazione dei rapporti ambientali e per la valutazione delle conseguenze delle scelte di programmazione, di pianificazione e di gestione. L'attenzione è rivolta alle problematiche ambientali cruciali per il Friuli Venezia Giulia, tenuto conto dei vincoli europei e degli impegni internazionali che caratterizzano storicamente il ruolo di una Regione contraddistinta da tre confini internazionali (Slovenia, Austria, Croazia).

Il testo è redatto in modo da essere utilizzato in primo luogo dagli amministratori, dai tecnici delle pubbliche amministrazioni, dai professionisti che operano a supporto delle pubbliche amministrazioni e dei soggetti imprenditoriali privati, nonché da quanti si occupano di tematiche ambientali, anche per finalità di ricerca e di didattica.

L'impostazione non ha carattere direttamente divulgativo, anche se molti dei contenuti sintetici si prestano ad essere utilizzati per la comunicazione sociale.

Per il catalogo completo degli indicatori ambientali si rimanda all'annuario edito dall'Istituto Superiore di Ricerca per l'Ambiente (ISPRA), che rappresenta la sommatoria dell'impegno del sistema nazionale costituito dall'ISPRA e dalle Agenzie Ambientali Regionali del quale fa parte anche l'ARPA FVG.

Introduzione: materiali, metodi, sintesi

Il processo di definizione e organizzazione dei molteplici argomenti che compongono l'RSA 2012 ha avuto quali riferimenti le principali e più recenti pubblicazioni dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA), che delineano gli scenari ambientali dell'Unione Europea con particolare riguardo al rapporto *SOER 2010 (State of the Environment Report - L'ambiente in Europa. Stato e prospettive nel 2010)* e *Segnali Ambientali 2011*.

A corollario della trattazione specifica dell'RSA 2012, si ritiene opportuno richiamare i principi generali riferiti dall'EEA, in particolare l'affermazione ispiratrice generale: «Le sfide ambientali sono complesse e non possono essere affrontate isolatamente. Viviamo in un mondo interconnesso composto da numerosi sistemi diversi ma collegati tra di loro, come quello ambientale, economico, sociale, politico, culturale, religioso, ecc. Questo è il mondo dal quale dipendiamo» (*SOER 2010*).

A tal proposito, ad ulteriore sostegno all'affermazione perentoria risalente ad alcuni anni fa, derivante dall'antesignana vicenda del clima e del buco dell'ozono, è necessario richiamare il recente crollo del sistema finanziario internazionale, o eventi anche singoli quali il disordine mondiale nel settore dell'aviazione causato da una ricorrente eruzione vulcanica o dal più recente incidente nucleare di Fukushima, che dimostrano la stretta interdipendenza tra sistemi economici, sociali, ambientali, nonché l'interconnessione dello spazio ambientale planetario.

La risposta presuppone che l'elevata interconnettività globale obblighi a scelte nelle quali i sistemi ambientali, economici e sociali s'influenzano a vicenda, e che si stringano relazioni mediante approcci trasversali, superando settorialità e confini che ancora rendono difficile l'affermarsi di forme di sviluppo sostenibile.

Oltre all'affermazione culturale di fondo dell'EEA, si ritiene opportuno segnalare il report sulle megatendenze edito nel 2011 (*SOER 2010. Assessment of global megatrends*), al fine di rendere tutti gli operatori consapevoli dei 'determinanti' che condizionano e condizioneranno lo sviluppo sostenibile del pianeta e che incideranno anche sull'ambiente regionale.

A tal fine si riportano in modo succinto le undici problematiche indicate dall'EEA:

1. L'incremento globale divergente della popolazione

L'invecchiamento della società sarà diffuso in molti Paesi; il rallentamento della crescita della popolazione globale presenterà grandi differenze regionali; le nuove migrazioni saranno causate soprattutto da fattori ambientali.

2. Vivere in un mondo urbano

La tendenza della popolazione, soprattutto immigrata, a concentrarsi nelle città porterà ad un mondo sempre più urbano. Ciò probabilmente comporterà un consumo a spirale della ricchezza, ma per molte situazioni determinerà anche una maggiore povertà per i diseredati urbani. Cattive condizioni di vita urbana e associati rischi ambientali e sanitari potrebbero avere un impatto in tutte le aree del mondo, Europa compresa.

3. Oneri malattia e il rischio di nuove pandemie

La crescente mobilità di persone e merci, i cambiamenti climatici e la povertà genereranno un incremento del rischio di esposizione a nuovi patogeni, a malattie emergenti e riemergenti, agli incidenti e a nuove pandemie. I popoli europei più vulnerabili potrebbero esserne gravemente colpiti.

4. L'accelerazione nel cambiamento tecnologico

Il ritmo vertiginoso dei cambiamenti tecnologici comporta rischi e opportunità anche per le regioni sviluppate come l'Europa. Si tratta, in particolare, del gruppo emergente delle nanotecnologie, delle biotecnologie e delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Le innovazioni offrono opportunità immense per l'ambiente, ma possono anche causare enormi problemi se i rischi non sono regolamentati in maniera adeguata.

5. Continua crescita economica?

Tenuto conto che la rapida crescita accelera il consumo e l'uso delle risorse, ma crea anche dinamismo economico che alimenta l'innovazione tecnologica, offrendo potenzialmente nuovi approcci per affrontare i problemi ambientali e maggiore efficienza delle risorse, occorre segnalare che i processi di recessione economica possono incidere negativamente anche sulla qualità dell'ambiente.

6. Da un sistema unipolare ad un mondo multipolare

Il potere globale si sta spostando. Una superpotenza non ha più blocchi di potere per influenzare, e singole aree regionali sono sempre più importanti, economicamente e diplomaticamente. Con l'interdipendenza globale il commercio si espande, l'Europa può beneficiare di un miglioramento dell'efficienza dell'uso delle risorse e di un'economia basata sulla conoscenza.

7. Maggiore concorrenza a livello mondiale per le risorse

Come farà l'Europa a sopravvivere nella corsa per le risorse scarse? La risposta potrebbe trovarsi nella produzione e nell'uso più efficiente delle stesse risorse, nelle nuove tecnologie, nell'innovazione e nella maggiore cooperazione con i partner stranieri.

8. Decremento degli *stocks* delle risorse naturali

Una popolazione globale più ampia e più ricca, con esigenze di consumo in aumento, impone maggiori richieste sui sistemi naturali di cibo, acqua ed energia. Le scorte europee di risorse naturali possono affrontare pressioni crescenti?

9. Incremento delle conseguenze gravi del cambiamento climatico

L'accelerazione degli impatti dei cambiamenti climatici minaccia il cibo, l'acqua, la salute umana e la vita terrestre e marina. L'Europa può anche registrare una nuova migrazione umana, che aggraverà la pressione sulla disponibilità di risorse.

10. Aumento del carico inquinante ambientale

Un mix sempre più complesso di inquinanti minaccia i meccanismi di regolazione della Terra. Particolato, azoto e ozono troposferico meritano un'attenzione particolare a causa della complessità e delle potenzialità dei loro effetti di vasta portata sul funzionamento degli ecosistemi, sulla regolazione del clima e sulla salute umana. Molte sostanze chimiche vengono ancora rilasciate nell'ambiente, con effetti che sono ancora poco conosciuti.

11. Regolamentazione e *governance* ambientali: la crescente frammentazione e la divergenza

Il mondo sta elaborando nuovi modelli di *governance*, compresi gli accordi multilaterali su numerosi temi e iniziative pubblico-privato. In assenza di regolamentazione globale, spesso sono adottate in

tutto il mondo norme e procedure europee avanzate. Ma non è scontato che questa situazione possa continuare per il futuro.

A fronte dei megatrend che costituiscono i determinanti primari dell'ambiente e più in generale dello sviluppo sostenibile, l'EEA invita a dare risposte appropriate assumendo una corretta scala di priorità seguendo gli *items* in primo piano:

1. **L'accelerazione della domanda globale minaccia i sistemi naturali che ci sostentano.**
2. **Le sfide ambientali dell'Europa sono complesse e non possono essere affrontate isolatamente.**
3. **L'inazione avrebbe gravi conseguenze, nonostante le nuove opportunità per preservare il capitale naturale e i servizi ecosistemici.**
4. **Occorre comprendere il cambiamento climatico e mitigarne gli effetti.**

Metodi

L'RSA 2012, come ampiamente acclarato nella reportistica nazionale ed internazionale, fa riferimento per l'esposizione delle diverse tematiche al modello **DPSIR** (fig. 1), 'Determinanti-Pressioni-Stato-Impatto-Risposte', messo a punto dall'EEA, che ha l'obiettivo di individuare e di considerare quei fattori che hanno un'incidenza considerevole, talvolta indiretta, nel determinare le condizioni ambientali, come, ad esempio, i trend sociali, economici, culturali, produttivi, ecc.

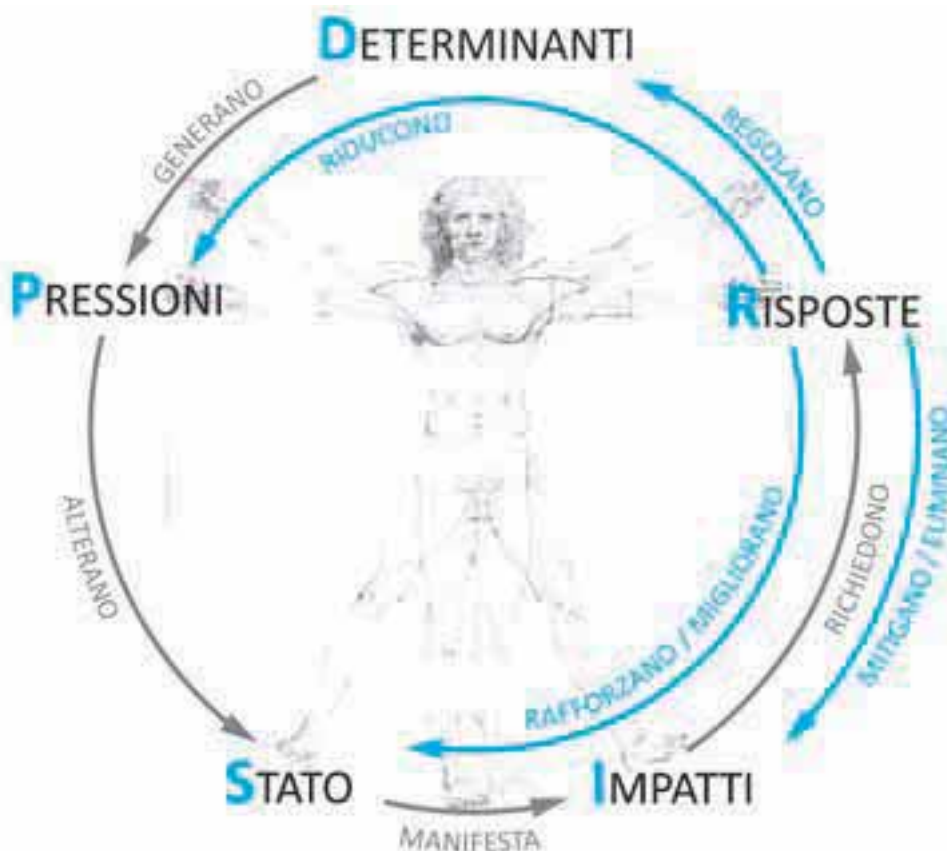
Per fornire una visione sinottica del modello DPSIR è stata creata un'immagine in cui poter cogliere la circolarità delle interazioni tra i cinque fattori che lo compongono, così da rendere maggiormente chiaro l'approccio sistemico che sta alla base del medesimo modello.

L'RSA 2012 è strutturato utilizzando un processo a feedback. Conosciuti gli impatti sulle differenti matrici ambientali e i trend evolutivi del loro stato di qualità, è possibile mettere in correlazione le cause determinanti l'impatto con i relativi effetti, indicando possibili interventi finalizzati a risolvere e/o mitigare le criticità. Tale modello, applicato in modo diffuso dalle diverse *authority* ambientali europee, risulta efficace soprattutto per coloro che sono chiamati a prendere decisioni politiche e mettere in atto gli opportuni correttivi.

La stesura dei contributi dell'RSA 2012 ha tenuto conto dei diversi indicatori suggeriti dal modello DPSIR (ANPA, 2000, *Selezione di indicatori ambientali per i temi relativi alla Biosfera* - RTI CTN CON 1/2000):

- **Determinanti:** rappresentano i fattori rilevanti l'andamento complessivo dello sviluppo della società e, quindi, inerenti i processi economici, produttivi, di consumo, degli stili di vita, dell'insieme dei servizi erogati dalle amministrazioni, ecc. Essi influiscono, talvolta in modo significativo, sulle caratteristiche dei diversi sistemi ambientali e sulla salute delle persone (fig. 2).
- **Pressioni:** sono le variabili direttamente o potenzialmente responsabili del degrado ambientale.
- **Stato:** definisce la qualità dell'ambiente e delle sue risorse che occorre tutelare e preservare. Gli indicatori di stato descrivono le condizioni dell'ambiente al momento in cui è preso in esame e risultano utili al fine di valutare il reale grado di alterazione del sistema ambientale.
- **Impatto:** identifica i mutamenti significativi dello stato dell'ambiente. Tali mutamenti costituiscono le alterazioni delle risorse naturali, della salute umana e delle condizioni sociali ed economiche, quale degrado della loro qualità. La loro principale funzione è quella di chiarire le relazioni causa-effetto tra pressioni, stato e impatti.
- **Risposte:** rappresentano le azioni messe in atto per mitigare gli impatti e fornire risposte adeguate sia in una fase di emergenza (breve periodo), che in una programmazione (medio e lungo periodo).

FIGURA 1. MODELLO DPSIR.



DETERMINANTI

Fattori naturali e antropici che causano pressioni sull'ambiente

Primari

- Eventi climatici
- Eventi naturali-geologici
- Popolazione (modelli insediativi-antropici, modelli socio-economici)

Secondari

- Agricoltura
- Allevamento
- Silvicoltura
- Estrazione
- Costruzioni
- Industria
- Energia
- Trasporti
- Servizi
- Turismo
- Comunicazioni

PRESSIONI

Variabili direttamente o potenzialmente responsabili dell'alterazione dell'ambiente

- Emissione inquinanti
- Produzione di rifiuti
- Consumo di risorse
- Radiazioni

STATO

Condizione dei sistemi ambientali e delle loro risorse

- Qualità dell'aria
- Qualità dell'acqua
- Qualità del suolo
- Biodiversità
- Paesaggio

IMPATTI

Alterazioni ambientali e socio-economiche dello stato dei sistemi naturali e antropici causate dalle pressioni

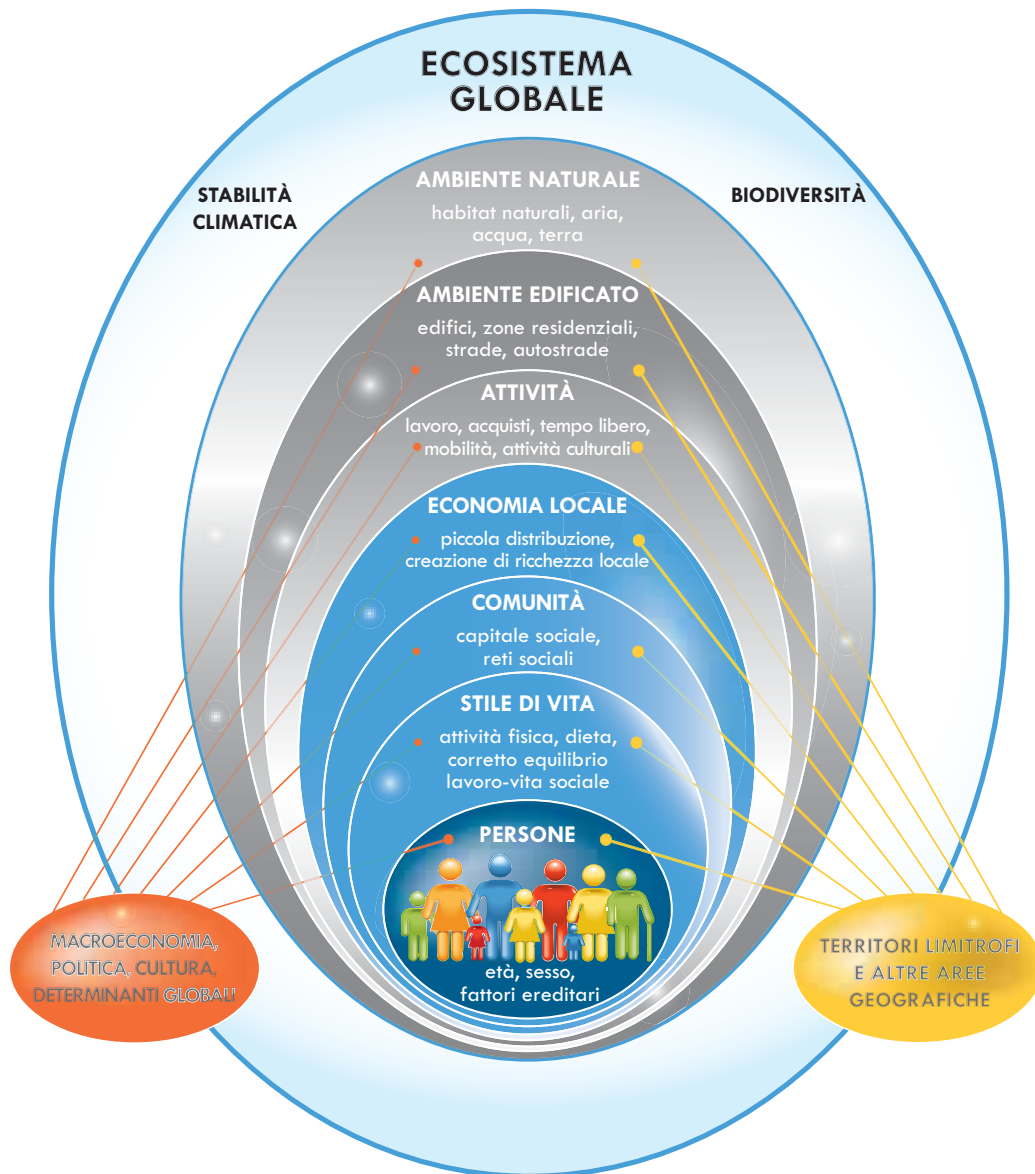
- Effetti sulla salute umana/qualità vita
- Effetti sugli ecosistemi
- Effetti sulla biodiversità
- Effetti sul clima

RISPOSTE

Insieme degli interventi adottati dai cittadini e dai decisori istituzionali per salvaguardare i sistemi ambientali e rendere sostenibili le azioni umane

- Leggi
- Piani
- Programmi
- Educazione
- Informazione
- Comunicazione
- Buon senso

FIGURA 2. DETERMINANTI DELLA SALUTE E DEL BENESSERE NEL NOSTRO TERRITORIO.



L'indicatore di risposta può configurarsi come l'insieme degli interventi da adottare in momenti di criticità, nonché come strumento di una pianificazione articolata in cui sono coinvolti gli aspetti politico-amministrativi, economico-finanziari, tecnico-scientifici, comunicativo-educativi, ecc.

L'utilizzo del modello DPSIR e degli indicatori associati, effettuato dalla maggior parte degli autori, è servito a fornire un quadro generale della situazione ambientale del Friuli Venezia Giulia, ponendo l'attenzione alle tematiche rilevanti e oggetto di particolare interesse. Il risultato ottenuto può essere utile tanto per l'ARPA FVG, per proseguire nell'attività istituzionale di monitoraggio, controllo e analisi dei dati, quanto sul fronte politico-amministrativo, cui compete, in modo precipuo, la determinazione degli interventi, ovvero delle risposte atte a migliorare nel tempo le condizioni e le caratteristiche ambientali. Inoltre, sempre in un'ottica di sinergia e di integrazione delle azioni, l'RSA 2012 potrà contribuire a fornire risposte alla 'domanda' di qualità ambientale da parte della cittadinanza, innescando un processo di inclusione delle tematiche ambientali nell'iter decisionale, a fronte di una costante evoluzione della richiesta di partecipazione attiva e responsabile della popolazione.

Un ulteriore elemento di comunicazione è stato quello di elaborare un'immagine (fig. 2) che sintetizza in modo efficace i determinanti della salute e del benessere nel nostro territorio. L'esemplificazione grafica aiuta a comprendere gli stretti rapporti intercorrenti tra la dimensione socio-economica e quella ambientale, in cui si rimarca tanto la visione sistemica propria dello sviluppo sostenibile, quanto la complessità delle problematiche ambientali, i cui effetti sulla salute pongono nuove domande e aprono nuovi scenari nella gestione integrata dell'ambiente. Da ciò discende che gli interventi di mitigazione degli impatti devono necessariamente tener conto delle molteplici implicazioni sulla salute della popolazione e sui rischi reali e potenziali che la stessa corre.

Sintesi

I contributi che compongono l'RSA 2012 presentano una situazione complessa dello stato dell'ambiente nel Friuli Venezia Giulia che, seppur per alcune specificità e peculiarità del nostro territorio, riprende i tratti salienti di alcune delle priorità indicate dal rapporto *SOER 2010* dell'Agenzia Europea dell'Ambiente.

Di seguito si elencano le sintesi delle tematiche ambientali ritenute in primo piano e trattate nel testo, cercando per le stesse di evidenziare il segnale ambientale emergente che è opportuno sia colto dall'amministratore pubblico, dal tecnico o dal professionista.

Cambiamenti climatici

La temperatura media risulta in aumento anche sul territorio del Friuli Venezia Giulia.

La distribuzione stagionale delle precipitazioni risulta alterata.

Vi sono segnali che il cambiamento climatico possa determinare, per specifici territori della regione, condizioni di rischio crescente, sia legati all'intensità delle precipitazioni eccezionali, sia a siccità particolari. Si presentano particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici la fascia montana e la fascia delle risorgive, ricche di biotopi di elevato valore di biodiversità.

Tutela della biodiversità

Il Friuli Venezia Giulia è una regione ad altissima biodiversità.

Sono 70 gli habitat tutelati, nei quali si registra la presenza di 92 specie animali e 22 vegetali di interesse comunitario.

Il 60% dei Siti di Interesse Comunitario e delle Zone di Protezione Speciale possiede un piano di gestione.

Solo il 4% della superficie tutelata della risorgiva della bassa pianura è stato fatto oggetto di interventi di gestione naturalistica.

Aria

Nonostante l'avanzamento tecnologico riguardante le emissioni industriali e l'autotrazione, in generale la qualità dell'aria non migliora, a causa di una nuova pressione legata alla combustione della legna domestica e della ristorazione.

Acque superficiali interne

Dal punto di vista ecologico, ai sensi della Direttiva 2000/60/CE, sono stati classificati 300 su 450 corpi idrici di acque interne al fine di verificare il raggiungimento del buono stato di qualità entro il 2015. Si evidenziano impatti significativi nell'area montana dovuti a derivazioni dei corsi d'acqua a fini idroelettrici. Si registrano, inoltre, impatti elevati per eutrofizzazione delle acque di risorgiva della bassa pianura, dovuti principalmente a nitrati di origine agricola e, in modo puntiforme, a scarichi di depuratori non ancora adeguati.

Acque sotterranee

Ai sensi della Direttiva 2000/60/CE sono stati individuati 61 corpi idrici sotterranei.

Le acque sotterranee appartenenti ai corpi della bassa pianura (goriziana, friulana e pordenonese) presentano vaste e significative contaminazioni da nitrati e prodotti fitosanitari di origine agricola. Più circoscritte sono le aree contaminate da scarichi industriali del passato.

Acque di transizione lagunari

Pur riscontrando carichi significativi provenienti dall'entroterra, nell'ambiente lagunare si evidenzia una elevata resilienza, ovvero una capacità di mantenimento delle funzioni ecologiche.

Dei 19 corpi idrici presenti nell'ambiente lagunare solo una parte limitata mostra valori ecologici inferiori al buono stato di qualità da perseguire entro il 2015.

Acque marino-costiere e marine

Lo stato ecologico e quello trofico dei 19 corpi idrici che compongono le acque di pertinenza regionale sono generalmente buoni o elevati, fatta eccezione per l'areale del golfo di Panzano, influenzato dal fiume Isonzo e dagli insediamenti monfalconesi.

L'ambiente marino mostra uno stato generalmente buono per le acque di balneazione e di buona qualità per quelle destinate alla vita dei molluschi. Il rischio dovuto a nuove sostanze pericolose, l'incremento della temperatura, la presenza di specie alloctone (microalghe tossiche) richiedono un elevato grado di attenzione.

Mercurio

Tutti i sedimenti fini dell'Alto Adriatico sono contaminati da concentrazioni significative di mercurio, dovute alle attività minerarie risalenti al 1500 e terminate da oltre 10 anni.

Nonostante le elevate contaminazioni delle foci dell'Isonzo, delle peliti del golfo di Trieste e della laguna di Marano e di Grado, ove si sovrappongono gli apporti industriali terminati all'inizio degli anni Novanta, le acque marine e lagunari non presentano superamenti degli standard ambientali di riferimento europeo.

Concentrazioni significative di mercurio si riscontrano solo nei grandi pesci predatori pelagici. In assenza di possibilità di bonifica e di un comprovato rischio sanitario significativo per la popolazione, occorre comunque assumere particolare attenzione nel consumo di prodotti ittici da parte delle gestanti.

Nitrati di origine agricola

Continuano le coltivazioni di mais in vaste aree delle zone vulnerabili delle province di Udine, Pordenone e Gorizia, con perdita del 50-60% delle concimazioni.

La riemersione di alte concentrazioni di nitrati attraverso le acque sotterranee e nelle risorgive, condiziona significativamente la qualità delle acque dei corsi di risorgiva; mentre l'ambiente lagunare e quello marino, nonostante le alte concentrazioni di nitrati, non presentano gravi effetti dovuti all'inquinamento, grazie alla notevole diminuzione del fosforo scaricato nelle acque superficiali.

Acque destinate al consumo umano

Il controllo delle acque potabili è svolto con puntualità dai gestori degli acquedotti al fine di garantire il rispetto dei limiti di potabilità previsti dalla legge. La maggior parte dei grandi acquedotti deriva e distribuisce acqua di elevata qualità (nitrati inferiori a 10 mg/l), solo alcune captazioni di acquedotti locali che prelevano da falde presenti sotto terreni permeabili e condizionate dall'attività agricola distribuiscono acque con elevato contenuto di nitrati.

Legionella

Gli impianti collettivi di condizionamento dell'aria e le piscine registrano una crescita; è perciò potenzialmente in aumento il rischio di diffusione della *Legionella* connessa ai circuiti tecnologici delle acque. In ogni caso l'attività di controllo svolta dal centro di riferimento regionale presso l'ARPA FVG sta prevenendo la diffusione delle malattie correlate.

Radon

L'ARPA FVG ha mappato, con oltre 10.000 misure, l'intero territorio regionale a rischio da radon, il gas proveniente da alcuni suoli che può determinare un tipo di tumore polmonare, causato dall'isolamento termico delle abitazioni che ne impedisce la dispersione. Il monitoraggio di ARPA FVG ha evidenziato che in 60 abitazioni è stato rinvenuto un superamento dei valori di esposizione. Il 60% degli edifici è stato risanato, mentre per il 24% sono in corso opere di risanamento.

Sorgenti orfane e radionuclidi nei rifiuti

Un elevato impegno da parte dell'ARPA FVG è rappresentato dai controlli sulla presenza di materiali radioattivi nei rifiuti ferrosi destinati al recupero, nonché nelle sorgenti non sigillate utilizzate per scopi diagnostici e terapeutici. Tali sorgenti non costituiscono, per il momento, un pericolo per l'ambiente o la salute dell'uomo.

Campi elettromagnetici

A seguito dell'introduzione del digitale terrestre, i campi elettromagnetici, dopo una prima diminuzione, sono di nuovo in aumento per la moltiplicazione delle emittenti televisive e per la diffusione di reti di nuova generazione e di reti locali.

Dopo l'allarme dell'International Agency for Research on Cancer (IARC) sui possibili effetti cancerogeni, occorre sensibilizzare la popolazione alla diminuzione dell'utilizzo del telefonino soprattutto durante l'infanzia e l'adolescenza.

Rumore

Il rumore è un fenomeno tipico della nostra società, che va governato per prevenire danni alla salute umana.

I Comuni del Friuli Venezia Giulia hanno iniziato ad elaborare i piani di zonizzazione acustica al fine di mitigare gli impatti del rumore, soprattutto lungo gli assi viari ad elevato scorrimento, o in prossimità di aree industriali.

Sostanze pericolose prioritarie

Non si rilevano superamenti degli standard di qualità per le acque superficiali interne, di transizione lagunari e marine, nonostante la presenza significativa di sostanze prioritarie (mercurio, Idrocarburi Policiclici Aromatici, diossine) nei sedimenti lagunari e marini.

La rilevazione di concentrazioni significative di residui di farmaci dagli scarichi degli impianti di depurazione pone il problema dell'adeguamento degli stessi impianti a tal fine.

Rischio industriale

Il rischio industriale si sta mitigando grazie all'attuazione di nuove normative che rendono maggiormente mirati i controlli, anche a fronte di una crescente responsabilizzazione dei gestori delle aziende. Si registra, inoltre, l'adozione di procedure di gestione ambientale e di sicurezza per il rischio di incidente rilevante.

Produzione di energia elettrica

Il ricorso massivo all'utilizzo di fonti rinnovabili sovvenzionate mette in luce un grave potenziale degrado dei corsi d'acqua montani a causa della diffusione delle pratiche di derivazione idroelettriche in corsi d'acqua a portate limitate. L'utilizzo del mais nella produzione di biomasse utilizzate per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, se generalizzato, rappresenta un pericoloso arretramento del bilancio energetico e dell'inquinamento dovuto a un nuovo incremento del consumo e della cessione nell'ambiente di fertilizzanti.

Gestione dei rifiuti

In Friuli Venezia Giulia nel 2010 sono state prodotte 3 tonnellate all'anno di rifiuti per ogni abitante (la metà della media europea), 482 kg di rifiuti urbani (inferiori alla media del Nord Italia che è di 541 kg/abitante), dei quali il 52% è stato raccolto in modo differenziato. 78 comuni su 218 non raggiungono ancora l'obiettivo del 2008 pari al 45% di raccolta differenziata. Il 33% dei rifiuti è esportata all'estero (Cina, Austria, Pakistan, Slovenia, Germania). La produzione crescente di rifiuti derivanti dalle apparecchiature elettroniche costituisce una nuova sfida.

Suolo

Il consumo di suolo in Friuli Venezia Giulia registra un valore molto elevato, ponendo la regione ai vertici nazionali. Tutti i suoli del Friuli centrale, per caratteristiche intrinseche, sono vulnerati da prodotti fitosanitari e da nitrati di origine agricola. Alcuni suoli locali sono inquinati da attività industriali.

La maggior parte dei suoli di pianura presenta elevati rischi di diminuzione delle funzioni ecologiche, dovute a compattazione causata da incremento dello sforzo delle macchine agricole. La presenza di sostanze pericolose nei suoli naturali impone la ricerca sistematica dei valori di fondo.

SITOGRAFIA

<http://www.eea.europa.eu/soer/synthesis/translations/lambiente-in-europa-2014-stato> (*State of the Environment Report (SOER) - L'ambiente in Europa. Stato e prospettive nel 2010*, sintesi, pdf in italiano)

<http://www.eea.europa.eu/soer> (sito in inglese *SOER 2011*)

<http://www.eea.europa.eu/it/segnali> (*Segnali Ambientali 2011*)

<http://www.eea.europa.eu/soer/europe-and-the-world> (*SOER 2010. Assessment of global megatrends*, pdf in inglese)

<http://www.isprambiente.gov.it> (sito dell'ISPRA)



01

.....

Cambiamenti climatici

.....



CAMBIAMENTI CLIMATICI

In Friuli Venezia Giulia si notano alcuni segni di cambiamento climatico. In vent'anni la temperatura media è cresciuta di 0,7 °C. I primi sei mesi dell'anno sono più secchi, gli altri più piovosi. Ciò causa delle modificazioni negli ecosistemi, in particolare in quelli più delicati della fascia delle risorgive.

Andrea Cicogna
Marco Gani
Stefano Micheletti
ARPA FVG
OSMER
Osservatorio
Meteorologico
Regionale

Gli scienziati sono unanimi nel ritenere che in questo periodo la temperatura della Terra sia in una fase di crescita e che sia aumentata la concentrazione di alcuni gas nell'atmosfera, chiamati comunemente 'gas ad effetto serra' (Green House Gases, GHG), a causa delle emissioni prodotte dalle attività umane (emissioni di origine antropogenica).

Una parte prevalente di studiosi ritiene che ci sia una correlazione diretta tra questi due fenomeni, ossia che l'aumento della temperatura (riscaldamento globale) sia da imputare all'aumento della concentrazione dei gas serra dovuto alle emissioni antropogeniche.

L'aumento antropogenico della concentrazione dei gas serra, dunque, è presumibilmente una causa importante di modifica del clima della Terra, i cui

effetti sono già oggi visibili e valutabili dalla comunità scientifica internazionale. L'aumento della temperatura ne è una prima evidenza. La quasi totalità della comunità scientifica internazionale ritiene inoltre che il cambiamento climatico sia un problema ambientale globale, non locale. Ciò significa che, salvo isolati effetti locali, non esiste alcuna relazione tra emissioni di un singolo Stato e i possibili danni che questo subisce in termini di cambiamento climatico. Questa distinzione è fondamentale e ne derivano rilevanti conseguenze di politica economica e di rapporti tra Stati.

Proprio perché globale, il problema deve essere affrontato *in primis* in sede internazionale. Ed è ciò che è avvenuto già a partire dalla fine degli anni Ottanta del precedente secolo, quando sono state organizzate delle conferenze internazionali, fino a giungere alla condivisione di protocolli di intervento sottoscritti da numerosi Stati. Ciò ha consentito da un lato di approfondire le conoscenze scientifiche sui fenomeni in atto e dall'altro di condividere dei possibili percorsi per risolvere il problema, o quantomeno per mitigarne gli effetti.

Pur essendo il problema dei cambiamenti climatici di valenza globale, gli effetti si possono manifestare ed evidenziare anche su scala regionale, sebbene a questo livello la variabilità naturale del clima sia maggiore, tanto da rendere difficile attribuire il cambiamento all'effetto di una pressione esterna all'ambito locale. L'Osservatorio Meteorologico Regionale (OSMER) dell'ARPA FVG propone una valutazione delle anomalie riscontrate nelle serie storiche dei dati meteorologici, che possono essere interpretate come segnali del cambiamento del clima in atto.

Descrizione generale del fenomeno a scala globale

Quanto sta accadendo a scala globale è descritto nel 'IV Rapporto di valutazione scientifica' (Assessment Report) dell'IPCC pubblicato nel 2007 (IPCC, 2007a, b, c). L'IPCC afferma che il «riscaldamento del

sistema climatico è inequivocabile». Gli effetti del riscaldamento misurabili sono, ad esempio:

- la crescita della temperatura di 0,74 °C nel periodo 1906-2005, ma con una forte accelerazione negli ultimi cinquant'anni (0,13 °C per decennio);
- l'aumento dal 1961 della temperatura media degli oceani fino ad almeno 3.000 m di profondità;
- la crescita del livello del mare medio globale, in seguito all'espansione termica e allo scioglimento dei ghiacci, con un tasso medio di 1,8 mm/anno nel periodo 1961-2003;
- la diminuzione della copertura nevosa nell'emisfero Nord tra marzo e aprile.

In molte regioni sono state osservate significative modificazioni nelle precipitazioni totali, con tendenza alla siccità e alla desertificazione in aree sempre più estese; sono state inoltre riscontrate modificazioni nei venti e negli eventi meteorologici estremi (tab. 1).

Descrizione generale del fenomeno nella regione alpina

L'aumento della temperatura media annuale è evidenziato anche nelle serie temporali storiche elaborate ed omogeneizzate dal Servizio meteorologico austriaco (ZAMG) nell'ambito del Progetto europeo CLIVALP (2006) (HISTALP Project, 2011) per l'area alpina. In particolare, nella sub-regione Sud-Est delle Alpi, che comprende anche il Friuli Venezia Giulia, si nota un aumento della temperatura di circa 1 °C (fig. 1) negli ultimi trent'anni.

Anche recenti studi dell'Agenzia per l'Ambiente della Slovenia (ARSO, 2010, 2011) evidenziano:

- un aumento della temperatura media dell'aria di circa 1 °C a partire dal 1990, rispetto al periodo di riferimento 1960-1990;
- una riduzione dello strato di neve al suolo nel periodo 1850-2010 (fig. 2).

Descrizione generale del fenomeno a scala regionale e in Friuli Venezia Giulia

Analizzando più in dettaglio le serie temporali storiche HISTALP elaborate dallo ZAMG relative alle stazioni di Udine e Trieste si evidenzia anche sul Friuli Venezia Giulia un progressivo aumento delle temperature. Dal 1990 la temperatura media annuale di Udine (rappresentativa per l'area di alta e media pianura friulana) oscilla tra 12,5 e 14 °C, mentre dal 1840 al 1990 l'oscillazione era grossomodo compresa tra 11 e 13 °C; un andamento simile si presenta anche a Trieste (rappresentativa per l'area di bassa pianura e costa), con un aumento da 12,5-14,5 °C nel periodo 1840-1990 a 13,5-15,5 °C dal 1990 ad oggi. Dal punto di vista delle precipitazioni annue le variazioni sono di più difficile interpretazione. In linea generale si può affermare che ci sia stata una leggera diminuzione delle piogge (sebbene non significativa): a Udine (fig. 3) negli ultimi anni sono caduti circa 1.400 mm di pioggia contro i 1.500 mm degli inizi del 1900; a Trieste (fig. 4) negli ultimi anni sono caduti meno di 1.000 mm contro i 1.100 mm degli inizi del 1900.

Gli andamenti di temperatura e pioggia descritti dalle serie storiche HISTALP sono confermati anche dalle serie storiche di ARPA FVG - OSMER, riportate più in dettaglio nei successivi due paragrafi. Già in precedenza, alcuni segnali di cambiamento climatico in Friuli Venezia Giulia erano stati evidenziati in studi effettuati da OSMER (Micheletti, 2005, 2008) e ad essi si rimanda per eventuali approfondimenti.

Indicatore 1: Variazione della temperatura in Friuli Venezia Giulia, elaborazioni OSMER

L'aumento della temperatura media dell'aria è confermato anche dall'analisi dei dati della rete di stazioni meteorologiche a disposizione dell'OSMER. In questo paragrafo si riporta l'andamento dell'indicatore 'Temperatura media annua' in 11 stazioni meteorologiche della pianura del Friuli Venezia Giulia, operative dal 1991 (fig. 5).

TABELLA 1. TREND RECENTI, VALUTAZIONE DELL'INFLUENZA UMANA SUL TREND E PROIEZIONI PER EVENTI METEOROLOGICI ESTREMI PER I QUALI È STATO OSSERVATO UN TREND NELLA PARTE FINALE DEL XX SECOLO.

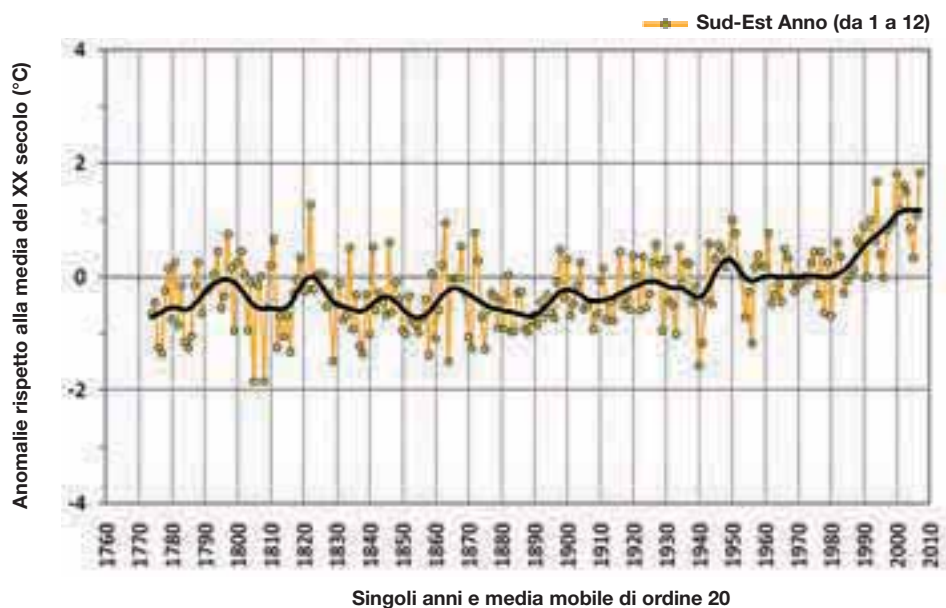
Fenomeno e direzione del trend	Probabilità che il trend avvenga verso la fine del XX secolo (tipicamente dopo il 1960)	Probabilità di un contributo umano al trend osservato	Probabilità di un trend futuro basato sulle proiezioni per il XXI secolo usando gli scenari SRES*
Giorni e notti fredde: diminuzione del numero e riscaldamento sopra la maggior parte delle terre emerse	Molto probabile	Probabile	Virtualmente certo
Giorni e notti calde: aumento della frequenza e riscaldamento sopra la maggior parte delle terre emerse	Molto probabile	Probabile (notti)	Virtualmente certo
Periodi caldi/ondate di calore: aumento della frequenza sopra la maggior parte delle terre emerse	Probabile	Più probabile che no	Molto probabile
Eventi di intense precipitazioni: aumento della frequenza (o proporzione della pioggia totale rispetto alla pioggia intensa) sopra la maggior parte delle terre emerse	Probabile	Più probabile che no	Molto probabile
Siccità: aumento delle aree interessate	Probabile in molte regioni dagli anni Settanta	Più probabile che no	Probabile
Cicloni tropicali intensi: aumento dell'attività	Probabile in alcune regioni dagli anni Settanta	Più probabile che no	Probabile
Eventi estremi di innalzamento del livello del mare (esclusi gli tsunami): aumento dell'incidenza	Probabile	Più probabile che no	Probabile

Fonte: IPCC-WGI. Quarto Rapporto di Valutazione - Sintesi per i decisori politici.

* Per un approfondimento si veda il Glossario alla voce 'Scenari SRES'.

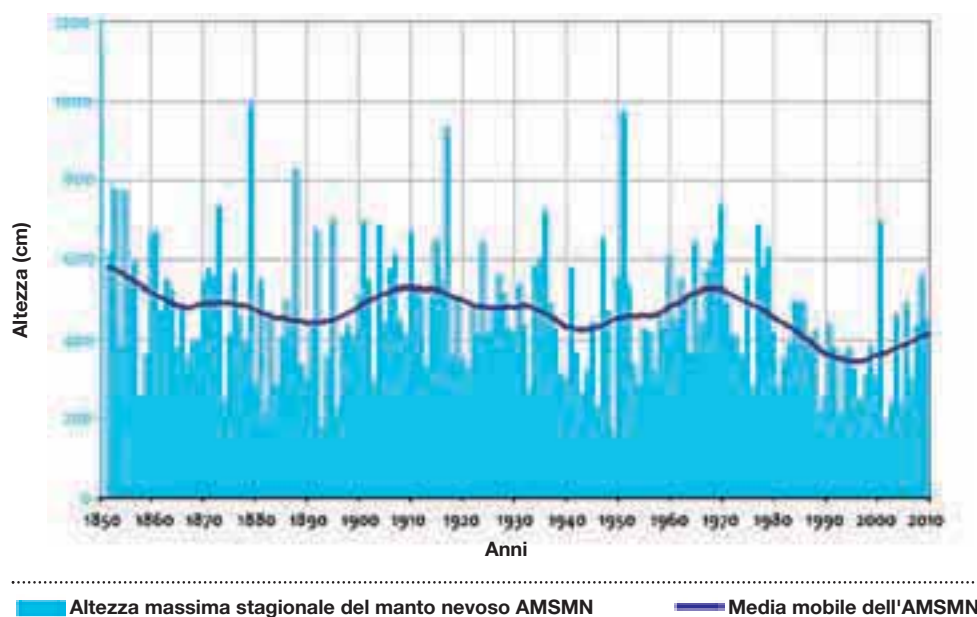


FIGURA 1. TEMPERATURA MEDIA MENSILE DELLE SERIE TEMPORALI OMOGENEIZZATE DI 25 STAZIONI DELL'AREA SUD-EST DELLA GRANDE REGIONE ALPINA (GAR) DAL 1774 AL 2007.



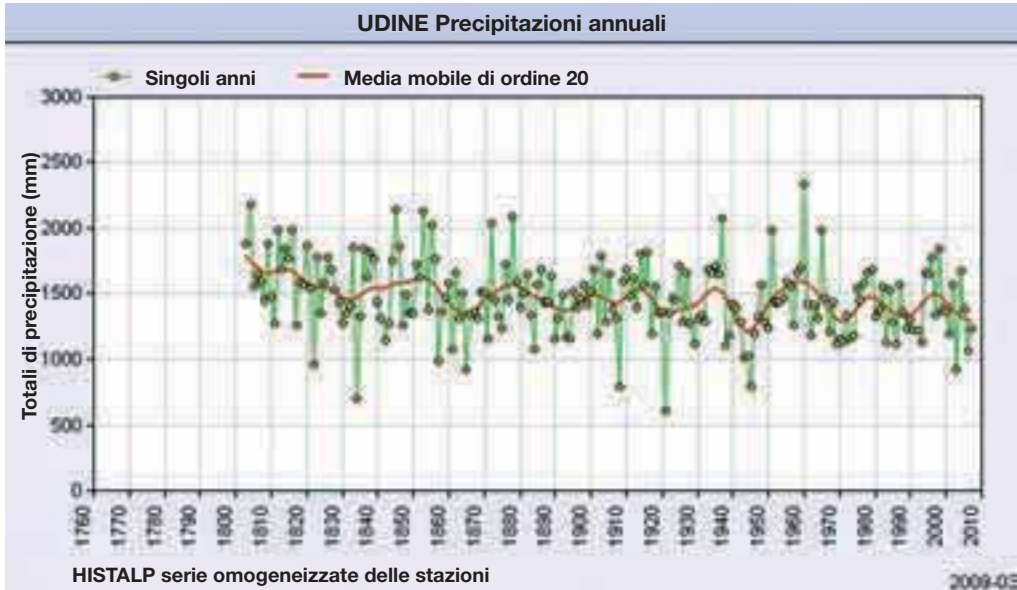
Fonte: Progetto HISTALP - ZAMG.

FIGURA 2. ALTEZZA MASSIMA DEL MANTO NEVOSO SUL RIFUGIO KREDARICA (MONTE TRICORNO, SLOVENIA, 2.514 m) NEL PERIODO 1852-2010. LA LINEA MEDIANA METTE BEN IN EVIDENZA CHE NEGLI ULTIMI DECENNI L'ALTEZZA MASSIMA DEL MANTO NEVOSO È DIMINUITA RISPETTO AL SECOLO PRECEDENTE.



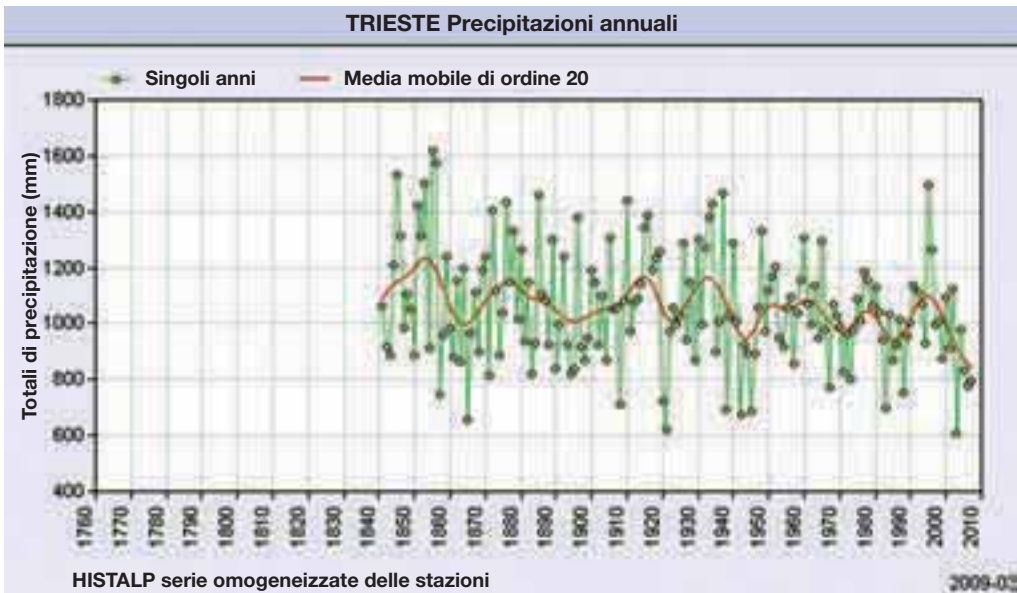
Altezza massima stagionale del manto nevoso AMSMN Media mobile dell'AMS MN

FIGURA 3. ANDAMENTO DELLE PRECIPITAZIONI ANNUE A UDINE DAL 1800 CIRCA AD OGGI.



Fonte: Progetto HISTALP - ZAMG.

FIGURA 4. ANDAMENTO DELLE PRECIPITAZIONI ANNUE A TRIESTE DAL 1840 CIRCA AD OGGI.



Fonte: Progetto HISTALP - ZAMG.

Per meglio evidenziare le variazioni annuali è stata valutata anche la differenza (scostamento) della temperatura media in quattro località in cui è possibile estendere la serie temporale dei dati OSMER fino al 1961 (fig. 6), integrandola con una analoga serie di dati messa a disposizione dalla Regione Friuli Venezia Giulia - Direzione centrale ambiente, energia e politiche per la montagna - Servizio idraulica. L'estensione dell'analisi al periodo 1961-2010 ha imposto una diminuzione delle stazioni esaminate, nonché una omogeneizzazione delle serie di dati utilizzando procedure statistiche adeguate (Antolini, Tomei, 2006).

Queste scelte operative consentono un più agevole confronto dei dati rilevati in regione con quelli presenti nella letteratura internazionale o rilevati nelle regioni contermini (Slovenia, Austria).

Una prima analisi dei dati termici della figura 5 mette in luce come negli ultimi vent'anni (1991-2010) ci sia stato un aumento delle temperature medie annuali; inoltre, l'occorrenza di anni con temperature superiori ai 13 °C è risultata via via maggiore.

Nella figura 6 si nota, invece, che lo scostamento della temperatura media rispetto al periodo di riferimento 1961-1990 delle 4 stazioni della pianura regionale (Fossalon, Pordenone, Gorizia e Udine) è sempre positivo dal 1992 al 2010; negli ultimi due decenni è stato calcolato un incremento medio della temperatura pari a 0,7 °C.

Indicatore 2: Variazione delle precipitazioni in Friuli Venezia Giulia, elaborazioni OSMER

Le precipitazioni annuali presentano una elevata variabilità, tanto che variazioni positive o negative del 20% rispetto alla media climatica sono da considerarsi normali. Individuare quindi dei trend significativi è molto complesso. Pur con questi limiti, è stata effettuata, in cinque stazioni rappresentative delle diverse aree climatiche (Trieste, Fossalon, Cividale, Udine e Tarvisio), l'analisi della pioggia degli ultimi vent'anni, confrontandola con quella del periodo di riferimento 1961-1990.

Nell'analisi sono stati considerati gli indicatori 'Pioggia mensile', 'Pioggia annuale' (fig. 7) e 'Numero di giorni di pioggia mensile' (fig. 8).

L'analisi mensile dei dati pluviometrici delle cinque stazioni rappresentative (fig. 7) mostra come nel ventennio 1991-2010 si sia avuta una diminuzione delle precipitazioni mensili nei primi 6 mesi dell'anno rispetto al periodo di riferimento 1961-1990. In particolare a giugno, in alcune delle stazioni esaminate, la pioggia del ventennio in esame è risultata significativamente inferiore (oltre 2 volte la deviazione standard) rispetto al trentennio di riferimento. La diminuzione delle precipitazioni nei primi 6 mesi dell'anno è compensata da un corrispondente aumento delle precipitazioni da settembre a dicembre. Quindi, nel complesso, le precipitazioni annue nelle stazioni esaminate non presentano variazioni significative.

Il numero di giorni di pioggia medi mensili (fig. 8) nei primi 6 mesi dell'anno risulta più basso nel periodo 1991-2010, rispetto al riferimento climatico 1961-1999. In alcune stazioni sono i mesi di giugno e febbraio quelli dove tale diminuzione è più significativa. Analogamente a quanto accade per le precipitazioni, anche in questo caso si nota un incremento del numero di giorni di pioggia negli ultimi 4 mesi dell'anno.

L'analisi effettuata non mette quindi in evidenza una variazione nella precipitazione annuale totale in Friuli Venezia Giulia dal 1991 al 2010; mentre sembra invece evidenziare una redistribuzione a livello mensile delle piogge misurate sia come intensità che come frequenza. Questa redistribuzione nell'anno va tenuta in particolare considerazione in quanto l'abbondanza/scarsità di precipitazioni nei singoli mesi ha immediate ripercussioni sul territorio (agricoltura, turismo, ecc.).

Cause naturali o eccessive emissioni di gas serra?

Il clima della Terra è in continua evoluzione: nel corso dei millenni si sono susseguite fasi di forte riscaldamento e fasi di raffreddamento, dovute a cause (forzanti) del tutto naturali (deriva dei continenti,

FIGURA 5. ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA MEDIA ANNUA A 2 METRI DAL SUOLO (LINEA SPEZZATA) IN 11 STAZIONI METEOROLOGICHE AUTOMATICHE DELLA PIANURA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA NEL PERIODO 1991-2010.

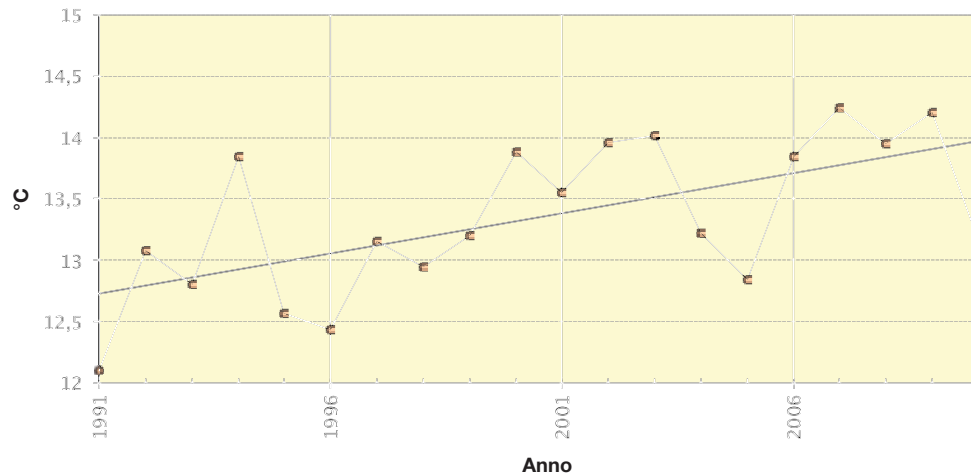
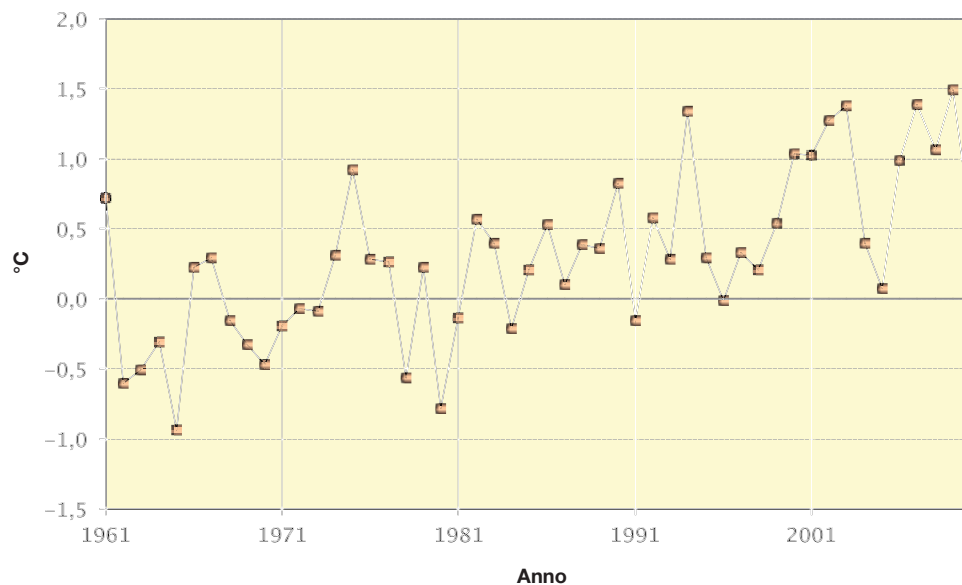


FIGURA 6. SCOSTAMENTO DELLA TEMPERATURA MEDIA ANNUA A 2 METRI DAL SUOLO RISPETTO ALLA MEDIA DI RIFERIMENTO 1961-1990 IN 4 STAZIONI DELLA PIANURA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA. NEL PERIODO 1961-1990 LA TEMPERATURA MEDIA ERA PARI A 12,9 °C.



Fonte: OSMER (1991-2010); Regione Friuli Venezia Giulia - Direzione centrale ambiente, energia e politiche per la montagna - Servizio idraulica (1961-1990).

Le simulazioni effettuate dagli esperti sui dati climatologici rilevati in tutto il pianeta evidenziano proprio negli ultimi 30-50 anni delle anomalie, non giustificabili dalla presenza delle sole forzanti di tipo naturale.

inclinazione dell'asse terrestre, attività solare, composizione chimica dell'atmosfera, attività vulcanica, ecc.).

Le simulazioni effettuate dagli esperti sulle serie di dati climatologici rilevati in tutto il pianeta – divenuti molto affidabili e completi soprattutto negli ultimi decenni – evidenziano proprio negli ultimi 30-50 anni delle anomalie, non giustificabili dalla presenza delle sole forzanti di tipo naturale. Per ricostruire il clima del pianeta è necessario inserire altre forzanti dovute alle attività umane (forzanti antropiche), come quelle legate *in primis*:

- 1) all'emissione di gas che incrementano l'effetto serra;
- 2) all'emissione di aerosol di origine industriale;
- 3) al cambiamento dell'uso del suolo.

Le emissioni di gas serra sono in continuo aumento. Per far capire le dimensioni del fenomeno, a titolo di esempio, si riporta un dato dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (AEI) che stima la domanda di energia nel 2020 in 14.300 Mtep (circa 2 tonnellate di petrolio grezzo per abitante del pianeta) (Lanza, 2000); oltre il 90% di questa domanda verrà soddisfatta da fonte fossile, ossia prodotta utilizzando fonti che producono anidride carbonica.

Oltre ai gas a effetto serra, anche gli aerosol possono alterare il clima. Alcuni di questi, come gli aerosol solfati (che derivano dal biossido di zolfo, SO_2), riflettono parte della radiazione solare e determinano un raffreddamento al suolo, che attenua in parte gli effetti del riscaldamento globale (il fenomeno è anche detto 'oscuramento globale', in contrapposizione al termine riscaldamento globale). Altri invece generano un aumento di temperatura, come ad esempio la caligine. Il loro ruolo costituisce dunque uno dei punti di incertezza sull'entità del riscaldamento futuro.

Il Rapporto dell'IPCC sostiene che «la maggior parte dell'aumento osservato delle temperature medie globali dalla metà del XX secolo, è molto probabilmente (>90% di probabilità che si verifichi un evento) dovuta all'aumento osservato delle concentrazioni di gas serra», per effetto delle emissioni «di origine antropica».

«Le concentrazioni globali in atmosfera di anidride carbonica, metano e protossido di azoto sono notevolmente aumentate come risultato dell'attività umana dal 1750» (inizio convenzionale dell'epoca industriale). La concentrazione atmosferica di CO_2 nel 2005 ha raggiunto il valore di 379 ppm, valore di molto superiore al range naturale degli ultimi 650.000 anni (da 180 a 300 ppm) valutato su carote di ghiaccio (Siegenthaler, Stocker, Monnin *et al.*, 2005). L'incremento deriva dall'uso di combustibili fossili (emissioni annue di 26,4 miliardi di tonnellate di CO_2 , stima nel periodo 2000-2005) e dai cambiamenti dell'uso del suolo (emissioni annue di 5,9 miliardi di tonnellate di CO_2 , stima a partire dagli anni Novanta).

La concentrazione di metano è «cresciuta da un valore pre-industriale di circa 715 ppb a 1774 ppb nel 2005» (range naturale degli ultimi 650.000 anni da 320 a 790 ppb). «È molto probabile (probabilità >90%) che l'incremento sia dovuto alle attività antropiche, principalmente all'agricoltura e all'uso dei combustibili fossili».

La concentrazione atmosferica di protossido di azoto è «cresciuta da un valore pre-industriale di circa 270 ppb a 319 ppb nel 2005». Più di un terzo di tutte le emissioni di protossido di azoto sono dovute all'agricoltura.

FIGURA 7. CONFRONTO TRA LA PIOGGIA MEDIA MENSILE REGISTRATA NEL PERIODO 1961-1990 (BLU) E QUELLA REGISTRATA NEL PERIODO 1991-2010 (AZZURRO). LE BARRE NERE INDICANO 2 VOLTE LA DEVIAZIONE STANDARD. IN LINEA CONTINUA LA PIOGGIA MEDIA ANNUA CUMULATA DA GENNAIO A DICEMBRE NEL PERIODO 1961-1990 (FUCSIA) E NEL VENTENNIO 1991-2010 (GIALLA).

Fonte: OSMER (1991-2010); Regione Friuli Venezia Giulia - Direzione centrale ambiente, energia e politiche per la montagna - Servizio idraulica (1961-2010).

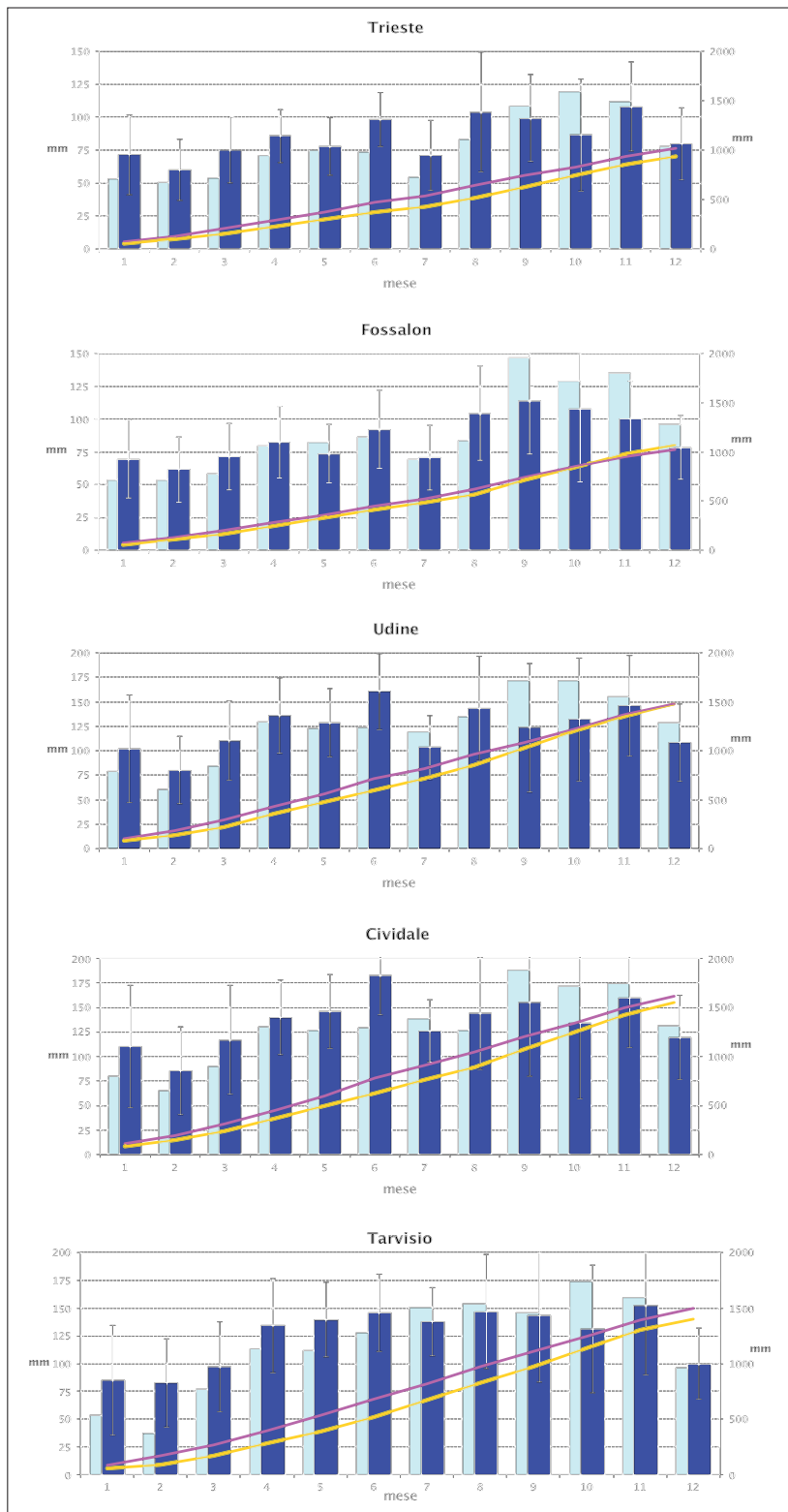
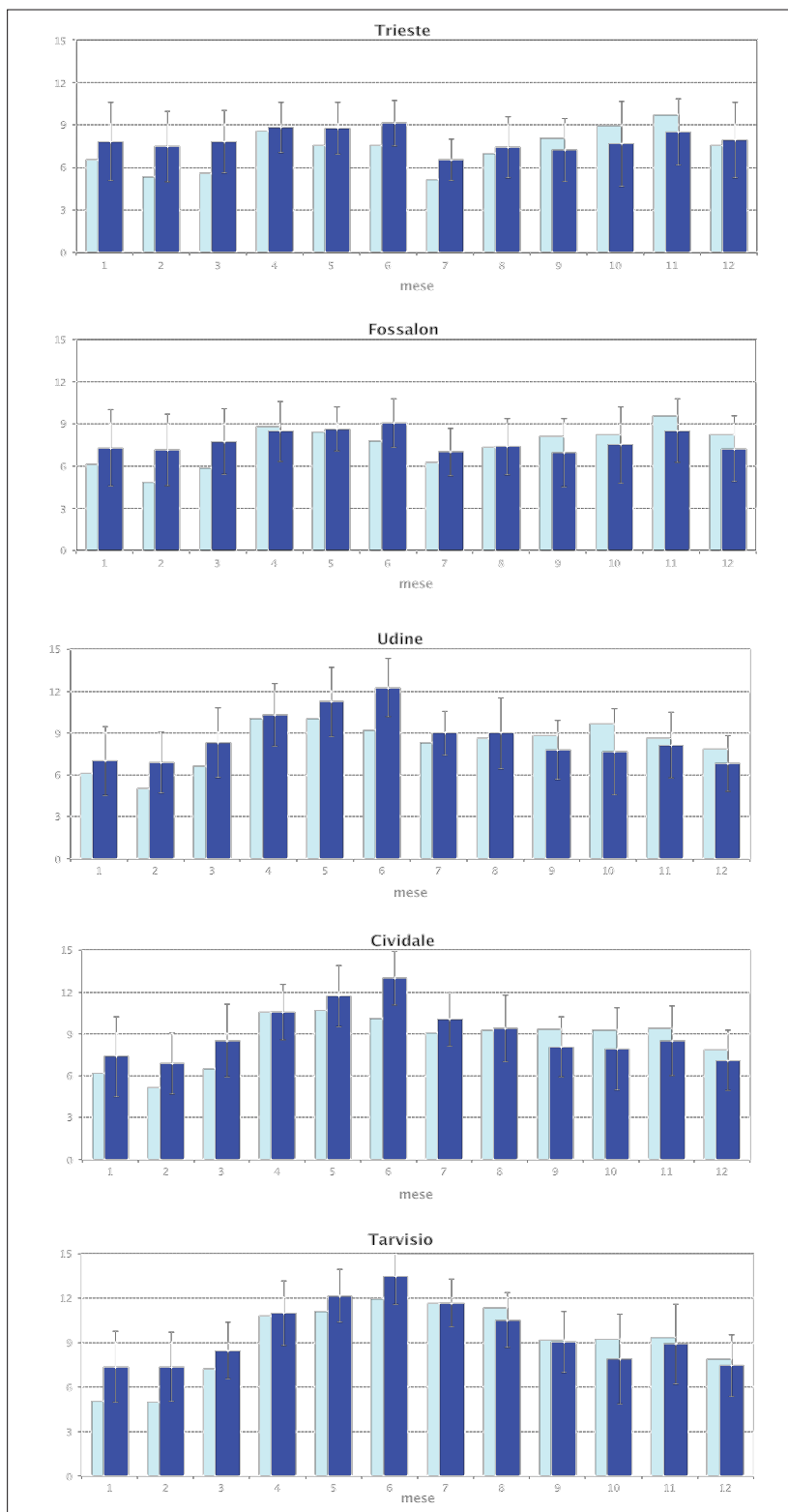


FIGURA 8. CONFRONTO TRA IL NUMERO MEDIO DI GIORNI DI PIOGGIA MENSILE NEL PERIODO 1961-1990 (BLU) E QUELLI REGISTRATI NEL PERIODO 1991-2010 (AZZURRO). LE BARRE NERE INDICANO 2 VOLTE LA DEVIAZIONE STANDARD.



Fonte: OSMER (1991-2010); Regione Friuli Venezia Giulia - Direzione centrale ambiente, energia e politiche per la montagna - Servizio idraulica (1961-2010).

Il Rapporto IPCC sostiene, inoltre, che vi è una «confidenza molto elevata [9 possibilità su 10 che l'affermazione sia corretta] che l'effetto globale medio netto delle attività umane dal 1750» in poi sia «stato una causa del riscaldamento, con un forzante radiativo di origine antropogenica, valutata al 2005, di 1,6 W/m²». In pratica è come se ogni metro quadro del pianeta fosse riscaldato da una lampadina della potenza di 1,6 W in aggiunta al normale contributo naturale dovuto alla radiazione solare. È fuori discussione che vi sia anche una componente naturale, che ha però un peso limitato, pari a circa un decimo di quella antropogenica.

Impatti dei cambiamenti e adattamento

Il Rapporto IPCC (WGII) afferma che «una valutazione globale dei dati dal 1970 ha mostrato che è probabile [probabilità dal 66 al 90%] che il riscaldamento antropogenico abbia avuto un'influenza evidente su molti sistemi fisici e biologici» e che sono già in atto, pur se in modo limitato, alcune modalità di adattamento ai cambiamenti climatici.

Sono inoltre già disponibili informazioni sugli impatti futuri dei cambiamenti climatici (tab. 2) nelle diverse aree geografiche del pianeta e per i diversi settori. In particolare, in Europa ci si aspetta un «rischio maggiore di alluvioni nelle zone continentali, una maggiore frequenza di inondazioni (fig. 9) e una maggiore erosione nelle aree costiere. Le zone montuose andranno incontro al ritiro dei ghiacciai, alla riduzione della copertura nevosa», con anche grandi impatti sulle attività economiche, come quelle del turismo invernale (fig. 10). Nell'Europa centrale e orientale le proiezioni indicano una «diminuzione delle precipitazioni estive, con conseguente maggiore stress idrico», maggiori rischi per la salute dovuti ad ondate di calore, maggior frequenza di incendi.

Gli impatti dei cambiamenti climatici molto probabilmente imporranno dei costi netti annuali molto elevati. Gli esperti ritengono che «per aumenti della temperatura media globale inferiori a 1-3 °C sopra i livelli del 1990 gli impatti porteranno benefici in alcune regioni e produrranno costi in altre regioni». È molto probabile, invece, che tutte le regioni subiranno un aumento dei costi netti per aumenti maggiori di 2-3 °C, fino ad arrivare a un 5% di riduzione del PIL per un riscaldamento di 4 °C.

Sono già in atto alcune forme di adattamento ai cambiamenti climatici osservati e futuri (ad esempio nella progettazione delle infrastrutture). Tuttavia non si ha ancora una visione chiara dei limiti dell'adattamento e dei costi. Potenzialmente le risposte di adattamento sono molteplici e possono spaziare da quelle puramente tecnologiche, a quelle comportamentali (ad esempio scelte sul cibo), a quelle gestionali (diverse pratiche agricole), a quelle politiche (pianificazione, imposizione fiscale).

Impatti dei cambiamenti climatici in Friuli Venezia Giulia

Ci si può ora chiedere quali possono essere gli effetti sulle attività umane o sugli ecosistemi di un aumento della temperatura media e di una modificazione nel regime delle piogge (frequenza e intensità) in Friuli Venezia Giulia, territorio che si trova alle medie latitudini in cui gli effetti dei cambiamenti climatici si presentano in modo più sfumato e talvolta contraddittorio. Ci si può inoltre chiedere quali azioni di mitigazione possono essere adottate a scala regionale per affrontare il problema. Le domande non trovano una risposta né facile né univoca, poiché bisogna spesso 'pesare' effetti contrapposti. A titolo di esempio si riportano alcuni recenti studi e alcune considerazioni relative al settore turistico e all'agricoltura.

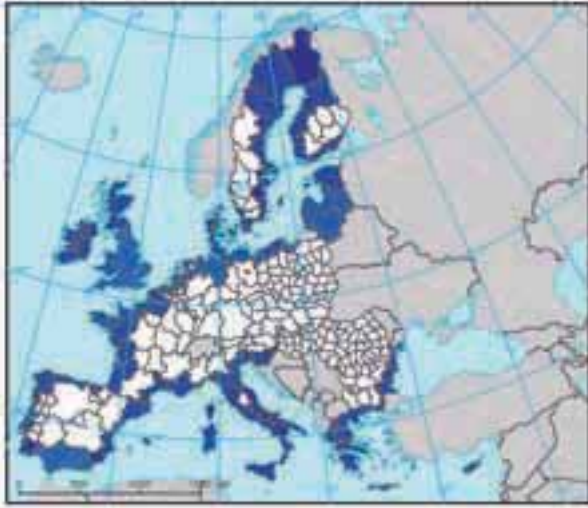
La Cipra (2011) ha effettuato una valutazione sui comprensori sciistici delle Alpi con certezza di neve naturale (non artificiale). Attualmente il 91% dei comprensori dispone con certezza di neve naturale, ma l'innalzamento della temperatura di 1 °C ridurrebbe la percentuale al 75%, di 2 °C al 61%, di 4 °C al 30%. Per il Friuli Venezia Giulia ciò significherebbe che, dagli attuali 7 comprensori su 11 che dispongono con certezza di neve naturale, si scenderebbe, rispettivamente, a 6, 5, 2.

TABELLA 2. IMPATTI PREVISTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN EUROPA E IN FRIULI VENEZIA GIULIA.

Tema	Impatto
Gestione delle acque e del suolo	incremento del rischio di alluvioni e di frane ed erosione aumento della domanda di acqua riduzione della disponibilità di acqua; stress idrico possibile peggioramento della qualità delle acque incremento del rischio di instabilità geologica per il ritiro dei ghiacciai
Gestione aree costiere	aumento delle inondazioni aumento dell'erosione costiera maggiore intrusione del cuneo salino negli estuari e salinizzazione delle acque dolci costiere e sotterranee
Salute	aumento della mortalità per ondate di calore estive e delle infezioni e allergie riduzione della mortalità per ondate di freddo invernali e delle patologie da raffreddamento
Inquinamento	riduzione dell'inquinamento urbano invernale possibile aumento dell'inquinamento estivo da ozono
Agricoltura	riduzione delle produzioni nelle aree non irrigue incremento delle produzioni nelle zone umide settentrionali e in zone irrigue aumento delle invasioni di insetti in alcune zone degrado dei suoli
Foreste	maggior rischio e frequenza di incendi estivi maggiore produzione legnosa nelle aree settentrionali
Energia	riduzione dei consumi invernali per riscaldamento aumento dei consumi estivi per raffrescamento riduzione della produzione idroelettrica in alcune zone aumento produzione fotovoltaica
Biodiversità	scomparsa di alcune specie espansione delle specie termofile
Trasporti	minori difficoltà dovute a neve e ghiaccio più frequenti interruzioni da allagamenti
Turismo	riduzione delle aree utili per lo sci e innalzamento delle quote neve riduzione della stagione sciistica allungamento della stagione utile per il turismo verde estivo specie in montagna possibile peggioramento della qualità delle acque di balneazione

FIGURA 9. PERSONE CHE SI SUPPONE SARANNO A RISCHIO DI INONDAZIONE NEL 2050 E NEL 2100 IN ASSENZA DI MISURE DI ADATTAMENTO NEL MEDIO-LUNGO TERMINE (SCENARIO SRES A2 E B1, VEDI GLOSSARIO).

Persone a rischio di inondazione nello scenario SRES A2, 2050



Persone a rischio di inondazione nello scenario SRES B1, 2050



Persone a rischio di inondazione nello scenario SRES A2, 2100



Persone a rischio di inondazione nello scenario SRES B1, 2100



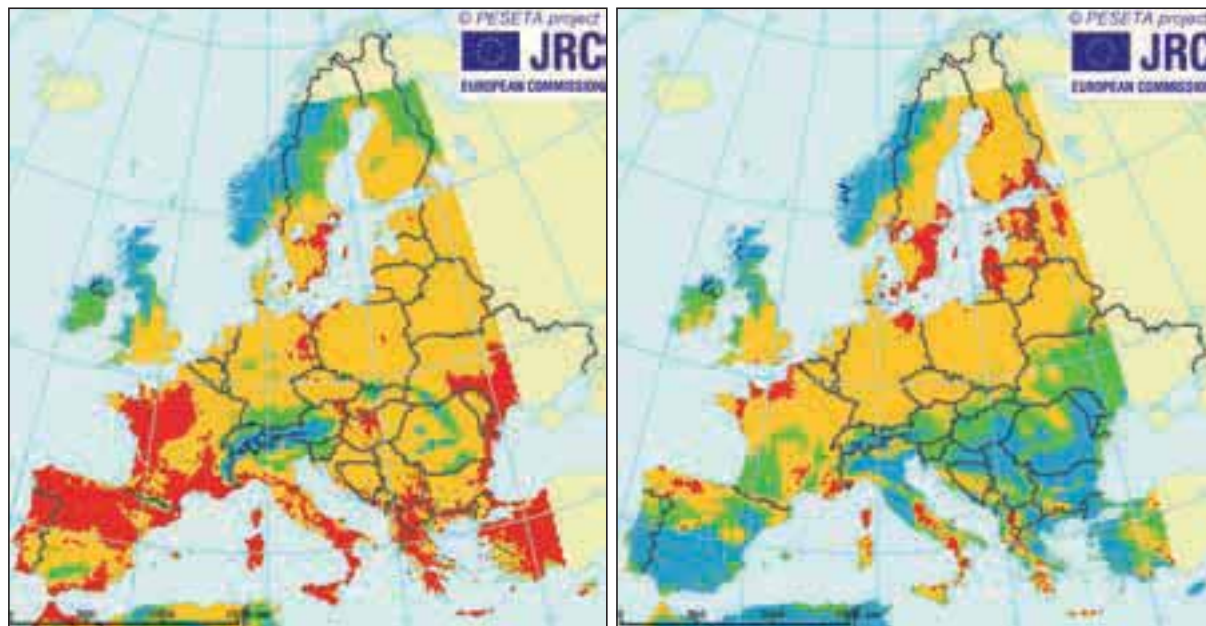
Migliaia all'anno



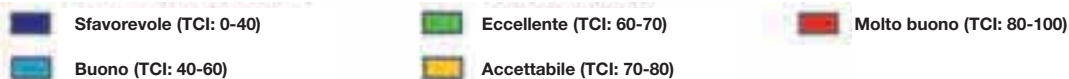
Dati assenti
Fuori copertura

Fonte: PIK (Potsdam Institute for Climate Impact Research), 2010.

FIGURA 10. ANDAMENTO DELL'INDICE DI COMFORT TURISTICO (TCI, TOURISM COMFORT INDEX) IN EUROPA NEL 1961-1990 (A SINISTRA) E NEL 2071-2100 (A DESTRA) IPOTIZZANDO UNO SCENARIO SRES A2 (VEDI GLOSSARIO). L'INDICE TCI È BASATO SU UNA SERIE DI VARIABILI CLIMATICHE CHE RIFLETTONO L'IDONEITÀ DELLE REGIONI AL COMFORT BIOCLIMATICO DI UN INDIVIDUO. IN ITALIA È PREVISTA UNA SENSIBILE RIDUZIONE DELL'INDICE DI COMFORT.



Indice di comfort turistico



Fonte: JRC PESETA Project, <http://peseta.jrc.ec.europa.eu/docs/Tourism.html>.

In uno studio della Sezione ambiente del Club Alpino Italiano (CAI, 2008) i comprensori sciistici sono classificati in base alla LAN (Linea di Affidabilità delle Nevi); un comprensorio è affidabile se più del 50% del suo territorio ricade a una quota superiore alla linea di affidabilità. Questa linea si trova attualmente a 1.500 m di quota, ma sale di 150 m per ogni °C di aumento della temperatura. In Friuli Venezia Giulia solo un comprensorio sciistico può essere attualmente classificato affidabile, ma già l'aumento di 1 °C, che innalzerebbe la LAN a 1.650 m, farebbe uscire dall'affidabilità quell'unico comprensorio. Si può ovviare a questo problema ricorrendo all'innevamento artificiale (azione di adattamento), qualora le temperature lo consentano, con ovvie ricadute sui costi di gestione dei comprensori sciistici.

Nel settore agricolo l'aumento della temperatura media può avere effetti positivi sulla produzione, purché non si manifesti una contemporanea carenza idrica. Una modificazione del regime pluviometrico in giugno, invece, può richiedere un anticipo dell'inizio della stagione irrigua (effetto negativo), con un innalzamento dei costi di produzione. Gli effetti negativi possono essere compensati o mitigati adottando sistemi di coltivazione o tecniche colturali a basso input energetico e a maggior efficienza, come, ad esempio, l'anticipo delle semine, la scelta di varietà più o meno tardive o resistenti alla siccità, la micro-irrigazione.

In forma schematica e comunque teorica, i possibili impatti causati dai cambiamenti climatici in un territorio limitato come il Friuli Venezia Giulia, sebbene vi siano anche molte altre pressioni che influiscono sui sistemi naturali e che possono ridurre o amplificare gli effetti dei cambiamenti climatici, riguarderanno i seguenti temi:

- *la gestione delle aree costiere*: l'aumento del livello del mare e le possibili variazioni della frequenza e intensità degli episodi di vento intenso potrebbero provocare un aumento delle mareggiate, con conseguente erosione delle coste e inondazioni del primo entroterra; il cambiamento del regime delle precipitazioni porterà una variazione dei regimi idraulici delle falde e dei fiumi, che a loro volta potrebbero favorire l'intrusione di acqua salina nelle zone costiere e nelle falde (cuneo salino); anche le deposizioni e la sedimentazione di materiale sulla fascia litoranea potrebbero modificarsi;
- *la biodiversità*: le variazioni dell'habitat in termini soprattutto di temperature medie ed estreme e di disponibilità di acqua causeranno un cambiamento delle specie animali e vegetali presenti sul territorio, con scomparsa di quelle più adattate a climi temperati freddi e prevalenza di quelle più termofile di origine mediterranea e africana;
- *la salute*: i più frequenti, intensi e prolungati episodi di ondate di calore (e in misura molto minore di quelle di freddo, ma solo in termini di intensità), salvo specifici interventi di prevenzione, provocheranno un aumento della mortalità, specie fra le fasce più deboli della popolazione, come già si è verificato nell'estate del 2003, che potrebbe diventare la norma fra qualche decennio;
- *le risorse idriche*: la maggior frequenza e durata nonché l'intensificazione dei periodi di siccità, in particolare estiva e sulle zone di pianura e costa, creeranno significativi problemi nell'approvvigionamento e nella distribuzione dell'acqua per usi umani, talvolta mettendo in concorrenza gli usi civili, quelli industriali e quelli agricoli; la scarsità d'acqua estiva comporterà ripercussioni anche sulla sua qualità;
- *il turismo*: mentre in estate il caldo intenso potrà scoraggiare il turismo culturale nelle città, favorendo viceversa quello montano (da parte di chi vuole sottrarsi alla calura) e quello marino, grazie all'ancor più ridotto numero di giornate stagionali di brutto tempo, in inverno l'aumento delle temperature provocherà l'innalzamento della quota della neve naturale e difficoltà per l'innevamento artificiale, con gravi difficoltà per la pratica dello sci nelle zone a quota più bassa, come la maggioranza di quelle friulane;
- *la qualità dell'aria*: per effetto dell'aumento della temperatura estiva, sulla pianura sembrano de-

stinati ad aggravarsi i problemi legati all'inquinamento da ozono nei bassi strati atmosferici; viceversa, l'aumento della temperatura in inverno provocherà un minor ricorso al riscaldamento domestico e quindi probabilmente minori emissioni inquinanti e di polveri sottili; inoltre il cambiamento dei regimi di tempo meteorologico potrebbe portare ad una minore frequenza delle inversioni termiche, contribuendo ad un miglior rimescolamento dei bassi strati e quindi ad una ulteriore riduzione degli episodi intensi di inquinamento urbano invernale;

- *il rischio idrogeologico*: seppur in un contesto di generale diminuzione, l'aumento dell'intensità di precipitazione nel corso di alcuni episodi e forse la maggiore frequenza di tali episodi intensi potrebbe provocare maggiori dissesti sul territorio, con più frane ed alluvioni e ripercussioni sui trasporti e su altri settori; va tuttavia tenuto presente il ruolo fondamentale, in questo contesto, della gestione del territorio e dei cambiamenti dell'uso del suolo;
- *la produzione di energia*: una minore piovosità estiva e conseguenti crescenti richieste di acqua per usi diversi (vedi sopra) potrebbero mettere in difficoltà gli impianti di produzione idroelettrica di energia; viceversa un aumento delle giornate di sole potrebbe favorire la produzione da fotovoltaico; restano incerte al momento le prospettive della fonte eolica;
- *gli incendi boschivi*: l'intensificarsi della siccità estiva comporterà un aumento degli incendi boschivi nel semestre caldo, specie nella fascia del Carso e in quella prealpina; viceversa, un possibile aumento della piovosità invernale potrebbe ridurli in quello freddo.

Le politiche sul clima nel contesto internazionale e nazionale

Come visto in precedenza, il problema dei cambiamenti climatici è un problema globale e come tale va affrontato nelle dovute sedi internazionali. Nel 1988, su richiesta delle Nazioni Unite, l'United Nations Environment Programme (UNEP) e il World Meteorological Organization (WMO) hanno istituito il Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Già nel primo Rapporto dell'IPCC è espressa la tesi secondo cui l'aumento delle emissioni di GHG porta ad un incremento della temperatura del pianeta. Tramite questo primo Rapporto la Comunità internazionale ha preso atto dell'esistenza del problema dei cambiamenti climatici e ha dato avvio a delle azioni concrete per affrontarlo.

Nel corso della conferenza delle Nazioni Unite su ambiente e sviluppo a Rio de Janeiro del 1992, la maggior parte degli Stati presenti ha sottoscritto la 'Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici' (UNFCCC), riconoscendo formalmente l'esistenza dei cambiamenti climatici di origine antropica e dando quindi avvio a un programma di contenimento delle emissioni per contrastare un ulteriore riscaldamento.

L'UNFCCC si pone l'obiettivo di stabilizzare le concentrazioni di GHG nell'atmosfera a un livello 'sostenibile' sia da un punto di vista ambientale, tramite la riduzione dei rischi per l'uomo, sia da un punto di vista sociale, garantendo a tutti i paesi, anche a quelli in via di sviluppo, condizioni di crescita economica.

All'interno dell'UNFCCC vi è una importante classificazione dei paesi in funzione del loro effettivo livello di sviluppo. Ai paesi più 'evoluti', inseriti nell'allegato I della Convenzione (vedi Glossario alla voce 'UNFCCC'), viene chiesto di adottare politiche nazionali e interventi specifici per limitare le emissioni di GHG causate dall'uomo e incrementare le potenzialità dei pozzi e dei serbatoi di GHG. Inoltre, essi dovranno dare 'evidenza' di quanto da loro fatto mediante la tenuta di appositi 'inventari'.

Nel corso dell'incontro annuale dell'UNFCCC di Kyoto (COP3) i Paesi industrializzati si sono impegnati (Protocollo di Kyoto) a ridurre complessivamente, entro il quinquennio 2008-2012 (periodo di adempimento), del 5% le proprie emissioni di GHG rispetto ai valori del 1990 (anno di riferimento). La Comu-

L'Accordo di Copenaghen (2009), che impegna gli Stati a ridurre le emissioni di gas serra, e l'Accordo di Durban (2011), per arrivare a un trattato globale sulla lotta ai cambiamenti climatici entro il 2015, sono dei passi decisivi nella giusta direzione.

nità Europea si è impegnata per una riduzione dell'8%, riassegnando la quota totale ai singoli Stati in modo flessibile (per l'Italia la quota è del 6,5%).

In Italia le emissioni totali di GHG nel 1990 corrispondevano a 520 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente (CO₂e, vedi Glossario). In base agli accordi di Kyoto l'Italia dovrebbe ottenere al 2012 una riduzione delle emissioni del 6,5% (486,2 milioni di tonnellate di CO₂e). Questo traguardo ad oggi sembra raggiungibile, poiché le emissioni di GHG sono cresciute fino al 2004 (583 milioni di tonnellate di CO₂e) (Pernigotti, 2007) per poi calare a 502,3 milioni di tonnellate di CO₂e nel 2009 (Ronchi, 2010). Ciò è dovuto per effetto congiunto della crisi economica (prevalente) e per l'aumento della quota di energie rinnovabili (+9,3% nel 2009) e di migliora-

mento dell'efficienza energetica per unità di PIL. Nella riduzione hanno contribuito anche le politiche di incentivazione per acquisti, ad esempio, di elettrodomestici ad alta efficienza, di auto meno inquinanti, e per le ristrutturazioni edilizie.

Un problema globale, ma ognuno deve fare la sua parte

Per contenere gli effetti dei cambiamenti climatici in corso è necessario dare nuovo impulso agli accordi tra gli Stati in termini di emissioni di gas ad effetto serra. In quest'ottica, l'Accordo di Copenaghen (COP15, 2009) – che impegna gli Stati a ridurre le emissioni di gas serra a un livello tale da contenere entro i 2 °C l'aumento della temperatura atmosferica del pianeta – e il recente Accordo di Durban (COP17, novembre-dicembre 2011) – che stabilisce una precisa tabella di marcia per arrivare a un trattato globale sulla lotta ai cambiamenti climatici entro il 2015 – sono dei passi decisivi nella giusta direzione.

Una riduzione delle emissioni in grado di raggiungere l'obiettivo dei 2 °C richiede un radicale ripensamento del sistema energetico mondiale. Tuttavia, in attesa di accordi internazionali più precisi, sono già possibili alcune azioni, come quelle proposte dai Paesi del G20, che si sono impegnati ad eliminare i sussidi a favore dei combustibili fossili (312 miliardi di dollari nel 2009!). Questa azione da sola potrebbe ridurre la domanda di energia primaria del 5% (IEA, 2010).

A livello regionale devono essere sicuramente assecondate le politiche nazionali o sovra-nazionali proposte per la riduzione delle emissioni dei gas serra. Sono auspicabili, quindi, politiche attive sul fronte del risparmio energetico e della riduzione delle emissioni in atmosfera, sebbene qualsiasi azione di mitigazione adottata in ambito regionale potrà generare dei benefici ambientali diretti alla popolazione (ad esempio, con la riduzione dell'inquinamento), ma non avrà alcun effetto tangibile sui cambiamenti climatici, a meno che non sia parte di un più ampio progetto a scala globale.

Tra le azioni di mitigazione da adottare a livello locale vanno sicuramente incentivate quelle che favoriscono l'accumulo di carbonio nei serbatoi naturali (suoli agrari e forestali). Numerosi studi indicano (Zuliani, Alberti, Danelon *et al.*, 2007), infatti, che negli ultimi centocinquanta anni le coltivazioni intensive hanno causato una perdita di carbonio organico dai suoli del 30-50% e ciò è causa dell'aumento del 20% della CO₂ in atmosfera. Sono da incentivare quindi tutte quelle azioni – realizzabili tra l'altro a costi contenuti – atte a favorire un aumento del carbonio organico nei suoli come, ad esempio, il rimboschimento, la fertilizzazione organica, l'adozione di tecniche di lavorazione conservative (*minimum tillage*), ecc.

Si segnala, infine, l'importanza di un attento e continuo monitoraggio, sia biologico, sia fisico-meteo-

rologico, necessario per valutare nel tempo l'intensità dei cambiamenti climatici e gli effetti che generano sui sistemi naturali e biologici.

Tendenza ed evoluzione del fenomeno nel tempo

Il Rapporto dell'IPCC prende in considerazione varie ipotesi di sviluppo futuro dell'economia e della società, individuando così diversi scenari, chiamati 'scenari SRES' (vedi Glossario). I diversi scenari vanno da quelli che prevedono un forte sviluppo economico mondiale generalizzato e poco attento all'ambiente, a quelli che considerano forme di sviluppo con crescente differenziazione geografica e maggiore attenzione all'ambiente e alla sostenibilità. Per ogni scenario vengono dunque valutati per il periodo 2000-2100 i possibili cambiamenti climatici che ne conseguono.

Le proiezioni al 2100, rispetto al 1990, indicano un ulteriore riscaldamento medio globale della superficie di 1,8-4,0 °C e un innalzamento del livello del mare di 0,18-0,59 m, in relazione al modello di sviluppo che la comunità mondiale vorrà adottare (tab. 3).

In un recente studio (Faggian, Giorgi, 2009) viene effettuata la proiezione della temperatura dell'aria e della precipitazione fino al 2100 per la penisola italiana e per la regione alpina, al cui interno è compreso il Friuli Venezia Giulia. Nello studio sono riportate le medie di 20 modelli di circolazione generale (AOGCMs) applicando tre diversi scenari di emissioni (A2 - sviluppo forte ma regionale, A1B - sviluppo forte globale con uso di fonti energetiche bilanciate, B1 - sviluppo globale sostenibile). Lo studio, ipotizzando uno scenario SRES di sviluppo A1B, evidenzia sull'Italia un aumento della temperatura media annuale (fig. 11) di 2-4 °C nel corso del XXI secolo; l'aumento sarà più pronunciato nella stagione estiva (fino a 6 °C). La precipitazione è prevista in diminuzione (fig. 12). Anche in questo caso la maggior riduzione avverrà nel periodo estivo (20%), sebbene in inverno sia previsto un leggero aumento nella regione alpina; tuttavia a causa del previsto riscaldamento ciò causerà un minor accumulo di neve e ghiaccio con evidenti ripercussioni ambientali e nel settore del turismo. Inoltre, l'incremento della temperatura potrà essere maggiore o minore ai valori sopra indicati in relazione alla concentrazione di GHG presenti nell'atmosfera, parametro correlabile allo scenario SRES che si verrà a realizzare. Ciò è rappresentato nella figura 13: se lo sviluppo seguirà uno scenario B1 (più attento alle problematiche ambientali) l'aumento di temperatura si stabilizzerà attorno a +2 °C; nell'ipotesi A2 (con scarsi cambiamenti tecnologici) la temperatura subirà un ulteriore forte incremento nell'ultima parte del secolo corrente, fino a raggiungere i +4-5 °C rispetto all'inizio del secolo.

Il Rapporto IPCC (WGIII) afferma che «con le attuali politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici e le relative pratiche di sviluppo sostenibile, le emissioni di GHG continueranno a crescere durante i prossimi decenni». Ad esempio, le emissioni di CO₂ potrebbe crescere dal 45% al 110%, a seconda del tipo di sviluppo (scenario SRES) che verrà a realizzarsi tra il 2000 e il 2030.

«Continuare ad emettere gas serra ad un tasso uguale o superiore a quello attuale, causerebbe un ulteriore riscaldamento e provocherebbe molti cambiamenti nel sistema climatico globale». Tuttavia, «anche se le concentrazioni di gas serra venissero stabilizzate, il riscaldamento antropogenico e l'innalzamento del livello del mare continuerebbero per secoli a causa delle scale temporali associate ai processi climatici e ai feedback».

Gli impegni annunciati a Copenaghen per ridurre le emissioni di gas serra non sembrano essere sufficienti a contenere entro i 2 °C l'aumento della temperatura atmosferica del pianeta (IEA, 2010). Questo aumento della temperatura può essere compatibile con una concentrazione di CO₂ di 450 ppm, ma le attuali proiezioni sulle emissioni di GHG fanno ritenere più probabile una stabilizzazione a 650 ppm di CO₂, a cui corrisponderebbe un aumento della temperatura di 3,5 °C nel lungo periodo.

TABELLA 3. AUMENTO DELLA TEMPERATURA AL SUOLO E DELL'INNalzAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE PER LA FINE DEL XXI SECOLO IN BASE AL TIPO DI SVILUPPO CHE VERRÀ A REALIZZARSI (SCENARI SRES).

Caso	Variazione di Temperatura (°C al 2090-2099 rispetto al 1980-1999)		Innalzamento del Livello del mare (m al 2090-2099 rispetto al 1980-1999)
	Miglior stima	Intervallo di probabilità	Intervallo basato sui modelli escludendo futuri cambiamenti dinamici rapidi del flusso di ghiaccio
Concentrazioni costanti per l'anno 2000	0,6	0,3 - 0,9	N/A
Scenario B1	1,8	1,1 - 2,9	0,18 - 0,38
Scenario A1T	2,4	1,4 - 3,8	0,20 - 0,45
Scenario B2	2,4	1,4 - 3,8	0,20 - 0,43
Scenario A1B	2,8	1,7 - 4,4	0,21 - 0,48
Scenario A2	3,4	2,0 - 5,4	0,23 - 0,51
Scenario A1FI	4,0	2,4 - 6,4	0,26 - 0,59

Fonte: IPCC-WGI. Quarto Rapporto di Valutazione - Sintesi per i decisori politici.

FIGURA 11. AUMENTO DELLA TEMPERATURA MEDIA ANNUALE DELL'ARIA NEL PERIODO 2071-2100 RISPETTO AL PERIODO DI RIFERIMENTO 1961-1990 (SCENARIO SRES A1B) PREVISTO DAL MODELLO DI CIRCOLAZIONE GENERALE GFDL-CM2.1. I PANNELLI RAPPRESENTANO L'AUMENTO MEDIO NELLE QUATTRO STAGIONI DELL'ANNO. IL MODELLO GFDL-CM2.1 È UNO DEI 20 MODELLI UTILIZZATI NELLO STUDIO CONDOTTO DA FAGGIAN, GIORGI (2009) DA CUI È TRATTA L'IMMAGINE.

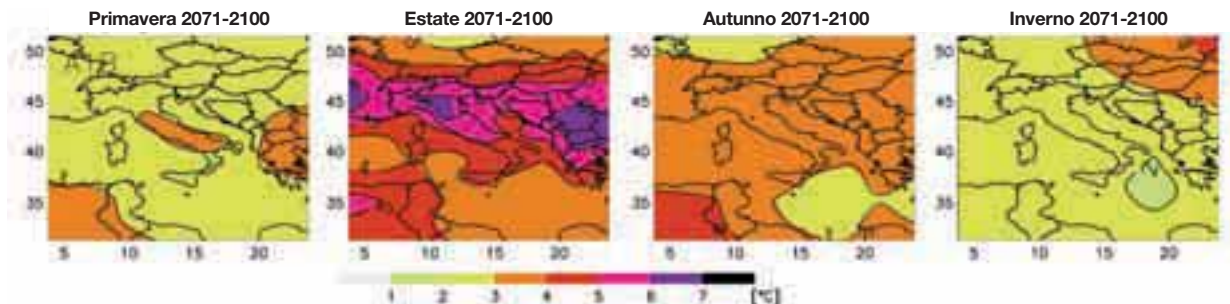


FIGURA 12. VARIAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI ANNUALI MEDIE NEL PERIODO 2071-2100 RISPETTO AL PERIODO DI RIFERIMENTO 1961-1990 (SCENARIO SRES A1B) PREVISTO DAL MODELLO DI CIRCOLAZIONE GENERALE GFDL-CM2.1. I PANNELLI RAPPRESENTANO LA VARIAZIONE MEDIA NELLE QUATTRO STAGIONI DELL'ANNO. IL MODELLO GFDL-CM2.1 È UNO DEI 20 MODELLI UTILIZZATI NELLO STUDIO CONDOTTO DA FAGGIAN, GIORGI (2009) DA CUI È TRATTA L'IMMAGINE.

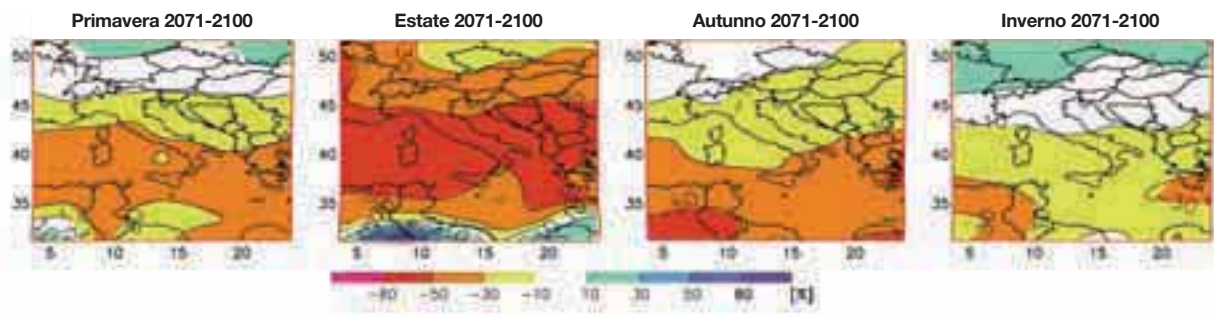


FIGURA 13. VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA MEDIA ANNUALE NEL PERIODO 2001-2100 RISPETTO ALLA MEDIA DEL PERIODO DI RIFERIMENTO 1961-1990 IPOTIZZANDO 3 SCENARI SRES (A2, A1B E B1). I DATI SI RIFERISCONO ALLA ZONA GAR MONTANA (H>400 m s.l.m.) E SONO CALCOLATI COME MEDIA DEI 20 MODELLI DI CIRCOLAZIONE ATMOSFERICA UTILIZZATI NELLO STUDIO CONDOTTO DA FAGGIAN, GIORGI (2009) DA CUI È TRATTA L'IMMAGINE. I COLORI RAPPRESENTANO I DIVERSI CRITERI DI CALCOLO DELLA MEDIA DEI 20 MODELLI.

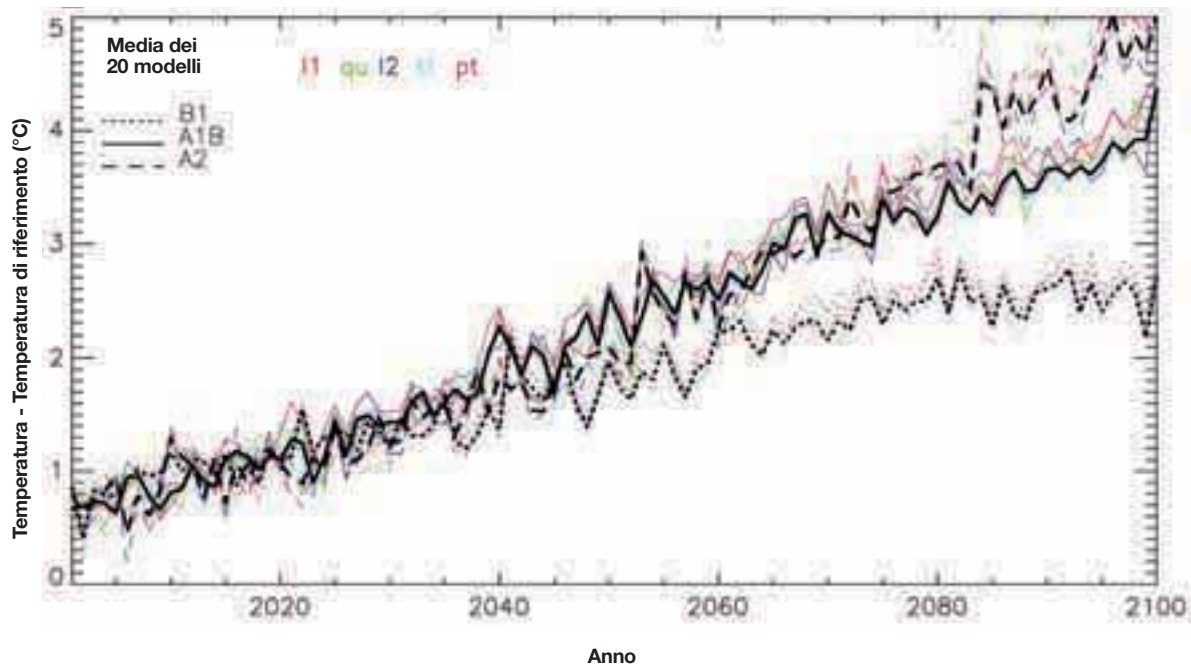


TABELLA 4. PRINCIPALI TECNOLOGIE E PRATICHE DI MITIGAZIONE PER SETTORE. I SETTORI E LE TECNOLOGIE SONO ELENCAE SENZA UN ORDINE PARTICOLARE. LE PRATICHE NON TECNOLOGICHE (COME IL CAMBIAMENTO DELLO STILE DI VITA, CHE SONO TRASVERSALI) NON SONO INCLUSE IN QUESTA TABELLA.

Settore	Principali tecnologie e pratiche di mitigazione attualmente disponibili sul mercato	Principali tecnologie e pratiche di mitigazione che si prevede siano commercializzate prima del 2030
Produzione di energia	Miglioramento dell'efficienza delle forniture e della distribuzione; passaggio da carbone a gas come carburante; energia nucleare; calore ed energia rinnovabile (energia idroelettrica, solare, eolica, geotermale e bioenergia); energia e calore combinati; prime applicazioni di CCS (Carbon Capture and Storage), per esempio, stoccaggio della CO ₂ rimossa dal gas naturale.	CCS per impianti di produzione dell'energia elettrica da gas, biomassa e carbone; energia nucleare avanzata; energie rinnovabili avanzate, incluse: l'energia da moto ondoso e mareale, solare concentrato, e solare fotovoltaico.
Trasporti	Veicoli alimentati a carburante più efficiente; veicoli ibridi; veicoli diesel più puliti; biocarburanti; spostamento modale dal trasporto su ruote al trasporto su rotaie e sistemi di trasporto pubblico; trasporti non motorizzati (bicicletta, a piedi); pianificazione dell'uso del territorio e dei trasporti.	Seconda generazione di biocarburanti; maggiore efficienza degli aeroplani; veicoli elettrici e ibridi avanzati con batterie più potenti e affidabili.
Costruzioni	Efficiente illuminazione e uso dell'orario legale; apparecchi elettrici e dispositivi di riscaldamento e raffreddamento più efficienti; cucine più efficienti, migliori isolamenti; progettazione per il riscaldamento e il raffreddamento solare attivo e passivo; fluidi di refrigerazione alternativi, recupero e riciclo dei gas fluorogenati.	Progettazione integrata di edifici commerciali, includendo tecnologie come i contatori intelligenti, che forniscono feedback e controllo; solare fotovoltaico integrato nelle costruzioni.
Industria	Uso più efficiente delle apparecchiature elettriche; recupero di energia e calore; riciclo e sostituzione dei materiali; controllo delle emissioni di gas non-CO ₂ ; un'ampia gamma di tecnologie specifiche per un dato processo.	Efficienza energetica avanzata; CCS per la produzione di cemento, ammoniaca e ferro; elettrodi inerti per la produzione dell'alluminio.
Agricoltura	Gestione delle coltivazioni e dei pascoli migliorata per aumentare la riserva di carbonio nel suolo; ripristino di suoli di torbiera coltivati e di terre degradate; miglioramento delle tecniche di produzione del riso e di allevamento del bestiame e della gestione del concime per ridurre le emissioni di CH ₄ ; miglioramento delle tecniche di applicazione di fertilizzanti a base di nitrati per ridurre le emissioni di N ₂ O; coltivazioni dedicate per sostituire i combustibili fossili; miglioramento dell'efficienza energetica.	Miglioramento delle rese agricole.
Silvicoltura/ Foreste	Forestazione; riforestazione; gestione delle foreste; riduzione della deforestazione; gestione dei prodotti derivanti dalla raccolta del legname; uso dei prodotti della silvicoltura per la produzione di bioenergia allo scopo di sostituire l'uso di combustibili fossili.	Miglioramento delle specie di alberi per aumentare la produttività di biomassa e l'assorbimento di carbonio. Tecnologie satellitari migliorate per l'analisi del potenziale di assorbimento da parte di vegetazione/soilo e mappatura delle variazioni di uso del suolo.
Rifiuti	Siti per il recupero del metano; incenerimento dei rifiuti con recupero di energia; compostaggio dei rifiuti organici; trattamento controllato delle acque di scarico; riciclo e minimizzazione dei rifiuti.	Biocoperture e biofiltri per ottimizzare l'ossidazione del CH ₄ .

Fonte: IPCC-WGIII. Quarto Rapporto di Valutazione - Sintesi per i decisori politici.

«Per arrivare a una stabilizzazione della concentrazione di GHG in atmosfera, le emissioni dovrebbero raggiungere un picco e poi diminuire. Più basso è il livello di stabilizzazione» che la comunità internazionale vorrà raggiungere, «più rapidamente questo picco e questa successiva diminuzione dovrebbero verificarsi». Ciò comporta dei costi non trascurabili: IPCC stima, ad esempio, che una stabilizzazione della CO₂ e al livello di 445-710 (valore molto più alto di quello attualmente presente!) al 2030 comporterebbe una riduzione di PIL del 3% a livello mondiale (sebbene alcune stime indichino un leggero incremento di PIL). Per giungere alla fase di stabilizzazione è necessario utilizzare nuove tecnologie, alcune delle quali già presenti sul mercato (tab. 4). Per incentivarne l'uso, gli Stati dovranno adottare efficaci politiche, sia di sostegno finanziario (sussidi e crediti di imposta), sia di perequazione (tasse e tariffe), ma dovranno anche attuare politiche di regolamentazione, di informazione e di ricerca.

I problemi da affrontare sono enormi, poiché agire sui livelli di emissioni significa, in ultima analisi, ripensare al modello di sviluppo delle nostre società, anche in termini etici e di equità di accesso alle risorse da parte di tutta la popolazione del pianeta.

STRUTTURA DEGLI INDICATORI

INDICATORE 1

NOME	Temperatura media annua Scostamento della temperatura media annua rispetto una media di riferimento (1961-1990)
DPSIR	Determinante, Stato
UNITÀ DI MISURA	°C
FONTE	Regione Friuli Venezia Giulia - Direzione centrale ambiente, energia e politiche per la montagna - Servizio idraulica ARPA FVG - OSMER
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	1961-2010

INDICATORE 2

NOME	Pioggia mensile Pioggia annuale Numero di giorni di pioggia mensile
DPSIR	Determinante, Stato
UNITÀ DI MISURA	mm, giorni di pioggia
FONTE	Regione Friuli Venezia Giulia - Direzione centrale ambiente, energia e politiche per la montagna - Servizio idraulica ARPA FVG - OSMER
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	1961-2010

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

L. 1 giugno 2002, n. 120	Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997
--------------------------	--

GLOSSARIO

Aerosol. Un aerosol è un tipo di colloide (sostanza finemente dispersa in una fase continua) in cui un liquido o un solido sono dispersi in un gas. Esempi tipici di aerosol naturali sono le nuvole, la nebbia (esteso addensamento di gocce d'acqua), la foschia (leggero offuscamento dovuto a vapore, pulviscolo o fumo), il pulviscolo atmosferico. L'aerosol atmosferico è composto da particelle e corpuscoli in sospensione all'interno dell'atmosfera.

Adattamento. È la capacità di un sistema, antropico o naturale, di adattarsi al cambiamento del clima riducendo i potenziali danni, approfittando delle opportunità che si vengono a creare, o affrontando le conseguenze dei mutamenti.

Clima. La parola esprime un concetto astratto. Per 'clima' si intende la descrizione in forma sintetica dello stato medio del 'tempo meteorologico' in un determinato luogo e della sua variabilità naturale. 'Clima' deriva da una parola greca che significa 'inclinazione': già in epoca remota era chiaro, infatti, che esso dipendeva non tanto dalla vicinanza della terra al sole, ma anche dall'inclinazione dei raggi solari rispetto allo zenit. Il 'clima' non si misura: esso rappresenta, infatti, il comportamento statistico su lunghe serie storiche dello stato del 'tempo meteorologico', valutato mediante variabili misurabili come, ad esempio, la temperatura, la pioggia, il vento, l'insolazione. Per 'cambiamenti del clima' o 'cambiamenti climatici' non si intendono quindi le mutevoli condizioni del tempo meteorologico, ma i cambiamenti strutturali occorsi al clima del pianeta, valutabili attraverso le variazioni statistiche delle serie storiche nel tempo.

Combustione. Processo che trasforma l'energia del legame chimico in energia termica. Il processo di ossidazione comporta la liberazione della forma ossidata del carbonio (CO₂) contenuto nei combustibili. Tale gas è stato abbondantemente rilasciato in aria negli ultimi due secoli e mezzo e si è progressivamente accumulato in atmosfera.

CO₂e. Una certa quantità di CO₂ equivalente (CO₂e) è quella quantità di CO₂ che causerebbe lo stesso incremento di effetto serra (o, più precisamente, di forzante radiativo, vedi Glossario) di una data quantità di un altro gas serra; la CO₂ equivalente si usa dunque per semplificare la valutazione degli effetti di tutti i diversi GHG, trattandoli come se fossero un gas solo.

COP (Conference of the Parties). È l'assemblea (organo supremo) dell'UNFCCC. La COP si riunisce annualmente per verificare l'attuazione della Convenzione; ogni incontro assume una numerazione progressiva: il primo si è tenuto a Berlino nel 1995 (COP1); dalla riunione di Montreal del 2005 gli incontri COP hanno assunto anche il nome di MOP (Meeting of the Parties to the Protocol), in quanto contestualmente si riuniscono anche gli Stati che hanno aderito al Protocollo di Kyoto: Montreal è quindi COP11 o COP/MOP1. Il terzo incontro COP (COP3) si è tenuto a Kyoto (Giappone) nel dicembre 1997 e ha visto l'approvazione del cosiddetto 'Protocollo di Kyoto' con il quale i Paesi industrializzati si sono impegnati a ridurre complessivamente, entro il quinquennio 2008-2012 (periodo di adempimento), del 5% le proprie emissioni di GHG (in termini di CO₂ equivalente) rispetto ai valori del 1990 (anno di riferimento). La Comunità Europea si è impegnata per una riduzione dell'8%, riassegnando la quota totale ai singoli Stati in modo flessibile (per l'Italia la quota è del 6.5%). Kyoto presuppone la realizzazione in ogni Stato aderente di un sistema di monitoraggio affidabile e condiviso, in grado di garantire un controllo nel tempo dei livelli di emissione di GHG. Inoltre, stabilisce degli strumenti flessibili, anche di cooperazione fra Stati, affinché si realizzi una riduzione dei GHG, minimizzando i costi sociali degli interventi. L'entrata in vigore del protocollo di Kyoto era subordinata alla ratifica di almeno 55 Stati aderenti all'UNFCCC, responsabili per almeno il 55% delle emissioni totali al 1990. Queste due condizioni sono state raggiunte il 18 novembre 2004 con la firma della Russia. Il Protocollo è quindi entrato in vigore il 16 febbraio 2005. L'Italia ha ratificato il Protocollo di Kyoto con legge 1 giugno 2002, n. 120, in cui viene illustrato il relativo 'Piano nazionale per la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra'. Le riunioni COP successive a Kyoto sono servite ad affinare il sistema proposto dal Protocollo. A titolo di esempio si cita l'incontro COP7, che si è tenuto nel 2001 a Marrakesh (Marocco), in cui è stato definito come contabilizzare le emissioni e gli assorbimenti addizionali (attività LULUCF), come quelle dovute alle foreste e alle coltivazioni agrarie; l'incontro COP15 di Copenhagen (Danimarca) del 2009, che aveva l'obiettivo di stabilire i nuovi impegni sulle emissioni dopo il 2012 (regime post-Kyoto), si è concluso con l'Accordo di Copenhagen. Questo accordo, molto discusso e controverso, è un documento non vincolante, che si pone l'obiettivo di limitare a 2 °C l'aumento della temperatura media

mondiale, con un duplice impegno per i Paesi industrializzati: 1) fissare propri target di emissioni al 2020 e 2) mobilitare risorse da destinare ai paesi in via di sviluppo per azioni di mitigazione e di adattamento agli effetti del cambiamento climatico. Nel corso degli incontri sono tuttavia emerse numerose perplessità, sia da parte dei paesi avanzati, preoccupati degli oneri economici delle misure di mitigazione, sia da parte dei paesi in via di sviluppo, per possibili effetti negativi delle limitazioni imposte sulla loro possibilità di crescita e di sviluppo economico. Si segnala, infine, l'incontro COP17 di Durban (Sudafrica) del 2011, che mantiene in vita il Protocollo di Kyoto per un periodo transitorio (Kyoto2) e introduce una precisa tabella di marcia per arrivare a un trattato globale sulla lotta ai cambiamenti climatici entro il 2015; il trattato globale dovrà entrare in vigore nel 2020.

Forzante. Causa esterna che può generare un mutamento. Ai fini del cambiamento climatico una forzante è rappresentata, ad esempio, dall'inquinamento.

Forzante radiativo (W/m^2). Indice che misura l'influenza dei fattori naturali e antropici nell'alterare il bilancio di energia in entrata e in uscita nel sistema Terra-atmosfera.

Gas effetto serra (GHG, Green House Gases). Il clima terrestre dipende prioritariamente dalla particolare composizione chimica della nostra atmosfera. Il vapor acqueo e i gas presenti nell'atmosfera assorbono e riemettono nello spettro dell'infrarosso l'energia che proviene dalla Terra, contribuendo al riscaldamento della superficie terrestre e dell'atmosfera. Questo fenomeno fisico è definito 'effetto serra' ed è quello che permette la vita sul nostro pianeta. A parità di condizioni, in assenza di atmosfera la temperatura della Terra sarebbe pari a $-18\text{ }^\circ\text{C}$, valore incompatibile con la vita. L'atmosfera funge quindi come una sorta di enorme coperta, in grado di 'trattenere' parte della radiazione solare ricevuta o di quella riflessa dalla Terra, consentendo un forte innalzamento della temperatura, fino a valori compatibili con la vita (da -18 a $+15\text{ }^\circ\text{C}$ medi al suolo). Inoltre, il clima della Terra dipende anche dalle concentrazioni relative del vapor acqueo e dei gas presenti nell'atmosfera. I gas ad effetto serra presi in considerazione nelle negoziazioni internazionali e in particolare nel Protocollo di Kyoto sono:

- anidride carbonica;
- metano;
- protossido di Azoto;
- esafluoruro di zolfo;
- la famiglia di gas degli Idrofluorocarburi (HCFC);
- la famiglia di gas dei Perfluorocarburi (PFC).

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento Climatico). Organismo istituito da UNEP e WMO con lo scopo di approfondire le conoscenze tecnico-scientifiche e socio-economiche sui cambiamenti climatici. Il lavoro dell'IPCC è orientato prevalentemente ai 'decisioni politici', in modo da fornire loro – tramite periodici Rapporti di Valutazione Scientifica (Assessment Report) – conoscenze adeguate a valutare il fenomeno, gli impatti sull'uomo e l'ambiente e individuare delle possibili azioni di mitigazione. L'organizzazione dell'IPCC è strutturata in una Task Force, che gestisce il programma sugli Inventari nazionali di GHG ed è di supporto alla UNFCCC, e da 3 gruppi di lavoro (WG), che redigono i tre distinti capitoli dei Rapporti (WGI-Basi scientifiche, WGII-Impatti, adattamento e vulnerabilità, WGIII-Mitigazione del cambiamento climatico), oltre ad una sintesi per i decisori politici. Il primo Rapporto è stato realizzato nel 1990. I successivi Rapporti sono stati realizzati nel 1995, 2001 e 2007. Il quarto Rapporto rappresenta il documento di riferimento per tutti i Paesi che hanno aderito al Protocollo di Kyoto ed indica gli impegni futuri di riduzione di GHG.

LAN (Linea di Affidabilità delle Nevi). Altitudine media oltre la quale le precipitazioni nevose e la temperatura garantiscono almeno 100 giorni all'anno con 30 cm di neve. Attualmente la linea si trova a 1.500 m di quota; essa sale di 150 m per ogni $^\circ\text{C}$ di aumento di temperatura. Un comprensorio è affidabile se più del 50% del suo territorio ricade a una quota superiore alla linea di affidabilità.

ppb. Parti per miliardo (la sigla deriva dall'inglese *parts per billion*); è una misura utilizzata per esprimere la concentrazione di un elemento estremamente scarso in una miscela omogenea. Si ottiene dal rapporto fra la quantità dell'elemento di interesse – moltiplicata per un miliardo (10^9) – e la quantità totale (elemento compreso) della miscela.

ppm. Parti per milione; è una misura utilizzata per esprimere la concentrazione di un elemento molto scarso in una miscela omogenea. Si ottiene dal rapporto fra la quantità dell'elemento di interesse – moltiplicata per un milione (10^6) – e la quantità totale (elemento compreso) della miscela.

Protocollo di Kyoto. Vedi voce 'COP'.

Scenari SRES (Special Report on Emission Scenarios). Sono degli scenari di sviluppo socio-economico sulla base dei quali l'IPCC ha effettuato delle proiezioni sulle emissioni di GHG in atmosfera, al fine di valutare i cambiamenti climatici. Di seguito la descrizione dei singoli scenari tratti dal IV Rapporto IPCC (WGI).

A1. La famiglia di scenari A1 descrive un mondo futuro caratterizzato da una crescita economica molto rapida, con la popolazione globale che raggiungerà un massimo a metà secolo per poi declinare, e con una rapida introduzione di tecnologie nuove e più efficienti. I temi dominanti sono le convergenze regionali, il capacity building e l'aumento delle interazioni culturali e sociali, con una sostanziale diminuzione delle differenze regionali di reddito pro-capite. La famiglia di scenari A1 si sviluppa in tre gruppi che descrivono direzioni alternative dei cambiamenti tecnologici del sistema energetico. I tre gruppi si distinguono dalla loro enfasi tecnologica in: fossile intensivo (A1FI), fonti di energia non fossile (A1T) o un bilancio fra tutte le fonti (A1B) (dove per bilancio si intende una non eccessiva dipendenza da nessun tipo particolare di fonte energetica, presumendo che si possa applicare a tutte le risorse energetiche e alle tecnologie finali tassi di miglioramento simili).

A2. La famiglia di scenari A2 descrive un mondo molto eterogeneo. Il tema dominante è l'auto-sufficienza e la preservazione delle identità locali. La natalità fra le regioni converge molto lentamente, con un conseguente continuo aumento della popolazione. Lo sviluppo economico è essenzialmente orientato su base regionale e la crescita economica pro-capite e i cambiamenti tecnologici sono molto frammentati e più lenti.

B1. La famiglia di scenari B1 descrive un mondo convergente con la stessa popolazione globale che, come per la trama A1, raggiungerà un massimo a metà secolo per poi declinare, ma con un rapido cambio delle strutture economiche verso un'economia dell'informazione e dei servizi, con una riduzione dell'intensità dei materiali e l'introduzione di tecnologie pulite e che sfruttano le risorse in modo efficiente. Viene data molta importanza alle soluzioni globali per l'economia, alla sostenibilità sociale ed ambientale, includendo un miglioramento dell'equità, ma senza ulteriori iniziative climatiche.

B2. La famiglia di scenari B2 descrive un mondo in cui l'enfasi è sulle soluzioni locali per la sostenibilità economica, sociale ed ambientale. È un mondo in cui la popolazione globale cresce continuamente, ad un tasso minore della famiglia A2, con livelli intermedi di sviluppo economico e cambiamenti tecnologici meno rapidi e più diversificati rispetto alle trame B1 e A1. Mentre anche lo scenario è orientato verso la protezione ambientale e l'equità sociale, si focalizza sui livelli locali e regionali.

Una semplice rappresentazione dei 6 scenari SRES è riportata nella figura in questa pagina. Schematicamente, nel processo di sviluppo socio-economico dall'alto al basso viene posta maggiore attenzione all'ambiente rispetto ai temi economici; da sinistra a

destra viene posta maggiore attenzione allo sviluppo localistico rispetto a uno globalizzato.



UNEP (United Nations Environment Programme). Organismo delle Nazioni Unite istituito nel 1972 per sviluppare programmi e iniziative nel campo della tutela dell'ambiente e dell'utilizzo sostenibile delle risorse naturali.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). È la 'Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici' presentata nel corso della Conferenza delle Nazioni Unite su ambiente e sviluppo di Rio de Janeiro nel 1992, sottoscritta da 188 Paesi (192 nel 2009). L'UNFCCC si pone l'obiettivo di stabilizzare le concentrazioni di GHG nell'atmosfera a un livello 'sostenibile' sia da un punto di vista ambientale, tramite la riduzione dei rischi per l'uomo, sia da un punto di vista sociale, garantendo a tutti i paesi, anche a quelli in via di sviluppo, condizioni di crescita economica. All'interno dell'UNFCCC vi è una importante classificazione dei paesi in funzione del loro effettivo livello di sviluppo. Quelli che fanno parte dell'OCSE (Organizzazione per lo Sviluppo e la Cooperazione Economica) e quelli 'di transizione' (dell'ex blocco sovietico) sono elencati nell'allegato I; tutti gli altri paesi sono considerati 'in via di sviluppo'. Ai paesi dell'allegato I viene chiesto di adottare politiche nazionali e interventi specifici per limitare le emissioni di GHG causate dall'uomo e incrementare le potenzialità dei pozzi e dei serbatoi di GHG. Inoltre, essi dovranno dare 'evidenza' di quanto da loro fatto mediante la tenuta di appositi 'inventari'. L'Italia ha firmato la Convenzione il 5 giugno 1992, l'ha ratificata il 15 aprile 1994 ed è entrata in vigore il 14 luglio 1994.

Vulnerabilità. Grado di 'sensibilità' agli effetti negativi dei cambiamenti climatici.

WMO (World Meteorological Organization). Organizzazione delle Nazioni Unite che opera nel campo della meteorologia, dell'idrologia e delle relative scienze geofisiche.

BIBLIOGRAFIA

- Antolini G., Tomei F. (2006), *PRAGA - Programma di Analisi e Gestione di dati Agrometeorologici*, Atti del convegno AIAM 'Agrometeorologia e gestione delle colture agrarie', Torino, 6-8 giugno 2006.
- ARPA FVG (2005), *Rapporto Stato Ambiente*, Capitolo 3.1.1.2, *Clima* (da RA-VAS-PTR_1_ottobre_2007 P.doc).
- ARSO (2010), *Temperaturne razmere v Sloveniji v obdobju 1951-2010*, in <http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/spremenljivost%20podnebja.pdf>.
- ARSO (2011), *Spremenljivost podnebja v Sloveniji*, in http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/other/slo_temp_1951-2010.pdf.
- Auer I., Böhm R., Jurkovic A. et al. (2007), *HISTALP - Historical Instrumental climatological Surface Time series of the greater ALPine Region*, in «International Journal of Climatology», 27, 17-46.
- CAI (2008), *Dossier sul 'Climate Change'*, Ufficio Tecnico Ambientale del Club Alpino Italiano.
- Casty C., Wanner H., Luterbacher J. et al. (2005), *Temperature and precipitation variability in the European Alps since 1500*, in «International Journal of Climatology», 25, 1855-1880.
- CIPRA (2011), *Turismo nel cambiamento climatico*, CIPRA, Compact n. 08/2011, www.cipra.org.
- Daniotti S. (2009), *Bilancio della anidride carbonica ed assorbimenti della stessa nella regione Friuli Venezia Giulia*, Tesi di laurea, Università di Udine, Facoltà di Ingegneria.
- Faggian P., Giorgi F. (2009), *An analysis of global model projections over Italy, with particular attention to the Italian Greater Alpine Region (GAR)*, in «Climatic Change», 96, 239-258.
- HISTALP Project (2011), ZAMG, in <http://www.zamg.ac.at/histalp/>.
- IEA (2010), *World Energy Outlook 2010. Sintesi*, in <http://www.iea.org>.
- IPCC (2007a), *Summary for Policymakers*, in *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.)], Cambridge, United Kingdom and New York, NY (USA), Cambridge University Press.
- IPCC (2007b), *Summary for Policymakers*, in *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, [M. Parry L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E. (eds.)], Cambridge, UK, Cambridge University Press, 7-22.
- IPCC (2007c), *Summary for Policymakers*, in *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, [Metz B., Davidson O.R., Bosch P.R., Dave R., Meyer L.A. (eds.)], Cambridge, United Kingdom and New York, NY (USA), Cambridge University Press.
- JRC, *PESETA project*, in <http://peseta.jrc.ec.europa.eu/docs/Tourism.html>.
- Lanza A. (2000), *Il cambiamento climatico*, Bologna, Il Mulino.
- Micheletti S. (2005), *Cambiamenti climatici in Friuli Venezia Giulia?*, in http://www.arpa.fvg.it/fileadmin/Informazione/Pubblicazioni/pubbl_meteo/CAMBIAMENTI_CLIMATICI_IN_FRIULI.pdf.
- Micheletti S. (2008), *I cambiamenti climatici*, lavoro non pubblicato (a richiesta: stefano.micheletti@meteo.fvg.it).
- Pasini A. (2003), *I cambiamenti climatici. Meteorologia e clima simulato*, Milano, Bruno Mondadori.
- Pernigotti D. (2007), *Come affrontare i cambiamenti climatici*, Milano, Il Sole 24 Ore.
- PIK - Potsdam Institute for Climate Impact Research (2010), *People expected to be at risk of flooding without adaptation in the medium-long term*, in <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/people-expected-to-be-at>.
- Ronchi E. (2010), *L'Italia centra Kyoto: -6,5% CO₂ nel 2012*, in http://fondazionevilupposostenibile.org/f/News/Proiezioni_Ronchi_Kyoto_2012.pdf.
- Siegenthaler U., Stocker T., Monnin E. et al. (2005), *Stable carbon cycle-climate relationship during the late Pleistocene*, in «Science», 310, 1313-1317.
- Zuliani M., Alberti G., Danelon M. et al. (2007), *Greenhouse gases mitigation in croplands: opportunities and new perspectives*, in *Local Strategies for Land Use Management According to Kyoto Protocol*, Udine, Forum.

SITOGRAFIA

- <http://www.eea.europa.eu/it/themes/climate>
<http://www.arpa.fvg.it>
<http://www.ipcc.ch/>
<http://www.meteo.fvg.it>
<http://www.fondazionevilupposostenibile.org>



02

Natura
e biodiversità



NATURA E BIODIVERSITÀ

Il Friuli Venezia Giulia è una regione ad altissima biodiversità, con 70 habitat, 212 specie animali e 22 vegetali di interesse comunitario. Sono stati finanziati i Piani di Gestione e i relativi studi preliminari per SIC e ZPS a copertura di una superficie complessiva pari al 60% del totale regionale.

Lucia De Colle
Gabriele Facchin
Fabrizio Florit
Lucio Taverna
REGIONE
AUTONOMA FRIULI
VENEZIA GIULIA
Direzione centrale
risorse rurali,
agroalimentari e
forestali - Servizio
caccia, risorse
ittiche e
biodiversità

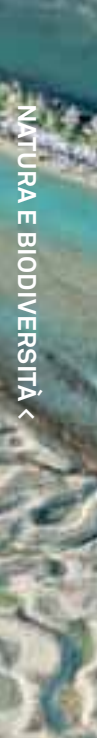
La biodiversità, ovvero 'diversità della vita', è un termine articolato che comprende diversi elementi, quali la diversità degli ecosistemi, delle specie e del loro patrimonio genetico. Un ulteriore elemento trasversale è costituito dalla biodiversità funzionale, cioè la diversità delle interazioni che si esplicano all'interno e fra ciascun elemento del sistema. La biodiversità quindi, in tutte le sue accezioni riferite alla varietà delle forme viventi dal punto di vista antropico, biologico e filosofico, rappresenta un concetto estremamente complesso da rappresentare e misurare.

L'importanza della biodiversità è definita da tempo nel diritto internazionale (articolo 2 della Convenzione sulla Diversità Biologica, CBD, del 1992), in considerazione del continuo degrado degli habitat naturali e seminaturali e delle minacce che agiscono su molte specie faunistiche e floristiche: questi concetti sono presi in grande considerazione dalla politica ambientale dell'Unione Europea, la quale cerca di garantire il mantenimento della biodiversità sul territorio degli Stati membri e si è prefissata di «arrestare la perdita di biodiversità» all'interno dei suoi confini «entro il 2020».

A tale scopo è stata creata una apposita rete di aree protette, denominata 'Natura 2000', costituita dai Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS), designati in attuazione delle Direttive 92/43/CEE 'Habitat' e 2009/147/CE 'Uccelli', la quale si integra, in Italia, con i sistemi di aree naturali protette istituiti ai sensi della L. 394/91 e delle normative regionali.

Inoltre, poiché le finalità di tutela del patrimonio naturale non potrebbero essere raggiunte se le aree protette rimanessero in una sorta di stato di isolamento, nel 2010 l'Italia si è dotata, così come previsto dall'articolo 6 della Convenzione sulla Diversità Biologica, della Strategia Nazionale per la Biodiversità, che si pone come strumento di integrazione delle esigenze di conservazione e di uso sostenibile della biodiversità nelle politiche agricole, energetiche e dei trasporti.

A tale proposito, la Commissione Europea ha pubblicato nel 2011 una nuova strategia per migliorare lo stato della biodiversità in Europa, facendo seguito al Piano d'Azione a favore della Biodiversità del 2006: essa definisce i fondamenti politici e le azioni da mettere in pratica a livello europeo nei prossimi dieci anni. La strategia pone sei obiettivi che riguardano i principali fattori responsabili della perdita di biodiversità e che si propongono di ridurre le maggiori pressioni sulla natura e sui servizi ecosistemici in Europa, concentrandosi in particolare sull'integrazione degli obiettivi relativi alla biodiversità nelle politiche di settore. Tali obiettivi, concretizzati in una serie di azioni prioritarie, si concentrano nello specifico su:



- 1) la completa implementazione della legislazione europea per proteggere la biodiversità;
- 2) una migliore tutela degli ecosistemi e un maggiore utilizzo delle infrastrutture verdi;
- 3) l'adozione di pratiche agricole e forestali più sostenibili;
- 4) una migliore gestione della disponibilità ittica e attività di pesca più sostenibili;
- 5) un controllo più stringente sulle specie aliene invasive;
- 6) un maggiore contributo dell'Europa per arrestare la perdita di biodiversità a livello globale.

La biodiversità del Friuli Venezia Giulia

La collocazione biogeografica dell'area regionale è all'origine di un'altissima biodiversità. Lo testimonia il numero delle specie e degli habitat di interesse comunitario rapportato con quello di altre regioni italiane o nazioni europee. La biodiversità regionale si esprime anche con la presenza di numerose specie endemiche.

Il numero di habitat tutelati ai sensi della Direttiva 'Habitat' è attualmente pari a 70 ed il numero di specie di interesse comunitario presenti nella regione (allegati II e IV Direttiva 'Habitat') è pari a 92 per il regno animale e 22 per quello vegetale. Il numero di specie di uccelli segnalati in regione di cui all'allegato I della Direttiva 79/409/CEE è pari a 120.

Il sistema regionale non è tuttavia statico, in quanto periodicamente vengono eseguiti aggiornamenti a seguito del monitoraggio dello stato di conservazione delle specie e degli habitat. Tali aggiornamenti confluiscono in periodici rapporti sullo stato di conservazione di habitat e specie a livello nazionale. In questo contesto, a seguito dei monitoraggi eseguiti dalla Regione negli anni scorsi, il rapporto nazionale pubblicato nel 2008 ha evidenziato il cattivo stato di conservazione di due specie floristiche endemiche del Friuli Venezia Giulia, *Armeria helodes* (tra l'altro specie prioritaria) e *Erucastrum palustre*. Per quanto riguarda la fauna, il rapporto ha evidenziato che, a livello nazionale, interi gruppi versano in uno stato di conservazione prevalentemente cattivo (invertebrati) o inadeguato (pesci, anfibi e, tra i mammiferi, i chiroterti). Più soddisfacente è la conoscenza degli uccelli, per i quali il Friuli Venezia Giulia dispone di alcune serie storiche ormai consolidate, frutto di monitoraggi condotti a livello regionale (re di quaglie) o coordinati a livello nazionale (Censimento degli uccelli acquatici svernanti, Monitoraggio Italiano Ornitologico MITO2000). Quest'ultimo, in particolare, sta consentendo di ricavare «indicatori di impatto delle politiche regionali di settore sulla biodiversità», con particolare riferimento, nella fase attuale, ai Programmi di Sviluppo Rurale (PSR).

Con l'intento di colmare le lacune conoscitive e rendere omogenea la raccolta dei dati a livello nazionale, attualmente l'impegno principale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare è quello di sviluppare, in collaborazione con le Regioni e le Province autonome, un sistema coordinato di monitoraggio degli habitat e delle specie di interesse comunitario, nell'ambito dell'emanazione del D.M. previsto dall'articolo 7 del D.P.R. 357/97. Nel prossimo rapporto nazionale, a cui la Regione Friuli Venezia Giulia dovrà contribuire entro il 2013 con i propri dati, inoltre, è prevista la quantificazione precisa dei Valori Favorevoli di Riferimento per habitat e specie, che rappresentano i reali obiettivi di conservazione da raggiungere.

Indicatore 1: 'Farmland Bird Index' (FBI - Avifauna nelle zone agricole)

Il 'Farmland Bird Index' (FBI - Avifauna nelle zone agricole) è stato adottato dall'Unione Europea come indicatore strutturale, come indicatore di sviluppo sostenibile e come indicatore di contesto (*baseline*) nel Quadro Comune di Monitoraggio e Valutazione (QCMV) della politica di sviluppo rurale 2007-2013, per monitorare il contributo di tale politica all'obiettivo di conservazione della biodiversità (Indicatore

Il programma comunitario LIFE Natura sostiene progetti dedicati alla conservazione e al ripristino di alcuni habitat e al miglioramento dello stato di specie floristiche di interesse comunitario.

la cui misurazione richiede la valutazione del «cambiamento della tendenza al declino della biodiversità misurata in base alle popolazioni di uccelli delle aree agricole». Nella definizione dell'indicatore si legge che esso rappresenta il cambiamento quantitativo e qualitativo di popolazioni di specie ornitiche in aree oggetto d'intervento che può essere attribuito all'intervento stesso.

Nello specifico, l'indicatore 'Farmland Bird Index' (FBI) evidenzia gli andamenti nel tempo delle popolazioni delle specie ornitiche diffuse, caratterizzate da densità relativamente elevate e distribuzione continua (non localizzata), appartenenti agli ordini di passeriformi, columbiformi e piciformi. L'indice viene calcolato sulla base degli indici di popolazione di uno specifico insieme di specie di uccelli nidificanti che dipendono dagli ambienti rurali per la riproduzione (per il Friuli Venezia Giulia: averla piccola, ballerina bianca, zigolo giallo, tottavilla, zigolo nero, poiana, colombaccio, tortora selvatica, cardellino, passera d'Italia, storno, passera mattugia, verdone, verzellino, torcicollo, gheppio, sterpazzola, usignolo, rigogolo, cannaiola verdognola, cappellaccia, cutrettola, saltimpalo, gazza, usignolo di fiume, canapino, picchio verde, rondine, cornacchia grigia, allodola, strillozzo).

Gli indici di popolazione vengono calcolati per ogni singola specie, standardizzati e, quindi, combinati in un indice aggregato, l'FBI, secondo le specifiche del Pan-European Common Bird Monitoring Scheme (PECBMS), un sistema di monitoraggio delle popolazioni di uccelli nidificanti a livello continentale, elaborato dall'European Bird Census Council (EBCC), organizzazione internazionale che si occupa dell'impostazione di protocolli di raccolta e di interpretazione di dati, accettati come standard a livello internazionale.

Al momento, il FBI è l'indicatore delle tendenze in atto, relative allo stato della biodiversità, per il quale esistono i dati migliori in termini di serie temporali e distribuzione geografica. Il calcolo del FBI avviene in Italia per mezzo del progetto di monitoraggio dell'avifauna nidificante in Italia denominato MITO2000 (Monitoraggio Italiano Ornitologico).

Nella stagione riproduttiva 2000, con l'avvio del progetto, è iniziata per la prima volta la raccolta di dati quantitativi sugli uccelli nidificanti. Il progetto si inserisce nel programma 'Pan-European Common Bird Monitoring' avviato su scala continentale. Dall'anno 2002 al 2008 e dal 2010 al 2013 la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ha finanziato il progetto MITO2000. A partire dall'anno 2001 sono stati svolti: a) un programma randomizzato (censimenti effettuati entro particelle UTM di 10 km di lato differenti rispetto alla stagione precedente), con circa 15 punti di ascolto per ciascuna unità; b) un programma ripetuto, comprendente la ripetizione dei punti di un'unità di 10 km per ciascuna maglia di 50 km visitata l'anno precedente e la replica dei rilevamenti in aree selezionate - Zone di Protezione Speciale (ZPS) o Zone d'Importanza Ornitologica (ZIO). Nel 2007 il programma è stato ridefinito in relazione al-

n. 17 'Biodiversità: avifauna in habitat agricolo'). Il FBI rappresenta l'andamento complessivo delle popolazioni di specie di uccelli che dipendono dalle aree agricole per nidificare o alimentarsi. Un andamento negativo segnala che gli ambienti agricoli, nel loro complesso, stanno diventando meno favorevoli per gli uccelli; un andamento positivo o stazionario, viceversa, segnala il miglioramento o il mantenimento dello 'stato di conservazione' degli ambienti agricoli in relazione alle popolazioni di uccelli.

Per la valutazione più diretta degli effetti dei PSR sulla biodiversità, il QCMV introduce l'Indicatore di impatto n. 4 'Inversione di tendenza al declino della biodiversità'

l'istituzione di una nuova ZPS (IT3311001 Magredi di Pordenone) e all'ampliamento di altre due preesistenti (IT3321001 Alpi Carniche e IT3341002 Aree Carsiche della Venezia Giulia), adeguando la rete delle stazioni d'ascolto alle nuove perimetrazioni. I punti d'ascolto delle particelle ripetute e quelli delle ZPS costituiscono la rete permanente di monitoraggio dell'avifauna nidificante del Friuli Venezia Giulia (fig. 1 e tab. 1); i punti di ascolto sono andati aumentando nel corso degli anni (fig. 2).

Per ciascuna delle 33 specie selezionate, sono stati calcolati gli indici annuali di popolazione e la tendenza generale mediante il software TRIM, come raccomandato dall'EBCC.

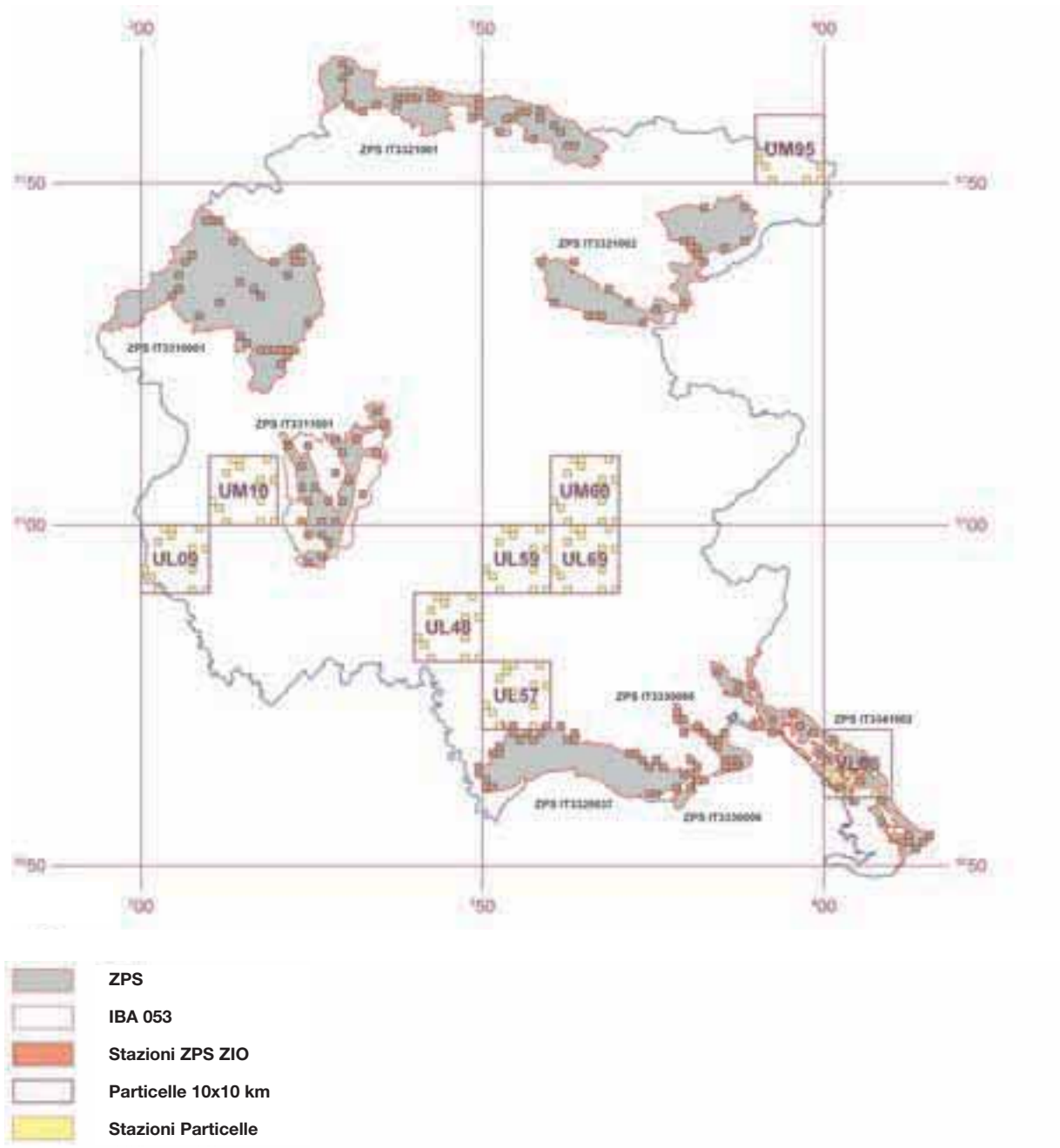
I dati raccolti nella stagione di nidificazione 2009, congiuntamente a quelli già presenti nella banca dati del progetto MITO2000 relativi al periodo 2000-2006, consentono di definire con certezza, al momento attuale, le tendenze in atto di 16 specie sulle 33 considerate (tab. 2). Nove specie mostrano una diminuzione significativa: rondine, cutrettola, storno, passera mattugia, verzellino e verdone, marcato per cappellaccia, allodola e passera d'Italia. Inoltre, è stato possibile determinare la tendenza in atto di altre sette specie: colombaccio e tortora selvatica appaiono in incremento marcato, usignolo, canapino e cornacchia grigia in incremento moderato, mentre per rigogolo e gazza le popolazioni possono essere considerate stabili. Per alcune delle specie analizzate non risulta possibile identificare una tendenza in atto. Tuttavia, la maggiore regolarità del numero di particelle rilevate ogni anno, comporta, rispetto ad altre regioni, che il numero di tali specie sia inferiore. Alcune di queste specie sono, inoltre, caratterizzate da oscillazioni ampie. È probabile che tale fenomeno sia da imputare parzialmente al diverso numero di rilevamenti effettuati nei diversi anni del periodo considerato e, per alcune specie, alla loro scarsa diffusione nelle aree monitorate. Quattro delle specie considerate presentano mediamente un basso numero di coppie, come si può evincere dalla tabella 2. Per queste specie rare la probabilità di rilevamento è spesso legata a fattori casuali, inoltre l'indice di popolazione è soggetto ad ampie fluttuazioni stocastiche (anche a fronte di variazioni numeriche modeste), di conseguenza l'analisi degli andamenti di tali specie potrebbe portare a risultati di difficile interpretazione. È possibile che i numeri relativi a tali specie aumentino nei prossimi anni in conseguenza dell'ampliamento dell'area censita. In caso contrario, si verificherà l'opportunità di mantenere o meno queste specie nella lista che porta alla definizione del 'Farmland Bird Index'. Le specie di ambiente agricolo mostrano complessivamente una diminuzione, tra il 2000 e il 2009, pari al 17,2% (fig. 3). Tale diminuzione è dovuta, in gran parte, all'andamento negativo delle nove specie che mostrano una tendenza significativa al decremento (moderato per rondine, cutrettola, storno, passera mattugia, verzellino e verdone, marcato per cappellaccia, allodola e passera d'Italia) e, in parte, alle specie che, pur non presentando degli andamenti certi, sembrano comunque evidenziare una diminuzione numerica – seppure non significativa dal punto di vista statistico – delle popolazioni regionali.

L'andamento dell'FBI regionale è caratterizzato da lievi oscillazioni comprese all'incirca tra il valore 100 (valore iniziale) e il valore 80. L'indicatore raggiunge il suo valore massimo nel 2004 (104,1), mentre il valore minimo è stato calcolato nel 2009 (fig. 3).

Indicatore 2: Gestione attiva di habitat 'Natura 2000' in Friuli Venezia Giulia attraverso l'adesione ai progetti LIFE Natura come strumento di arresto della perdita di biodiversità

Il programma comunitario LIFE Natura sostiene l'implementazione delle politiche di conservazione della biodiversità dell'Unione Europea, con particolare riferimento alla rete 'Natura 2000'. In anni recenti sono stati cofinanziati in Friuli Venezia Giulia alcuni progetti, dedicati alla conservazione ed al ripristino di habitat ed al miglioramento dello stato di specie floristiche di interesse comunitario.

FIGURA 1. DISTRIBUZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO (STAZIONI) DELLA RETE PERMANENTE DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA NIDIFICANTE DEL FRIULI VENEZIA GIULIA (ANNO 2009). LE STAZIONI SONO DISTRIBUITE ALL'INTERNO DELLE ZONE DI PROTEZIONE SPECIALE (ZPS) OPPURE DI PARTICELLE DI 10 km DI LATO RIFERITE AL SISTEMA DI COORDINATE UTM ED50 (OGNI PARTICELLA È IDENTIFICATA DA UN CODICE DI 2 LETTERE E 2 NUMERI, AD ESEMPIO UM36).



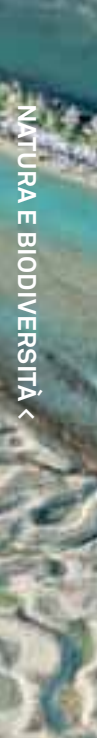


TABELLA 1. NUMERO DI STAZIONI (PUNTI D'ASCOLTO) DELL'ATTUALE RETE PERMANENTE DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA NIDIFICANTE DEL FRIULI VENEZIA GIULIA.

Particella / Zone di Protezione Speciale (Zone di Interesse Ornitologico)	N. Stazioni
ZPS IT3310001 Dolomiti Friulane	31
ZPS IT3311001 Magredi di Pordenone (IBA 053 Magredi di Pordenone)	25
ZPS IT3321002 Alpi Giulie	21
ZPS IT3341002 Aree Carsiche della Venezia Giulia	25
ZPS IT3330005 Foce dell'Isonzo – Isola della Cona	16
ZPS IT3320037 Laguna di Marano e Grado	29
ZPS IT3330006 Valle Cavanata – Banco Mula di Muggia	6
UM36 UM36/ZPS IT3321001 Alpi Carniche	30
UM60	15
UM95	7
VL06	10
UL09	15
UL69	15
UM10	15
UL48	15
UL57	15
UL59	15
Totale 2010	315

FIGURA 2. NUMERO COMPLESSIVO DI RILEVAMENTI PER ANNO (PUNTI D'ASCOLTO) CONSIDERATI NELLE ANALISI DEGLI ANDAMENTI DELLE SPECIE TIPICHE DEGLI AMBIENTI AGRICOLI (ROSSI, 2010).

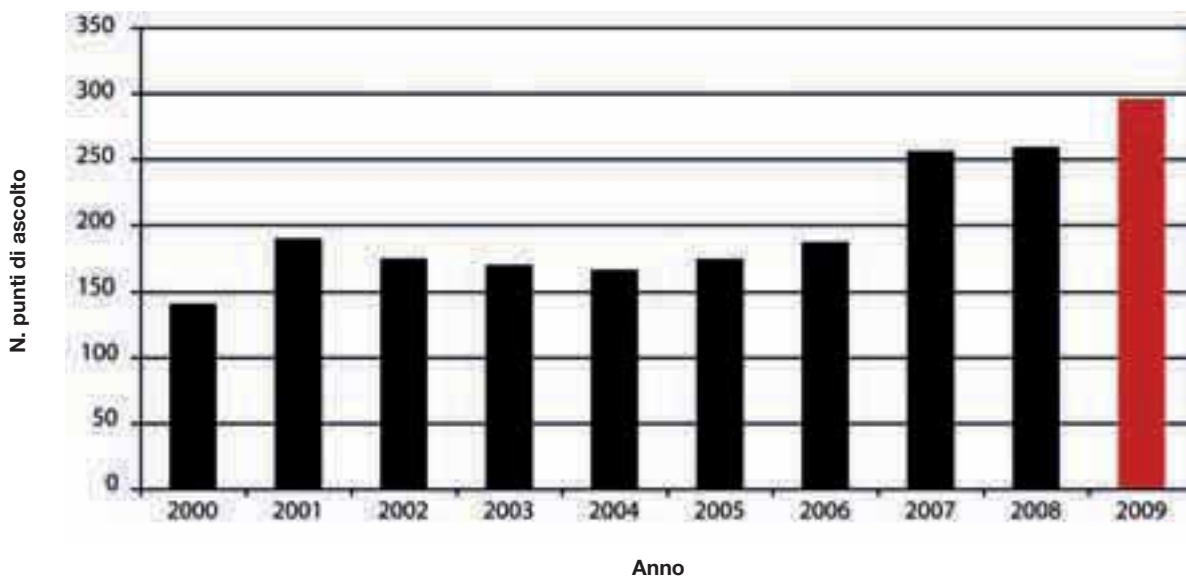


TABELLA 2. DATI SALIENTI DELLE TENDENZE DELLE SPECIE DI AMBIENTE AGRICOLO IN FRIULI VENEZIA GIULIA CALCOLATI PER IL PERIODO 2000-2009: VARIAZIONE MEDIA ANNUA, DIFFERENZA (Δ) DELL'INDICE DI POPOLAZIONE, SIGNIFICATIVITÀ (* = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$) DEGLI ANDAMENTI E NUMERO TOTALE DI COPPIE DELLE SPECIE RILEVATE E UTILIZZATE NEL CALCOLO DEL 'FARMLAND BIRD INDEX'. IN GIALLO SONO EVIDENZIATI I VALORI INFERIORI A 50 COPPIE, CORRISPONDENTI AD UNA MEDIA DI MENO DI 5 COPPIE RILEVATE PER ANNO (ROSSI, 2010).

Specie	Andamento	Variazione media annua	Delta	Sig.	Coppie totali
Poiana	Andamento non certo	-1,3	-11,7		72,5
Gheppio	Andamento non certo	0,4	-9,3		122,0
Colombaccio	Incremento marcato	19,8	346,5	**	415,5
Tortora selvatica	Incremento marcato	18,8	174,3	*	94,5
Torcicollo	Andamento non certo	-7,2	-57,2		10,5
Picchio verde	Andamento non certo	3,6	42,6		321,0
Cappellaccia	Diminuzione marcata	-11,8	-32,1	*	98,0
Tottavilla	Andamento non certo	8,2	6,3		78,0
Allodola	Diminuzione marcata	-26,5	-93,1	**	66,5
Rondine	Diminuzione moderata	-3,6	-39,4	*	1.160,5
Cutrettola	Diminuzione moderata	-5,4	-45,3	*	189,0
Ballerina bianca	Andamento non certo	-4,4	-48,3		151,0
Usignolo	Incremento moderato	2,9	42,0	*	1.004,5
Saltimpalo	Andamento non certo	-5,8	-21,5		25,0
Usignolo di fiume	Andamento non certo	-2,5	-24,0		829,0
Cannaiola verdognola	Andamento non certo	-0,3	34,3		344,5
Canapino	Incremento moderato	8,6	140,9	*	137,0
Sterpazzola	Andamento non certo	-0,5	-20,5		73,0
Rigogolo	Stabilità	-0,5	-18,3		544,5
Averla piccola	Andamento non certo	4,8	71,4		64,0
Gazza	Stabilità	-0,4	-4,9		839,5
Cornacchia grigia	Incremento moderato	7,3	114,2	**	968,0
Storno	Diminuzione moderata	-4,4	-61,4	*	1.718,0
Passera d'Italia	Diminuzione marcata	-8,9	-48,4	**	1.821,0
Passera mattugia	Diminuzione moderata	-10,5	-77,8	**	250,0
Verzellino	Diminuzione moderata	-9,6	-57,5	**	106,0
Verdone	Diminuzione moderata	-3,8	-45,1	**	520,0
Cardellino	Andamento non certo	-3,7	-43,4		214,5
Zigolo giallo	Andamento non certo	-9,0	-21,0		36,5
Zigolo nero	Andamento non certo	18,9	214,0		48,0
Strillozzo	Andamento non certo	-6,9	-37,0		77,0

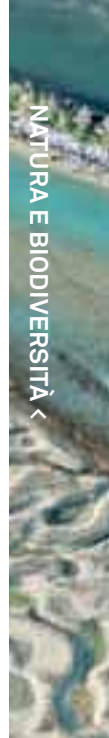


FIGURA 3. ANDAMENTO DEL 'FARMLAND BIRD INDEX' NEL PERIODO 2000-2009 IN FRIULI VENEZIA GIULIA (ROSSI, 2010).

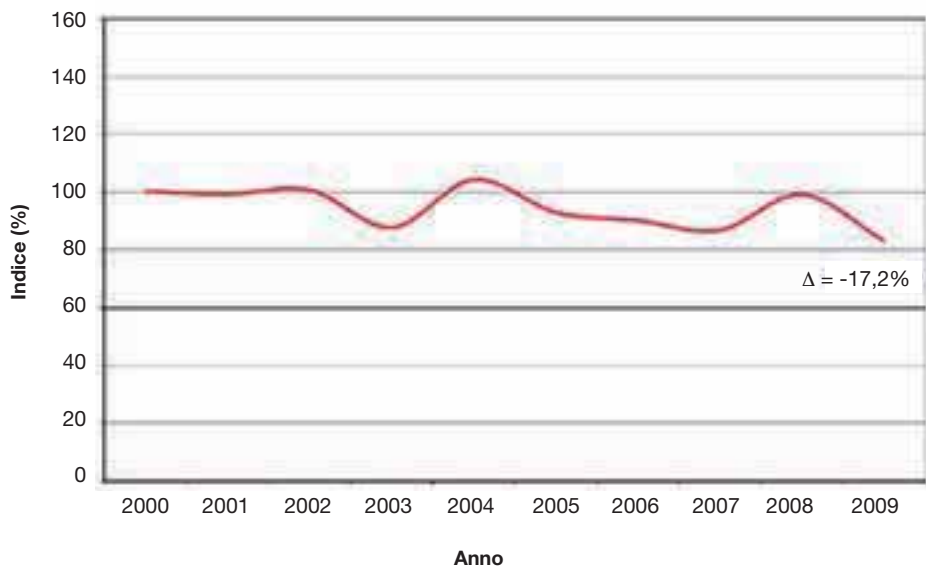
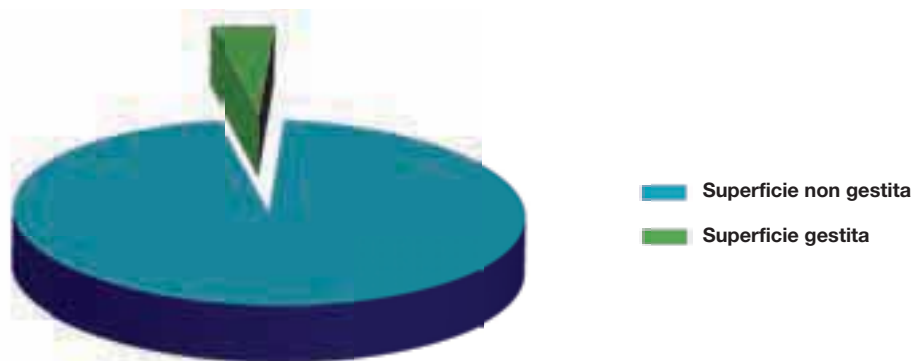


FIGURA 4. STATO DELLA GESTIONE NATURALISTICA NELLE RISORGIVE DELLA BASSA PIANURA (PERCENTUALE DI SUPERFICIE GESTITA RISPETTO ALLA SUPERFICIE COMPLESSIVA TUTELATA PARI A 8.431 ha).



Tra questi possono essere ricordati:

- 1) il progetto LIFE Natura n. B4-3200/98/479 'Progetto Risorgive dello Stella' (1/1/1998-31/12/2002), realizzato nel SIC IT3320026 'Risorgive dello Stella', in cui era prevista la protezione, tramite l'acquisizione al pubblico demanio, di stazioni di *Armeria helodes*, *Erucastrum palustre* e *Euphrasia marchesettii* ed il miglioramento del loro stato tramite il ripristino naturalistico di alcune aree agricole incluse tra i siti naturali o adiacenti agli stessi;
- 2) il progetto LIFE06NAT/IT/000060 'Conservazione e ripristino di torbiere calcaree in Friuli' (1/1/2007-30/09/2011), dedicato alla conservazione delle ultime torbiere alcaline della pianura friulana, alla loro ricostruzione a partire da terreni agricoli ed alla salvaguardia dall'estinzione delle piante rare ed endemiche che vi sopravvivono;
- 3) il progetto LIFE+07 ST.A.R. (in corso) 'Conservazione ed ampliamento dei boschi umidi appartenenti all'habitat 91E0 (Foreste alluvionali di *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior*)';
- 4) il progetto LIFE 10 MAGREDI (in corso) 'Fermare il degrado dell'habitat 62A0 Prati magri sub mediterranei orientali nelle praterie magre del Friuli (Magredi)'.

La percentuale di superficie gestita per la conservazione degli habitat e delle specie presenti nei territori tutelati indica la capacità delle amministrazioni pubbliche di intraprendere interventi di gestione attiva al fine di arrestare la perdita di habitat e specie di interesse comunitario. Il dato si riferisce ai siti di risorgiva della bassa pianura friulana (fig. 4) in quanto essi sono stati oggetto di progetti già portati a completamento. La superficie gestita è rapportata alla superficie totale delle aree naturali protette in quanto la cartografia di dettaglio degli habitat è disponibile solamente per i siti 'Natura 2000': l'indicatore è comunque significativo per i siti di risorgiva, che risultano nel loro complesso a rischio per le loro caratteristiche di frammentazione e isolamento.

I dati raccolti riguardano iniziative volte alla conservazione e ripristino di habitat naturali la cui sopravvivenza è seriamente minacciata da attività antropiche pregresse ed attuali. Gli interventi realizzati ed in corso vanno a rispondere ad una situazione di emergenza e quindi acquistano un importante valore anche se interessano una superficie percentuale limitata. Gli ambienti di risorgiva della bassa pianura risentono infatti maggiormente di altri, dei cambiamenti climatici in atto, dell'inquinamento e dei prelievi delle acque superficiali e profonde. Essi pertanto necessitano, per la loro stessa futura esistenza, del rapido concretizzarsi delle politiche comunitarie per lo sviluppo sostenibile.

Distribuzione della biodiversità sul territorio regionale

La biodiversità è un indicatore della 'vivibilità' del pianeta. La stessa specie umana dipende da essa per le risorse alimentari ed energetiche, per le materie prime, per la qualità dell'aria e per l'approvvigionamento idrico, quindi per tutti quei fattori che ne rendono possibile la sopravvivenza e che influenzano l'economia. Inoltre, l'ambiente naturale è importante per le sue funzioni estetiche e ricreative. Il Friuli Venezia Giulia è caratterizzato da una elevata biodiversità, che risente degli influssi dei grandi sistemi ambientali europei (continentale, alpino e illirico), sebbene diversamente distribuita sul territorio regionale. I siti di maggiore valore, anche a livello internazionale, si concentrano in quelle aree regionali a maggiore naturalità diffusa, ovvero la montagna, l'altopiano carsico e l'area lagunare e, in misura minore, lungo i principali corsi d'acqua, oltre all'area dei Magredi di Pordenone.

Nell'area di pianura ed in molti tratti della costa, invece, gli ambienti naturali sono distribuiti in maniera molto frammentata e sono confinati su superfici molto piccole, laddove sono ancora presenti aree seminaturali o naturali all'interno di una matrice pressoché continua composta da ambienti antropizzati e colture intensive di basso pregio ambientale. Proprio in queste aree più a rischio si con-

centrano tuttavia gli habitat e le specie di maggior interesse per la tutela della biodiversità comunitaria in ambito regionale, laddove la rarità, l'isolamento e il rischio di perdita di specie e habitat sono spesso coincidenti per la presenza di pressioni insediative, infrastrutturali e produttive.

È in tale ambito che prioritariamente deve essere implementata la politica europea di tutela della biodiversità, al fine di impedire la compromissione o la perdita irreversibile di habitat e specie di importanza comunitaria ed implementare una vera e propria 'rete ecologica', in senso immateriale e materiale, formata da 'nodi' – ovvero i siti SIC e ZPS – collegati tra loro da corridoi ecologici. I 'nodi' della rete vengono individuati sulla base della presenza al loro interno di particolari habitat e di specie di flora e di fauna di grande interesse conservazionistico e particolarmente vulnerabili. La costituzione di una rete assicura la continuità degli spostamenti migratori, dei flussi genetici delle varie specie, e garantisce la vitalità a lungo termine degli habitat naturali: ma la sfida per il futuro è anche vivere la difesa dell'ambiente come occasione di promozione per la realtà locale e di creazione di nuove opportunità.

La rete 'Natura 2000' e le azioni per la biodiversità

In Friuli Venezia Giulia la rete 'Natura 2000' di tutela della biodiversità ai sensi della Direttiva europea 'Habitat' 42/93 CEE è costituita da 56 SIC e 8 ZPS. Ad oggi, la superficie regionale complessiva inclusa nelle aree 'Natura 2000' risulta essere pari a circa il 19% del territorio regionale, che sale ad oltre il 22% se si considerano anche le aree protette ai sensi della L.R. 42/96.

Le direttive comunitarie prevedono necessariamente di pervenire alla gestione dei siti appartenenti alla Rete attraverso misure di conservazione specifiche.

Per legge sono state previste misure di conservazione generali per i SIC (L.R. 7/08) e per le ZPS (L.R. 14/07), ed in particolare misure di salvaguardia sito specifiche per la ZPS Magredi di Pordenone (L.R. 17/06).

È stato inoltre redatto un *Manuale di indirizzo per la gestione delle aree tutelate del Friuli Venezia Giulia* e formalizzato il SARA (sistema regionale delle aree naturali protette) come sistema coordinato di azioni di tutela e valorizzazione e di monitoraggio ambientale.

La Regione Friuli Venezia Giulia ha avviato la predisposizione delle Misure di conservazione specifiche per tutti i siti 'Natura 2000' del suo territorio. Tale attività ha affiancato quella di costruzione partecipata di Piani di Gestione (PdG) specifici, iniziata da alcuni anni a partire dai siti 'Natura 2000' più a rischio, complessi o soggetti a pressioni, e poi proseguita. Le Misure di conservazione sitospecifiche dei 24 siti della regione biogeografica alpina sono in vigore dal 28 dicembre 2011.

L'attività di redazione, adozione e approvazione dei Piani di Gestione ai sensi della L.R. 7/08 alla data del 31 dicembre 2011 è così articolata: 4 Piani adottati, 1 in adozione, 1 da avviare al procedimento di adozione. Sono attualmente in corso di redazione i Piani per altri 2 ZPS e 22 SIC. Anche gli organi gestori dei Parchi e di alcune Riserve regionali, le cui aree sono protette tanto ai sensi della L.R. 42/96 che della Rete 'Natura 2000', sono impegnati nella redazione dei Piani.

In totale, attualmente, sono stati affidati incarichi di redazione di Piani di Gestione per 37 SIC e 8 ZPS. La Regione Friuli Venezia Giulia opera, inoltre, concretamente nell'attività di conservazione delle aree di interesse naturalistico e nella conservazione delle specie attraverso progetti specifici seguiti dall'Ufficio studi faunistici e attraverso la gestione diretta di aree pubbliche, biotopi e riserve.

A questi compiti istituzionali provvede anche attraverso gli importantissimi finanziamenti provenienti dal programma comunitario LIFE Natura. Tali attività si sono succedute dagli anni Novanta e hanno prioritariamente interessato le aree interessate da maggiori pressioni e maggiori valori naturalistici. Lo strumento finanziario offerto dalla UE è stato più recentemente utilizzato anche dai Comuni e altri soggetti regionali.

Le sfide che la Regione Friuli Venezia Giulia porterà avanti nel futuro saranno necessariamente orientate verso il soddisfacimento degli obiettivi indicati dalle strategie nazionali ed europee sulla biodiversità.

In primo luogo, dovrà essere completato il percorso di attuazione delle Direttive 'Habitat' e 'Uccelli', attraverso il completamento dei PdG e l'adozione di misure di conservazione specifiche, che comporteranno la trasformazione finale dei siti in Zone Speciali di Conservazione (ZSC). In tale contesto sarà necessario incrementare la sensibilizzazione e l'impegno tra tutti i soggetti istituzionali coinvolti nella gestione dei siti. Nel contempo, sarà necessario dare piena attuazione al sistema di monitoraggio di habitat e specie, in linea con l'impostazione generale che si sta delineando a scala nazionale.

In secondo luogo, continuerà l'impegno diretto della Regione e degli altri gestori di aree protette nella realizzazione di azioni di conservazione, sia attraverso la gestione attiva dei siti, e in particolare mediante il ripristino di habitat degradati, sia attraverso il miglioramento delle conoscenze sul funzionamento degli ecosistemi più importanti: tale impegno è in questo momento confermato dal coinvolgimento in nuove progettualità finanziate in particolare nell'ambito del programma LIFE.

Un altro ambizioso obiettivo riguarderà la progressiva responsabilizzazione del settore agricolo, forestale e ittico nel contribuire alla salvaguardia della biodiversità, attraverso l'implementazione degli strumenti tecnici e finanziari previsti dai piani di settore, che dovranno essere sempre più orientati a preservare e valorizzare i servizi ecosistemici offerti dal patrimonio naturale regionale.

Da ultimo, sarà necessario mettere in atto misure più efficaci nella riduzione delle specie esotiche invasive.

Tendenza ed evoluzione del fenomeno nel tempo

Come precedentemente accennato, le strategie per la biodiversità sono tese a salvaguardare il patrimonio naturale esistente e favorire l'evoluzione delle pratiche produttive verso la completa sostenibilità.

In quest'ottica, gli scenari più significativi sono quelli delineati dal Programma di Sviluppo Rurale, strumento per il quale è prevista la verifica del raggiungimento degli obiettivi strategici posti dal programma stesso, il cui impatto, in forma quantitativa o qualitativa, e l'intensità dell'impatto atteso vengono espressi attraverso indicatori individuati dal Quadro Comune di Monitoraggio e Valutazione (QCMV).

È necessario sottolineare che, per quanto riguarda le valutazioni sugli andamenti dei parametri che descrivono la biodiversità, vi sono molte difficoltà legate alla natura complessa dell'azione degli effetti naturali e antropici sugli habitat e sulle specie. Tali effetti sono spesso difficili da misurare, e solitamente risulta ancor più arduo determinare il contributo di un singolo fattore alle variazioni dei parametri considerati. La sola capacità di previsione degli andamenti, anche in assenza di effetti determinati dalle azioni antropiche, risulta ad oggi scarsamente attuabile, dato che solo per pochi gruppi di specie vi sono serie storiche di dati sufficientemente lunghe, e che, in molti casi, la scala spaziale di valutazione supera quella regionale. In tal senso sarà essenziale la definizione futura di Valori di Riferimento Favorevoli (FRV) per habitat e specie, prevista a livello nazionale: la Regione Friuli Venezia Giulia potrà contribuire a questo obiettivo dando piena attuazione al proprio piano di monitoraggio, che dovrà primariamente colmare le lacune conoscitive in tema di diversità, distribuzione e abbondanza delle specie.

Per questi motivi, ad esempio, il PSR individua ad oggi anche variabili proxy, che sono talvolta più vicine a indicatori di risultato, ma che vengono riconosciute come le più idonee per identificare gli effetti di un singolo fattore e distinguere da altri; inoltre nella definizione degli indicatori vengono utilizzate varia-

FIGURA 5. TRASFORMAZIONE DI USO DEL SUOLO (DA AGRICOLO AD ARTIFICIALE) IN FRIULI VENEZIA GIULIA NEL PERIODO 1990-2000. DIFFERENZA PERCENTUALE RISPETTO AL VALORE MEDIO EUROPEO (MODIFICATO DA EEA, 2006).

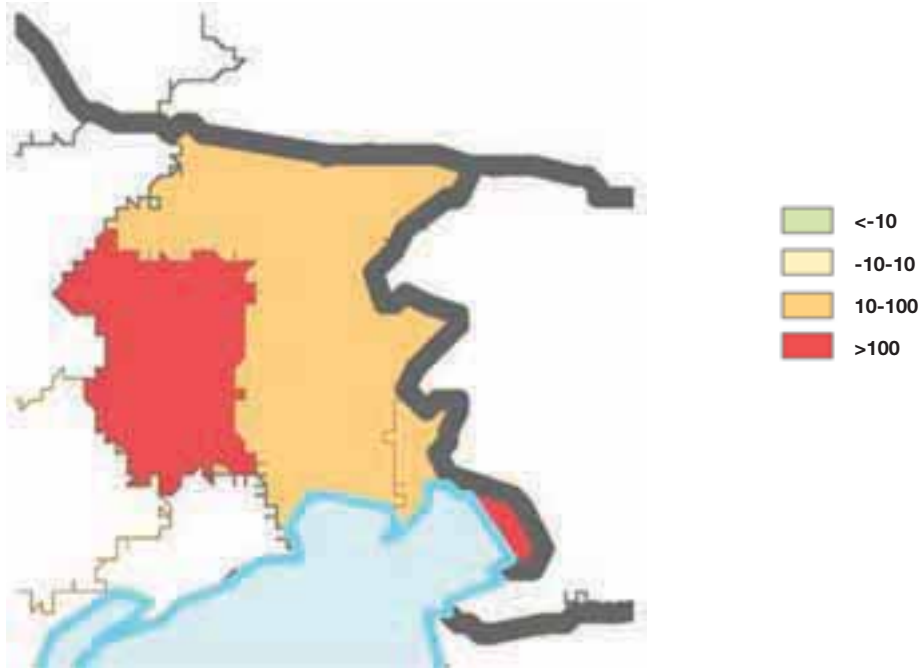
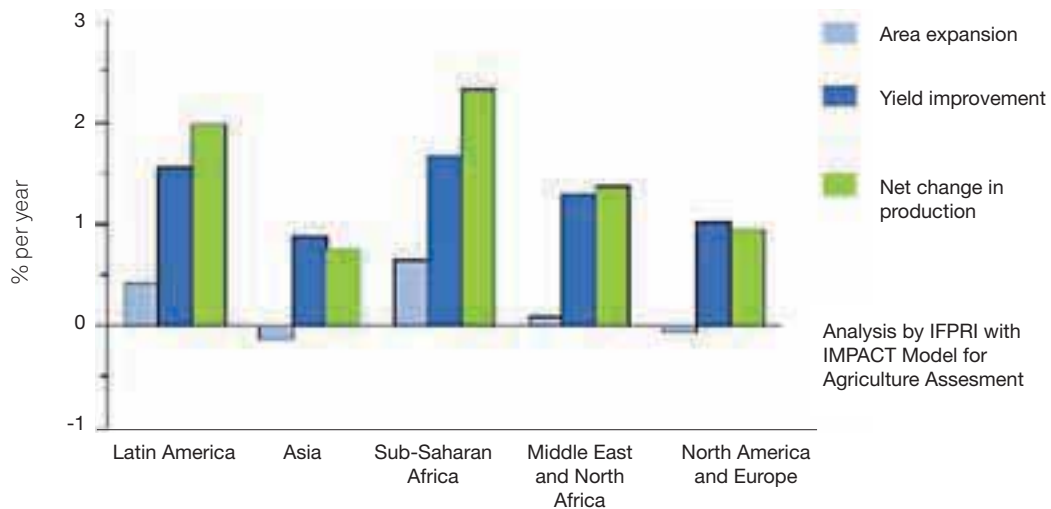
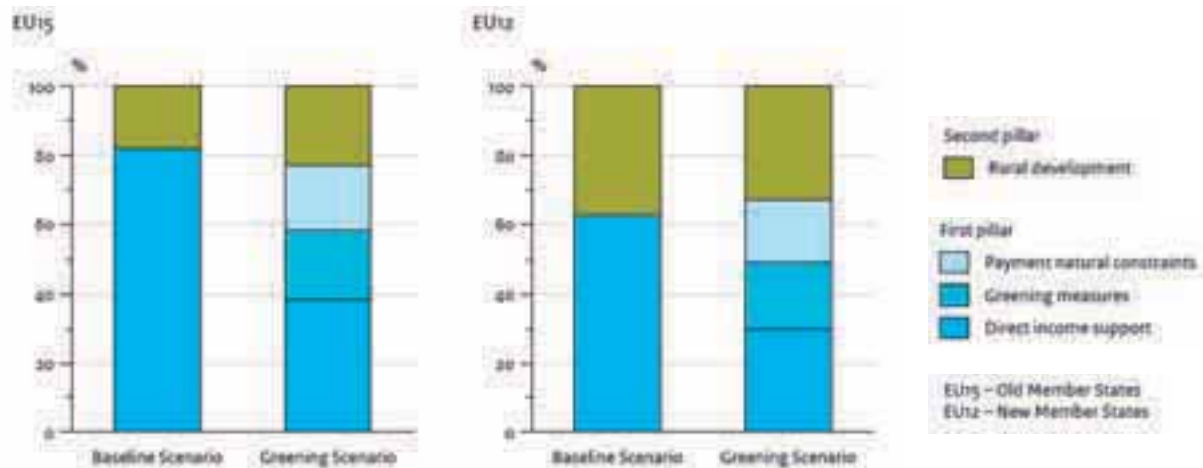


FIGURA 6. TENDENZE DI VARIAZIONE DELLE PRODUZIONI AGRICOLE TRA IL 2000 E IL 2050.



Fonte: Kok, Bakkes, Eickhout *et al.* (2008).

FIGURA 7. DESTINAZIONE DEI FONDI DELLA POLITICA AGRICOLA COMUNE PER IL PERIODO 2014-2020.



Fonte: van Zeijts et al. (2011).

TABELLA 3. RAPPORTO TRA RICCHEZZA SPECIFICA PREVISTA E RICCHEZZA POTENZIALE (TENDENZA MEDIA EU27 AL 2020).

	Baseline Scenario		Greening Scenario	
	%	%	Change in percentage points	Change %
Arable land	39,1	40,3	+1,2	+3,1
Grassland	66,4	69,0	+2,6	+3,9
All agricultural land	48,5	50,1	+1,6	+3,3

Fonte: PBL, 2010.



bili i cui cambiamenti siano quantificabili, anche se con una capacità di definizione del risultato non ottimale.

Come misuratore di ripristino della biodiversità, ad esempio, il PSR utilizzerà il 'Farmland Bird Index', considerato che il monitoraggio del programma MITO2000 sarà garantito almeno fino al 2012.

Per definire il grado di conservazione di habitat agricoli e forestali di alto pregio naturale, invece, l'indicatore primario utilizzato sarà la quota di superficie soggetta a Piani di Gestione sul totale dei siti 'Natura 2000'. All'avvio del PSR, il dato di partenza era molto basso (3,1%), ma attraverso il programma era atteso il finanziamento di Piani di Gestione sul 45% dell'intera superficie delle aree SIC e ZPS, nonché degli studi preliminari per la redazione di altri PdG per un ulteriore 20% della superficie riconosciuta: il valore ad oggi raggiunto è pari al 60%.

Il monitoraggio dovrà inoltre essere indirizzato a colmare i vuoti conoscitivi di rilievo per l'implementazione e la valutazione di efficacia delle politiche sulla biodiversità e indirizzare le azioni di gestione, anche a livello regionale: per tale scopo si dovrà tenere conto delle situazioni di criticità che saranno evidenziate dai report nazionali (per quanto riguarda habitat e specie) ed europei (per quanto riguarda gli ecosistemi). Al momento attuale, si ritiene che particolare attenzione dovrà continuare ad essere rivolta agli agroecosistemi dove, anche per il futuro, sembra maggiore il rischio di perdita di specie e habitat rari ed isolati.

Si può vedere nell'ultimo decennio del secolo scorso come il Friuli Venezia Giulia abbia subito trasformazioni da terreno agricolo ad artificiale (principalmente per nuove urbanizzazioni) a tassi molto superiori (in alcuni casi oltre il 100%) rispetto alla media europea (fig. 5).

Le tendenze di variazione della produzione agricola previste per il periodo 2000-2050 in Europa, indicano, a fronte di una lieve diminuzione delle superfici coltivate, un notevole aumento delle colture intensive (fig. 6).

In relazione alle diverse opzioni che la Commissione Europea sta valutando in materia di destinazione dei fondi della Politica Agricola Comune per il periodo 2014-2020, uno degli scenari considerati ('Greening scenario') prevede una transizione verso una maggiore importanza data agli obiettivi ambientali, al fine di rendere le politiche europee più sostenibili e accettabili dalle popolazioni (fig. 7).

Rispetto ad uno scenario 'standard', si prevede che l'applicazione del 'Greening scenario' consentirebbe un aumento, entro il 2020, di circa il 3% della ricchezza di specie negli ambienti agricoli degli Stati dell'Unione Europea. Ciò rallenterebbe il tasso di perdita di biodiversità in questi ambienti di circa il 50% rispetto a quanto attualmente previsto per il periodo 2014-2020, almeno per quanto riguarda le valutazioni che emergono dagli andamenti recenti del 'Farmland Bird Index' europeo (tab. 3).

La tendenza alla perdita di terreno naturale, seminaturale o agricolo di elevato valore ambientale in favore di colture intensive a basso pregio naturalistico o di altre forme di consumo del suolo rappresenta ad oggi e per il prossimo futuro l'elemento di maggiore rischio per specie e habitat rari ed isolati in Friuli Venezia Giulia. In tal senso vi è alta probabilità che la Politica Agricola Comune enfatizzi maggiormente in futuro i temi della sostenibilità diretti al raggiungimento di obiettivi ambientali integrati: il verificarsi di un simile scenario comporterebbe un miglioramento dello stato della biodiversità rispetto ai valori di ricchezza potenziali stimati.

STRUTTURA DEGLI INDICATORI

INDICATORE 1

NOME	'Farmland Bird Index' (FBI - Avifauna nelle zone agricole)
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	L'indice di popolazione è un valore che indica l'ampiezza della popolazione di una data specie rispetto a un valore di confronto, posto uguale a 100, relativo a un determinato anno o periodo
FONTI	Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Servizio caccia, risorse ittiche e biodiversità - Ufficio studi faunistici
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2000-2009

INDICATORE 2

NOME	Rapporto tra Superficie gestita e Superficie totale di aree naturali protette
DPSIR	Risposta
UNITÀ DI MISURA	m ²
FONTI	Dati pubblici: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e LIFE+
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale con dettaglio per singola area protetta (ambiti di risorgiva tutelati della bassa pianura)
COPERTURA TEMPORALE DATI	1998-2011

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Direttiva 92/43/CEE 'Habitat' 21 maggio 1992	Relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche
Direttiva 2009/147/CE 'Uccelli' 30 novembre 2009	Concernente la conservazione degli uccelli selvatici
L. 6 dicembre 1991, n. 394	Legge Quadro sulle Aree Protette
L. 11 febbraio 1992, n. 157	Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio
D.P.R. 8 settembre 1997, n. 357	Regolamento recante attuazione della Direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche
L.R. 30 settembre 1996, n. 42	Norme in materia di parchi e riserve naturali regionali
L.R. 21 luglio 2008, n. 7	Disposizioni per l'adempimento degli obblighi della Regione Friuli Venezia Giulia derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Attuazione delle Direttive 2006/123/CE, 92/43/CEE, 79/409/CEE, 2006/54/CE e del regolamento (CE) n. 1083/2006 (Legge comunitaria 2007)
L. 14 febbraio 1994, n. 124	Ratifica ed esecuzione della convenzione sulla biodiversità, con annessi, fatta a Rio de Janeiro il 5 giugno 1992

GLOSSARIO

Biodiversità. «La variabilità degli organismi viventi di ogni origine, compresi *inter alia* gli ecosistemi terrestri, marini ed altri ecosistemi acquatici e i complessi ecologici di cui fanno parte; ciò include la diversità nell'ambito delle specie e tra le specie e la diversità degli ecosistemi» (definizione tratta dall'articolo 2 della Convenzione sulla Diversità Biologica).

CBD (Convention on Biological Diversity). È un trattato internazionale adottato nel 1992 al fine di perseguire tre obiettivi principali: 1) la conservazione della diversità biologica; 2) l'uso sostenibile dei componenti della diversità biologica; 3) la giusta ed equa ripartizione dei benefici derivanti dall'utilizzo delle risorse genetiche.

EBCC (European Bird Census Council). Organizzazione internazionale che si occupa dell'impostazione di protocolli di raccolta e di interpretazione di dati.

FBI (Farmland Bird Index). Indicatore dello stato dell'avifauna nelle zone agricole.

LIFE Natura. È un programma di finanziamento europeo che mira a contribuire all'applicazione della normativa comunitaria sulla protezione della natura, ovvero le Direttive 'Habitat' e 'Uccelli', e alla realizzazione della rete 'Natura 2000' per la salvaguardia della biodiversità. L'iniziativa mira pertanto a finanziare progetti che contribuiscano a conservare o ripristinare habitat naturali e/o popolazioni di specie in condizioni insoddisfacenti di conservazione, secondo la definizione data nella Direttiva 'Habitat'.

Lista ORNIS. Si tratta di una lista di specie considerate prioritarie per gli scopi del programma LIFE Natura. Essa include tutte le specie minacciate a livello mondiale che sono regolarmente presenti negli Stati dell'Unione Europea.

Misure di conservazione. È lo strumento, individuato dalla Direttiva 'Habitat', con cui si vanno a limitare e vietare le attività, le opere e gli interventi particolarmente critici per la conservazione della biodiversità, affinché possa essere evitato un significativo disturbo delle specie e il degrado degli habitat per cui i siti 'Natura 2000' sono stati designati.

MITO2000. Programma di Monitoraggio Italiano Ornitologico.

PdG (Piano di Gestione). È lo strumento che consente di conseguire l'obiettivo della conservazione della bio-

diversità tenendo conto delle esigenze economiche, sociali e culturali, nonché delle particolarità regionali e locali come indicato dall'articolo 2 della Direttiva 'Habitat'.

PECBMS (Pan-European Common Bird Monitoring Scheme). Sistema di monitoraggio delle popolazioni di uccelli nidificanti a livello continentale.

PSR (Programma di Sviluppo Rurale). È uno specifico strumento, predisposto dalle Regioni, per una politica determinata dell'Unione Europea rivolta ai territori non urbanizzati. La struttura dei PSR è articolata in quattro assi di intervento: 1) miglioramento della competitività del settore agricolo e forestale; 2) miglioramento dell'ambiente e dello spazio rurale; 3) qualità della vita nelle zone rurali e diversificazione dell'economia rurale; 4) approccio Leader.

QCMV (Quadro Comune di Monitoraggio e Valutazione). È il quadro di riferimento definito dal Regolamento (CE) n. 1698/2005, che stabilisce le regole per il monitoraggio e la valutazione e gli obblighi di comunicazione nei confronti della Commissione sull'efficacia e l'impatto del Programma di Sviluppo Rurale per tutti gli Stati membri dell'Unione Europea. Esso definisce gli indicatori comuni, le loro unità di misura, i responsabili e le modalità di raccolta dei dati, le fonti di informazioni, la frequenza di registrazione. Il quadro prevede che venga definita una situazione prima dell'attivazione del Programma (indicatori di base) che serva per valutare risultati ed impatti sia in itinere che ex post alla luce delle priorità comunitarie, degli obiettivi strategici nazionali e più in dettaglio degli obiettivi della programmazione regionale.

Regione biogeografica. Rappresenta la schematizzazione spaziale della distribuzione degli ambienti e delle specie raggruppate per uniformità di fattori storici, biologici, geografici, geologici, climatici, in grado di condizionare la distribuzione geografica degli esseri viventi. Ogni sito della rete 'Natura 2000' appartiene a una regione biogeografia. Il Friuli Venezia Giulia è interessato da due regioni: la continentale e la alpina.

SARA. Sistema regionale delle aree naturali protette: si tratta di un progetto della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia per lo sviluppo del sistema delle aree naturali protette, mirato all'integrazione a vari livelli (normativo, conservazionistico, promozionale), di parchi, riserve e biotopi istituiti con la L.R. 42/96, tenendo

conto della loro sovrapposizione con i siti individuati ai sensi delle Direttive europee 'Habitat' e 'Uccelli' e quindi con la rete 'Natura 2000'.

Servizi ecosistemici. Sono servizi offerti dagli ecosistemi, vitali per il benessere e lo sviluppo economico e sociale. Comprendono in particolare la disponibilità di cibo, acqua, legname, la purificazione dell'aria, la formazione del suolo e l'impollinazione delle piante.

SIC (Siti di Importanza Comunitaria). Sono definiti nella Direttiva 'Habitat' come aree: 1) che contribuiscono in modo significativo a mantenere o ripristinare una delle tipologie di habitat definite nell'allegato 1 o a mantenere in uno stato di conservazione soddisfacente una delle specie definite nell'allegato 2 della Direttiva 'Habitat' stessa; 2) che possono contribuire alla coerenza della rete 'Natura 2000'; 3) che contribuiscono in modo significativo al mantenimento della biodiversità della regione biogeografica in cui si trovano.

Stato di conservazione. È un indicatore della probabilità che una specie o una sua popolazione continui a sopravvivere. La definizione dello stato di conservazione tiene conto di molti fattori, tra cui la dimensione delle popolazioni, i loro andamenti, il successo riproduttivo, le minacce ecc. Esistono varie classificazioni degli stati di conservazione e dei livelli di minaccia: la più utilizzata a livello internazionale è quella redatta dalla IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources).

UTM (Universal Transverse of Mercator). Proiezione Universale Trasversa di Mercatore: sistema di coordinate geografiche.

Valori di riferimento favorevoli (FRV, Favourable Reference Values). Si tratta di un'indicazione, richiesta agli Stati membri per monitorare lo stato di conservazione delle specie e degli habitat tutelati dalla Direttiva 'Habitat', relativa alla popolazione, alla distribuzione e agli habitat di specie. Lo stato di conservazione è considerato soddisfacente se i dati relativi alla popolazione di una specie mostrano una persistenza a lungo termine, la sua abbondanza e distribuzione risultano stabili o in incremento e gli habitat utilizzati dalla specie sono considerati sufficienti per garantirne nel lungo periodo la persistenza.

Variabili proxy. Variabili che si utilizzano per dare una rappresentazione quantitativa approssimata di un fenomeno, correlato alla variabile ma non direttamente misurabile in maniera più oggettiva.

ZIO. Zona d'Importanza Ornitologica.

ZPS (Zona di Protezione Speciale). Zone istituite ai sensi della Direttiva 'Uccelli' per tutelare le specie di uccelli selvatici minacciate di sparizione, minacciate dalle modifiche del loro habitat, considerate rare in quanto la loro popolazione è scarsa o la loro ripartizione locale è limitata, o che richiedono una particolare attenzione per la specificità del loro habitat.

ZSC (Zona Speciale di Conservazione). Siti di importanza comunitaria designati dagli Stati membri mediante un atto regolamentare, amministrativo e/o contrattuale in cui sono applicate le misure di conservazione necessarie al mantenimento o al ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli habitat naturali e/o delle popolazioni delle specie per cui il sito è designato.

BIBLIOGRAFIA

- Agriconsulting (2008), *Manuale di indirizzo per la gestione delle aree tutelate del Friuli Venezia Giulia*, Progetto SARA Sistema Aree Regionali Ambientali - Costituzione Sistema regionale delle aree naturali, disponibile all'indirizzo <http://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/AT9/ARG5/FOGLIA38/#n1>.
- Commissione europea (2011), *Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni. La nostra assicurazione sulla vita, il nostro capitale naturale: strategia dell'UE sulla biodiversità fino al 2020*, COM(2011) 244, disponibile all'indirizzo http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/2020/comm_2011_244/1_IT_ACT_part1_v2.pdf.
- EEA (2006), *Land Accounts for Europe 1990-2000: Towards Integrated Land and Ecosystem Accounting*, EEA Report No 11/2006, disponibile all'indirizzo http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_11/at_download/file.
- ESA (2010), *Servizio di valutazione in itinere del Programma di Sviluppo Rurale della Regione Friuli Venezia Giulia 2007-2013*, Rapporto di Valutazione Intermedia, disponibile all'indirizzo http://www.regione.fvg.it/rafvfg/export/sites/default/RAFVG/AT4/ARG4/ARG18/allegati/Sintesi_Valutazione_intermedia_FVG_2010x1x.pdf.
- IAASTD (2008), *Synthesis Report of the International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development*, Washington, IAASTD.
- IEEP, Alterra, Ecologic, PBL & UNEP-WCMC (2009), *Scenarios and models for exploring future trends of biodiversity and ecosystem services changes*, Final Report to the European Commission, DG Environment on Contract ENV.G.1/ETU/2008/0090r. Institute for European Environmental Policy, Alterra Wageningen UR, Ecologic, Netherlands Environmental Assessment Agency, United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre.
- Kok M.T.J., Bakkes J.A., Eickhout B. et al. (2008), *Lessons from global environmental assessments*, PBL publication number 500135002, Bilthoven, Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL).
- La Posta A., Duprè E., Bianchi E. (eds.) (2008), *Attuazione della Direttiva Habitat e stato di conservazione di habitat e specie in Italia*, Roma, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- PBL (2010), *Rethinking Global Biodiversity Strategies: Exploring structural changes in production and consumption to reduce biodiversity loss*, Den Haag/Bilthoven, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (2009), *Piano d'Azione Comunitario 2010 e oltre. La Biodiversità nella UE*, IV Rapporto nazionale per la Convenzione Diversità Biologica, Interventi per la tutela della diversità biologica in Friuli Venezia Giulia, in Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, *Convenzione sulla Diversità Biologica*, IV Rapporto Nazionale, Appendice II: *Ulteriori fonti di informazione*, 24-31, disponibile all'indirizzo http://www.minambiente.it/menu/menu_attivita/Verso_la_Strategia_Nazionale_per_la_Biod.html.
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (2009), *Programma di Sviluppo Rurale della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia 2007-2013*, Versione 3 approvata dalla Commissione europea con Decisione C(2009) 10346 del 17 dicembre 2009, 75-93, 145-146, 177-192 e 211-216, disponibile all'indirizzo <http://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/AT4/ARG4/FOGLIA1/>.
- Rossi P. (ed.) (2010), *Censimento dell'avifauna per la definizione del Farmland Bird Index a livello nazionale e regionale in Italia*, Sezione 2: *Friuli Venezia Giulia. Farmland Bird Index 2000-2009 e revisione del set di specie*, Parma, Rete Rurale Nazionale.
- Rossi P. (ed.) (2011), *Farmland Bird Index e Woodland Bird Index 2010-2011*, Sezione 5: *Linee guida per l'uso degli uccelli e del Farmland Bird Index come indicatori di impatto dei Piani di Sviluppo Rurale*, Parma, Rete Rurale Nazionale.
- SEBI Coordination Team Information (2011), *SEBI (Streamlining European Biodiversity Indicators). Lessons learned from a regional process SEBI*, disponibile all'indirizzo <http://www.cbd.int/doc/meetings/ind/ahteg-sp-ind-01/information/ahteg-sp-ind-01-inf-07-en.pdf>.
- Sundseth K. (2011), *Natura 2000. La strategia dell'UE sulla biodiversità fino al 2020*, in «Notiziario Natura e Biodiversità della Commissione Europea», 30, 3-7.
- Working Group on Interlinkages of the Streamlining European Biodiversity Indicators Project (2011), *Interlinkages between the European biodiversity indicators, improving their information power*, SEBI & European Environment Agency, disponibile all'indirizzo <http://biodiversity.europa.eu/topics/sebi-indicators>.
- van Zeijts H. et al. (2011), *Greening the common agricultural policy: impacts on farmland biodiversity on an EU scale*, The Hague, Netherlands Environmental Assessment Agency.



03

Ambiente, salute
e qualità della vita



QUALITÀ DELL'ARIA

In generale, nonostante la riduzione delle emissioni industriali e dell'autotrazione, la qualità dell'aria non migliora, anche a causa di una nuova pressione legata alla combustione della legna.

Elena Gianesini
Fulvio Stel
ARPA FVG
Centro Regionale
di Modellistica
Ambientale

Dal 2005 ad oggi non c'è ancora stata una riduzione significativa né delle concentrazioni medie annuali di polveri sottili (materiale particolato PM10) né del numero dei superamenti della concentrazione media giornaliera.

Tutto ciò nonostante le misure adottate a scala regionale e nazionale, in particolare le procedure di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) e al costante rinnovamento degli automezzi circolanti, sia nel trasporto delle merci che delle persone.

I limiti di legge previsti per il PM10 sono stati diffusamente superati, causando il rinvio dell'Italia alla Corte di Giustizia Europea per inadempienza.

Anche il Friuli Venezia Giulia, specialmente nelle aree pianeggianti dell'Udinese, del Pordenonese, del Triestino e nell'area di Torviscosa, rientra tra le regioni nelle quali sono stati riscontrati superamenti dei limiti di legge giornalieri per il PM10; per questo motivo sarà portato in giudizio assieme a tutte le altre regioni del bacino padano.

Che aria respiriamo

Nei diversi anni che si sono succeduti dal 2005 ad oggi, sia la concentrazione media annua di materiale particolato (PM10) che il numero dei superamenti della massima media giornaliera consentita dalla legge è molto cambiato, ma questa notevole variabilità dipende dal diverso comportamento meteorologico dei vari anni.

Gli anni caratterizzati dalla frequente presenza di condizioni anticicloniche invernali e autunnali (e.g., 2006, 2007, 2008) hanno avuto un notevole numero di giorni con ristagno atmosferico, quindi sono stati contrassegnati da frequenti superamenti dei limiti di legge.

Gli anni caratterizzati da una maggiore ventilazione (e.g., 2005, 2009, 2010) hanno al contrario sperimentato un numero relativamente ridotto di superamenti.

Tra le diverse aree caratterizzate da superamenti dei limiti di legge, quella che indubbiamente presenta la maggiore problematicità è senza dubbio il Pordenonese.

Questa peculiarità deriva da una sostanziale affinità climatica delle aree pianeggianti pordenonesi con la pianura padana, caratterizzata da una diffusa antropizzazione (densamente urbanizzata e con molte attività industriali inserite nel tessuto urbano) e da un ridotto rimescolamento delle masse d'aria, a sua volta legato alla presenza di rilievi orografici.

Nonostante le stazioni di misura del materiale particolato siano quasi esclusivamente posizionate a ridosso o all'interno dei principali centri abitati (capoluoghi di provincia), recenti simulazioni numeriche

hanno mostrato come i superamenti dei limiti di legge siano in realtà molto più estesi e, in situazioni particolarmente avverse (e.g., anno 2007), potrebbero interessare buona parte della pianura del Friuli Venezia Giulia.

Su un dato è importante riflettere: le aspettative di un calo delle concentrazioni atmosferiche di PM10 sono state mancate, nonostante le riduzioni nelle emissioni sia nel settore industriale che dei trasporti pubblici.

Questo fatto suggerisce che forse, nelle politiche adottate, possa essere stato trascurato o sottostimato un tipo di fonte di emissione rilevante di materiale particolato.

Studi specifici basati sulle informazioni del consumo energetico regionale, in particolare legato all'ambito familiare, e sull'utilizzo di sofisticati modelli fotochimici, hanno mostrato come una componente rilevante del materiale particolato venga attribuita all'utilizzo domestico della legna.

Questa evidenza risulta oltremodo importante se si tiene conto che le politiche europee hanno al contrario promosso l'utilizzo delle biomasse come fonte rinnovabile al fine di ridurre le emissioni di gas che alterano il clima.

Benché sia vero che le biomasse, in particolare legnose, rappresentano un'importante risorsa energetica rinnovabile, purtroppo la combustione della legna risulta particolarmente impattante sulla qualità dell'aria a causa delle sue emissioni sia dirette, come ad esempio il fumo, che indirette.

Infatti, il legno bruciando emette molti composti organici che, una volta entrati in atmosfera, in condizioni di basse temperature possono facilmente ricondensare dando nuovamente origine a materiale particolato.

Le tendenze delle emissioni

Tenendo conto dei piani nazionali e regionali, relativi alle politiche energetiche e alle attività produttive, è possibile realizzare degli scenari volti a stimare le emissioni annuali di materiale particolato nei settori sociali e produttivi.

È stato stimato che in Friuli Venezia Giulia per gli anni 2015 e 2020 (fig. 1), rispetto al 2010 (caratterizzato da una emissione complessiva di ca. 6.000 tonnellate di PM10) dovremmo assistere ad una generale variazione delle emissioni annue di PM10, in particolare grazie ai miglioramenti tecnologici relativi al trasporto su gomma (veicoli di categoria Euro 5 e 6).

Le emissioni industriali dovrebbero rimanere grossomodo costanti con solo un leggero aumento nella seconda metà del prossimo decennio.

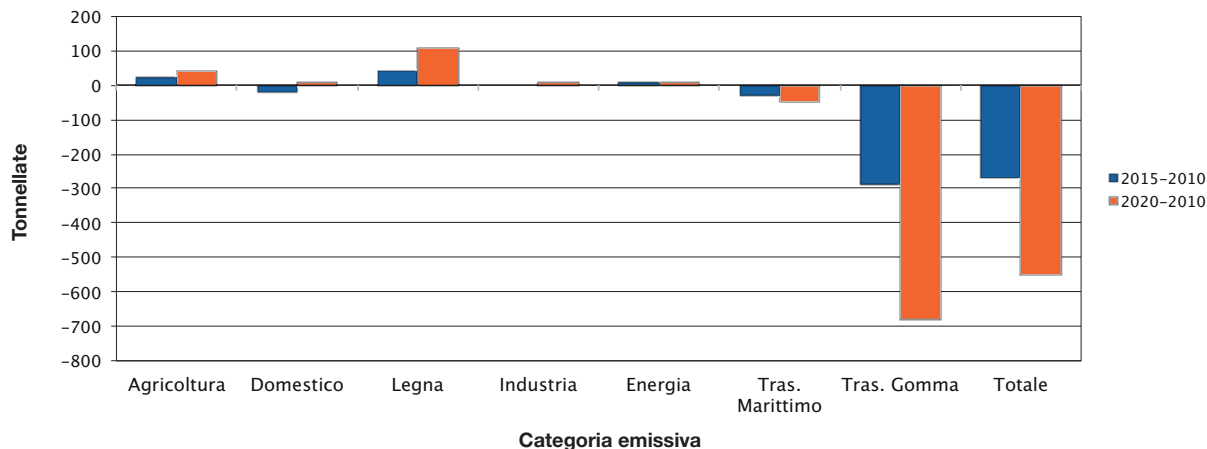
Invece, dovrebbero essere in crescita le emissioni associate all'agricoltura e alla combustione domestica della legna, maggiormente utilizzata nel riscaldamento, a causa sia dell'aumento dei prezzi dei combustibili fossili che delle politiche a favore delle fonti rinnovabili.

La combustione della legna

Affrontando il problema del particolato atmosferico è stato oramai da più parti assodato come non si possa prescindere da una corretta valutazione del contributo associato alle emissioni domestiche della legna, e questo sia per la previsione della qualità dell'aria che per lo sviluppo degli scenari futuri (fig. 3).

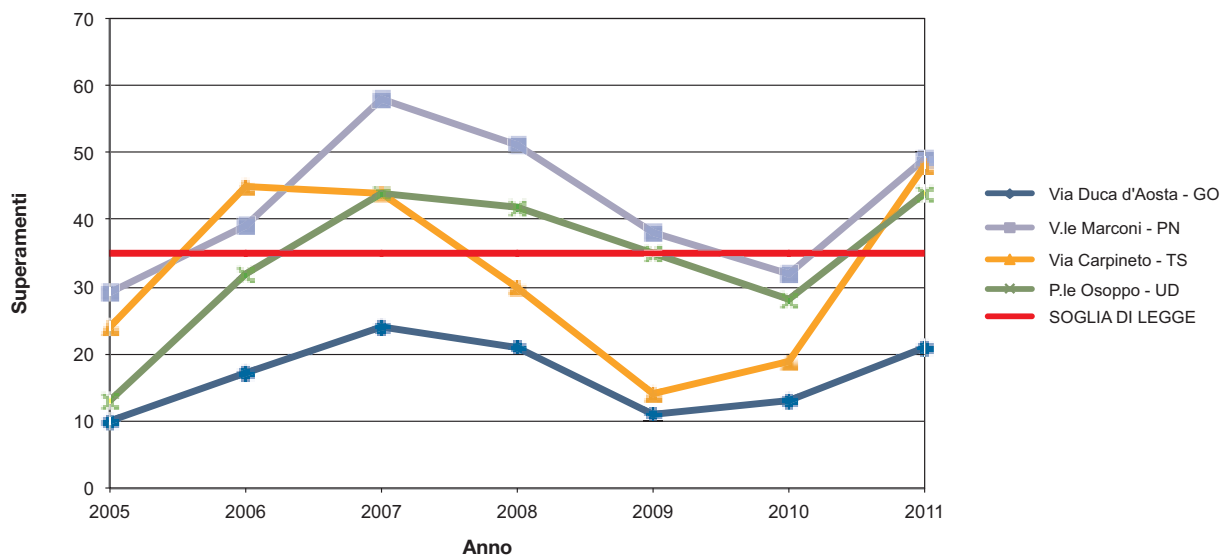
Il numero di abitazioni presenti sul territorio regionale rispetto al passato è aumentato. Si stima inoltre che dal 2005 al 2009 in Friuli Venezia Giulia siano stati venduti dai 10.000 ai 12.000 apparecchi di riscaldamento a legna, dei quali circa il 60% con combustibile a *pellet*, mentre il rimanente 40% con combustibile a ciocchi (tab. 1).

FIGURA 1. VARIAZIONE TENDENZIALE DELLE EMISSIONI DI MATERIALE PARTICOLATO PER GLI ANNI 2015 E 2020 RISPETTO ALL'ANNO 2010. LE EMISSIONI SONO ESPRESSE IN TONNELLATE/ANNO E SONO SUDDIVISE NELLE DIVERSE CATEGORIE EMISSIVE, CHE VANNO DALLA PRODUZIONE ENERGETICA, ALLA COMBUSTIONE DOMESTICA PER ARRIVARE AI TRASPORTI STRADALI E VIA MARE.



Fonte: GAINS-Italia.

FIGURA 2. ANDAMENTO DAL 2005 AL 2011 DEL NUMERO ANNUALE DI SUPERAMENTI GIORNALIERI DEI LIMITI DI LEGGE STABILITI PER IL PM10. È STATA RIPORTATA UN'UNICA STAZIONE PER PROVINCIA TRA QUELLE DISPONIBILI.



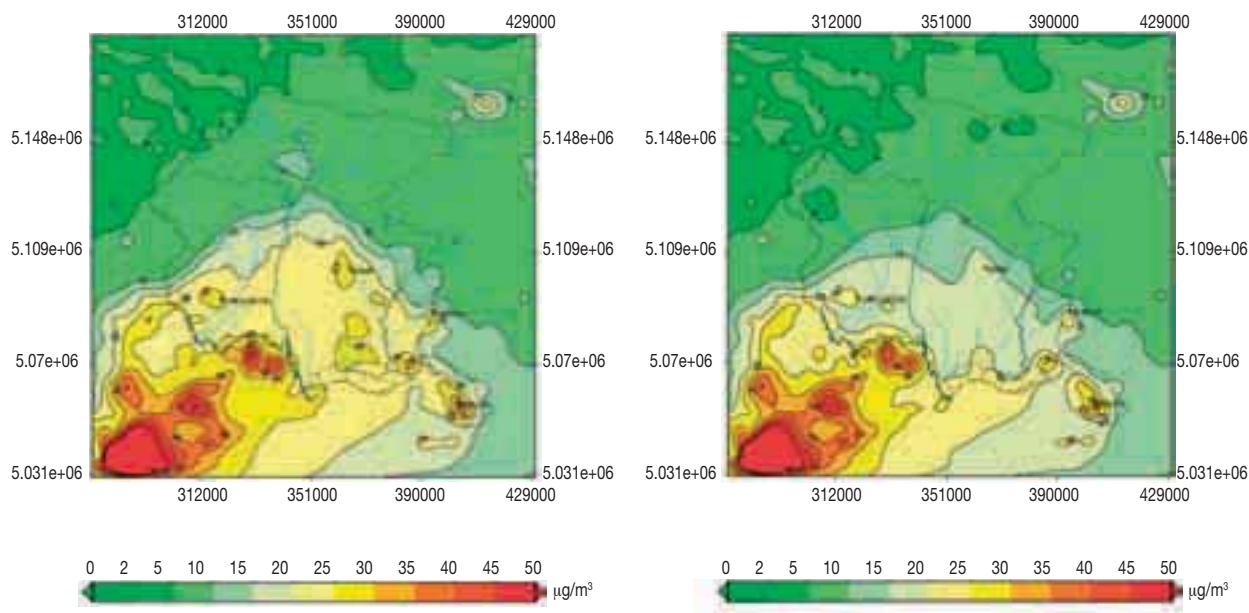
Maggiori informazioni di dettaglio possono essere reperite sul sito dell'ARPA FVG (www.arpa.fvg.it).

TABELLA 1. DAL 2005 AL 2009 SI STIMA CHE IN FRIULI VENEZIA GIULIA SIANO STATI VENDUTI DAI 10.000 AI 12.000 NUOVI IMPIANTI PER LA COMBUSTIONE DOMESTICA DELLA LEGNA, DEI QUALI CIRCA IL 60% RISULTA FUNZIONARE A PELLETT E IL 40% A CIOCCHI. A LIVELLO NAZIONALE, INVECE, IL NUMERO DI IMPIANTI DOMESTICI A LEGNA PRODOTTI NEI DIVERSI ANNI È DISTRIBUITO COME INDICATO NELLA TABELLA.

Numero apparecchi prodotti 2005-2009					
Apparecchi da riscaldamento a biomasse	2005	2006	2007	2008	2009
Caminetti aperti	54,624	50,000	44,421	38,825	30,000
Termocamini/inserti chiusi a legna	169,888	171,429	162,118	124,809	94,000
Termocamini/inserti chiusi a pellet	28,315	28,571	27,020	11,843	21,000
Cucine economiche	121,890	200,000	127,056	66,553	61,000
Stufe a legna	84,450	90,000	79,108	72,085	92,000
Stufe a pellet	102,037	280,000	166,317	131,637	150,000

Fonte: CECED-Italia, Associato a Confindustria.

FIGURA 3. SIMULAZIONE DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE DI PM10 CON (A SINISTRA) O SENZA (A DESTRA) L'UTILIZZO DELLA LEGNA PER IL RISCALDAMENTO. LE IMMAGINI EVIDENZIANO CHIARAMENTE COME L'IMPIEGO DOMESTICO DI QUESTA IMPORTANTE RISORSA RINNOVABILE CONTRIBUISCA IN MANIERA SIGNIFICATIVA AL RAGGIUNGIMENTO DELLE CONCENTRAZIONI OSSERVATE.



È necessario affrontare la problematica di un'ulteriore riduzione delle emissioni legata all'incremento del numero di abitazioni con impianti a legna, una delle fonti rinnovabili più diffusa sul territorio regionale.

È ben documentato come i dispositivi a *pellet* e quelli a ciocchi di ultima generazione abbiano emissioni di materiale particolato (primario) molto inferiori a quelle delle più obsolete stufe o 'cucine economiche' (gli *spargher* o *spolert*). Tuttavia queste emissioni sono più alte di quelle dei dispositivi a metano.

Inoltre tra le sostanze emesse dalla combustione della legna, in particolare quella a ciocchi, figurano anche gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA, sostanze riconosciute come cancerogene dall'Organizzazione Mondiale della Sanità) – tra i quali il benzo(a)pirene – e le diossine. Tutte queste sostanze sono solitamente emesse durante ogni tipo di combustione, ma in modo particolare dalla combustione di materiali solidi, a causa del ridotto rimescolamento che si ha tra la sostanza che brucia e

l'ossigeno presente nell'aria. A titolo di esempio, la combustione di un chilogrammo di legno secco (umidità inferiore al 15%) in una stufa tradizionale rilascia in atmosfera circa 4 grammi di polveri sottili, 5 milligrammi di IPA e 6 nanogrammi di diossine. Al contrario, la combustione di un metro cubo di metano in una caldaia domestica, rilascia circa 0,007 grammi di materiale particolato, una quantità praticamente nulla di IPA e circa 0,06 nanogrammi di diossine.

Per rispettare gli stringenti limiti sul materiale particolato, imposti dalla Commissione Europea e recepiti dai singoli Stati a tutela della salute pubblica, è necessario affrontare la problematica di un'ulteriore riduzione delle emissioni legata all'incremento del numero di abitazioni con impianti a legna, che è una delle fonti rinnovabili più diffusa sul territorio regionale.

Infatti, sia per l'aumento dei prezzi dei combustibili in generale che per le politiche comunitarie di riduzione della dipendenza delle fonti energetiche fossili, è probabile aspettarsi nella nostra regione un ulteriore incremento della diffusione di impianti che utilizzano la combustione della legna.

Indicatore: Numero di superamenti annuali della massima concentrazione giornaliera di PM10

Come prescritto dalla vigente normativa sulla qualità dell'aria (D.lgs. 155/2010), uno degli indicatori da utilizzare per il monitoraggio delle polveri sottili (PM10) nell'aria è rappresentato dal numero di giorni, in un anno solare, nei quali si registra il superamento del valore medio giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (fig. 2). Questo indicatore è anche l'unico attualmente problematico per quanto riguarda la nostra regione e questo specifico inquinante, infatti, dal punto di vista della concentrazione media annua di PM10, altro indicatore previsto dalla normativa, la nostra regione mostra valori tranquillamente inferiori al limite di legge stabilito in $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Analisi sul particolato atmosferico

Nell'ambito del Progetto europeo IMONITRAF! è stata condotta una campagna di misura volta a determinare, all'interno delle polveri presenti nell'atmosfera del Friuli Venezia Giulia, le impronte delle diverse sorgenti emissive (fig. 4).

In questo modo è stato possibile stimare che la percentuale di polveri prodotte dalla combustione della legna, nonché dai combustibili fossili, è dovuta alla formazione del particolato secondario, cioè non direttamente emesso in atmosfera ma formatosi nell'aria a seguito di complesse reazioni chimiche.

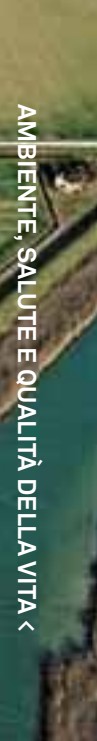
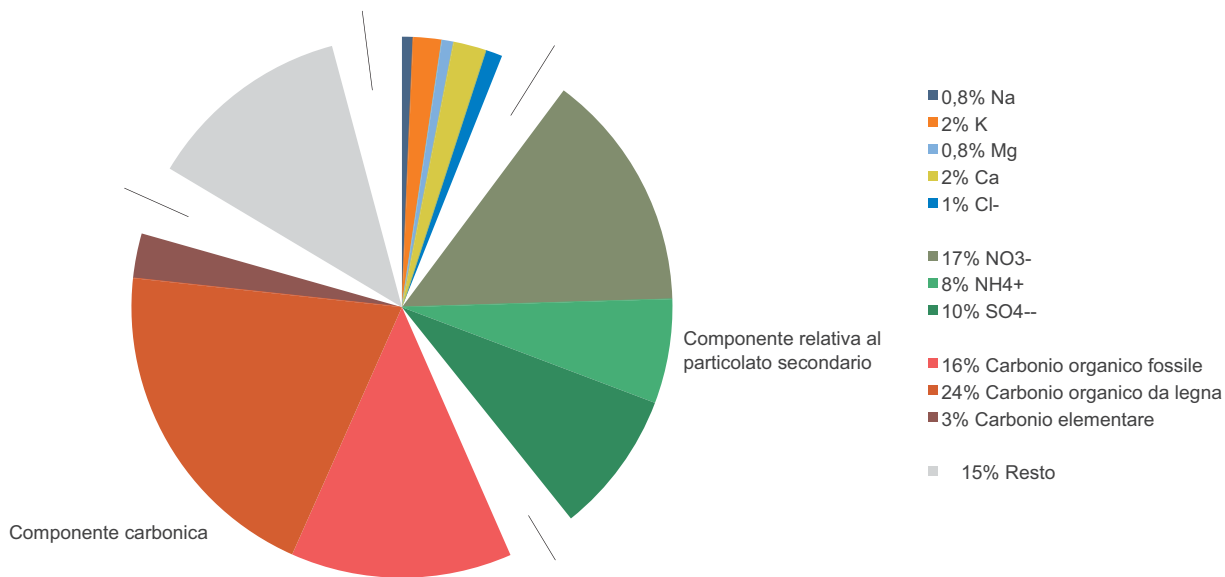


FIGURA 4. PESO PERCENTUALE DELLE DIVERSE SOSTANZE CHE COMPONGONO IL MATERIALE PARTICOLATO (PM10). QUESTA ANALISI, EFFETTUATA NELL'AMBITO DEL PROGETTO EUROPEO I MONITRAF!, È IL RISULTATO DI UNA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO CONDOTTA NEI MESI DI GENNAIO E FEBBRAIO 2011 IN UNA STAZIONE DI FONDO URBANO A UDINE.



Fonte: progetto EU iMONITRAF!

.....

La percentuale di polveri prodotte dalla combustione della legna, nonché dai combustibili fossili, è dovuta alla formazione del particolato secondario, cioè non direttamente emesso in atmosfera ma formatosi nell'aria a seguito di complesse reazioni chimiche.

.....

rale del terreno, cioè ai silicati e ai carbonati, per i quali non è però ancora stata condotta un'analisi specifica volta ad individuarli direttamente.

Le analisi condotte hanno mostrato come la componente ionica delle polveri (associata al particolato secondario) riesca a spiegare circa il 35% delle polveri totali. Nel dettaglio, la componente ascrivibile al nitrato d'ammonio, associato alle emissioni di ossidi di azoto, da sola riesce a rendere conto di circa il 25% del PM10. Per quanto riguarda la componente carboniosa, invece, le analisi mostrano come questa corrisponda a oltre il 40% delle polveri totali. All'interno di questo 40%, una componente superiore al 24% dovrebbe essere quella attribuita all'utilizzo domestico della legna.

Il 15% (resto) non risulta associato né alla componente ionica né alla componente carboniosa, pertanto dovrebbe essere dovuto alla componente cristallina natu-

Le azioni per migliorare la qualità dell'aria

A livello regionale, nel 2010 è stato approvato il Piano Regionale di Miglioramento della Qualità dell'Aria, strumento amministrativo previsto dalla L.R. 16/07 nonché dal più recente D.lgs. 155/10. Il 16 gennaio 2012 è stato approvato il Piano d'Azione Regionale, anch'esso previsto dalla L.R. 16/07. Maggiori informazioni su questi Piani si trovano sul sito della Regione Friuli Venezia Giulia (www.regione.fvg.it) nella sezione ambiente e territorio inerente all'aria.

Nel 2005, a livello nazionale è stato approvato il D.lgs. 59/05, confluito poi nel D.lgs. 152/06, che ha dato inizio al percorso virtuoso delle Autorizzazioni Integrate Ambientali e alla necessità di mettere in opera le migliori tecnologie disponibili negli impianti produttivi, al fine di ridurre gli impatti ambientali. Nel corso degli anni, si sono succedute diverse campagne di 'incentivi alla rottamazione' delle vetture che hanno portato ad uno svecchiamento del parco veicolare circolante.

Nonostante questo, comunque, le tipologie di automobili che circolano nella nostra regione sono tra le più obsolete d'Italia (fonte: ACI).

Poco o nulla, al contrario, è stato fatto relativamente all'utilizzo domestico della legna. In attesa di eventuali campagne per la sostituzione delle strutture obsolete per la combustione, sarebbe doveroso promuovere un comportamento virtuoso per l'utilizzo domestico di questa importante risorsa energetica rinnovabile come riportato nell'approfondimento *Buone pratiche per una combustione efficiente della legna* all'interno del presente capitolo.

Tale comportamento, oltre ad un miglioramento della qualità dell'aria, porterebbe anche ad un notevole risparmio energetico, quindi di denaro, per le famiglie.

Salute: IPA e Benzo(a)pirene

Studi recenti (Gaeggeler, Prevot, Dommen *et al.*, 2008; Hellén, Hakola, Haaparanta *et al.*, 2008; Jeong, Evans, Dann *et al.*, 2008) si sono focalizzati sulla misura delle concentrazioni di inquinanti nell'aria in zone ambientali residenziali e/o rurali dove la combustione di legna per il riscaldamento domestico costituisce una fonte significativa di emissione.

Il particolato emesso dalla combustione di legna è in generale caratterizzato dalla presenza di particelle finissime ($< 1 \mu\text{m}$) con diametro medio compreso tra $0,1-0,6 \mu\text{m}$ (Boman, Forsberg, Järholm, 2003).

Altri studi invece hanno evidenziato la valutazione dell'esposizione a composti quali formaldeide, 1,3-butadiene, benzene, benzo(a)pirene e particolato fine all'interno delle abitazioni con riscaldamento a legna.

Negli ambienti *indoor* la combustione incompleta di materiale organico proveniente dai forni a legna, dai caminetti e dal fumo di tabacco ambientale può aumentare in maniera significativa le concentrazioni di alcuni IPA.

Con il termine IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) viene definito un complesso di composti chimici di cui il benzo(a)pirene è uno dei più conosciuti.

Il benzo(a)pirene è classificato in categoria 1 (sostanze per le quali esiste una accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo) dallo IARC (International Agency for Research on Cancer). In particolare una esposizione diretta e prolungata agli Idrocarburi Policiclici Aromatici può indurre la formazione di neoplasie a livello polmonare, della cute, laringe, esofago e stomaco. Studi epidemiologici evidenziano che un aumento nelle concentrazioni di materiale particolato, specialmente per esposizioni a breve termine di particolato fine, può portare ad insorgenza di malattie cardiovascolari.

È stato stimato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità che ogni aumento di 1 nanogrammo a metro cubo di benzo(a)pirene potrebbe determinare un rischio di nuovi 9 casi di cancro ogni 100.000 persone (OMS, 1987).

Per questa categoria di inquinanti, la normativa di riferimento, in attesa dell'emanazione di una specifica direttiva, è il D.M. del 25 novembre 1994, che prevede, a partire dal 1° gennaio 1999, come obiettivo di qualità, il valore di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$.

.....

Buone pratiche per una combustione efficiente della legna

- Utilizzare legna con un basso contenuto di acqua (legna secca). Non bruciare legname appena abbattuto e non essiccato, ma attendere un tempo sufficiente affinché questo combustibile perda il suo tenore di umidità (e.g., acquistare almeno in estate, se non prima, la legna per l'inverno, conservandola in luoghi idonei).
- Non bruciare mai legna verniciata o legna trattata con preservanti, perché potrebbero liberare sostanze inquinanti altamente tossiche, quali composti organici volatili, arsenico o piombo.
- La combustione della plastica, del carbone di legna e della carta colorata quali i fumetti, comporta la produzione di sostanze inquinanti.
- Controllare periodicamente (prima di ogni inverno) le canne fumarie dei camini e le tubature delle stufe; assicurarsi che siano pulite, libere e non bloccate da residui in modo da garantire un sufficiente apporto di ossigeno nella fase di combustione. Le canne fumarie, inoltre, dovrebbero sempre essere idonee agli impianti che si vogliono installare.
- Aprire la valvola per l'immissione di aria quando si aggiunge legna alla stufa o al camino. Un maggiore quantitativo di aria aiuta la legna a bruciare nel modo corretto, impedisce alle sostanze inquinanti di essere rilasciate nella casa e permette di risalire nella canna fumaria del camino o della stufa.
- Utilizzare pezzi di legna di dimensioni non eccessive, correttamente disposti nella camera di combustione in modo da aumentare la superficie di contatto con l'aria in rapporto al volume di legna utilizzato.
- Effettuare l'accensione della legna dall'alto e non dal basso, cioè disponendo la legna sottile dell'innesco in alto e quella più grossa in basso favorendo la graduale emissione e combustione dei composti volatili. Accendendo la legna dall'alto si ha un processo di combustione inizialmente più lento ma più efficiente in termini di ridotte emissioni.

Visto il notevole aumento nella diffusione del consumo domestico della legna, queste buone pratiche possono però non bastare, e si rendono necessari ulteriori espedienti tecnici.

Un importante passo avanti in tal senso è stato fatto riducendo le dimensioni delle camere di combustione diminuendo così la dispersione delle sostanze volatili in aree a temperature relativamente basse. A questo può anche essere unito un ricircolo dei fumi che aumenti l'efficienza nella combustione dei composti volatili.

Un risultato ancora più efficace si è inoltre ottenuto mediante la tecnologia dei *pellet* che unisce una ridotta dimensione e maggior controllo delle caratteristiche fisiche del combustibile ad un tiraggio forzato che garantisca sempre il corretto apporto di ossigeno per una buona combustione.

.....

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Numero di giorni di superamento della media giornaliera di PM10
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	Numero di giorni
FONTE	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2005-oggi

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

D.lgs. 155/10	Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa
D.lgs. 152/06 e s.m.i.	Norme in materia ambientale (AIA)
L.R. 16/07	Norme in materia di tutela dall'inquinamento atmosferico e dall'inquinamento acustico
D.G.R. 4 marzo 2005, n. 421	Approvazione dei contenuti dell'allegato 'Piano d'azione per il contenimento e la prevenzione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico'
D.P.G.R. 16 gennaio 2012, n. 10	Piano d'Azione Regionale per la gestione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico
D.P.G.R. 31 maggio 2010, n. 124	Piano Regionale di Miglioramento della Qualità dell'Aria
D.M. 25 novembre 1994	Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al D.M. 15 aprile 1994

GLOSSARIO

AIA (Autorizzazione Integrata Ambientale). Provvedimento che autorizza l'esercizio di un impianto o di parte di esso a determinate condizioni, che devono garantire la conformità ai requisiti di cui alla parte seconda del D.lgs. del 3 aprile 2006, n. 152, come modificato dal D.lgs. del 29 giugno 2010, n. 128, che costituisce l'attuale recepimento della Direttiva comunitaria 2008/1/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 gennaio 2008 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC) (fonte: Ministero Ambiente).

Emissione ricondensabile. Sostanza volatile passata dallo stato solido a quello di vapore a seguito dell'aumento della temperatura durante la combustione che, a seguito della diminuzione della temperatura all'uscita dei camini, può condensare ritornando al suo stato solido, aumentando così le concentrazioni di materiale particolato.

GAINS-Italia (Greenhouse Gases Air Pollution Interactions and Synergies). Strumento di analisi modellistica dell'inquinamento atmosferico, basato sulla metodologia RAINS includendo anche i gas ad effetto serra (fonte: ENEA - Unità Tecnica per le Tecnologie Ambientali).

Materiale Particolato (PM10). Il materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale se-

lettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM10 (norma UNI EN 12341), con un'efficienza di penetrazione del 50% per materiale particolato di un diametro aerodinamico di 10 µm (fonte: D.lgs. 155/10, art. 2).

Particolato secondario. Materiale che non viene emesso direttamente in atmosfera ma che in essa si forma a seguito di complesse reazioni chimiche tra gli inquinanti già presenti, detti inquinanti primari.

Piano d'Azione Regionale. Documento che costituisce un primo atto di regolamentazione verso gli episodi acuti di inquinamento atmosferico, stabilendo di fatto una zonizzazione del territorio, una serie di misure migliorative della qualità dell'aria e dei vincoli operativi sull'adozione e l'elaborazione dei Piani d'Azione (fonte: Regione Friuli Venezia Giulia - Ambiente Territorio).

Piano Regionale di Miglioramento della Qualità dell'Aria. Studio finalizzato all'acquisizione di elementi conoscitivi per la predisposizione del Piano Regionale di Risanamento e Tutela della Qualità dell'Aria (fonte: Regione Friuli Venezia Giulia - Ambiente Territorio).

Speciazione. Attività analitica di laboratorio volta alla determinazione di uno o più specie chimiche in un campione.

BIBLIOGRAFIA

- Boman B.C., Forsberg A.B., Järholm B.G. (2003), *Adverse health effects from ambient air pollution in relation to residential wood combustion in modern society*, in «Scandinavian Journal of Work, Environment and Health», 29, 251-260.
- EEA (2006), *Air quality and ancillary benefits of climate change policies*, EEA Technical Report No 4/2006.
- EEA (2008), *The NEC Directive Status Report*, EEA Technical Report N. 9/2008.
- Environmental Protection UK-LACORS (2009), *Biomass and air quality guidance for local authorities - England and Wales*, in [www.environmental-protection.otg.uk/assets/library/documents/Biomass and Air Quality Guidance.pdf](http://www.environmental-protection.otg.uk/assets/library/documents/Biomass%20and%20Air%20Quality%20Guidance.pdf).
- European Commission (2005), *Directorate General for Energy and Transport*, in http://ec.europa.eu/transport/roadsafety/road_safety_observatory/_private/included_text/trends_fullp.htm.
- European Commission Thematic Strategy on Air Pollution (2005), *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament*, COM(2005) 446 (final and press release, <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/05/1170>).
- European Parliament (2008), *Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe*.
- Gaeggeler K., Prevot A.S.H., Dommen J. et al. (2008), *Residential wood burning in an alpine valley as a source for oxygenated volatile organic compounds, hydrocarbons and organic acids*, in «Atmospheric Environment» 42, 8278-8287.
- Hellén H., Hakola H., Haaparanta S. et al. (2008), *Influence of residential wood combustion on local air quality*, in «Science of the Total Environment», 393, 283-290.
- ISPRA (2010), *VII Rapporto annuale sulla qualità dell'ambiente urbano*, in http://www.areeurbane.apat.it/site/it-IT/Archivio/Pubblicazioni/Pubblicazioni/vii_rapporto_2010.html; http://www.isprambiente.gov.it/site/_contentfiles/00009400/9449_FocusQA_aree_urb_VII.pdf.
- Jeong C., Evans G.J., Dann T. et al. (2008), *Influence of biomass burning on wintertime fine particulate matter: source contribution at a valley site in rural British Columbia*, in «Atmospheric Environment», 42, 3684-3699.
- Johansson L.S., Leckner B., Gustavsson L. et al. (2004), *Emission characteristics of modern and old-type residential boilers fired with wood logs and wood pellets*, «Atmospheric Environment», 38, 4183-4195.
- Vecchi R., Bernardoni V., Fermo P. et al. (2008), *4-hours resolution data to study PM10 in a 'hot spot' area in Europe*, in «Environ Monit Assess», 154 (1-4), 283-300.
- Vecchi R., Chiari M., D'Alessandro A. et al. (2008), *A mass closure and PMF source apportionment study on the sub-micron sized aerosol fraction at urban sites in Italy*, in «Atmospheric Environment», 42, 2240-2253.

QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE

ARPA FVG è impegnata in una grande campagna per il monitoraggio delle acque. Allo stato attuale, si evidenziano impatti significativi nella zona montana dovuti a derivazioni a fini idroelettrici, nella bassa pianura a nitrati di origine agricola e, in modo puntiforme, a scarichi di depuratori non ancora adeguati.

Nicola Skert
Antonella Zanello
ARPA FVG
Gestione attività centralizzate di rilievo regionale

La Water Framework Directive 2000/60/CE (WFD), conosciuta anche come Direttiva Quadro per le Acque, introduce elementi di cambiamento sostanziali nella gestione delle acque a livello comunitario. L'art. 1 indica una serie di obiettivi da raggiungere, tra cui proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici, terrestri e delle zone umide, agevolare l'utilizzo idrico sostenibile, proteggere l'ambiente acquatico con misure specifiche sugli scarichi, ridurre l'inquinamento delle acque sotterranee, mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

L'obiettivo di qualità ecologica stabilito dalla Direttiva è inteso come la capacità del corpo idrico (vedi Glossario) di supportare comunità animali e vegetali ben strutturate e bilanciate, strumenti biologici fondamentali per sostenere i processi autodepurativi delle acque. Ne consegue che sono le stesse comunità animali e vegetali a garantire la 'pulizia' dell'ambiente in cui vivono: le prime grazie agli organismi sminuzzatori, detritivori ecc. che degradano progressivamente la sostanza organica in strutture sempre più piccole; le seconde (vegetali) utilizzandole come nutrienti favorendo un adeguato bilanciamento degli elementi chimico-fisici (nitrati, fosfati, ammonio, ossigeno, pH, ecc.).

Come conseguenza giuridica di questo nuovo concetto di qualità dei corpi idrici, sono stati rivoluzionati sia i sistemi di gestione che di monitoraggio delle acque. La normativa infatti definisce lo stato ecologico tramite lo studio di alcune comunità biologiche acquatiche, utilizzando gli elementi fisico-chimico e idromorfologici (quali il regime idrico e le caratteristiche di naturalità morfologica dell'alveo), come sostegno al processo di definizione della qualità ambientale.

Nello specifico, gli elementi biologici segnalati per la valutazione delle acque dolci superficiali interne sono: diatomee bentoniche e macrofite (flora acquatica), macroinvertebrati bentonici e pesci (fauna acquatica), dove per bentoniche si intendono le comunità di organismi che vivono non nella colonna d'acqua ma sul substrato dell'alveo fluviale o del lago. Gli elementi biologici vengono valutati sulla base di indici e l'informazione di qualità da essi fornita viene interpretata da un Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Esso è dato dal rapporto matematico tra il valore osservato dell'indice e quello atteso in condizione di scarso/nullo impatto antropico (condizioni di riferimento). Il valore che ne consegue viene tradotto in una classe di qualità compresa tra elevato e cattivo. Seguendo un principio di precauzione, lo stato di qualità dei corpi idrici è classificato in base al più basso dei valori riscontrati durante il monitoraggio biologico e chimico-fisico.

L'ambizioso obiettivo ambientale stabilito dalla WFD è il raggiungimento e/o mantenimento di uno stato ecologico buono delle acque entro il 2015.

La Direttiva è stata recepita in Italia nel D.lgs. 152/06, nel quale si prevede la redazione di appositi Piani Regionali di Tutela delle Acque (PRTA), in cui vengono individuate le misure per conseguire gli obiettivi di qualità stabiliti dalla Direttiva. Al fine di redarre il PRTA, la Regione Friuli Venezia Giulia ha provveduto a classificare i corpi idrici superficiali in base al rischio di non raggiungere gli obiettivi stabiliti dalla Direttiva, valutando le pressioni e gli impatti che insistono sui corpi idrici. La Regione si avvale della collaborazione di ARPA FVG per la parte relativa al monitoraggio biologico, chimico-fisico e idromorfologico, in modo tale da fornire la classificazione dello stato ecologico di circa 450 corpi idrici superficiali interni, di cui 20 artificiali e 11 laghi. Considerando l'immenso sforzo (si tratta della più grande campagna di monitoraggio delle acque interne superficiali di tutta Italia), tale attività si svolge nell'arco di tre anni (2009-2011).

Stato ecologico dei corpi idrici superficiali

Fino a ottobre 2011 sono stati monitorati 305 corpi idrici, per 300 dei quali è stato valutato lo stato ecologico sulla base di tre elementi biologici (diatomee, macrofite e macroinvertebrati). I rimanenti 5 sono laghi e invasi artificiali per i quali i campionamenti sono in fase di ultimazione. Le indagini relative alla composizione, abbondanza e struttura della fauna ittica sono state affidate all'Ente Tutela Pesca, che ha operato in accordo con operatori dell'ARPA FVG e dell'Università di Trieste. Allo stato attuale sono stati monitorati 64 corpi idrici. È stata inoltre eseguita una valutazione generale dell'ambiente fluviale e perfluviale, relativamente al tratto monitorato, applicando l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF), indice che fornisce una visione integrata dello 'stato di salute' di un fiume prendendo in considerazione sia la sua componente biotica che abiotica. Inoltre sono in fase di monitoraggio anche 5 laghi.

Nella figura 1 viene riportato lo stato ecologico dei primi 300 corpi idrici monitorati, la cui ripartizione per classe di qualità nelle quattro province è riportata nella tabella 1. Dal momento che a conclusione della campagna di monitoraggio la normativa era ancora lacunosa, e che gli indici ministeriali proposti non sono stati ancora adeguatamente testati, si è provveduto a valutare lo stato ecologico tramite la formulazione di un giudizio esperto, giudizio che tiene conto di una visione integrata di tutti gli elementi rilevati durante il monitoraggio.

Dalla carta in figura 1 si evince che le situazioni di migliore stato ecologico sono state individuate nella zona montana dove, tuttavia, soprattutto nella porzione orientale, sono state riscontrate situazioni di alterazione ambientale. Infatti, lo stato ecologico dei corpi idrici risulta per lo più buono e sufficiente, mediamente più basso rispetto a quello atteso. Lo stato ecologico peggiora nella zona pianiziale, dove risulta particolarmente evidente l'impatto antropico (vedi il capitolo *I nitrati nelle acque*).

Indicatore: L'alterazione delle caratteristiche ecologiche e idromorfologiche dei corsi d'acqua montani

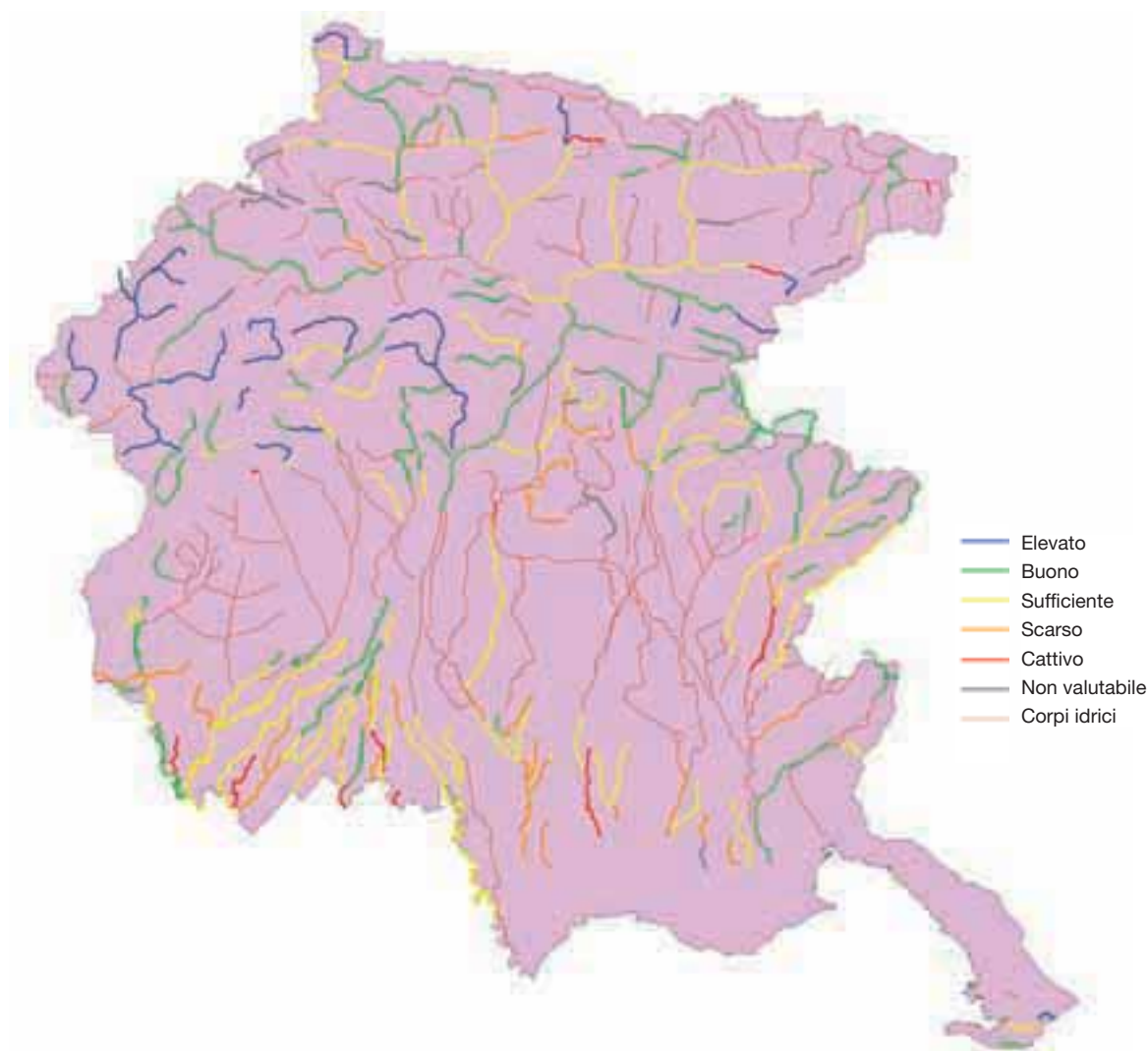
I corsi d'acqua montani sono soggetti in maniera crescente ad alterazioni di tipo idromorfologico rappresentate dalla presenza di briglie, prese idroelettriche, derivazioni, rilasci ed escavazioni in alveo. I risultati dei monitoraggi hanno evidenziato come i macroinvertebrati bentonici siano maggiormente sensibili a tali impatti che, modificando portata, trasporto solido e granulometria dei sedimenti alterano la struttura dei microhabitat, spesso ridotti e banalizzati rispetto alla condizione naturale.

I macroinvertebrati sono coinvolti attivamente nei processi autodepurativi dei corsi d'acqua. Registrano l'effetto di diverse pressioni di natura idromorfologica, chimica e fisica.

TABELLA 1. DISTRIBUZIONE DEI 300 CORPI IDRICI MONITORATI PER CLASSI DI QUALITÀ NELLE QUATTRO PROVINCE DELLA REGIONE.

	Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	Cattivo	Non valutabile	Totale
Gorizia	0	4	2	1	0	0	7
Pordenone	21	37	33	10	7	2	110
Trieste	2	3	2	0	0	0	7
Udine	4	65	65	22	6	14	176
Totale	27	109	102	33	13	16	300

FIGURA 1. STATO ECOLOGICO DEI CORPI IDRICI (MONITORAGGIO 2009-2011).



Lo stato ecologico dei corpi idrici monitorati è compreso nella maggior parte dei casi tra buono e sufficiente, comunque mediamente più basso rispetto a quello atteso, soprattutto nella porzione nord-orientale della Regione.

La presenza di una comunità macrozoobentonica ben strutturata ed adeguata alla tipologia fluviale in esame, indica che il corso d'acqua ha una buona funzionalità grazie ad una catena trofica equilibrata, in grado di sostenere anche altri livelli trofici (ad esempio pesci) come si riscontra in condizioni ottimali. L'allontanamento da questa condizione comporta una destrutturazione della comunità e una riduzione della funzione autodepurativa del corso d'acqua.

Interpretazione dei risultati derivanti dal monitoraggio

Nella zona montana sono stati individuati 248 corpi idrici, per 171 dei quali allo stato attuale è stato possibile fornire la classificazione ecologica.

Lo stato ecologico dei corpi idrici monitorati è compreso nella maggior parte dei casi tra buono e sufficiente, comunque mediamente più basso rispetto a quello atteso, soprattutto nella porzione nord-orientale della regione (fig. 1). La comunità dei macroinvertebrati, infatti, è risultata spesso banalizzata e non adeguatamente strutturata rispetto a quella attesa.

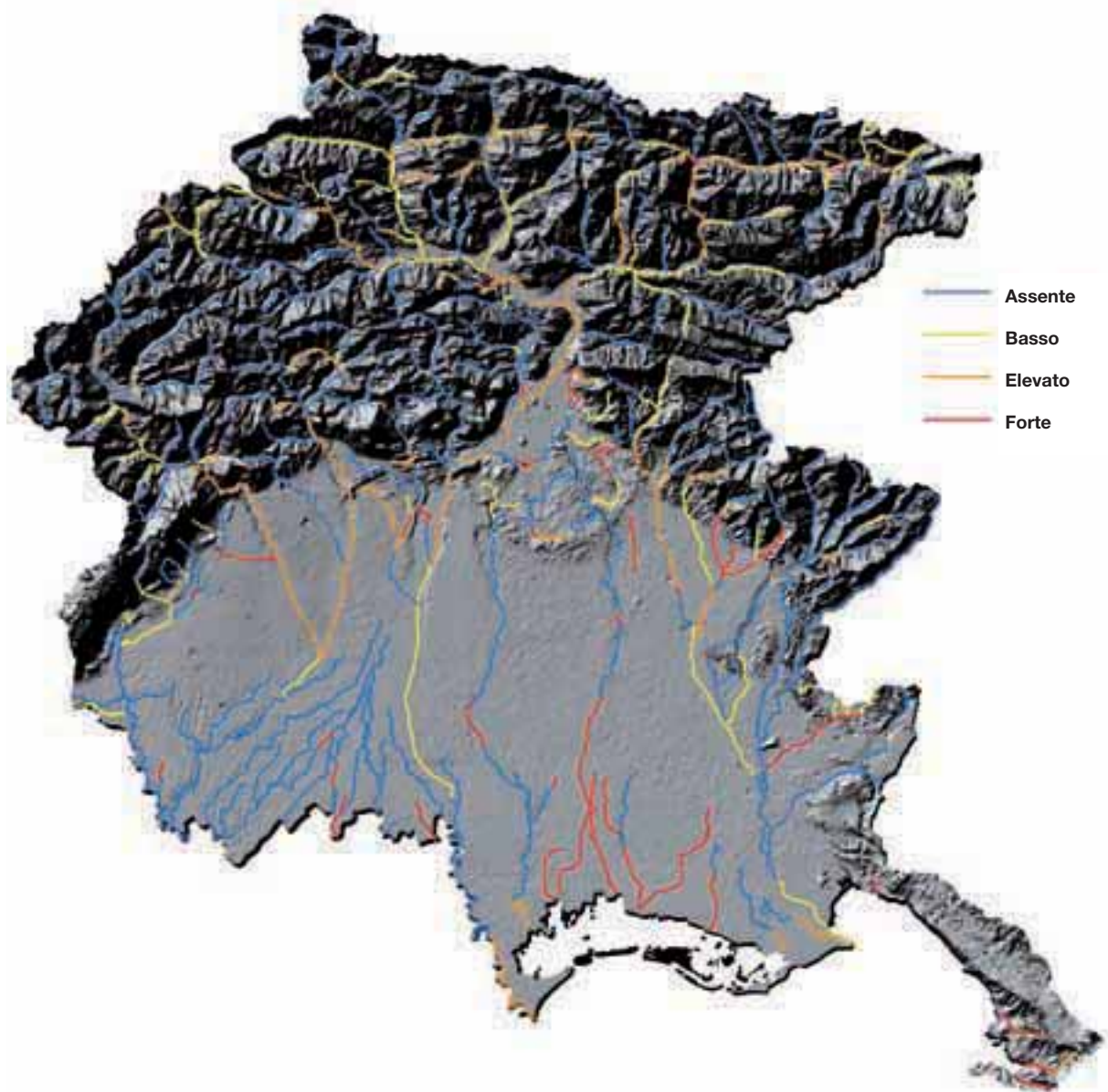
Nella figura 2 si riporta la classificazione eseguita dal Servizio di Idraulica della Regione Friuli Venezia Giulia degli impatti idromorfologici dei corpi idrici, dalla quale si osserva un esteso reticolo idrografico montano piuttosto compromesso. Il grafico a torta della figura 3 evidenzia quale maggior causa di prelievo di acqua da corpi idrici superficiali l'attività idroelettrica che, essendo concentrata soprattutto in montagna, risulta particolarmente impattante.

Il problema della destrutturazione delle comunità di macroinvertebrati bentonici è probabilmente connessa agli impatti idromorfologici cui i corpi idrici sono soggetti. Questi impatti sono appunto per lo più imputabili alla presenza di captazioni e derivazioni soprattutto a uso idroelettrico. In più occasioni comportano modificazioni anche rilevanti del regime idrologico, quali cambiamenti di portata e nei casi più gravi l'interruzione della continuità fluviale, alterazioni di cui risentono maggiormente le comunità dei macroinvertebrati.

Gli impatti di tali pressioni ricadono sostanzialmente sugli ecosistemi acquatici e sulla biodiversità. Le comunità vegetali e animali si destrutturano e, allontanandosi dalle condizioni ottimali, diminuiscono anche l'efficacia autodepurativa fluviale con conseguente aumento del carico organico e sbilanciamento della componente chimico-fisica (abiotica). Si rischia quindi di innescare fenomeni di degradazione ambientale a feedback negativo, ovvero la destrutturazione delle comunità animali e vegetali induce una minore efficienza autodepurativa che va a ulteriore detrimento della componente biotica, un circolo vizioso che nel lungo periodo può indurre profonde e gravi alterazioni sugli ecosistemi e sulla biodiversità.

Non a caso anche le comunità di diatomee e macrofite hanno evidenziato situazioni di stress ambientale. Valutando infatti la composizione e la struttura della comunità diatomica delle aree montane è stata rilevata un'abbondanza relativa di specie pioniere elevata (>40%), soprattutto nei corpi idrici dove le pressioni idromorfologiche (in particolare i prelievi idrici a scopo idroelettrico) creano dei cambiamenti frequenti del livello dell'acqua, condizione che non permette una strutturazione stabile e rappresentativa delle comunità in analisi.

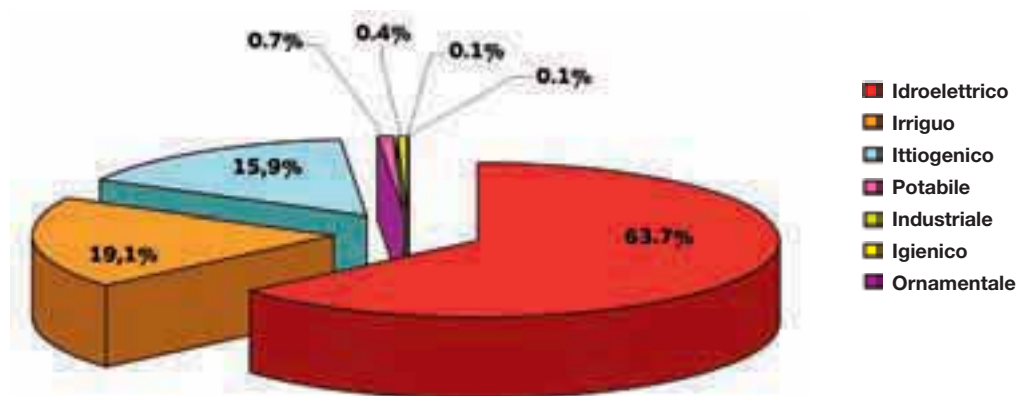
FIGURA 2. CARTA DEGLI IMPATTI IDROMORFOLOGICI.



Fonte: www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAFVG/AT9/ARG1/Foglia20/allegati/CAP_5

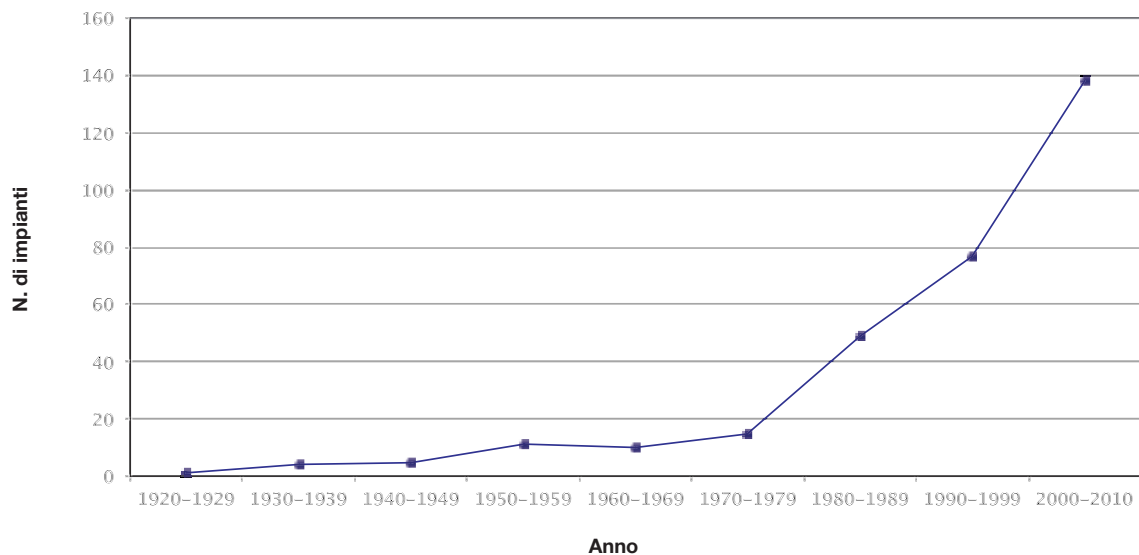


FIGURA 3. DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DEI PRELIEVI DA CORPI IDRICI SUPERFICIALI.



Fonte: www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAFVG/AT9/ARG1/Foglia20/allegati/CAP_5.pdf.

FIGURA 4. INCREMENTO DI IMPIANTI IDROELETTRICI NEGLI ULTIMI 90 ANNI.



Il ruolo di ARPA FVG nella gestione del fenomeno

Finora ARPA FVG ha svolto parte attiva fornendo osservazioni e prescrizioni ai proponenti dei nuovi impianti di derivazione nelle procedure VIA. Tra queste vi sono, ad esempio, la richiesta di assicurare la continuità idraulica nei tratti sottesi alle derivazioni, anche attraverso la verifica del Deflusso Minimo Vitale (DMV). Questo è definito come la minima portata d'acqua che non dev'essere captata al fine di non interrompere la continuità fluviale, in modo da causare uno stress minore all'ecosistema e la maggior tutela dei corpi idrici aventi uno stato ecologico elevato.

È tuttavia da sottolineare che la definizione di DMV è semplice, ma la sua applicazione difficile giacché è necessario valutare numerosi fattori idromorfologici, quali ad esempio la permeabilità dell'alveo. La portata d'acqua non captata potrebbe infatti non essere sufficiente e quindi potrebbe finire per scorrere in subalveo, provocando l'interruzione idraulica e quindi ecologica del corso d'acqua. A tal proposito, ARPA FVG ha avviato una sperimentazione per valutare gli impatti ecologici delle derivazioni.

Inoltre, l'Agenzia sta attivando gli strumenti necessari per fornire indicazioni affinché si garantisca funzionalità fluviale ai corpi idrici sottoposti a profonde alterazioni idrologiche per scopi idroelettrici. Oltre alla definizione operativa di DMV, infatti, si prefigge di classificare lo stato idro-morfologico dei fiumi, tramite indici che valutano lo scostamento della situazione attuale rispetto ad una condizione di riferimento dove vi è assenza di pressioni antropiche.

Un utilissimo strumento di supporto alla gestione, alla preservazione e alla pianificazione delle aree montane che ARPA FVG sta approntando, risiede nella modellistica numerica che può non solo aiutare a comprendere la situazione attuale ma anche, tramite delle analisi di scenario, prevedere gli effetti a medio e lungo termine delle varie pressioni antropiche. È necessaria in tal senso una catena modellistica idrologica e morfologica a scala di bacino che possa stimare quanto le opere antropiche influenzino le portate formative che sono quelle più attive nella formazione dell'alveo, e che allo stesso tempo possa tener conto dei mancati apporti di sedimenti il cui naturale trasporto viene bloccato dalle opere di sbarramento e captazione. A questa vanno affiancati modelli 'più di dettaglio', alla scala del tratto, atti alla quantificazione degli impatti più immediati dovuti alle diminuzioni delle portate naturalmente presenti in alveo con conseguente diminuzione del tirante idrico e variazione della temperatura dell'acqua. Si parla in questi casi di deflusso minimo vitale idrobiologico, un concetto che si spinge oltre i meri ragionamenti idrologici, necessari per avere una base di confronto, ma che viene caso per caso adattato alle particolari esigenze ecologiche del tratto sotteso.

Scenari futuri

Nell'ultimo decennio si è assistito a un notevole incremento nella realizzazione di impianti (fig. 4) e il trend non può che rimanere positivo anche per gli anni futuri. Infatti, alla luce della Direttiva 2009/28/CE, che promuove l'uso dell'energia da fonti rinnovabili, nonché dei risultati dei recenti referendum, si stanno liberando sempre più risorse per la realizzazione di centrali idroelettriche anche a bassa produzione (piccolo idroelettrico). Sono molte pertanto, specialmente nell'area montana, le richieste per nuove concessioni a derivare, ovvero a prelevare acqua per la produzione di energia idroelettrica. Allo stato attuale sono 196, pari a un incremento potenziale di nuovi impianti superiore all'80%. Se da un lato risulta doveroso incoraggiare lo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili, dall'altro non si possono trascurare gli impatti ecologici dovuti alle forti alterazioni idro-morfologiche che l'idroelettrico comporta. Infatti, soprattutto per quanto riguarda gli impianti più piccoli, vi è il rischio di deteriorare lo stato ecologico a fronte di una limitata produzione, compromettendo il bilancio tra danno ecologico per la realizzazione e il funzionamento dell'impianto, e beneficio ecologico derivato dalla produzione di energia senza emissioni di gas serra.

Paradossalmente, entrambe le Direttive (2000/60/CE, 2009/28/CE) si prefiggono obiettivi ambientali i cui effetti, tuttavia, se non gestiti in maniera oculata, possono annullarsi vicendevolmente.

Scopo di ARPA FVG è quindi fornire osservazioni e prescrizioni a chi propone nuovi impianti sulla base delle conoscenze ecologiche e idromorfologiche in continua evoluzione, proseguendo nell'attività di sperimentazione nonché svolgendo attività di monitoraggio e controllo, in modo tale da garantire la produzione di energia idroelettrica senza compromettere la delicata ecologia fluviale dei bacini montani, già naturalmente stressata dal regime torrentizio cui è soggetta.

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Macroinvertebrati
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	Adimensionale
FONTE	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2009-2010

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

WFD 2000/60/CE	Quadro per l'azione comunitaria in materia di acque
D.lgs. 152/06	Norme in materia ambientale. Parte terza - Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche
D.M. MATTM 131/08	Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, del medesimo decreto legislativo
D.M. MATTM 56/09	Regolamento recante i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo
D.G.R. 246/09	Avvio della procedura di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) relativamente al Piano Regionale per la Tutela delle Acque. Individuazione delle fasi e dei soggetti coinvolti
D.M. MATTM 260/10	Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo

GLOSSARIO

Acque superficiali. Le acque interne, ad eccezione delle acque sotterranee; le acque di transizione e le acque costiere, tranne per quanto riguarda lo stato chimico, in relazione al quale sono incluse anche le acque territoriali.

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.

Bacino idrografico. Il territorio nel quale scorrono tutte le acque superficiali attraverso una serie di torrenti, fiumi ed eventualmente laghi per sfociare al mare in un'unica foce, a estuario o delta.

Corpo idrico superficiale. Un elemento distinto e significativo di acque superficiali, quale un lago, un bacino artificiale, un torrente, fiume o canale, parte di un torrente, fiume o canale, acque di transizione o un tratto di acque costiere.

Distretto idrografico. Area di terra e di mare, costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive acque sotterranee e costiere che, a norma dell'articolo 3, paragrafo 1 della Direttiva

2000/60/CE, è definita la principale unità per la gestione dei bacini idrografici.

IFF. Indice di Funzionalità Fluviale.

Inquinamento. L'introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana, di sostanze o di calore nell'aria, nell'acqua o nel terreno, che possono nuocere alla salute umana o alla qualità degli ecosistemi acquatici o degli ecosistemi terrestri che dipendono direttamente da ecosistemi acquatici, perturbando, deturpando o deteriorando i valori ricreativi o altri legittimi usi dell'ambiente.

MATTM. Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare.

PRTA. Piano Regionale per la Tutela delle Acque.

Stato delle acque superficiali. Espressione complessiva dello stato di un corpo idrico superficiale, determinato dal valore più basso del suo stato ecologico e chimico.

Stato ecologico. Espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici associati alle acque superficiali, classificato a norma dell'allegato V della Direttiva 2000/60/CE.

QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE

In Friuli Venezia Giulia sono stati individuati 61 corpi idrici sotterranei: in quelli dell'alta pianura e in prossimità delle risorgive, nitrati e prodotti fitosanitari di origine agricola sono presenti in modo significativo. Si rilevano, inoltre, aree più circoscritte di contaminazione di origine industriale.

Davide Brandolin
Baldovino Toffolutti
ARPA FVG
Gestione attività
centralizzate di
rilievo regionale

Nell'ambito del comparto ambientale delle acque sotterrane, la disciplina generale per la tutela delle acque prevista dall'articolo 73 del D.lgs.152 e s.m.i. persegue, tra gli altri, gli obiettivi: «a) prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati; b) conseguire il miglioramento dello stato delle acque ed adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi; c) perseguire usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili [...]».

Il Friuli Venezia Giulia è una regione ricca di acque sotterrane grazie a due fattori determinanti: la notevole piovosità, da un lato, e la presenza di rilievi sedimentari e di un potente materasso alluvionale in grado di immagazzinare tale risorsa, dall'altro.

La qualità delle acque sotterrane della nostra regione è monitorata da decenni, prima dai Presidi Multizonali di Prevenzione della Sanità (PMP) e dal 1999 dai Dipartimenti provinciali dell'ARPA FVG, su una rete di oltre 200 pozzi, distribuiti sulla pianura. La notevole mole di dati analitici prodotta ha consentito di ricostruire caratteristiche e criticità degli acquiferi regionali.

Con riferimento agli inquinamenti di tipo 'diffuso' (attribuibili cioè alla collettività indifferenziata), la concentrazione di nitrati presenti nelle acque sotterrane supera sporadicamente e in pochi casi il limite sanitario dei 50 mg/l, mentre molto ampia è la distribuzione di concentrazioni superiori a 25 mg/l, soprattutto negli acquiferi più superficiali.

Di un certo rilievo è il trend di incremento di nitrati negli strati più profondi di aree vulnerate. Rilevante è inoltre l'apporto di nitrati nei corpi idrici superficiali alimentati dal riaffioramento delle falde freatiche. Per quanto riguarda i residui di prodotti fitosanitari, a distanza di molti anni dal divieto d'utilizzo dell'atrazina, i suoi prodotti di degradazione (d'ora in poi 'metaboliti') sono tuttora presenti nelle falde di vaste aree della pianura anche in profondità, mentre la terbutilazina e i suoi metaboliti, di utilizzo più recente, interessano territori più limitati.

Con riferimento agli inquinamenti di tipo localizzato o 'puntuale' (attribuibili cioè ad uno o più eventi circoscrittibili), in genere di origine industriale, si rileva la persistente situazione (per quanto con concentrazioni in costante decremento) di contaminazione da solventi clorurati nell'area centro-occidentale pordenonese e da solventi clorurati e cromo esavalente, nell'area industriale a sud di Udine.

I corpi idrici sotterranei della regione

Il D.lgs. 30/09 ('Attuazione della Direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterrane dall'inquinamento e dal deterioramento') introduce, quale unità di riferimento per la valutazione dello

stato chimico delle acque sotterranee, il 'corpo idrico sotterraneo', ne individua le caratteristiche ed in base ad esse, dispone le frequenze di monitoraggio.

La Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, sulla base del modello acquifero regionale più aggiornato, basato sulla suddivisione in complessi e bacini idrogeologici (denominati province), ha riconosciuto alcuni grandi comparti, ascrivibili a corpi montano-collinari, freatici e artesiani di pianura. Al di sotto della linea delle risorgive la falda si suddivide in un complesso 'multifalda' costituito da acquiferi artesiani stratificati fino a grande profondità.

Con il contributo di ARPA FVG, la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ha quindi codificato, nel corso del 2010, 61 corpi idrici sotterranei, definiti per caratteristiche geologiche, stratigrafiche, idrogeologiche e chimiche sostanzialmente omogenee, delimitati da analoghe condizioni di flusso sotterraneo o di carico idraulico; all'interno di questi, in alcuni casi sono state effettuate ulteriori distinzioni per tipologia e grado di inquinamento.

Sono stati pertanto individuati 27 corpi di ambito montano-collinare, 12 corpi freatici di alta pianura, 4 corpi freatici di bassa pianura (fig. 1), 12 corpi artesiani di bassa pianura, disposti su 3 livelli a diversa profondità (fig. 2) e infine 6 corpi definiti come 'non significativi', ai sensi del D.lgs. 56/09. I corpi idrici sotterranei devono essere rappresentati da un numero congruo di stazioni (pozzi, piezometri o sorgenti).

Nel caso della nostra regione, la maggior parte delle stazioni appartengono alla rete 'storica' di monitoraggio di classificazione delle acque sotterranee, in parte adattata e sottoposta a continuo aggiornamento (169 in Friuli Venezia Giulia nel 2010).

È di contestuale introduzione anche l'inserimento di tutti i corpi idrici montano-collinari, che ha comportato la ricerca, il censimento ed il campionamento di stazioni sufficientemente rappresentative di corpi geologici generalmente complessi.

Indicatore 1: Standard di qualità

Rapportato a tabelle normative di riferimento (*Standard di Qualità* e *Valori soglia*) e a oggettive valutazioni locali, lo stato di qualità del corpo idrico indica in sintesi lo stato di 'salute' degli acquiferi individuati e monitorati.

Il D.lgs. 30/09 richiama gli standard di qualità, individuati a livello comunitario, ponendo i seguenti valori di riferimento:

- nitrati: 50 mg/l;
- sostanze attive nei pesticidi (compresi metaboliti e prodotti di degradazione): 0,1 µg/l.

Inoltre è disposto un elenco relativo ad una cinquantina di parametri, con rispettivi valori soglia. Il superamento di questi valori in un qualsiasi punto di monitoraggio è indicativo del rischio che non siano soddisfatte una o più condizioni concernenti il buono stato chimico delle acque sotterranee.

La situazione fotografata al 2010 (figg. 3-7) evidenzia un inquinamento maggiore, con valori spesso prossimi al limite di legge, nei corpi idrici caratterizzati da minor presenza di deflusso sotterraneo, mentre quelli condizionati dall'influenza di potenti sub-alvei (Tagliamento, Isonzo e, secondariamente, Torre) presentano valori decisamente più bassi, dovuti pertanto non ad un minor apporto di nutrienti, ma ad una maggiore diluizione degli stessi in acquiferi più ricchi.

Con riferimento al punto 2 dell'articolo 4 del D.lgs. 30/09 ('Procedura di valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee'), si è scelto sulla base del principio di cautela di considerare in buono stato chimico il corpo idrico nel quale sono rispettati, per ciascuna sostanza controllata, gli standard di qualità o i valori soglia in ognuno dei siti individuati per il monitoraggio (stazioni).

FIGURA 1. CORPI IDRICI SOTTERRANEI IN FRIULI VENEZIA GIULIA: AMBITO MONTANO-COLLINARE E FREATICO DI PIANURA.

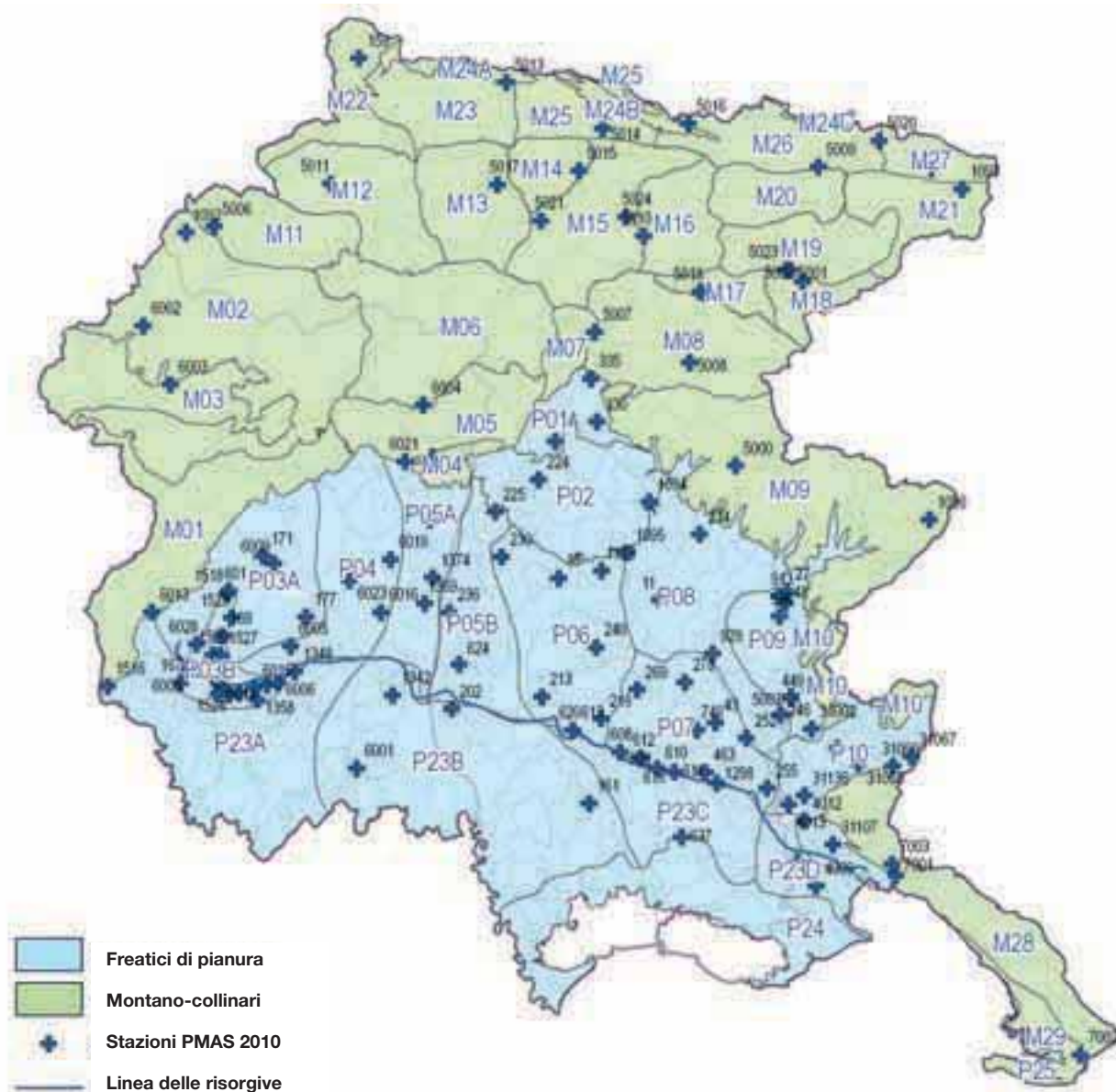
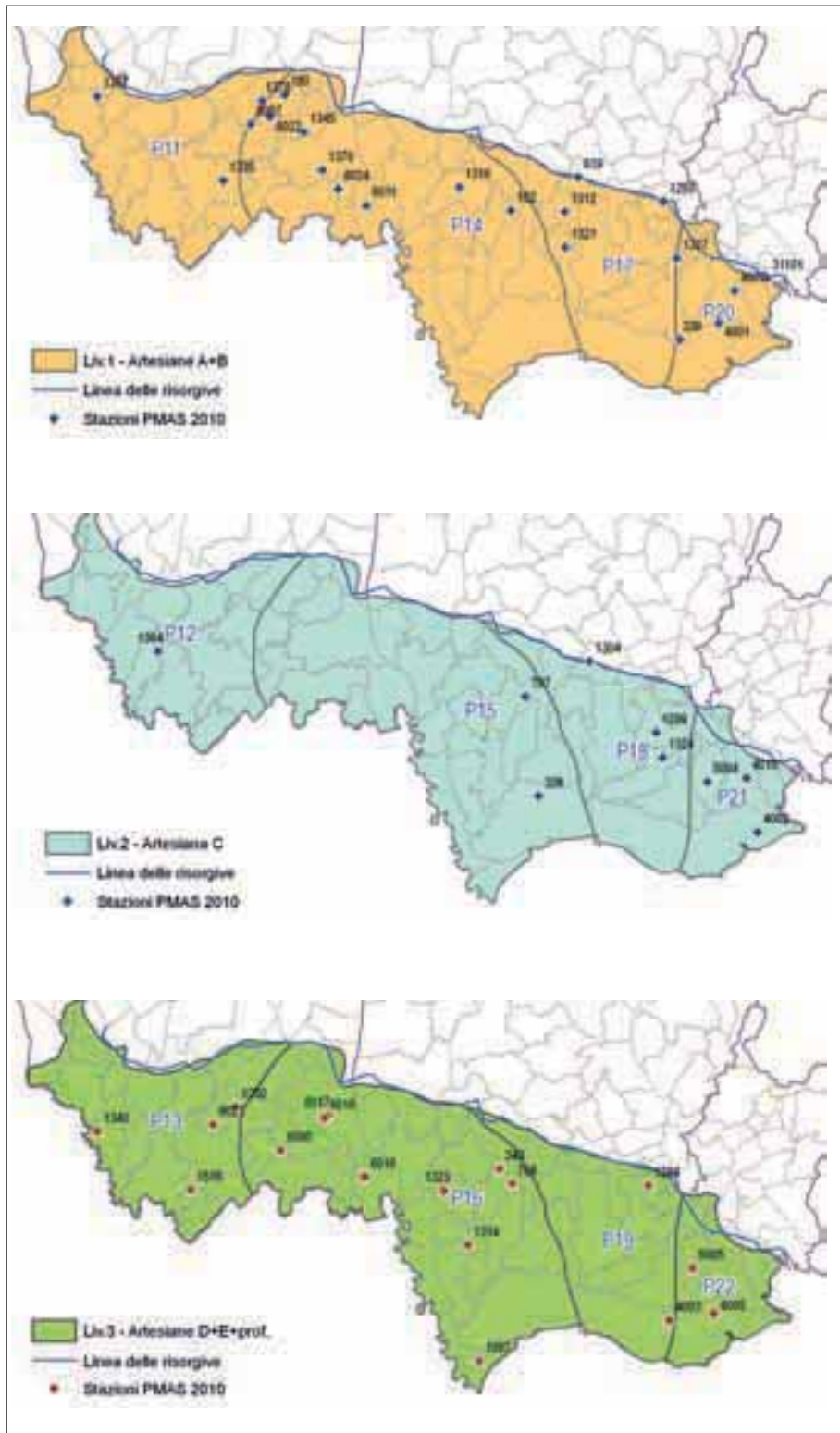


FIGURA 2. CORPI IDRICI SOTTERRANEI IN FRIULI VENEZIA GIULIA: FALDE ARTESIANE DI BASSA PIANURA.



.....
Specifiche strategie sono state poste in atto allo scopo di limitare l'accumulo di sostanze dannose nel terreno, nelle acque superficiali e profonde, e di ridurre a monte i fertilizzanti chimici e i prodotti fitosanitari non biologici introdotti negli agro-ecosistemi.

Pertanto viene giudicato 'scarso' un corpo idrico in cui si registra anche un solo superamento del valore medio annuale di un parametro analizzato. Nel caso del Friuli Venezia Giulia, a seguito dei risultati del monitoraggio del 2010 e sulla scorta dei dati pregressi, la situazione dei corpi idrici è quella evidenziata (fig. 8 e tab. 1).

Indicatore 2: Andamento ed evoluzione dei livelli di inquinamento dei corpi idrici sotterranei

Le conoscenze pregresse e le serie storiche (talvolta decennali) dei dati analitici consentono di valutare andamenti ed evoluzioni temporali della presenza di un parametro analitico, con ragionevole margine di incertezza. Riguardo al parametro 'nitrati', se ne riassume l'andamento registrato nel tempo, evidenziandone il

progressivo aumento di concentrazione negli anni Novanta, un trend migliorativo all'inizio del 2000, nuovamente peggiorato a partire dal 2002 (anche se con rari superamenti del valore limite di 50 mg/l). Sulla base delle informazioni storiche e delle serie analitiche disponibili, con riferimento all'individuazione dei corpi idrici sotterranei, di concerto con il competente Servizio della Regione Friuli Venezia Giulia, sono stati attribuiti i giudizi di corpi idrici a rischio del 'non raggiungimento/non mantenimento' degli obiettivi di qualità all'anno 2015. Viene contemplata quindi non solo la possibilità che il corpo idrico compromesso non venga risanato entro tale data attraverso opportune misure, ma anche che un corpo attualmente di buona qualità ma in sensibile peggioramento, possa nell'arco di qualche anno rientrare nel giudizio di qualità scarso. I corpi idrici a rischio sono sottoposti al monitoraggio definito 'Operativo', riguardante i parametri per cui il corpo è a rischio e che va ad intercalarsi come frequenza al monitoraggio ordinario, definito di 'Sorveglianza'.

Oltre ai corpi definiti a rischio indicati nella tabella 1, con riguardo al 'non mantenimento' nella tabella 2 sono riportati i corpi idrici attualmente di buona qualità, che non presentano storicamente superamenti dei valori soglia, ma contigui o a valle di corpi di qualità scarsa e con valori medi di contaminanti piuttosto elevati o con trend crescenti.

La valutazione chimica delle acque sotterranee prelevate attraverso pozzi freatici o artesiani di soggetti pubblici e privati, riferita alla presenza di nitrati e di prodotti fitosanitari, descrive una situazione di buono stato di qualità nelle aree montane e pedemontane, mentre decresce nelle aree di pianura (fig. 9 e tab. 2).

Cause di contaminazione delle acque sotterranee

La contaminazione delle acque sotterranee deriva da fonti di pressioni antropiche, sostanzialmente di natura agricola e industriale. La percolazione nelle acque sotterranee è il destino naturale dello span-dimento diffuso (e puntuale) nel suolo (e sottosuolo). L'impatto è costituito dall'alterazione della qualità chimica delle acque sotterranee, tale a volte da inibirne o limitarne gli usi legittimi. Il lento processo di rinnovamento di tali acque (in genere proporzionale alla profondità delle stesse), unito alla modifica quali-quantitativa delle fonti di pressione, viene testimoniato dai risultati del monitoraggio periodico.

Strategie contro la contaminazione delle acque sotterranee

Specifiche strategie sono state poste in atto nella programmazione regionale per lo sviluppo rurale allo scopo di *limitare l'accumulo* di sostanze dannose nel terreno, nelle acque superficiali e profonde, e con

FIGURA 3. CONCENTRAZIONE MEDIA DI NITRATI (ANNO 2010): FALDE FREATICHE.

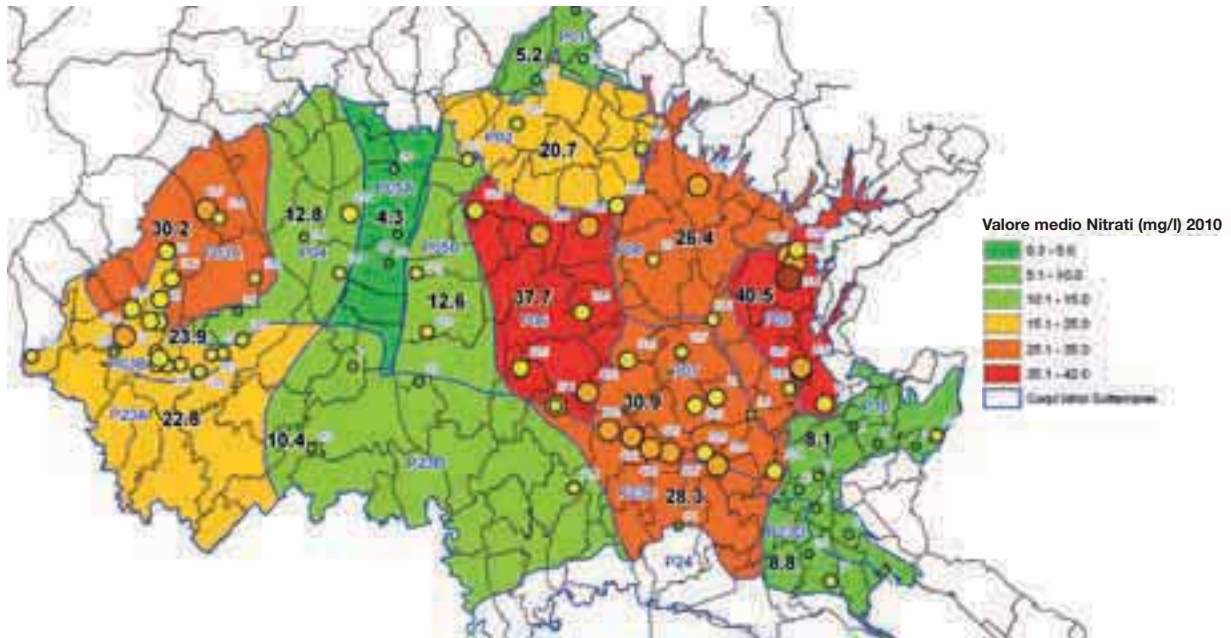


FIGURA 4. CONCENTRAZIONE MEDIA DI NITRATI (ANNO 2010): FALDE ARTESIANE, LIVELLO SUPERFICIALE (FALDE A+B, PROFONDITÀ MAX. ~100 m s.l.m.).

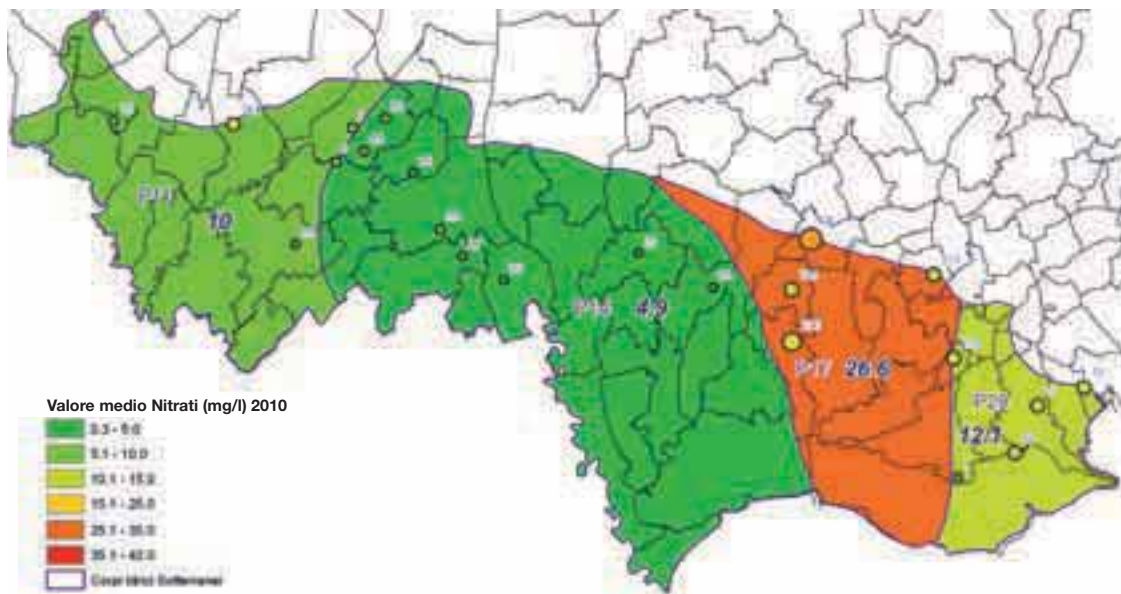


FIGURA 5. CONCENTRAZIONE MEDIA DI NITRATI (ANNO 2010): FALDE ARTESIANE, LIVELLO INTERMEDIO (FALDA C, PROFONDITÀ MAX. DA ~-100 A ~-140 m s.l.m.).

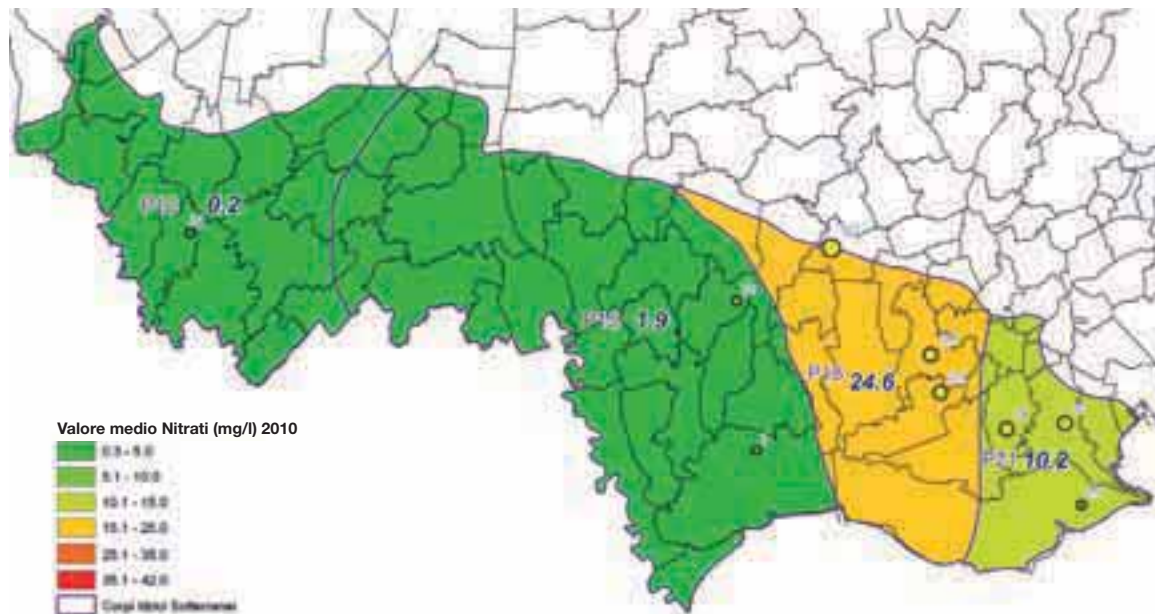


FIGURA 6. CONCENTRAZIONE MEDIA DI NITRATI (ANNO 2010): FALDE ARTESIANE, LIVELLO PROFONDO (FALDE D+E, PROFONDITÀ MAX. >-160 m s.l.m.).

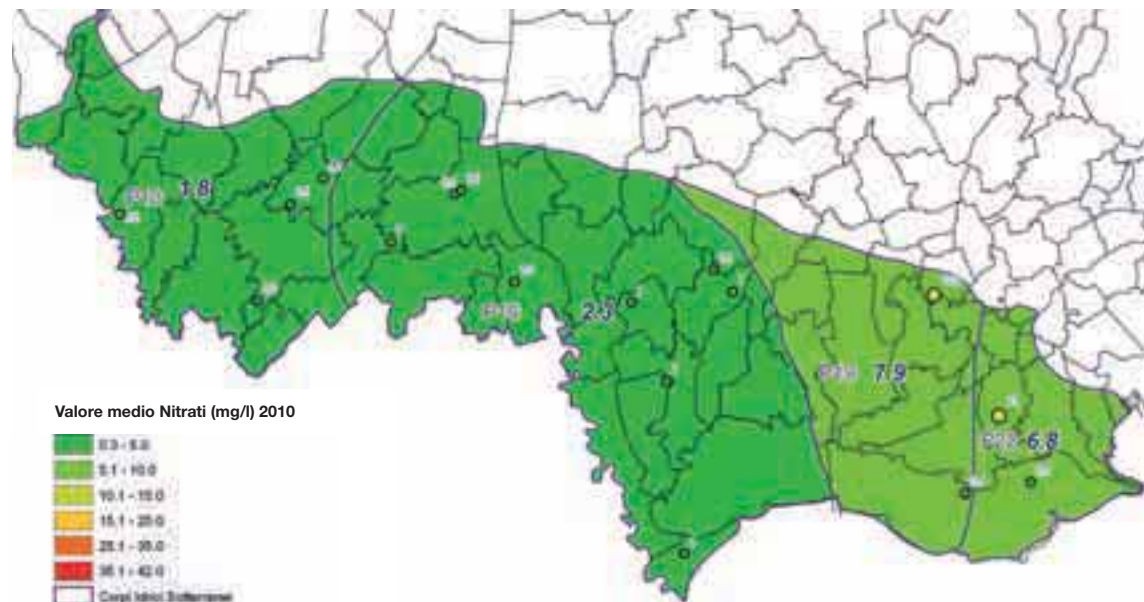


FIGURA 7. CONCENTRAZIONE DI FITOFARMACI (ANNO 2010): FALDE FREATICHE.

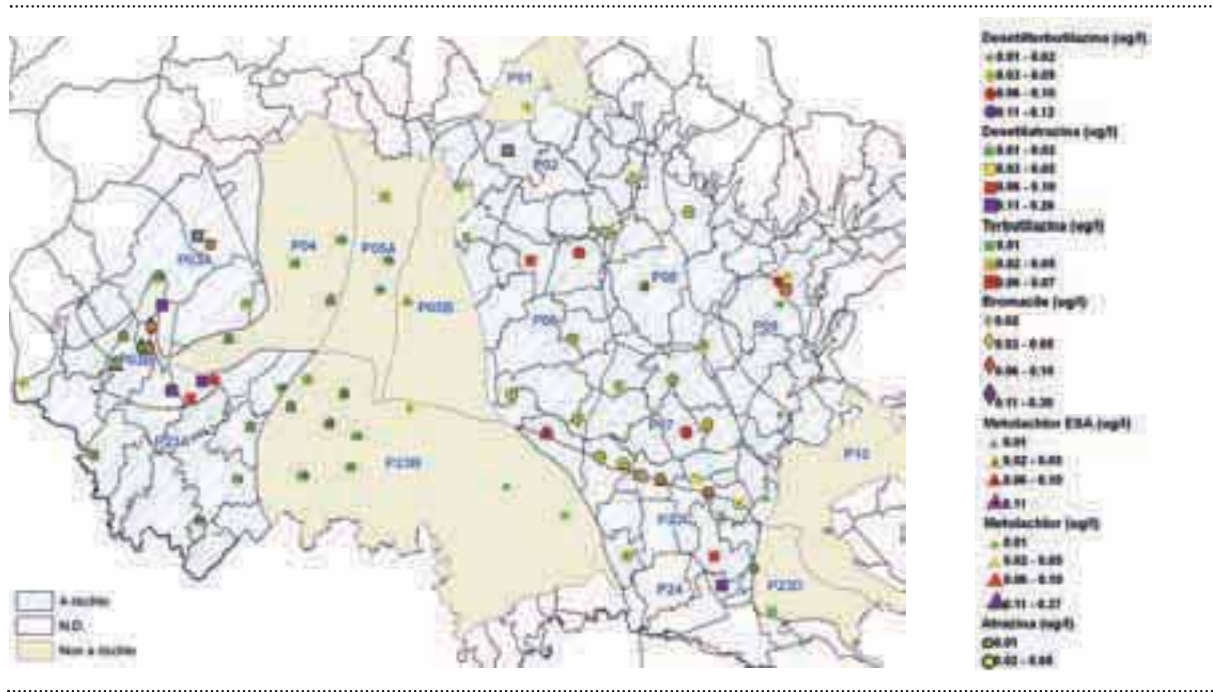


FIGURA 8. VALUTAZIONE DELLO STATO CHIMICO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI (ANNO 2010): A SINISTRA, ACQUIFERI FREATICI E MONTANO-COLLINARI; A DESTRA, ACQUIFERI ARTESIANI DI BASSA PIANURA.

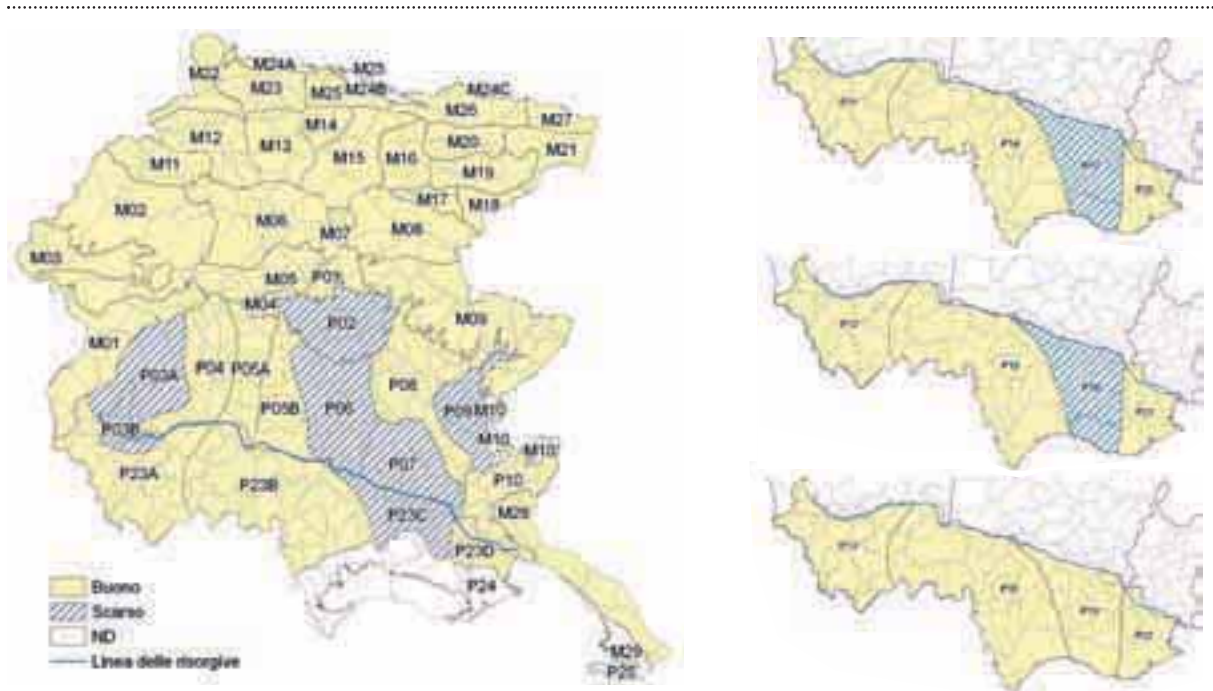


TABELLA 1. VALUTAZIONE DELLO STATO CHIMICO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI: SCARSO (ANNO 2010).

Cod. C.I.	Classe rischio	Stato chimico	Monitoraggio	Freq. anno	Nome C.I.	Descrizione	Livello	Parametri1
P02*	A rischio	Scarso	Operativo	3	Anfiteatro morenico: falda freatica con artesianesimo locale	Falda freatica con artesianesimo locale	f	Base (nitrati) + Fitofarmaci
P03A	A rischio	Scarso	Operativo	3	Alta pianura pordenonese occidentale: falda freatica con valori importanti di inquinamento da nitrati ed erbicidi	Falda freatica con valori importanti di inquinamento da nitrati ed erbicidi	f	Base (nitrati) + Fitofarmaci
P03B	A rischio	Scarso	Operativo	3	Alta pianura pordenonese occidentale: falda freatica con valori importanti di inquinamento da nitrati, erbicidi e clorurati	Falda freatica con valori importanti di inquinamento da nitrati, erbicidi e clorurati	f	Base (nitrati) + Fitofarmaci + Solventi clorurati
P06	A rischio	Scarso	Operativo	3	Alta pianura friulana centrale con inquinamento da nitrati ed erbicidi	Falda freatica con valori importanti di inquinamento da nitrati ed erbicidi	f	Base (nitrati) + Fitofarmaci
P07	A rischio	Scarso	Operativo	3	Alta pianura friulana centrale con inquinamento da nitrati, erbicidi, cromo esavalente e tetracloroetilene	Falda freatica con valori importanti di inquinamento da nitrati, erbicidi, cromo esavalente e tetracloroetilene	f	Base (nitrati) + Fitofarmaci + Solventi clorurati + CrVI
P09	A rischio	Scarso	Operativo	3	Alta pianura friulana cividalese: falda freatica con valori importanti di inquinamento da nitrati ed erbicidi	Falda freatica con valori importanti di inquinamento da nitrati ed erbicidi	f	Base (nitrati) + Fitofarmaci + sito contaminato
P17**	A rischio	Scarso	Operativo	2	Bassa pianura friulana orientale: falde artesiane superficiali (Liv.1)	Falde artesiane superficiali (falda A + B: fino a ~ -100 m) presenza storica di fitofarmaci	1	Base (nitrati) + Fitofarmaci
P18**	A rischio	Scarso	Operativo	2	Bassa pianura friulana orientale: falda artesiane intermedia (Liv.2)	Falda artesiane intermedia (falda C: fino a ~ -140 m) - valori importanti di fitofarmaci	2	Base (nitrati) + Fitofarmaci
P23C	A rischio	Scarso	Operativo	3	Falda freatica di bassa pianura - Pianura friulana orientale	Falda freatica di bassa pianura presente in areali con continuità variabile spesso utilizzata da pozzi privati	f	Base (nitrati) + Fitofarmaci

* Per coerenza di metodo è stato inserito nei corpi di qualità scarsa il corpo P02 (*Anfiteatro morenico*) pur sostanzialmente di buona qualità, per la presenza storica del metabolita di un erbicida (*desetilatrazina*) con valori medi sempre superiori al limite di legge in un pozzo di monitoraggio.

** Il corpo idrico P17 (*Falde artesiane superficiali della bassa pianura friulana orientale*) è stato posto di qualità scarsa, pur non presentando superamenti nel 2010, sulla base di una serie di considerazioni, ai sensi del punti 3 e 4, allegato 5 del D.lgs. 30/09: corpo storicamente inquinato da fitofarmaci, con aree soggette a restrizioni dell'uso idropotabile, inserito stratigraficamente fra tre corpi di qualità scarsa (P07, P23C, P18).

TABELLA 2. VALUTAZIONE DELLO STATO CHIMICO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI: BUONO A RISCHIO (ANNO 2010).

Cod. C.I.	Classe rischio	Stato chimico	Monito- raggio	Freq. anno	Nome C.I.	Descrizione	Livello	Parametri1
P08	A rischio	Buono	Operativo	3	Alta pianura friulana orientale	Falda freatica	f	Base (nitrati) + Fitofarmaci
P23A	A rischio	Buono	Operativo	3	Falda freatica di bassa pianura - area pordenonese	Falda freatica di bassa pianura presente in areali con continuità variabile spesso utilizzata da pozzi privati	f	Base (nitrati) + Fitofarmaci

FIGURA 9. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI NON RAGGIUNGIMENTO/MANTENIMENTO DELLO STATO DI QUALITÀ DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI: A SINISTRA, ACQUIFERI FREATICI E MONTANO-COLLINARI; A DESTRA, ACQUIFERI ARTESIANI DI BASSA PIANURA.

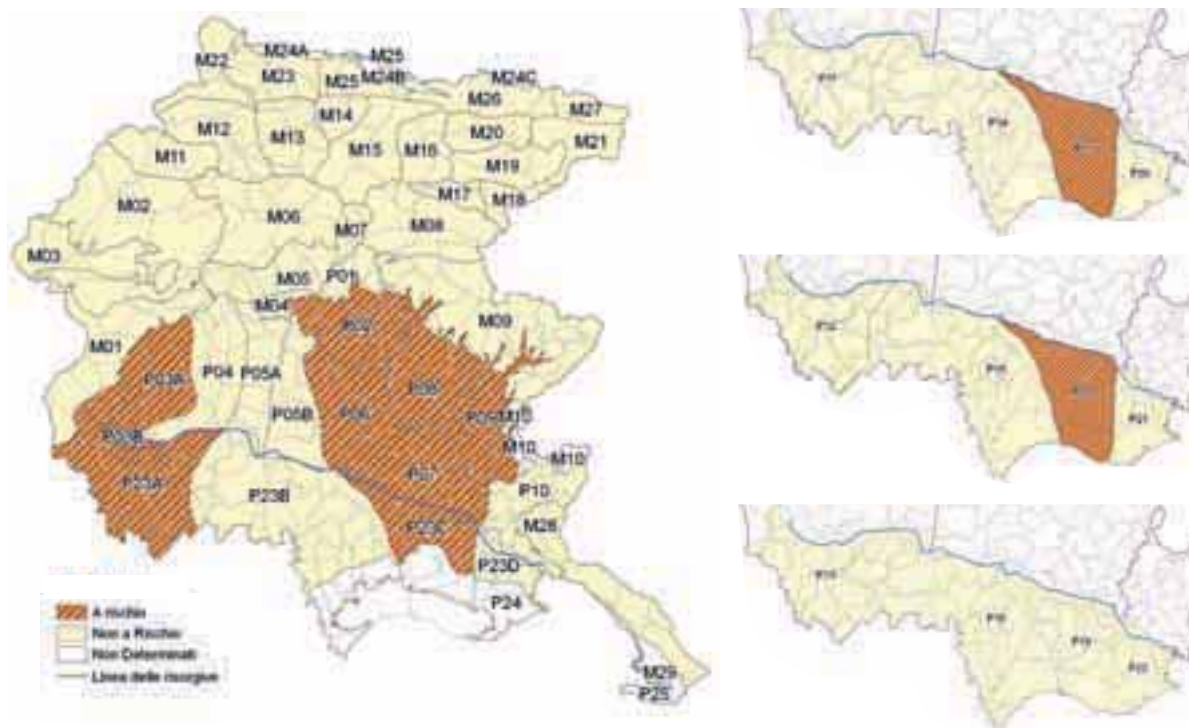


FIGURA 10. CONCENTRAZIONE DI NITRATI (PERIODO 2006-2011) IN FALDA FREATICA: UBICAZIONE DELLE STAZIONI PROSSIME ALLA FASCIA PEDECOLLINARE.



FIGURA 11. CONCENTRAZIONE DI NITRATI (PERIODO 2006-2011) IN FALDA FREATICA: GRAFICO RELATIVO ALLE STAZIONI PROSSIME ALLA FASCIA PEDECOLLINARE.

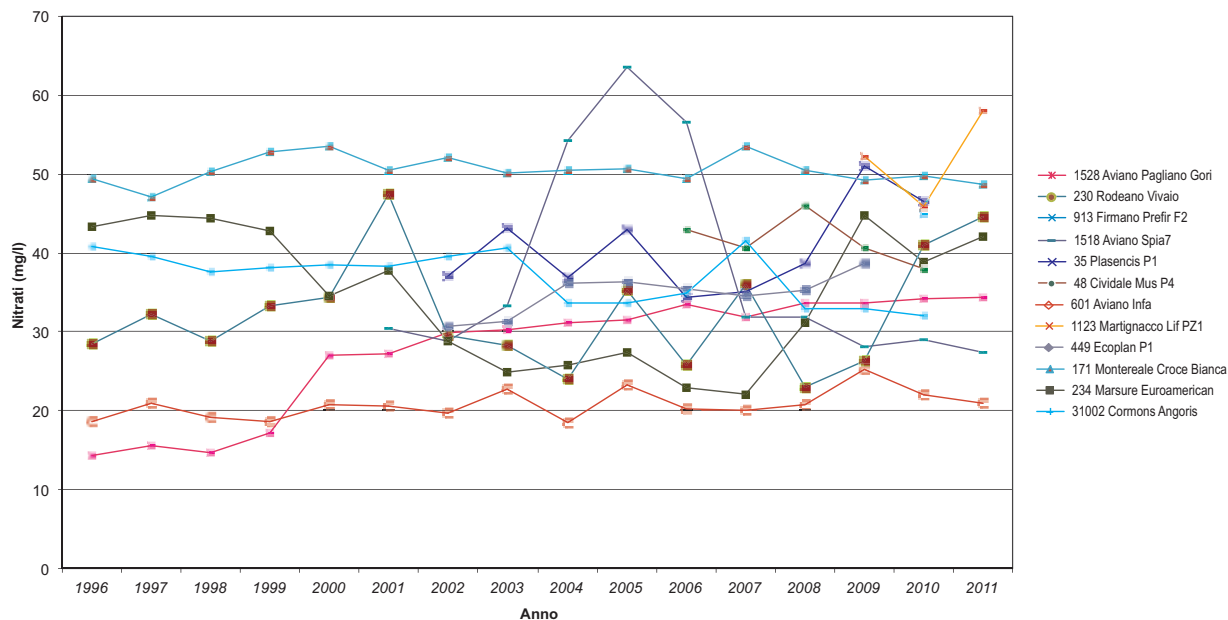
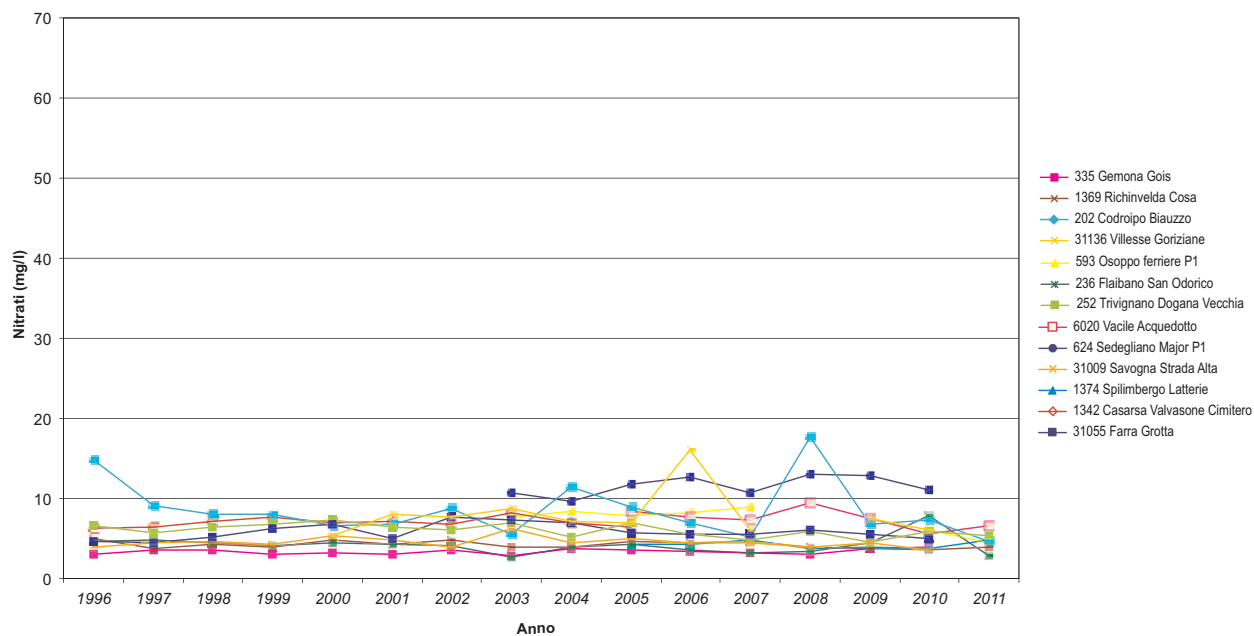


FIGURA 14. CONCENTRAZIONE DI NITRATI (PERIODO 2006-2011) IN FALDA FREATICA: UBICAZIONE DELLE STAZIONI PROSSIME AI GRANDI SUB-ALVEI FLUVIALI.



FIGURA 15. CONCENTRAZIONE DI NITRATI (PERIODO 2006-2011) IN FALDA FREATICA: GRAFICO RELATIVO ALLE STAZIONI PROSSIME AI GRANDI SUB-ALVEI FLUVIALI.



Dal 2002 si osservano concentrazioni di nitrati in generale sostenute e in taluni casi in tendenziale incremento, sia per molti pozzi prossimi alla fascia delle risorgive, sia tra quelli prossimi alla fascia pedecollinare.

la finalità in ogni caso di *ridurre a monte* i quantitativi di fertilizzanti chimici e di prodotti fitosanitari non biologici introdotti annualmente negli agro-ecosistemi. L'Asse II del Piano di Sviluppo Rurale (PSR) 2007-2013, tra le azioni previste (misura 214: *Pagamenti agroambientali*), ricomprende «l'introduzione o il mantenimento dei metodi di agricoltura biologica» e «la conduzione sostenibile dei seminativi e dei fruttiferi». In merito a quest'ultima, anziché attivare delle azioni basate su specifici disciplinari di produzione con l'indicazione di limiti massimi di concimazione e di utilizzo di presidi fitosanitari – come in misure analoghe dei precedenti programmi regionali agroambientali –, nel PSR 2007-2013 è stata proposta alle aziende l'adesione a misure

più radicali, volte ad una reimpostazione 'sostenibile' della gestione delle coltivazioni: per quanto riguarda i seminativi, impostando una *rotazione* che riduca sensibilmente la presenza del mais (e incrementando la presenza di *colture meno esigenti* in termini di fabbisogni idrici e di fertilizzanti), mentre per quanto riguarda invece i fruttiferi, tramite l'applicazione di *tecniche di lotta innovative* contro gli insetti carpo-fagi, volte ad eliminare o ridurre sensibilmente il numero di trattamenti antiparassitari.

Peraltro, dal Rapporto di Valutazione Intermedia - Servizio di Valutazione in itinere del Programma di Sviluppo Rurale della Regione Friuli Venezia Giulia 2007-2013, redatto dalla società Economia Sviluppo Ambiente (ESA) nel novembre 2010, si apprende che: «per stimare il miglioramento della qualità delle acque il valutatore ha utilizzato dati primari rilevati tramite interviste dirette ai beneficiari dell'azione 1.2 'Conduzione sostenibile dei seminativi e dei fruttiferi' della misura 214, dalle quali è emerso che la misura ha interessato più che altro aziende che, per vari motivi (aumento dei prezzi degli input agricoli e in particolare dei fertilizzanti, discesa dei prezzi dei cereali ecc.) già avevano adottato, ancor prima dell'adesione, sistemi produttivi a minor impatto ambientale. Si può pertanto affermare che l'azione non sia riuscita ad incidere sulla modifica degli ordinamenti colturali per le aziende (o per le superfici aziendali) con apporti elevati di concimi inorganici, che sono i maggiori responsabili del surplus di azoto che si riversa nelle falde» (cfr. p. 5 del Capitolo 1 - Sintesi).

Andamento ed evoluzione del fenomeno

Dall'esame dei dati e delle informazioni disponibili, si possono evincere alcune considerazioni e alcuni scenari. Con riferimento all'inquinamento diffuso e utilizzando i nitrati in qualità di parametro ubiquitario, la recente suddivisione in corpi idrici tende ad evidenziare delle macroaree caratterizzate da situazioni similari. Nella fattispecie sono esaminate: una fascia pedecollinare (figg. 10-11), una fascia a monte della linea delle risorgive (figg. 12-13) e un'area sottesa agli ambiti dei grandi corsi fluviali (figg. 14-15). Si evidenzia, in generale, una sostanziale coincidenza/contiguità tra gli areali a maggior carico di azoto superficiale e le maggiori concentrazioni di nitrato riscontrato nelle acque sotterranee. Come già accennato sopra, tale situazione è attenuata nei corpi idrici condizionati dall'influenza di potenti sub-alvei (Tagliamento, Isonzo e, secondariamente, Torre), dove sono presenti valori di concentrazione decisamente inferiori, dovuti ad una maggiore diluizione dei nutrienti in acquiferi idrologicamente più ricchi. Nelle figure 10-15 sono illustrati l'ubicazione delle stazioni storiche e l'andamento delle rispettive concentrazioni di nitrati nel quindicennio 1996-2010.

Se a partire dalla fine degli anni Novanta e fino all'inizio del 2000 si era osservato, quantomeno per al-

cuni pozzi, un trend migliorativo, dal 2002 ad oggi si osservano invece concentrazioni di nitrati in generale sostenute ed in taluni casi in tendenziale incremento, sia per molti pozzi prossimi alla fascia delle risorgive – nella parte pordenonese, come nella parte udinese – sia in diversi pozzi tra quelli prossimi alla fascia pedecollinare.

Per quanto attiene ai prodotti fitosanitari, è seguito, nel quinquennio 2006-2010, il calo delle concentrazioni di diverse sostanze attive ad azione erbicida e relativi metaboliti rinvenibili nelle acque di falda, grazie soprattutto alla riduzione d'impiego, in agricoltura, di erbicidi residuali triazinici, in favore di nuove molecole, ad esempio trichetoni, sulfoniluree (queste ultime caratterizzate, tra l'altro, da dosaggi d'impiego particolarmente contenuti).

STRUTTURA DEGLI INDICATORI

INDICATORE 1

NOME	Stato di qualità dei corpi idrici sotterranei
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	Buono/scarso
FONTE	ARPA FVG - Dipartimenti provinciali e Laboratorio Unico Multisito
COPERTURA SPAZIALE DATI	Sovracomunale
COPERTURA TEMPORALE DATI	Dati monitoraggio 2010

INDICATORE 2

NOME	Rischio di non raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici sotterranei al 2015
DPSIR	Impatto
UNITÀ DI MISURA	A rischio/non a rischio
FONTE	ARPA FVG - Dipartimenti provinciali e Laboratorio Unico Multisito
COPERTURA SPAZIALE DATI	Sovracomunale
COPERTURA TEMPORALE DATI	Dati ARPA FVG 2010 e disponibilità anni precedenti

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

D.lgs. 152/06, Parte Terza	Norme in materia ambientale. Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche
D.lgs. 16 marzo 2009, n. 30	Attuazione della Direttiva 2006/118/Ce, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento
D.M. MATTM 17 luglio 2009	Individuazione delle informazioni territoriali e modalità per la raccolta, lo scambio e l'utilizzazione dei dati necessari alla predisposizione dei rapporti conoscitivi sullo stato di attuazione degli obblighi comunitari e nazionali in materia di acque

-
- D.M. MATTM 14 aprile 2009, n. 56 Regolamento recante «Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo»
-
- D.M. MATTM 8 novembre 2010, n. 260 Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo
-

BIBLIOGRAFIA

ARPA FVG, Università degli Studi di Trieste - Dipartimento di Scienze geologiche, ambientali e marine (2006), *Rilevamento dello stato dei Corpi Idrici Sotterranei della Regione Friuli Venezia Giulia*, disponibile sul sito della Regione Friuli Venezia Giulia (www.regione.fvg.it).

ESA (ed.) (2010), *Rapporto di Valutazione Intermedia (novembre 2010)*, Roma, Servizio di Valutazione in itinere del Programma di Sviluppo Rurale della Regione Friuli Venezia Giulia 2007-2013.

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, ARPA FVG (2001), *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente*, disponibile sul sito www.arpa.fvg.it (Aggiornamento 2003, Aggiornamento 2005, *Rapporto sugli indicatori dello Stato dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia*, 2008).

Zini L., Calligaris C., Tru F. et al. (a cura di) (2011), *Risorse idriche sotterranee del Friuli Venezia Giulia: sostenibilità dell'attuale indirizzo*, Trieste, Edizioni EUT.

QUALITÀ DELLE ACQUE MARINO-COSTIERE E DI TRANSIZIONE

L'ambiente marino presenta uno stato ecologico buono ed elevato. Un alto grado di attenzione è richiesto per la presenza di sostanze pericolose, di microalghe tossiche e per l'incremento della temperatura. Nell'ambiente lagunare alcuni corpi idrici sono in stato sufficiente e scarso, da migliorare per raggiungere il buono stato di qualità.

Alessandro Acquavita
Floriana Aleffi
Luisella Milani
ARPA FVG
Osservatorio Alto
Adriatico

La qualità delle acque marino-costiere e di transizione viene determinata utilizzando gli indicatori previsti dal D.lgs. 152/06 e dai Decreti del MATTM 131/08, 56/09 e 260/10, i quali recepiscono gli obiettivi introdotti dalla Direttiva Quadro del Parlamento Europeo e del Consiglio (WFD/2000/60/EC, European Union, 2000).

Le novità inserite nella Direttiva costituiscono una profonda riforma, introducendo il concetto di tutela dei 'corpi idrici' e curando diversi aspetti nella gestione e nella tutela delle risorse idriche. In particolare, l'obiettivo finale dell'applicazione è il mantenimento o il raggiungimento del 'buono stato' di

qualità ambientale entro il 2015.

Le attività di monitoraggio previste dai decreti sono state eseguite su tutti i corpi idrici la cui individuazione è stata effettuata sulla base del loro stato di qualità e delle pressioni esistenti sul territorio. Tali attività hanno una valenza sessennale, con lo scopo di predisporre i piani di gestione e di tutela delle acque in conformità alle disposizioni riportate nella Direttiva 2000/60/CE. Il periodo di indagine attuale è il 2010-2015.

La normativa vigente definisce lo 'stato ecologico' come espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici. La classificazione avviene attraverso l'attenta valutazione degli Elementi di Qualità Biologica (EQB), supportati da elementi idromorfologici e chimico-fisici. Nell'areale marino-costiero, durante il campionamento vengono considerate la trasparenza della colonna d'acqua, la temperatura, la salinità e le condizioni di ossigenazione. Quali EQB si considerano il fitoplancton (stimato con i valori di clorofilla *a*), le macroalghe e i macroinvertebrati bentonici. Il supporto chimico-fisico si riassume applicando l'indice TRIX che descrive lo stato trofico del sistema sulla base della presenza di clorofilla *a*, dell'ossigeno, del contenuto in specie azotate disciolte (DIN) e in fosforo totale. Nei sistemi di transizione, lo studio delle fanerogame e quello della composizione della fauna ittica si aggiungono agli altri EQB, mentre il TRIX non si utilizza e viene sostituito considerando il DIN ed il fosforo reattivo P-(PO₄)³. Trasparenza della colonna d'acqua, temperatura, salinità e condizioni di ossigenazione sono parametri monitorati comuni a entrambi i tipi di sistemi.

Tali valutazioni vengono integrate da indagini sulla presenza delle sostanze prioritarie e pericolose prioritarie, condotte a livello del sedimento e della colonna d'acqua. I Decreti 56/09 e 260/10 definiscono i valori limite (Standard di Qualità Ambientale, SQA) per le sostanze investigate da applicare per la classificazione. Analisi suppletive (stato chimico) possono essere condotte nel biota e nel sedimento (batterie di saggi biologici ed ecotossicologici) al fine di acquisire ulteriori elementi conoscitivi utili a de-

terminare le cause di degrado del corpo idrico e ad individuare fenomeni di accumulo di sostanze tossiche, nocive per la salute umana, negli organismi lungo la catena trofica.

Classificazione dei corpi idrici delle acque marino-costiere e di transizione del Friuli Venezia Giulia

In seguito all'individuazione e alla tipizzazione dei corpi idrici, in accordo con la normativa di riferimento (D.M. 131/08; 56/09; 260/10), la Regione Friuli Venezia Giulia ha proceduto alla loro classificazione, valutando le pressioni e gli impatti in base al rischio di non raggiungere il buono stato di qualità nel 2015.

A tal fine è stato programmato un monitoraggio suddiviso in 3 anni (fine 2009 - fine 2012) che prevede l'analisi complessiva di 38 corpi idrici significativi: 19 per le acque marino-costiere, di cui 12 costieri entro i 3.000 m e 7 più al largo fino a un miglio nautico dalla linea di base; 19 per le acque di transizione, di cui 2 situati alle principali foci fluviali regionali, Isonzo e Tagliamento.

L'areale costiero Nord Adriatico, secondo quanto indicato dal D.lgs. 152/06, è classificato come area sensibile e, di conseguenza, inserito in via provvisoria nella categoria a rischio di non raggiungere gli obiettivi di qualità della Direttiva. Analogamente, il sistema lagunare di Marano e Grado presenta lo stesso rischio, soprattutto in considerazione degli ingenti apporti di nitrati di origine agricola (Delibera regionale n. 1920 dd. 25 settembre 2008).

Alla fine del 2010 si è concluso il primo anno di monitoraggio ed è stata effettuata una classificazione preliminare su 17 corpi idrici marini e 17 di acque di transizione, che è stata aggiornata nel 2011 (fig. 1). La qualità dello stato ecologico dei corpi idrici è stata valutata considerando tutti i dati disponibili e facendo riferimento, laddove possibile, alle indicazioni del D.M. 260/10, che riporta per alcuni EQB i valori di riferimento tipo specifici e i limiti tra le classi di qualità.

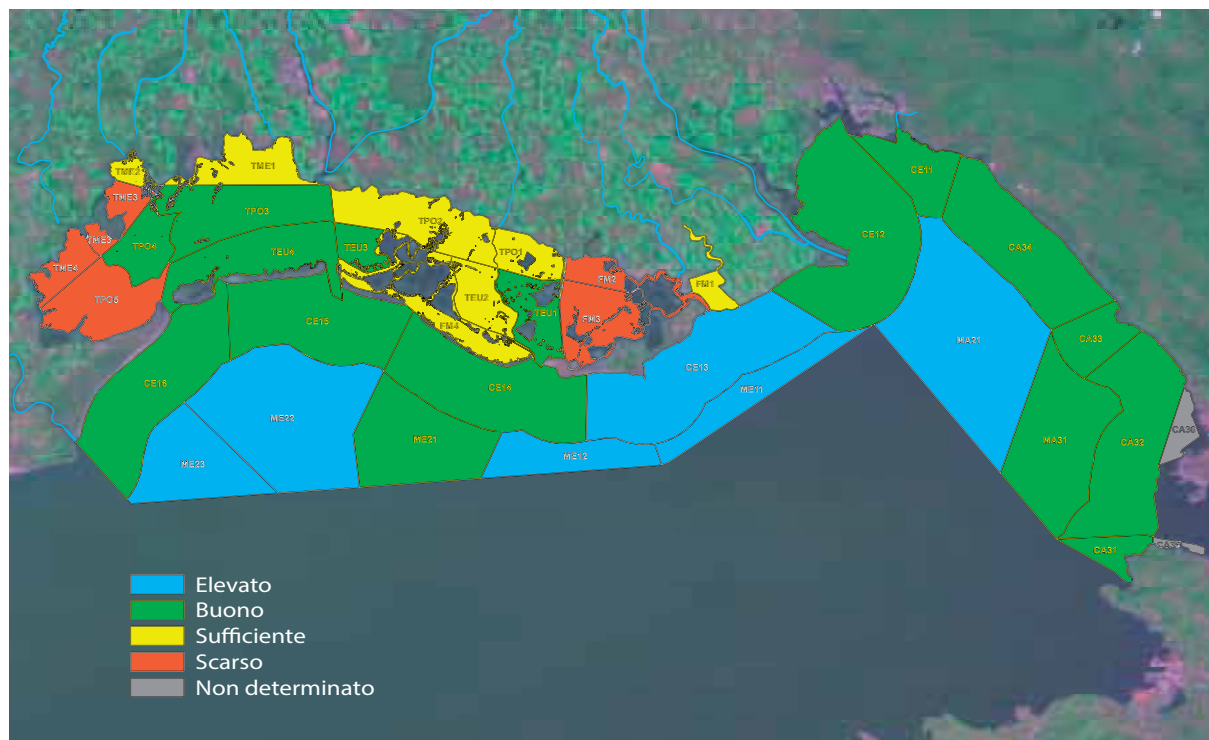
La valutazione dello stato ecologico è stata fatta in via del tutto preliminare, esprimendo un 'giudizio esperto' basato sull'analisi degli elementi biologici e fisico-chimici. Il 'giudizio esperto', formulato dagli operatori biologi e naturalisti dell'ARPA, sulla base delle esperienze di biomonitoraggio e della conoscenza pregressa del corpo idrico esaminato, si è reso necessario a causa di alcune criticità, tra le quali la mancata definizione di alcune condizioni di riferimento.

Nelle tabelle 1-2 sono riportati i risultati ottenuti dalla formulazione dei 'giudizi esperti' complessivi. Per le acque marino-costiere (fig. 1) l'andamento mette in evidenza uno stato di qualità complessivamente buono ed elevato. In linea generale, si riscontra una condizione buona nei corpi idrici costieri ed elevata in quelli marini situati più al largo (tab. 1). È in corso il monitoraggio per la classificazione di due nuovi corpi idrici situati in prossimità del porto di Trieste.

I risultati ottenuti per le acque di transizione (fig. 1) mostrano uno stato ecologico peggiore rispetto all'areale marino-costiero. Dei 17 corpi idrici classificati, 5 presentano uno stato/potenziale ecologico scarso, 7 sufficiente e 5 buono (tab. 2). In particolare, una qualità scarsa si rileva nelle aree più confinate della parte nord-occidentale della laguna di Marano, a causa dei significativi apporti di acque dolci ricche in sali nutritivi, associate ad un maggiore confinamento e tempo di residenza delle masse d'acqua. Tali caratteristiche portano, in taluni periodi dell'anno, a condizioni di sottosaturazione e a sporadici arricchimenti nel contenuto di clorofilla *a*. Un potenziale ecologico scarso si registra nelle zone fortemente modificate situate ad est del ponte Belvedere, che collega la cittadina di Grado con Aquileia, a causa del forte confinamento di tutta l'area.

La classificazione dei corpi idrici di transizione situati alle foci fluviali regionali dei fiumi Isonzo e Tagliamento non è stata ancora definita per la mancanza, a livello nazionale, delle condizioni di riferimento specifiche.

FIGURA 1. STATO DI QUALITÀ ECOLOGICA DEL MARE E DELLA LAGUNA SECONDO IL 'GIUDIZIO ESPERTO' (2011).



A febbraio 2011 è stato pubblicato il Decreto Ministeriale recante gli indici ufficiali da applicare per la classificazione (D.M. 260/10), tuttavia permangono delle criticità nell'applicazione degli indici proposti.

Indicatore: Indice trofico TRIX

L'indice trofico TRIX definisce il grado di trofia ed il livello di produttività delle acque marino-costiere e viene calcolato secondo la seguente equazione:

$$\{\text{Log} [\text{Chl } a \times |\text{OD\%}| \times \text{DIN} \times \text{Ptot}] - [-1,5]\} / 1,2$$

dove Chl *a* rappresenta il contenuto di clorofilla *a* espresso in µg/l, OD% è l'ossigeno disciolto espresso in percentuale come variazione in valore assoluto dalla saturazione, DIN è la somma delle specie azotate disciolte (ammonio, nitrito e nitrato) espressa in µg/l e Ptot è il fosforo totale della colonna d'acqua in µg/l. È quindi evidente che l'indice comprende i fattori nutrizionali che concorrono all'incremento della biomassa algale e tiene anche conto degli effetti dell'aumento della biomassa stessa.

Tale indice, quale elemento di qualità fisico-chimica a sostegno degli elementi biologici, concorre nella classificazione dello stato ecologico delle acque marino-costiere. A seconda del macrotipo, individuato sulla base delle caratteristiche idrologiche della colonna d'acqua (stabilità), vengono definiti dei limiti di classe tra lo stato buono e quello sufficiente (tab. 3).

L'indice trofico TRIX riassume in un unico valore i parametri fisico-chimici e biologici di un sistema marino-costiero, riducendone la complessità ed eliminando le valutazioni soggettive basate sui singoli parametri. L'indice viene applicato al fine di misurare il livello trofico degli ambienti marino-costieri, permette infatti di valutare il rischio di distrofie nei corpi idrici interessati da cospicui apporti fluviali, e di segnalare scostamenti significativi dalle condizioni di trofia tipiche di aree naturalmente a basso livello trofico. Per la classificazione, in applicazione del D.M. 260/10, deve essere considerato il valore medio annuo dell'indice TRIX per tre anni consecutivi.

I primi dati (tab. 4) indicano che si trovano in qualità buona le aree situate al largo di Primero e generalmente nella costiera triestina, oltre il limite dei 3 km. Sono sufficienti le valutazioni delle aree più vicine alla costa, che dovranno quindi essere quelle da tenere maggiormente in considerazione nel prosieguo del monitoraggio. Questi primi risultati possono fornire soltanto un'indicazione preliminare, poiché la normativa prevede che il monitoraggio operativo venga condotto sulla base di 3 anni. Il valore finale dovrebbe quindi essere considerato come la media dei singoli TRIX annuali per singolo corpo idrico.

Produttività dell'ambiente marino

Delle quattro variabili che definiscono il valore del TRIX, i nitrati – derivanti prevalentemente dai dilavamenti di terreni agricoli della pianura friulana dove è diffuso l'uso di fertilizzanti azotati – sono sicuramente il parametro che porta alla valutazione di un giudizio sufficiente. Infatti, sono rari gli eventi di fioritura e i fenomeni di scarsa ossigenazione e, inoltre, il carico di fosforo totale nell'intero areale è in costante diminuzione.

Nel golfo di Trieste, in presenza di una marcata fosforo limitazione, si riscontra una generale tendenza alla mesotrofia-oligotrofia del sistema pelagico (Mozetič, Solidoro, Cossarini *et al.*, 2010) e quindi una diminuzione della produttività dell'ambiente marino. La scarsa produttività è evidenziata da bassi valori di clorofilla, dal declino delle abbondanze fitoplanctoniche e da una possibile tendenza alla diminuzione delle biomasse alieutiche (Coll, Santojanni, Palomera *et al.*, 2009). L'analisi dei dati relativi a serie storiche di fitoplancton (Fornasaro, Strami, Cabrini *et al.*, 2006) confermano tale andamento, che

TABELLA 1. CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI MARINO-COSTIERI IN BASE AL 'GIUDIZIO ESPERTO' (2011).

Stato ecologico	Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	Cattivo
N. corpi idrici	6	11	0	0	0

TABELLA 2. CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI DELLE ACQUE DI TRANSIZIONE IN BASE AL 'GIUDIZIO ESPERTO' (2011).

Stato ecologico	Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	Cattivo
N. corpi idrici	0	5	7	5	0

TABELLA 3. LIMITI DI CLASSE DELL'INDICE TROFICO TRIX PER LE ACQUE MARINO-COSTIERE (D.M. 260/10).

Macrotipo	Limiti di classe TRIX (Buono/Sufficiente)
1: Alta stabilità (aree fortemente influenzate da apporti fluviali)	5,0
2: Media stabilità (aree debolmente influenzate da apporti fluviali)	4,5
3: Bassa stabilità (aree poco o per nulla interessate da apporti fluviali)	4,0

(Decreto Ministeriale 260/10).

TABELLA 4. IN BASE AI VALORI MEDI DI TRIX, RELATIVI AL PERIODO AGOSTO 2008-OTTOBRE 2009, 8 CORPI IDRICI MARINO-COSTIERI REGIONALI HANNO OTTENUTO UN GIUDIZIO BUONO, 7 SUFFICIENTE E 4 SONO IN CORSO DI VALUTAZIONE.

Indice Trofico TRIX	Buono	Sufficiente
N. corpi idrici	8	7

è anche supportato da una discreta trasparenza delle acque, da scarse fioriture microalgali (che negli anni Ottanta avevano invece interessato le acque costiere regionali) e da una buona ossigenazione delle acque di fondo. In contrapposizione a questa tendenza si rilevano valori di TRIX che, in base ai limiti di classe stabiliti dal D.M. 260/10 (tab. 3), definiscono per alcuni corpi idrici uno stato di qualità sufficiente che indica un aumento della trofia del sistema e quindi del fitoplancton, situazione che non è stata rilevata negli ultimi anni.

La mancata corrispondenza tra la biomassa fitoplanctonica e la disponibilità di sali nutritivi potrebbe essere legata ad uno sbilanciamento del rapporto azoto/fosforo che, secondo quanto descritto da Redfield (1934), dovrebbe essere uguale a 16/1 (N:P=16:1) per lo sviluppo ottimale degli organismi fitoplanctonici. Diversi studi condotti sul controllo della produzione primaria sia nell'Adriatico che nel golfo di Trieste avvalorano questa ipotesi (Burba, Cabrini, Del Negro *et al.*, 1994; Ou, Huang, Lin *et al.*, 2006). Inoltre, nel golfo di Trieste è stata osservata una riduzione di taglia degli organismi fitoplanctonici (Fonda Umani, Cheng Yong, Feoli *et al.*, 1996), che viene considerata come una delle cause del cambiamento della struttura dello zooplancton (Kamburska, Fonda Umani, 2006).

In conclusione, a causa dello sbilanciamento del rapporto N:P che regola la crescita degli organismi autotrofi, si osserva in generale una tendenza all'impoverimento della catena trofica marina.

Attività di controllo delle acque marino-costiere e di transizione del Friuli Venezia Giulia

I programmi di monitoraggio per il controllo della qualità delle acque marino-costiere regionali sono stati realizzati da ARPA FVG sia nell'ambito della Convenzione con il Ministero dell'Ambiente sia con il supporto della Regione, dal 2005 al 2009. Questi risultati, insieme ai successivi monitoraggi attualmente in corso per il Piano Regionale di Tutela delle Acque (PRTA), hanno permesso ad ARPA FVG di avere, da una parte, un controllo costante della fascia costiera e, dall'altra, una serie temporale di dati sufficientemente lunga da consentire di evidenziare nel tempo eventuali tendenze, cambiamenti e anomalie relative alle condizioni meteo climatiche, idrologiche, chimiche e biologiche. Dal 2006 le caratteristiche idrologiche sono sintetizzate in bollettini o schede informative e riportate sul sito web dell'ARPA FVG come informazione al pubblico.

Al fine di limitare l'emissione di nitrati e a seguito della definizione delle Zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola, è stato emanato dalla Regione Friuli Venezia Giulia (D.P.G.R. 24 maggio 2010 n. 0108/2010/Pres) il Programma d'Azione per la tutela e il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola per le aziende localizzate in zone vulnerabili.

Per il controllo delle acque marino-costiere ARPA FVG continua con il programma di monitoraggio previsto nell'ambito della collaborazione con la Regione per la stesura del PRTA. Queste informazioni, insieme a quelle pregresse, contribuiranno ad arricchire le serie temporali storiche. Gli effetti dei cambiamenti climatici sull'ecosistema marino, infatti, possono essere compresi soltanto se si hanno a disposizione serie di dati continue, raccolte con metodologie e frequenze temporali adeguate, e unendo in maniera coordinata le attività delle diverse istituzioni che operano sul mare.

Attualmente è in fase di redazione il Piano di Tutela delle Acque a cura della Regione con il supporto dell'ARPA FVG. Tale piano rappresenterà lo strumento per il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale. Gli obiettivi generali del Piano per ogni corpo idrico significativo saranno il raggiungimento dello stato di qualità ambientale 'buono' entro il 2015.

ARPA FVG, inoltre, per una migliore gestione, preservazione e pianificazione delle aree marine regionali farà uso degli strumenti di valutazione offerti dalla modellistica numerica per affiancare e integrare le tecniche di monitoraggio classico. Il modello permetterà di definire, attraverso la simulazione per scenari, le zone a maggior rischio d'inquinamento.

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Indice Trofico TRIX
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	Adimensionale
FONTE	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	Agosto 2008-ottobre 2009

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Direttiva 2000/60/CE (WFD)	Direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque
D.lgs. 152/1999 (abrogato dal D.lgs. 152/2006)	Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole
D.lgs. 152/2006	Norme in materia ambientale
D.M. 131/2008	Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: 'Norme in materia ambientale', predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto
D.M. 56/2009	Regolamento recante «Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo»
D.M. 260/2010	Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo
D.G.R. n. 1920 del 25 settembre 2008	D.lgs. 152/2006, art. 92. Individuazione zone vulnerabili da nitrati di origine agricola. Approvazione definitiva
Direttiva 91/676/CE	Protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole
D.P.Reg. 24 maggio 2010 n. 0108/2010/Pres.	Regolamento di attuazione dell'art. 19 della L.R. 25 agosto 2006, n. 17 ('Interventi in materia di risorse agricole, naturali, forestali e montagna e in materia di ambiente, pianificazione territoriale, caccia e pesca') recante il Programma d'azione della Regione Friuli Venezia Giulia per la tutela ed il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola per le aziende localizzate in zone vulnerabili

GLOSSARIO

Alieutico. Relativo alla pesca.

Autotrofo. Riferito ad un organismo che non ottiene energia dalla sostanza organica, ma attraverso la fotosintesi.

Biomassa. La massa totale di tutti gli organismi presenti in un dato tempo in un volume d'acqua o di terra.

Biota. L'insieme della vita vegetale e animale che caratterizza una certa regione o area.

Corpi idrici fortemente modificati. Corpi idrici superficiali la cui natura, a seguito di alterazioni fisiche dovute ad attività umana, è sostanzialmente modificata.

Eutrofia. Condizione di un corpo idrico in cui le alte concentrazioni dei sali nutritivi sostengono una rapida crescita algale e, conseguentemente, un'elevata produttività.

Fanerogame. Piante vascolari caratterizzate dalla presenza di organi fiorali, grazie ai quali si riproducono tramite la formazione di semi. Possono essere sia terrestri, sia acquatiche.

Fitoplancton. Organismi vegetali microscopici che vivono in sospensione nell'acqua.

Indicatore. Può essere definito come un parametro, o un valore derivato da parametri, che fornisce informazione riguardo ad un fenomeno. L'indicatore ha un significato che si estende oltre le proprietà direttamente associate con il valore del parametro.

Indice. Parametro numerico di sintesi, in genere adimensionale, derivante dalla combinazione dei dati relativi a più indicatori semplici.

Macroinvertebrati bentonici. Organismi invertebrati con dimensioni superiori ad un millimetro, che vivono a contatto con il fondo o nel sedimento.

MATTM. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Plancton. Organismi vegetali e animali che vivono nella colonna d'acqua, di norma incapaci di opporsi ai movimenti della massa d'acqua in cui sono immersi.

Stato trofico. Designa il livello di produzione primaria sostenuto dalla disponibilità di nutrienti in forma assimilabile dagli organismi autotrofi.

Zooplancton. Organismi animali che vivono in sospensione nell'acqua.

BIBLIOGRAFIA

Burba N., Cabrini M., Del Negro P. *et al.* (1994), *Variazioni stagionali del rapporto N/P nel golfo di Trieste*, in Alberelli G., Cattaneo-Vietti R., Piccazzo M. (eds.), *Atti del 10° congresso della AIOL*, Alassio, novembre 1992, Genova, Arti Grafiche, 333-343.

Coll M., Santojanni A., Palomera I. *et al.* (2009), *Food-web changes in the Adriatic Sea over the last three decades*, in «Mar Ecol Prog Ser», 381, 17-37.

Fonda Umani S., Cheng Yong S., Feoli E. *et al.* (1996), *Is it possible to identify any plancton succession in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea)?*, in Eleftheriou A., Ansell A.D., Smith C.J. (eds.), *Biology and ecology of shallow coastal waters*, New York, Elsevier Science Publishers, 59-64.

Fornasaro D., Strami F., Cabrini M. (2006), *Fitoplancton in declino nel Golfo di Trieste?*, in «Biol Mar Medit», 13, 234-237.

Kamburska L., Fonda Umani S. (2006), *Longterm copepod dynamics in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic): recent changes and trends*, in «Clim Res», 31, 195-203.

Mozetič P., Solidoro C., Cossarini G. *et al.* (2010), *Recent trends towards oligotrophication of the Northern Adriatic: evidence from chlorophyll a time series*, in «Estuar Coasts», 33, 362-375.

Ou L., Huang B., Lin L. *et al.* (2006), *Phosphorus stress of phytoplankton in the Taiwan Strait determined by bulk and single-cell alkaline phosphatase activity assays*, in «Mar Ecol Prog Ser», 327, 95-106.

Redfield A.C. (1934), *On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton*, in *The James Johnstone Memorial Volume*, Liverpool, Liverpool University Press, 176-192.

IL MERCURIO NELLE ACQUE MARINO-COSTIERE E DI TRANSIZIONE

Nonostante la contaminazione da mercurio nei sedimenti, le acque non presentano superamenti degli standard ambientali. In assenza di rischio sanitario e nell'impossibilità di bonificare, è opportuno porre attenzione al consumo di prodotti ittici da parte delle gestanti e dei bambini.

Alessandro Acquavita
Nicola Bettoso
ARPA FVG
Osservatorio Alto
Adriatico
Alessandro Felluga
Laboratorio Unico
Multisito - Udine

Il mercurio (Hg) è un elemento di origine naturale presente a livello della crosta terrestre in circa 0,06 parti per milione. Le fonti antropiche numerose e diffuse sono responsabili di circa 2/3 del mercurio presente nell'ambiente terrestre: l'attività mineraria, l'estrazione dell'oro, la lavorazione di minerali sulfurei, la produzione di vernici, la lavorazione del legno o della carta e gli impianti di produzione soda-cloro rappresentano i maggiori imputati nella diffusione di questo elemento. Il rimanente è dovuto ai flussi preindustriali di origine naturale dovuti all'attività vulcanica e agli incendi di foreste, che si sommano all'attività biologica e ai flussi gassosi dalle acque naturali.

Nonostante il suo elevato grado di tossicità il mercurio è stato in passato diffusamente impiegato nella comune pratica medica a scopo terapeutico (Clarkson, 1998). Vapori o creme a base di mercurio divalente (Hg^{2+}) sono state utilizzate nella cura della sifilide e delle affezioni dell'apparato gastro-intestinale o come disinfettante, causando fino agli anni Cinquanta una manifestazione patologica rara nei bambini chiamata Acrodynia (Warkany, Hubbard, 1948). L'abilità dell'elemento nel formare gli amalgami ha portato a un utilizzo consistente (50% del totale nell'amalgama) nella cura dentaria sollevando così un dibattito sui reali effetti della presenza di mercurio nella cavità orale in milioni di pazienti (Abraham, Svare, Frank *et al.*, 1984).

Inoltre, l'utilizzo in diversi processi industriali ha generato problematiche note a livello mondiale. La produzione di acetaldeide ha portato al disastro sanitario occorso a Minamata in Giappone (1950-1960), quando il metilmercurio (MeHg), la specie più tossica del mercurio, formatosi come sottoprodotto della lavorazione industriale, è stato introdotto lungo la catena trofica ed assunto, inconsapevolmente, con la dieta dalla popolazione della baia (Kudo, Fujikawa, Miyahara *et al.*, 1998).

Una volta riconosciuto il potenziale tossico dell'elemento, l'attenzione della comunità scientifica internazionale è stata indirizzata allo studio della sua diffusione e dei processi biogeochimici che determinano il suo comportamento negli ambienti acquatici.

La tossicità del MeHg, che si manifesta già a bassi livelli di esposizione, ha sollevato la problematica dell'assunzione attraverso l'alimentazione di organismi marini soggetti al bioaccumulo. La Comunità Europea, analogamente ad altri organismi a livello internazionale, esprime una grande attenzione verso le categorie a maggior rischio, ovvero i bambini e le gestanti (EFSA e nota informativa della Commissione Europea, 2004).

La presenza del mercurio nel bacino Nord Adriatico

Il bacino del Nord Adriatico è caratterizzato da una diffusa contaminazione da mercurio nel golfo di Trieste e nell'adiacente sistema lagunare di Marano e Grado. Valori pari a 25-30 mg/kg (fino a 200 volte superiori al valore di fondo naturale) sono stati evidenziati già dagli anni Settanta (Kosta, Ravnik, Byrne *et al.*, 1978; Bussani, Princi, 1979) con decrementi esponenziali dalla foce del fiume Isonzo verso il mare aperto. Covelli, Faganeli, Horvat *et al.* (2001) stimano che la contaminazione da mercurio nel sedimento interessi uno spessore di circa 90 cm, e dall'analisi dei tassi di accumulo evidenziano che il picco massimo dell'apporto risale probabilmente al periodo pre-bellico (1913-1914). Negli ultimi anni gli studi condotti nel golfo di Trieste sono mirati alla comprensione dei cicli biogeochimici del metallo, al suo comportamento nel particolato in sospensione e nella colonna d'acqua (Horvat, Covelli, Faganeli *et al.*, 1999; Faganeli, Horvat, Covelli *et al.*, 2003), alla sua speciazione (Biester, Gosar, Covelli, 2000) e rimobilizzazione all'interfaccia acqua-sedimento (Covelli, Horvat, Faganeli *et al.*, 1999).

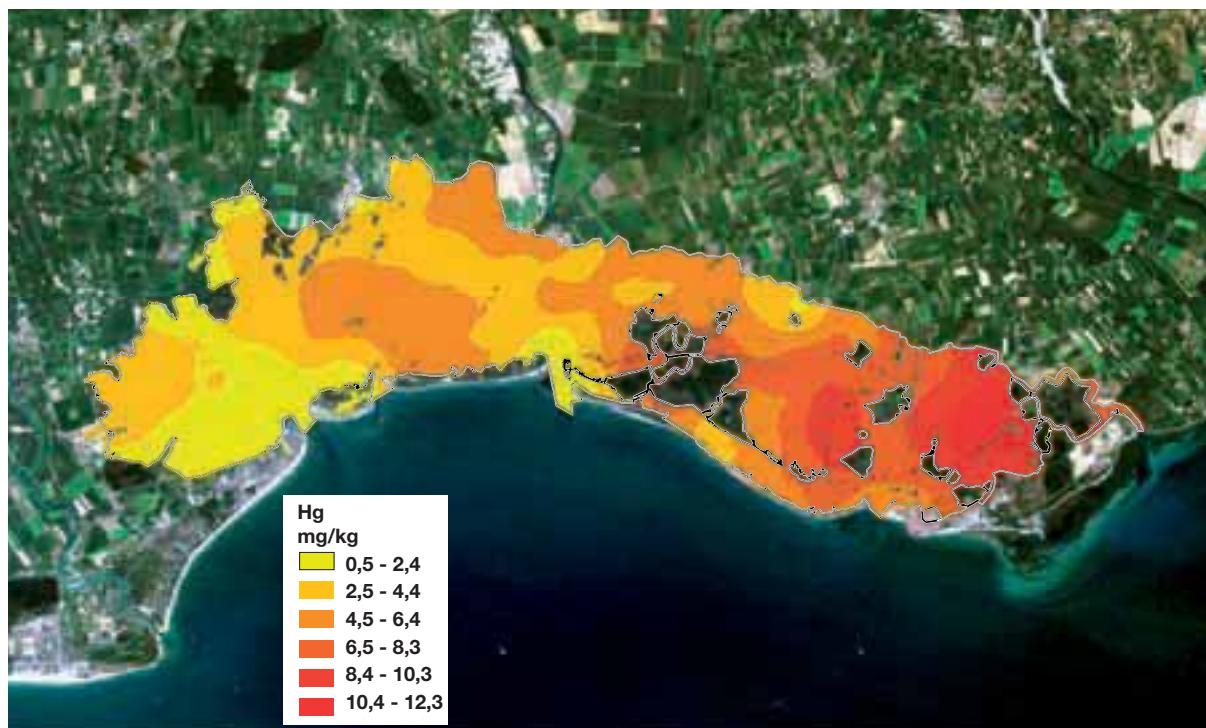
Nell'ecosistema lagunare la contaminazione è caratterizzata da un gradiente positivo Ovest-Est (0,61 mg/kg della zona Tagliamento, 14,01 mg/kg corrispondenti all'area lagunare di Grado), con le aree più contaminate in prossimità dell'Isola di Barbana e nell'Isola di Lovo (Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 1991; fig. 1). Tale distribuzione riflette l'influenza degli apporti isontini. Tuttavia a livello della laguna la contaminazione ha una duplice origine. La foce dell'Aussa-Corno e il settore di Marano hanno subito gli apporti di mercurio proveniente da un impianto cloro-soda sito a Torviscosa: questa zona rappresenta un ulteriore punto di accumulo con una contaminazione intermedia di 5-7 mg/kg e con l'area prospiciente il fiume Stella recante valori più bassi (2-4 mg/kg). Brambati (1997) conferma i valori di mercurio a livello dei sedimenti accertando la sua presenza per uno spessore pari a 30-40 cm. Il gradiente di concentrazione è evidente anche negli organismi animali e vegetali, tuttavia la variabilità delle concentrazioni riportate è fortemente influenzata dal livello trofico dell'organismo studiato.

Piani, Covelli, Biester (2005) evidenziano che nel bacino di Buso vi è la concomitante presenza di composti di tipo cinabrifero (HgS), che derivano dagli apporti dell'attività mineraria, e non cinabrifere dovuti al cloro-soda, risultato di un evidente mescolamento dovuto alla dinamica delle maree che influenza il bacino. Attualmente il deflusso delle acque di risorgiva dei fiumi Assa e Corno in laguna presenta tenori di mercurio associato al particolato in sospensione piuttosto elevati (canale Banduzzi, 20 µg/g), a testimonianza che l'apporto attuale di mercurio non può essere trascurato (Covelli, Acquavita, Piani *et al.*, 2009). Anche la fase disciolta del metallo è elevata con valori di circa 20 ng/l. I dati relativi a sperimentazioni condotte stagionalmente nel bacino di Grado impongono una notevole attenzione alle dinamiche e al comportamento delle specie mercurifere a livello della colonna d'acqua (Covelli, Faganeli, De Vittor *et al.*, 2008), le quali, occasionalmente, superano gli standard di qualità ambientale riportati nella Direttiva 2000/60/CE (10,0 ng/l).

Le azioni di ARPA FVG per il controllo del mercurio

Dalla raccolta e analisi dei dati storici riguardanti la distribuzione del mercurio nelle diverse matrici ambientali (sedimento, colonna d'acqua, biota) e sulla base dell'importanza che la distribuzione e il comportamento del metallo ha assunto a livello internazionale, emerge la necessità di un controllo costante della sua distribuzione, speciazione e sui segnali di mitigazione nelle diverse matrici ambientali. Per questo motivo l'ARPA FVG ha classificato il mercurio come una sostanza pericolosa prioritaria d'interesse regionale nell'ambito del Piano Regionale Tutela Acque (PRTA). In tale contesto gli indicatori presi in considerazione in questo *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente* sono rappresentati dalle matrici oggetto della Direttiva Acque (WFD).

FIGURA 1. DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEL MERCURIO OTTENUTA APPLICANDO UN'ANALISI DI TIPO GEOSTATISTICO (ARCGIS). I DATI SI RIFERISCONO AI MONITORAGGI EFFETTUATI PRECEDENTEMENTE ALL'APPLICAZIONE DEL PIANO REGIONALE PER LA TUTELA DELLE ACQUE (PRTA) (REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA, 1991; MAROCCO, 1995; BRAMBATI, 1997; PIANI, COVELLI, BIESTER, 2005).



Indicatore 1: Mercurio nei sedimenti

Nell'ecosistema marino il maggior carico di contaminanti si rileva a livello dei sedimenti (figg. 1-2). Questi ultimi rappresentano gli accettori finali e accumulatori del materiale particellato che transita nella sovrastante colonna d'acqua. I contaminanti adsorbiti o incorporati nel materiale particellato ne seguono il destino e quindi sono trasferiti per sedimentazione sul fondo che, a sua volta, può rappresentare una potenziale fonte d'inquinamento della matrice acquosa sovrastante.

I valori limite di mercurio nel sedimento sono fissati dallo Standard di Qualità Ambientale (SQA) riportato nella WFD che è di 0,3 mg/kg.

Nell'ambito del PRTA la quasi totalità dei siti presi in considerazione supera lo Standard di Qualità Ambientale proposto dalla Direttiva (fig. 2). La media ottenuta nei sedimenti marini ($4,4 \pm 3,9$ mg/kg) è simile a quella dell'intero bacino lagunare ($4,3 \pm 2,7$ mg/kg). In entrambe le zone, le analisi condotte su diversi livelli di sedimento (carote), suggeriscono una leggera diminuzione dei tenori di mercurio dovuta alla progressiva diminuzione degli apporti isontini. Bisogna rilevare che non esiste una diretta correlazione tra il contenuto di mercurio totale, la sua mobilità e la potenziale trasformazione in MeHg. Le determinazioni di MeHg effettuate da ARPA riportano una concentrazione media di $2,0 \pm 0,9$ ng/g, paragonabile a quanto già riportato in letteratura (Covelli, Faganeli, De Vittor *et al.*, 2008). Il MeHg rappresenta mediamente lo 0,08% del mercurio totale e non vi è correlazione diretta tra le due specie.

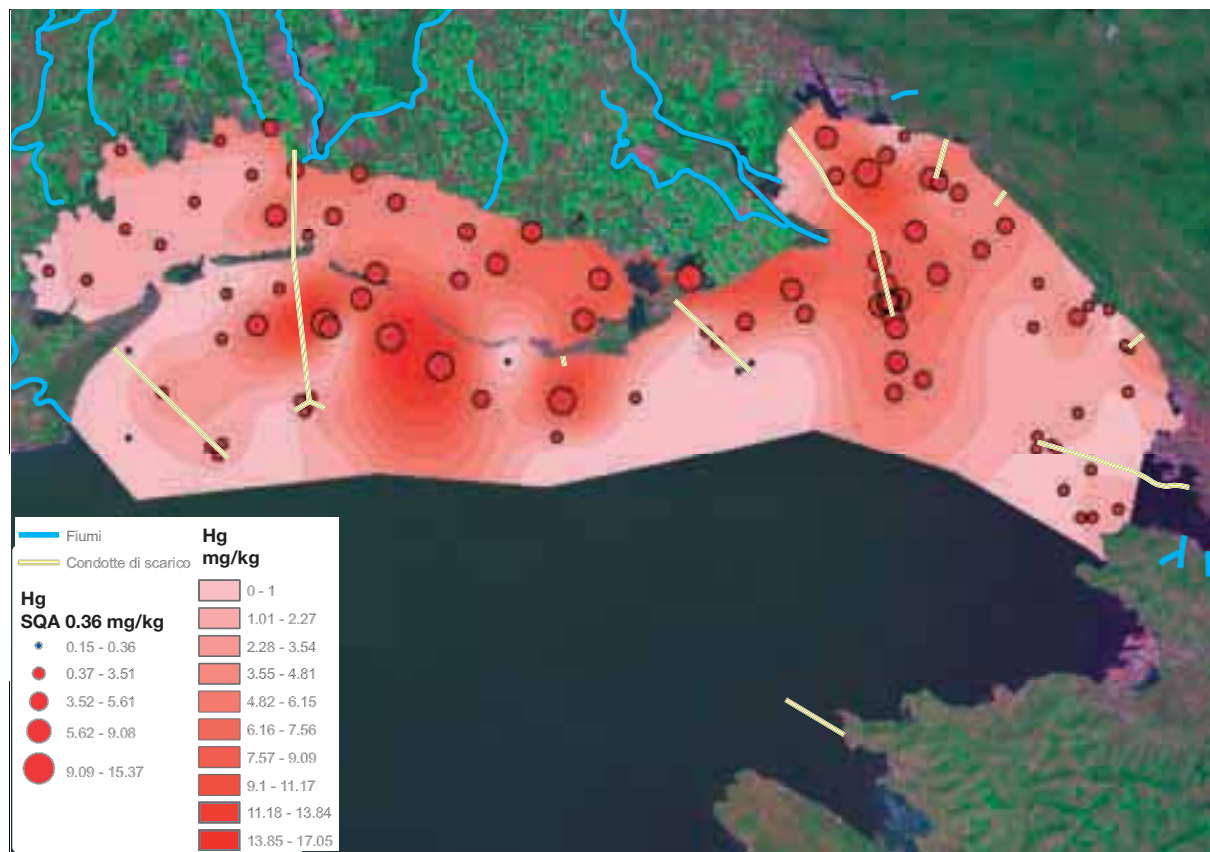
Indicatore 2: Mercurio nella colonna d'acqua

L'analisi dei contaminanti a livello del sedimento è importante per definire gli apporti e gli accumuli derivanti dalle attività antropiche, tuttavia è un approccio scarsamente indicativo nel determinare la qualità del sistema e gli effetti della contaminazione salvo che non si proceda a un'attenta valutazione della frazione biodisponibile o debolmente legata. Per ovviare a questa problematica si ricorre al monitoraggio condotto nella colonna d'acqua che rappresenta al meglio una misura integrata nel tempo del comportamento del contaminante.

Le analisi sono state eseguite con cadenza mensile in 19 stazioni del golfo di Trieste, 17 stazioni della laguna di Marano e Grado e 2 foci fluviali (Tagliamento e Isonzo). In tale modo è possibile cogliere le variazioni stagionali della mobilità del mercurio che è caratterizzata da importanti cicli giornalieri (Covelli, Faganeli, De Vittor *et al.*, 2008; Emili, Acquavita, Koron *et al.*, 2011; Emili, Koron, Covelli *et al.*, 2011). Nei siti oggetto di studio non vi sono stati superamenti dello SQA medio annuo (10 ng/l) previsto dalla normativa, né superamenti dello standard di qualità massimo ammissibile (60 ng/l). Tuttavia, laddove le medie calcolate si approssimano ai limiti della normativa, si è proceduto a un approfondimento del monitoraggio con una cadenza mensile. Le maggiori criticità riguardano i corpi idrici caratterizzati da un elevato carico di sostanza organica, ad esempio le aree fortemente modificate (ex valli da pesca), ed in generale le zone a salinità più bassa influenzate dagli apporti fluviali provenienti dalla pianura. In queste ultime zone l'accumulo di mercurio in colonna d'acqua è prevalentemente influenzato dallo scarso ricambio idrico.

Generalmente, le concentrazioni sono paragonabili o inferiori a quelle riportate in Covelli, Faganeli, De Vittor *et al.* (2008) per la laguna di Grado. Nel golfo di Trieste le concentrazioni medie risultano inferiori (5,2 ng/l contro i 6,3 della laguna) e non si evidenzia una particolare distribuzione tra i diversi corpi idrici. Complessivamente i valori sono paragonabili a quelli riportati in Horvat, Covelli, Faganeli *et al.* (1999).

FIGURA 2. DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEL MERCURIO TOTALE OTTENUTA DALL'ANALISI DEI SEDIMENTI NELL'AMBITO DEL PRTA. TALE DISTRIBUZIONE COMPRENDE ANCHE IL GOLFO DI TRIESTE ED EVIDENZIA COME IL MAGGIOR GRADO DI ACCUMULO SIA ASSOCIATO ALL'APPARATO DELTIZIO DEL FIUME ISONZO E IN PROSSIMITÀ DELLA BOCCA DI PORTO ALL'INGRESSO DELLA LAGUNA DI MARANO E GRADO.



Per quanto riguarda i molluschi bivalvi, sulla base dei dati raccolti nel 2001-2010, le concentrazioni medie di mercurio rilevate sono sempre inferiori al limite previsto dal regolamento comunitario (0,5 mg/kg di Hg su peso fresco).

Indicatore 3: Mercurio nel biota

Il bioaccumulo negli organismi eduli è una tematica sensibile d'attenzione, vista l'importanza economica e nutrizionale delle risorse alieutiche nelle regioni costiere quali il Friuli Venezia Giulia. L'Istituto Superiore di Sanità ha redatto un rapporto (Ferrara, Funari, 2004) relativo al rischio sanitario associato al consumo dei prodotti ittici dell'Adriatico che rappresentano la principale fonte di esposizione dell'uomo al mercurio. La sua forma metilata (MeHg) può costituire oltre il 90% del mercurio totale nei pesci e nei frutti di mare ed è molto più tossico della forma inorganica. Il livello tollerabile di ingestione settimanale provvisorio (Provisional Tolerable Weekly In-

take, PTWI) riportato dalla Joint FAO/WHO Expert Committee On Food Additives (JECFA) prevede per il MeHg un valore di 1,6 µg/kg peso corporeo/settimana, valore considerato sufficiente a proteggere lo sviluppo del feto. Tuttavia è stato osservato che le fasi di vita successive a quelle embrionali e fetali possono essere meno sensibili agli effetti nocivi del MeHg. Pertanto nel caso degli adulti (ad eccezione delle donne gestanti), il JECFA ha ritenuto che un'assunzione circa due volte superiore al vigente PTWI di 1,6 µg/kg peso corporeo/settimana non pone alcun rischio di neurotossicità (FAO, WHO, 2006).

ARPA FVG ha una tradizione decennale nel monitoraggio delle specie eduli di maggior interesse, con un database costantemente aggiornato in termini di numerosità di dati e di specie considerate. Per quanto riguarda i molluschi bivalvi sono stati elaborati i dati di concentrazione delle seguenti specie eduli raccolte durante un periodo di dieci anni (2001-2010): *Mytilus galloprovincialis* (mitilo), *Chamelea gallina* (vongola adriatica), *Callista chione* (fasolaro o noce di mare), *Tapes philippinarum* (vongola verace filippina), *Ensis minor* (cannolicchio) e *Chlamys glabra* (canestrello bianco). Le concentrazioni medie rilevate sono sempre inferiori al limite previsto dal citato regolamento comunitario (0,5 mg/kg di Hg su peso fresco). Inoltre, non è stato evidenziato alcun andamento particolare, sebbene il dato nella vongola filippina sembri indicare una leggera diminuzione nelle concentrazioni (fig. 3 e tabb. 1-2).

Nel caso degli organismi nectonici (pesci, molluschi cefalopodi e crostacei decapodi), ARPA FVG ha raccolto e analizzato 90 campioni di 28 specie alieutiche catturate nel golfo di Trieste e nella laguna di Marano e Grado. Il valore mediano ottenuto corrisponde a quello desunto dai campioni di pesce fresco prelevati presso i mercati ittici di Grado e Marano Lagunare nel triennio 1991-1993 (0,21 mg/kg di peso fresco), sebbene siano stati rilevati dei valori molto elevati, superiori a 2 mg/kg di peso fresco, nelle orate, nei branzini e nei palombi (Daris, Piani, Mattassi *et al.*, 1993). Esaminando invece i dati di concentrazione di mercurio nelle risorse ittiche (escludendo i grandi pelagici e i molluschi bivalvi) riportati nel rapporto dell'Istituto Superiore di Sanità (Ferrara, Funari, 2004), su 115 campioni di 43 specie alieutiche prelevate tra il 1985 e il 1997, il valore medio di concentrazione di mercurio risulta pari a 0,22 mg/kg di peso fresco. Sono stati considerati inoltre i valori di concentrazione di mercurio desunti dai rapporti di prova delle analisi di controllo effettuate ai sensi del Reg. CE 1881/2006 dalla ASS regionale - Servizio di vigilanza e polizia veterinaria dal 2007 al 2011 (48 campioni per 14 specie alieutiche prelevati presso il mercato ittico all'ingrosso di Grado e Marano Lagunare).

Origine del mercurio nel bacino Nord Adriatico

I tenori di mercurio all'interno dell'area mediterranea presentano valori di fondo più elevati rispetto a quelli naturali riportati su scala mondiale (circa 0,10 mg/kg) come conseguenza di estesi depositi ci-

TABELLA 1. CONCENTRAZIONE MEDIA DI MERCURIO (HG) NEI MOLLUSCHI BIVALVI RELATIVA AL DECENNIO 2001-2010.

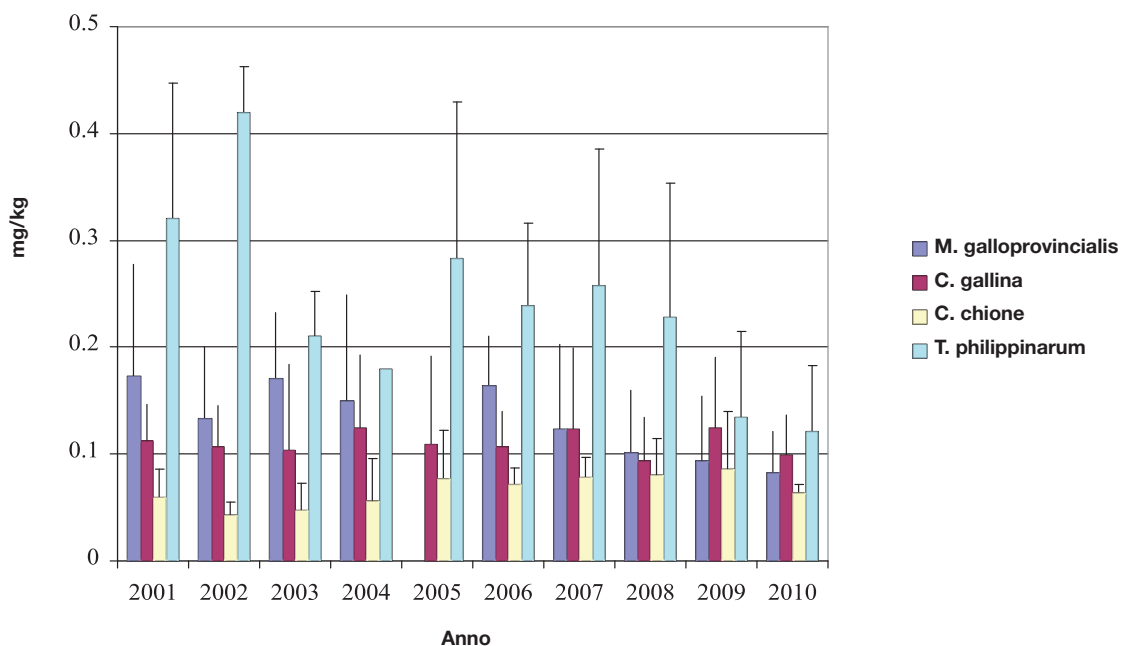
Hg	Mytilus galloprovincialis	Chamelea gallina	Callista chione	Chlamys glabra	Tapes philippinarum	Ensis minor
Mg/kg	0,12	0,11	0,07	0,06	0,22	0,13

TABELLA 2. CONCENTRAZIONE MEDIA DI MERCURIO E DELLA SUA FORMA METILATA NEI MOLLUSCHI BIVALVI E NEI PESCI.

mg/kg di peso fresco	Hg	MeHg	Fonte dati
Molluschi bivalvi	0,12		ARPA FVG 2001-2010
<i>T. philippinarum</i> allevamento		0,08	Progetto MIRACLE 2010
<i>M. galloprovincialis</i> allevamento	0,073		ARPA FVG 2001-2010
Pesci*	0,22		ARPA FVG 2010
Pesci*	0,22		ISTISAN 2004
Pesci*	0,17		ASS FVG 2007-2011
Pesce azzurro	0,15		ISTISAN 2004
Pesce azzurro	0,14		ASS FVG 2007-2011

* Nella categoria pesci vengono inclusi anche i molluschi cefalopodi e i crostacei decapodi.

FIGURA 3. CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE DI MERCURIO NEI MOLLUSCHI BIVALVI (IL VALORE MASSIMO SULLA SCALA CORRISPONDE A QUELLO FISSATO PER QUESTO ELEMENTO NEL REG. CE 1881/2006).



nabrifera (Almaden-Spagna, Monte Amiata-Italia, Idrija-Slovenia). In particolare a livello di bacino Nord Adriatico si evidenzia un gradiente positivo sud-nord (Donazzolo, Heike Merlin, Menegazzo Vitturi *et al.*, 1981; Ferrara, Maserti, 1992). Nel litorale della nostra regione la fonte principale di mercurio deriva dal particolato sospeso trasportato dal fiume Isonzo. Il suo principale affluente (Idrijca) drena i terreni mercuriferi presso Idrija (Slovenia), dove più di 5 milioni di tonnellate di roccia, essenzialmente cinabro (HgS) sono state scavate nel corso di 500 anni di attività con conseguente contaminazione dei suoli circostanti e dei sedimenti fluviali (Gosar, Pirc, Bidovec, 1997). È stato, infatti, stimato che solamente il 73% del mercurio estratto è stato recuperato, laddove il resto è stato disperso nell'ambiente (Miklavcic, 1999). Determinazioni sul contenuto di mercurio nel torrente Idrijca hanno evidenziato valori compresi fra i 100 e 300 mg/kg con massimi che superano i 1.000 mg/kg (Gosar, Pirc, Bidovec, 1997). Diversi studi hanno confermato che l'area è ancora attiva nel rilascio di mercurio (Hess, 1991; Rajar, Cetina, Sirca, 1997), con stime annuali approssimativamente pari a 1,5 tonnellate rilasciate nel decorso del fiume Isonzo (Sirca, Rajar, 1997). Il golfo di Trieste rappresenta l'accettore finale del mercurio legato a portate solide e liquide isontine. La contaminazione è estesa anche ai sedimenti della laguna di Marano e Grado che è stata inoltre soggetta agli apporti del complesso industriale sito in Torviscosa dove la produzione di cellulosa, fibre tessili ed un impianto cloro-soda sono stati attivi a partire dal 1949 (Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 1991; Marocco, 1995; Brambati, 1997). Come riportato nella relazione a cura della Regione (1991) lo sversamento incontrollato del mercurio utilizzato come catalizzatore nell'impianto cloro-soda è iniziato nel 1949 con un apporto di circa 20 kg giornalieri e si è attenuato attorno al 1970 (circa 6-7 kg giorno) per poi cessare nel 1984 dopo l'adozione di sistemi di recupero più efficienti. Tuttavia è probabile che lo sversamento totale complessivo ammonti a non meno di 186.000 kg. Pertanto gli autori stimano che in 35 anni è stato prodotto un inquinamento potenziale del sedimento ammontante a 11,5 grammi di mercurio per metro quadrato.

Educazione, informazione e buone pratiche per la popolazione

Come riportato nelle sezioni precedenti, una volta riconosciuto il problema della contaminazione da mercurio nell'areale marino-costiero del Friuli Venezia Giulia, ARPA FVG ha attivato un monitoraggio costante sulle dinamiche delle specie mercurifere e sugli eventuali problemi sanitari derivanti dalla sua presenza presso la popolazione.

Uno dei target più importanti riguarda le buone pratiche che dovrebbero essere seguite dalla popolazione residente riguardo il consumo dei prodotti ittici. In base ai dati raccolti e alle indicazioni degli organismi scientifici internazionali sono state formulate delle tabelle sul consumo di pesce procapite suggerito per le diverse classi di popolazione.

Dall'indagine sulle abitudini d'acquisto dei prodotti ittici in Friuli Venezia Giulia, risulta che gli abitanti nella zona costiera della regione consumano circa 100 g al giorno di prodotti ittici (36,5 kg procapite l'anno), contro la media nazionale pari a 63 g al giorno (23 kg procapite l'anno) (Kutin, Spallacci, 2006). Mediamente si può considerare che nei prodotti ittici allo stato naturale (comprendendo anche molluschi cefalopodi e crostacei decapodi) la parte edibile netta corrisponde a circa il 55% del peso totale, quindi da un acquisto settimanale procapite di 700 grammi a settimana per i maggiori acquirenti della regione, vengono ingeriti settimanalmente 385 grammi di polpa netta; nel caso del pesce azzurro la parte edibile può essere aumentata al 70% del peso totale.

Per quanto riguarda invece i molluschi bivalvi il peso netto è stato calcolato al 20% del peso totale.

Sulla base delle concentrazioni medie dei metalli pesanti rilevate nelle carni dei prodotti ittici e alle

TABELLA 3. CONCENTRAZIONE MEDIA DI METILMERCURIO NEI PRODOTTI ITTICI, ASSUNZIONE SETTIMANALE DA PARTE DEI MAGGIORI ACQUIRENTI REGIONALI DI PRODOTTI ITTICI E PESO CORPOREO MINIMO PER RIENTRARE NEI VALORI DI TOLLERABILITÀ SECONDO IL PROVISIONAL TOLERABLE WEEKLY INTAKE (PTWI).

Metilmercurio (MeHg)	Concentrazione media mg/kg peso fresco	Assunzione settimanale MeHg	Limite minimo peso corporeo kg	PTWI µg/kg peso corporeo/settimana
Pesce (dati ARPA FVG 2010)	0,22	0,085	27	3,2
			53	1,6
Pesce (dati ASS FVG 2007-2010)	0,17	0,065	20	3,2
			40	1,6
Pesce (dati ISTISAN 2004)	0,22	0,085	27	3,2
			53	1,6
Pesce azzurro (dati ISTISAN 2004)	0,15	0,074	23	3,2
			46	1,6
Pesce azzurro (dati ASS FVG 2007-2010)	0,14	0,069	22	3,2
			43	1,6
Bivalvi (dati ARPA FVG 2001-2010)	0,12	0,024	7,5	3,2
			15	1,6
Vongola verace allevata <i>T.philippinarum</i> (dati progetto MIRACLE 2010)	0,08	0,016	5	3,2
			10	1,6
Mitilo allevato <i>M.galloprovincialis</i> (dati ARPA FVG 2001-2010)	0,073	0,015	5	3,2
			10	1,6

TABELLA 4. CONSUMO SETTIMANALE DI PRODOTTO ITTICO CONSIGLIATO IN FUNZIONE DEI TENORI DI METILMERCURIO.

Grammi di prodotto ittico intero	Adulto (60 kg)	Donna in età fertile (50 kg)	Bambino 6 anni (20 kg)
Pesce di mare	1.500	650-700	250-300
Pesce azzurro	2.000	800	300-350
Molluschi bivalvi	8.000	3.500	1.500
Molluschi bivalvi allevamento	12.000	5.000	2.000

dosi settimanali tollerabili stabilite dal JEFCA è stata effettuata la stima dell'esposizione al MeHg (tab. 3). In particolare, è stata stimata l'assunzione settimanale da parte dei maggiori acquirenti di prodotto ittico nella fascia costiera regionale e il peso corporeo minimo in grado di tollerare l'assunzione di tali elementi nei limiti di sicurezza (PTWI) stabiliti dalla JEFCA.

Nel caso del MeHg il limite del peso corporeo varia da un minimo di 5 kg in caso di assunzione da parte di un adulto (non per una donna adulta in età fertile) di molluschi bivalvi allevati, fino a raggiungere un limite minimo di 10 kg per le classi della popolazione più esposte agli effetti neurotossici di tale sostanza (donne in età fertile o in gravidanza e i bambini); per questi ultimi è stato adottato infatti il PTWI pari a 1,6 µg/kg peso corporeo/settimana. Risulta evidente che l'analisi di rischio sul consumo dei prodotti ittici va senz'altro calibrata sull'assunzione del MeHg.

Nella tabella 3 è stato riportato il consumo settimanale consigliato dei prodotti alieutici regionali, considerando il peso del prodotto ittico prelevato o acquistato allo stato naturale. Da tale tabella risulta che un adulto (non una donna in età fertile) di peso pari a 60 kg può tranquillamente raddoppiare il consumo settimanale di pesce, rispetto al dato regionale di acquisto pari a 700 grammi a settimana (tab. 4). Per il pesce azzurro si può aumentare il consumo procapite a circa 2 kg a settimana. Il limite al consumo dei molluschi bivalvi, specialmente per quelli allevati (mitili e vongole veraci filippine), è ben al di là del normale consumo fra la popolazione media. Nel caso invece di una donna in età fertile del peso corporeo di 50 kg, l'assunzione settimanale di pesce può corrispondere al consumo regionale rilevato nel sondaggio fra i consumatori. Nel caso del solo consumo di molluschi bivalvi il quantitativo settimanale può arrivare anche a 5 kg per il prodotto allevato. Nella stima fatta per un bambino di 6 anni d'età e dal peso di circa 20 kg, è consigliabile l'alimentazione con circa 300 grammi di pesce alla settimana oppure anche 2 kg se di soli bivalvi. Considerando che un bambino di quell'età mangia circa la metà di un individuo adulto, tale quantitativo di pesce corrisponde a quasi la metà del consumo settimanale procapite censito nella fascia costiera.

In conclusione, stando ai dati trattati di acquisto e di bioconcentrazione, i maggiori acquirenti regionali del prodotto ittico locale possono essere considerati sufficientemente protetti dagli effetti tossici di un accumulo nei tessuti di MeHg secondo le raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS) e della FAO, nonché in ottemperanza ai limiti fissati dal Reg. CE 1881/2006. Viste le fondamentali proprietà nutrizionali dei prodotti ittici, è quanto meno necessario educare la popolazione sulla scelta e i consumi del pescato/allevato regionale e non, oltre che del pesce in scatola o comunque trattato. Sarebbe poi opportuno approfondire l'indagine sul consumo nelle famiglie dei pescatori professionisti e anche sportivi, al fine di valutare lo stato della tutela sanitaria anche in questo segmento della popolazione, maggiormente esposto al MeHg. I pescatori sportivi sono esposti poiché molti si dedicano alla cattura e al consumo di esemplari di taglia ragguardevole, quali orate e branzini, in cui le concentrazioni di MeHg sono elevate. È auspicabile infine incrementare il dataset relativo all'analisi della concentrazione di mercurio nei principali prodotti ittici del golfo di Trieste e della laguna di Marano e Grado, al fine di ottenere una stima sempre più affidabile e accurata dell'esposizione ai contaminanti bioaccumulabili.

STRUTTURA DEGLI INDICATORI

INDICATORE 1

NOME	Hg nel sedimento
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	mg/kg
FONTE	ARPA-FVG, Regione Friuli Venezia Giulia, Università di Trieste
COPERTURA SPAZIALE DATI	Areale marino-costiero
COPERTURA TEMPORALE DATI	1970-2011

INDICATORE 2

NOME	Hg nella colonna d'acqua
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	ng/l
FONTE	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Areale marino-costiero
COPERTURA TEMPORALE DATI	2009-2010

INDICATORE 3

NOME	SQA per il biota
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	mg/kg
FONTE	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Laguna di Marano e Grado
COPERTURA TEMPORALE DATI	2001-2010

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

2008/105/CE	Direttiva 2008/105/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2008, relativa agli standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive del Consiglio 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della Direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio
2004/107/CE	Concerne l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria
2006/1881/CE 1999/471/DM	Definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari. Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del D.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni
2008/1102/CE	Regolamento relativo al divieto di esportazione e allo stoccaggio in sicurezza del mercurio metallico

GLOSSARIO

Acrodynia. Malattia dell'infanzia causata da contatto con il mercurio. Si manifesta con eruzioni cutanee e dolori delle estremità.

Bioaccumulo. Processo attraverso cui sostanze tossiche persistenti si accumulano all'interno di un organismo, in concentrazioni superiori a quelle riscontrate nell'ambiente circostante.

Biota. Insieme della vita vegetale e animale che caratterizza una regione o area.

Cinabro. Il cinabro è un minerale dall'aspetto rossiccio noto già ai Greci (gr. Κιννάδαρι). Da questo minerale, tramite arrostitimento, si estrae il mercurio. I più importanti giacimenti si trovano ad Almadén in Spagna, a Idria in Slovenia e in Italia nella zona del Monte Amiata.

Metilmercurio. È l'abbreviazione con la quale si indica normalmente la specie 'catione monometilmercurio'. È

composto da un gruppo metile (CH₃-) legato ad uno ione mercurio(II); la formula chimica è CH₃Hg⁺, scritta a volte come MeHg⁺.

Nectonico. Deriva da 'Necton', categoria ecologica che comprende gli organismi ecologici che nuotano attivamente.

Speciazione. In chimica si definisce 'speciazione' o 'speciazione di un elemento' la distribuzione di un elemento nelle sue diverse specie chimiche.

Valore di fondo naturale. Il termine 'valore di fondo naturale' viene definito dalla norma Iso 19258 come «le caratteristiche statistiche del contenuto pedologico geochimico di una sostanza nei suoli». In questo caso, con il termine valore di fondo si fa riferimento alla distribuzione delle concentrazioni di metalli e metalloidi la cui presenza nei sedimenti non è riconducibile ad alcuna sorgente puntuale e/o specifica attiva, nel presente o in passato, nell'area di interesse.

BIBLIOGRAFIA

Abraham J.E., Svare C.W., Frank C.W. (1984), *The effect of dental amalgam restorations on blood mercury levels*, in «Journal of Dental Research», 63, 71.

Biester H., Gosar M., Covelli S. (2000), *Mercury speciation in sediments affected by dumped mining residues in the drainage area of the Idrija mercury mine, Slovenia*, in «Environmental Science and Technology», 34, 3330-3336.

Brambati A. (1997), *Metalli pesanti nelle lagune di Marano e Grado. Piano di studi finalizzato all'accertamento di sostanze persistenti nelle Lagune di Marano e Grado ed al loro risanamento*, Trieste, Direzione Regionale dell'Ambiente, Servizio dell'Idraulica.

Bussani M., Princi M.T. (1979), *Mercurio nel Golfo di Trieste*, in «Bollettino dei Chimici dell'Unione Italiana dei Laboratori Provinciali», 52, 224-237.

Clarkson T.W. (1998), *Human toxicology of mercury*, in «The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine», 11, 303-317.

Covelli S., Acquavita A., Piani R. et al. (2009), *Recent and past contamination of mercury in an estuarine environment (Marano Lagoon, Northern Adriatic, Italy)*, in «Estuarine, Coastal and Shelf Sciences», 82, 273-284.

Covelli S., Faganeli J., De Vittor C. et al. (2008), *Benthic fluxes of mercury species in a lagoon environment (Grado Lagoon, Northern Adriatic Sea, Italy)*, in «Applied Geochemistry», 23, 529-546.

Covelli S., Faganeli J., Horvat M. et al. (2001), *Mercury contamination of coastal sediments as the results of long-term cinnabar activity (Gulf of Trieste, Northern Adriatic Sea)*, in «Applied Geochemistry», 16, 541-558.

Covelli S., Horvat M., Faganeli J. et al. (1999), *Porewater distribution and benthic flux of mercury and methylmercury in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea)*, in «Estuarine, Coastal and Shelf Sciences», 48, 415-428.

Daris F., Piani C., Mattassi G. et al. (1993), *Distribuzione del mercurio in sedimenti e prodotti ittici delle Lagune di*

Grado e Marano, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, in *Il mercurio nelle Lagune di Grado e Marano. Aspetti igienico-sanitari*, Atti del convegno, Villa Manin di Passariano (UD), 4 dicembre 1993, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 24-45.

Donazzolo R., Heike Merlin O., Menegazzo Vitturi L. et al. (1981), *Heavy metal contamination in surface sediments from the Gulf of Venice, Italy*, in «Marine Pollution Bulletin», 12, 417-425.

Emili A., Acquavita A., Koron N. et al. (2011), *Benthic flux measurements of Hg species in a Northern Adriatic lagoon environment (Marano & Grado Lagoon)*, Submitted to «Estuarine, Coastal and Shelf Science».

Emili A., Koron N., Covelli S. et al. (2011), *Does anoxia affect mercury cycling at the sediment-water interface in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea)? Incubation experiments using benthic flux chambers*, in «Applied Geochemistry», 26, 194-204.

Faganeli J., Horvat M., Covelli S. et al. (2003), *Mercury and methylmercury in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea)*, in «The Science of the Total Environment», 304, 315-326.

FAO/WHO (2006), *Summary and Conclusions of the sixty-seventh meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), 20-29 June 2006*, JECFA 67/SC.

Ferrara F., Funari E. (a cura di) (2004), *Rischio chimico associato alla qualità delle acque del Mare Adriatico*, Rapporti ISTISAN 04/4.

Ferrara R., Maserti B.E. (1992), *Mercury concentration in the water, particulate matter, plankton and sediment of the Adriatic Sea*, in «Marine Chemistry», 38, 237-249.

Gosar M., Pirc S., Bidovec A. (1997), *Mercury in the Idrija River sediments as a reflection of mining and smelting activities of the Idrija mercury mine*, in «Journal of Geochemical Exploration», 58, 125-131.

Hess A. (1991), *Vorläufige Mitteilung über Schwermetallbelastungen der Böden im Umfeld der Quecksilberlagerstätte Idrija (Slowenien)*, in «Geologija», 33, 479-486.

Horvat M., Covelli S., Faganeli J. et al. (1999), *Mercury in contaminated coastal environments; a case study: the*

Gulf of Trieste, in «The Science of the Total Environment», 237/238, 43-56.

Kosta L., Ravnik V., Byrne A.R. et al. (1978), *Some trace elements in the waters, marine organisms and sediments of the Adriatic by neutron activation analysis*, in «Journal of Radioanalytical Chemistry», 44, 317-332.

Kudo A., Fujikawa Y., Miyahara S. et al. (1998), *Lessons from Minamata mercury pollution, Japan - after a continuous 22 years of observation*, in «Water Science and Technology», 38, 187-193.

Kutin S., Spallacci B. (2006), *Consumi 2005. Indagine sulle abitudini d'acquisto di prodotti ittici dei consumatori in Friuli Venezia Giulia*, Studio AGCI AGRITAL finanziato con fondi SFOP 2004 della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Direzione Centrale Risorse Agricole, Naturali, Forestali e Montagna - Servizio Pesca e Acquacoltura.

Marocco R. (1995), *Sediment distribution and dispersal in northern Adriatic lagoons (Marano and Grado paralytic system)*, in «Geologia», 57, 77-89.

Miklavcic V. (1999), *Mercury in the town of Idrija (Slovenia) after 500 years of mining and smelting*, in Ebinghaus R., Salomons W., Turner R.R. (eds.), *Mercury contaminated sites: characterization, risk assessment, and remediation*, New York, Springer Verlag.

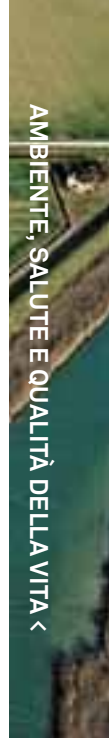
Piani R., Covelli S., Biester H. (2005), *Mercury contamination in Marano Lagoon (Northern Adriatic sea, Italy): source identification by analyses of Hg phases*, in «Applied Geochemistry», 20, 1546-1559.

Rajar R., Cetina M., Sirca A. (1997), *Hydrodynamic and water quality modelling: case studies*, in «Ecological Modelling», 101, 209-228.

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - USL n. 8 Bassa Friulana (1991), *La qualità delle acque della Laguna di Marano*, Rapporto tecnico.

Sirca A., Rajar R. (1997), *Calibration of a 2D mercury transport and fate model of the Gulf of Trieste*, in Rajar R., Brebbia M. (eds.), *Proceedings of the 4th International Conference on Water Pollution 97*, Southampton, Computational Mechanics Publication, 503-512.

Warkany J., Hubbard D.M. (1948), *Mercury in the urine of children with acrodynia*, in «Lancet», 1, 829.



I NITRATI NELLE ACQUE

L'utilizzo di concimi azotati nelle coltivazioni di mais, in vaste aree della regione, è causa della significativa presenza di nitrati nelle acque di risorgiva. L'inquinamento dell'ambiente lagunare e marino, invece, è meno grave, nonostante le alte concentrazioni di nitrati, grazie alla diminuzione del fosforo.

Nicola Skert
Baldovino Toffolutti
Antonella Zanello
ARPA FVG
Gestione attività
centralizzate di
rilievo regionale
Alessandro Acquavita
Pietro Rossin
Osservatorio
Alto Adriatico

L'azoto è presente in gran parte delle molecole, quali le proteine e il DNA, che sono alla base dei processi vitali degli organismi terrestri. Nella sua forma gassosa (N_2) costituisce il 78% dell'aria che respiriamo, ma in tale forma non può essere assorbito e usato come nutriente da piante e animali; in natura esso deve essere prima trasformato da batteri nitrificanti in ammonio e in nitrato, in modo da poter entrare nella catena alimentare come parte del 'ciclo dell'azoto'.

Le piante e gli organismi vegetali, in generale, assorbono ammonio e in particolare nitrato durante i processi anabolici, mentre gli animali non sono in grado di assorbire i nitrati direttamente. Essi ricevono i composti azotati cibandosi di piante o di altri animali che si nutrono di piante.

Quando l'azoto contenuto nella sostanza organica ha finito la sua funzione, o quando gli organismi vegetali muoiono o perdono parte delle loro strutture, si ha produzione di escrezioni o di materia morta che viene decompo-

sta in varie fasi, tra le quali le ultime sono a carico di particolari batteri detti denitrificatori. L'azoto, tramite denitrificazione, viene quindi nuovamente rilasciato nell'atmosfera sotto forma di N_2 ; l'intero ciclo può quindi ricominciare dopo il rilascio.

In aree antropizzate l'origine dell'azoto immesso nell'ambiente è principalmente di due tipi, i reflui civili e la fertilizzazione delle colture. Mentre la prima origine è stata progressivamente limitata, grazie all'ampio utilizzo di sistemi di depurazione efficienti, la seconda è attualmente un problema per la nostra regione.

La necessità di aumentare le produzioni agricole per ettaro, l'utilizzo di piante esigenti in termini di azoto (quali ad esempio il mais, spesso seminato su terreni poco idonei alla sua coltivazione), l'abbandono dell'alternanza per rotazione delle specie coltivate e la necessità di smaltimento dei reflui zootecnici utilizzati come concime organico, hanno generato una forte pressione diffusa, in particolare nella pianura friulana. Se i concimi azotati vengono impiegati in modo non adeguato alle condizioni locali e se la gestione del suolo è inappropriata, si verifica un eccessivo apporto di nitrati nelle acque.

I nitrati sono sostanze particolarmente solubili in acqua e spesso le piante non riescono ad assorbire tutti quelli presenti nel suolo. Una parte viene quindi dilavata per effetto delle precipitazioni e, grazie a queste, giunge nelle acque sotterranee, nelle acque superficiali fluviali e lacustri, in quelle di transizione e marino-costiere.

Tale fenomeno procura un'eccessiva presenza di nutrienti (sovralfertilizzazione) negli ambienti acquatici, con alterazione degli equilibri naturali e conseguente iperproduzione di sostanza organica. Questa,

una volta morta, può causare effetti di asfissia al fondo, in particolare negli ambienti lagunari e marini. Eccessive concentrazioni di nitrati presenti nelle acque potabili possono inoltre avere effetti nocivi per la salute umana, tanto che la corrente normativa fissa il limite di 50 mg/l per le acque potabili e, in generale, quale standard di qualità per tutte le acque sotterranee, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indica in 10 mg/l la concentrazione ideale per le acque potabili.

Dilavamento dei nitrati

Nell'ultimo secolo i corsi d'acqua della bassa pianura friulana hanno subito degli interventi che hanno causato profonde modificazioni idromorfologiche ed ecologiche con ripercussioni sulla capacità di metabolizzare l'eccesso di azoto immesso nelle acque. In modo particolare, la canalizzazione di interi tratti fluviali, il taglio della fascia perfluviale e lo sfalcio della vegetazione acquatica hanno fortemente banalizzato gli ambienti acquatici, determinando variazioni a livello delle comunità biologiche tipiche.

Inoltre, una forte incidenza sulla disponibilità di nitrati nelle acque è dovuta alla conversione delle aree boscate e di prato in coltura intensiva. Un suolo ricco di radici e di vegetazione infatti trattiene meglio i nitrati e sotto le superfici prative o boscate il dilavamento dei nitrati è inferiore rispetto a quello che si verifica sotto i campi coltivati.

Un altro fattore della stessa importanza della copertura vegetale è il periodo della concimazione. Il pericolo di dilavamento è massimo se si concima in autunno poco prima del riposo vegetativo, o in primavera prima dell'inizio della vegetazione. Pertanto, un'elevata concentrazione di nitrati nelle acque è la conseguenza di un'utilizzazione agricola del suolo non adeguata alle condizioni locali.

Valori di tolleranza per i nitrati

Nelle acque sotterranee il valore di 50 mg/l è considerato limite di riferimento normativo (D.lgs. 31/01, 'Qualità delle acque destinate al consumo umano', D.lgs. 30/09, 'Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento'). Nella nostra regione le acque non contaminate, o comunque non soggette a pressione antropica, presentano un tenore di nitrati inferiore a 10 mg/l, ovvero la soglia di concentrazione stabilita dall'OMS entro la quale non si riscontrano pericoli per la salute pubblica. Nelle zone caratterizzate da un'agricoltura intensiva, invece, i valori sono nettamente superiori (fig. 1).

Indicatore: Le macrofite acquatiche

La flora acquatica, comprensiva di diatomee e macrofite, è l'elemento biologico che meglio evidenzia il diffuso aumento del carico di nutrienti nelle acque superficiali.

Le macrofite acquatiche sono un gruppo definito su base ecologica che comprende i vegetali macroscopicamente visibili negli ambienti fluviali acquatici. Tale gruppo comprende alghe, briofite (muschi ed epatiche), pteridofite e fanerogame. La comunità macrofitica permette di correlare la sua composizione con le caratteristiche dell'ecosistema acquatico. Particolarmente sensibile all'inquinamento trofico, essa permette di valutare gli impatti di natura organica che potrebbero essere sottostimati dalla componente macrozoobentonica.

Effetti dei nitrati sulle acque superficiali interne

Tramite lo studio della comunità macrofitica, nel periodo di biomonitoraggio 2009-2010, sono stati monitorati 157 corpi idrici. Non è stato possibile dare un giudizio su tale componente in 52 di essi, a causa della mancanza/esigua presenza di *taxa* vegetali in alveo, o dell'abbondanza di *taxa* non considerati dall'indice macrofitico applicato.

FIGURA 1. CONCENTRAZIONE DI NITRATI, ESPRESSA IN mg/l, NELLE ACQUE SUPERFICIALI (2009-2010).

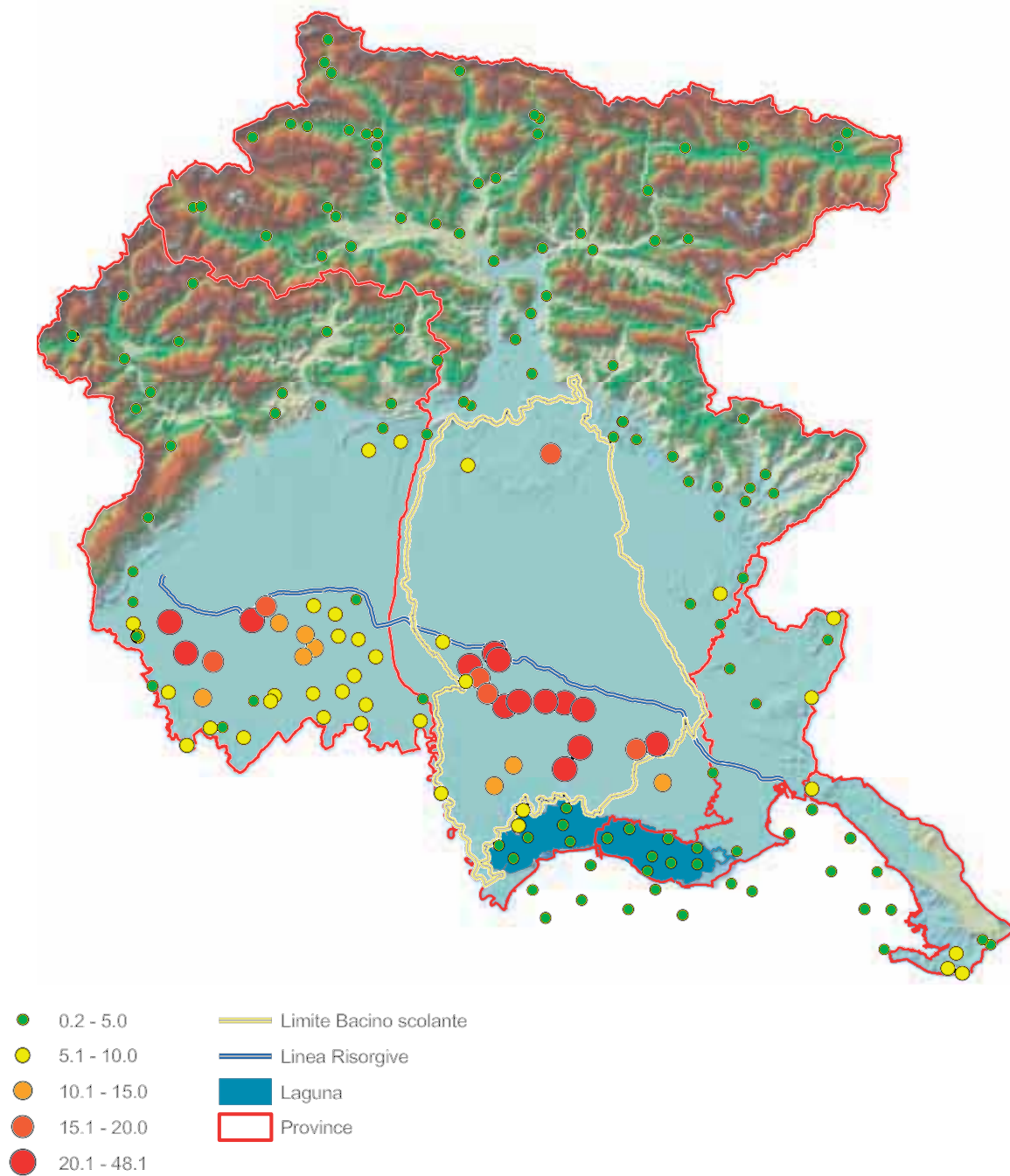
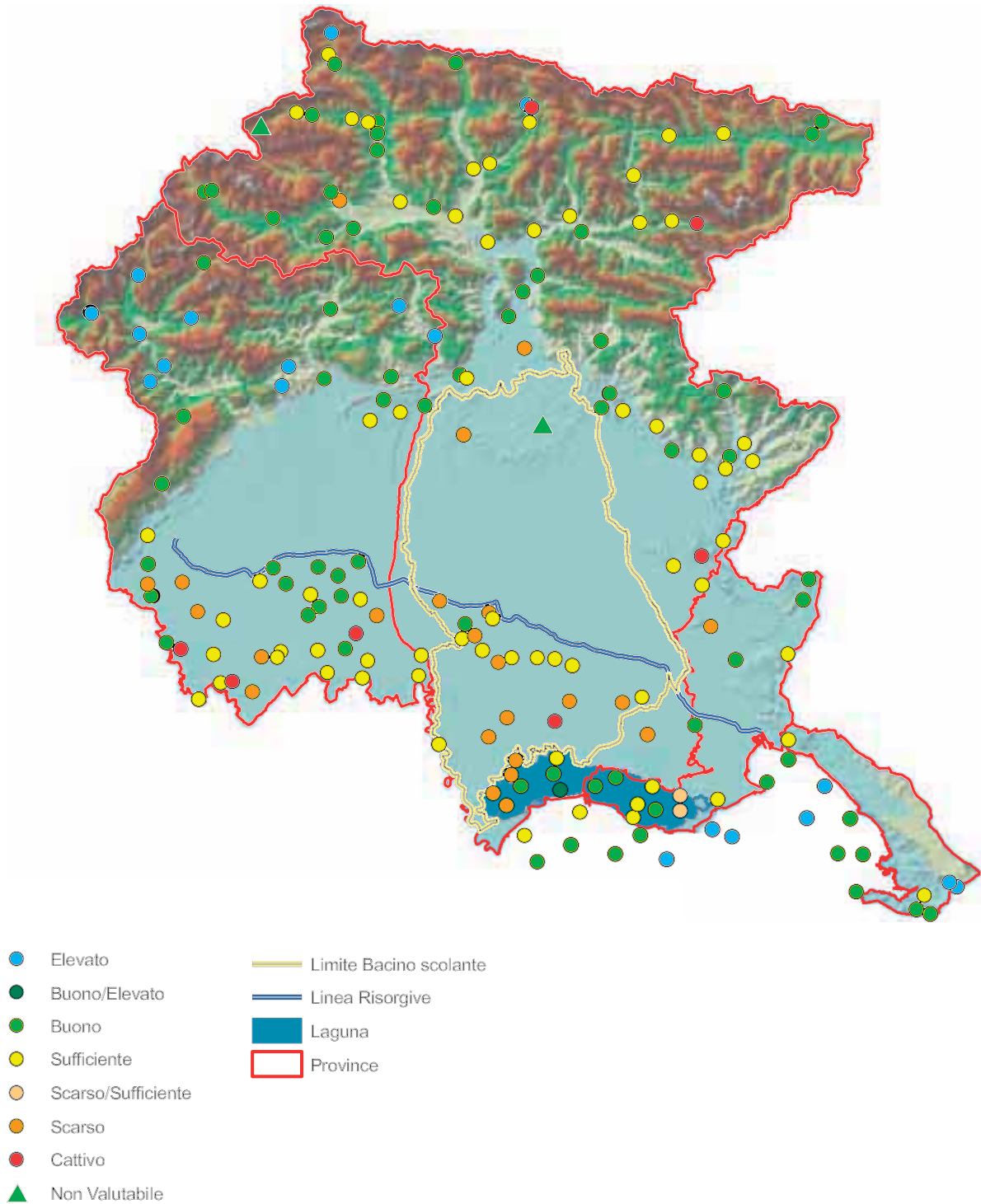


FIGURA 2. STATO ECOLOGICO DELLE ACQUE SUPERFICIALI SECONDO IL 'GIUDIZIO ESPERTO' (2011).



Complessivamente la situazione è migliore nell'area montana, dove si rilevano alghe e briofite tipiche di ambienti a bassa trofia. Lo stato ecologico è tuttavia peggiore all'atteso, e ciò è imputabile principalmente a una destrutturazione delle comunità a macroinvertebrati probabilmente correlata alle alterazioni idromorfologiche degli alvei (vedi il capitolo *Qualità delle acque superficiali interne*). La condizione peggiora, in termini generali, nella zona di pianura dove la presenza, a volte anche abbondante, di *taxa* indicatori di carico di nutrienti denota condizioni di elevata trofia (fig. 2).

Effetti dei nitrati sulle acque sotterranee

Serie storiche di analisi effettuate nei pozzi regionali riportano una situazione piuttosto consolidata, in cui si registrano valori mediamente elevati (30-40 mg/l) nelle acque freatiche di alta pianura (fig. 3), con sporadici superamenti del limite di 50 mg/l, in particolare nelle acque sotterranee che si trovano al di sotto di superfici con un'elevata percentuale di campi coltivati; valori altrettanto elevati sono riscontrabili in prossimità dell'emersioni delle acque di falda presso la fascia delle risorgive (fig. 1).

Valori decisamente inferiori (~10 mg/l) sono registrati nei pozzi ubicati in prossimità dei grandi subalvei fluviali (Tagliamento, sistema Torre-Isonzo). Tale tenore non è attribuibile ad un minor carico di azoto superficiale, ma generalmente dovuto alle consistenti perdite idriche subite dai corsi stessi con la conseguente diluizione delle sostanze presenti.

Infine, le acque artesiane della bassa pianura presentano valori minimi di nitrati (0-10 mg/l) in genere decrescenti con la profondità, anche se si registrano (soprattutto nei primi livelli artesiani della bassa pianura friulana) concentrazioni attorno ai 20-25 mg/l.

La suddivisione del comparto acque sotterranee in corpi idrici sotterranei, prevista dalla recente normativa (D.lgs. 30/2009), conferma tale situazione (vedi il capitolo *Qualità delle acque sotterranee*).

Effetti dei nitrati sulle acque di transizione

Con il recepimento della Direttiva 2000/60/CE attraverso il D.lgs. 152/06 ed i decreti del MATTM n. 131/08, n. 56/09 e n. 260/10, sono stati introdotti i criteri per la caratterizzazione dei corpi idrici e per il loro monitoraggio. A partire dal 2009 sono state definite le tipologie lagunari sulla base delle dimensioni, dell'escursione di marea e della salinità media. Attraverso questi descrittori, il sistema lagunare è stato suddiviso in tre tipologie illustrate nella figura 4: a) laguna mesoalina (salinità tra 5-20 psu), che comprende la zona più prossima all'entroterra della laguna di Marano, dove l'apporto fluviale è più consistente; b) laguna polialina (20-30 psu), corrispondente ad una fascia intermedia tra l'entroterra ed il mare; c) laguna eualina (30-40 psu), che include la zona più prossima al mare. Inoltre, una quarta tipologia (corpi idrici fortemente modificati) è stata introdotta nelle aree dove risulta alterata la naturalità del sistema in seguito ad attività antropiche (ad esempio, ex valli da pesca).

Il monitoraggio delle acque superficiali, a cadenza mensile, è iniziato ad agosto 2009. Accanto al prelievo per la determinazione delle sostanze nutritive, sono stati acquisiti i parametri idrologici (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH e clorofilla *a* indotta) per mezzo di una sonda multiparametrica. I valori della concentrazione dei composti azotati mediati nei mesi di campionamento, riportati nella tabella 1, sono relativi ad un anno solare esatto di campionamento, ovvero fino a luglio 2010. Il data set elaborato comprende 228 campioni.

Allo scopo di stimare la tendenza centrale nella distribuzione dei valori dei singoli analiti è stata utilizzata la mediana, in quanto la distribuzione dei valori non è di tipo gaussiano ed è influenzata dalla presenza di numerosi *outlier*.

FIGURA 3. CONCENTRAZIONE DI NITRATI NEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI (2010): FALDE FREATICHE.

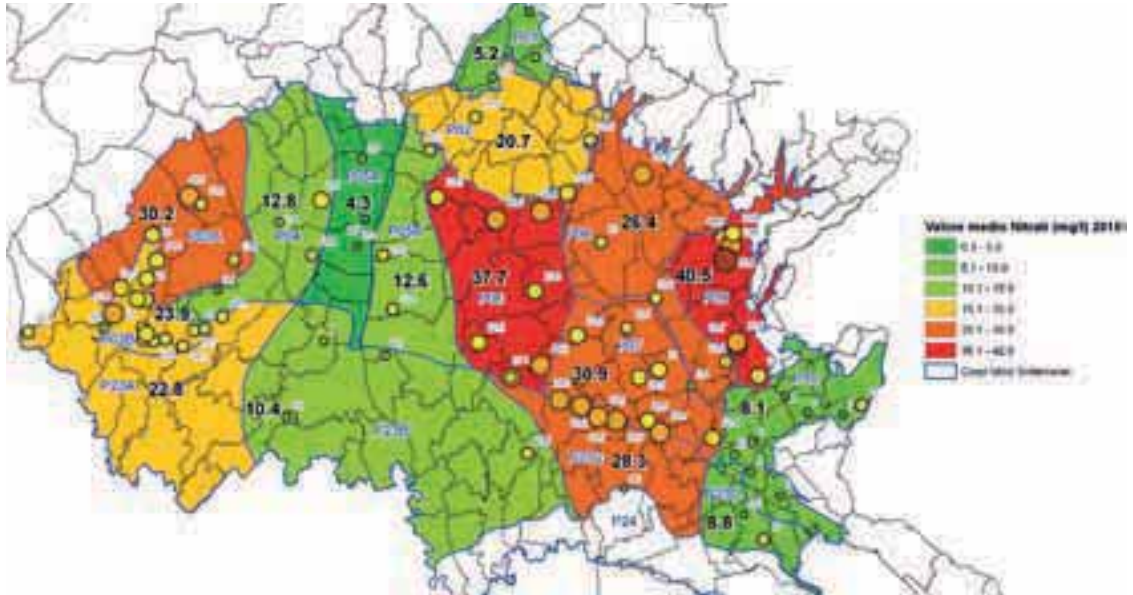


FIGURA 4. TIPIZZAZIONE DEI CORPI IDRICI LAGUNARI.



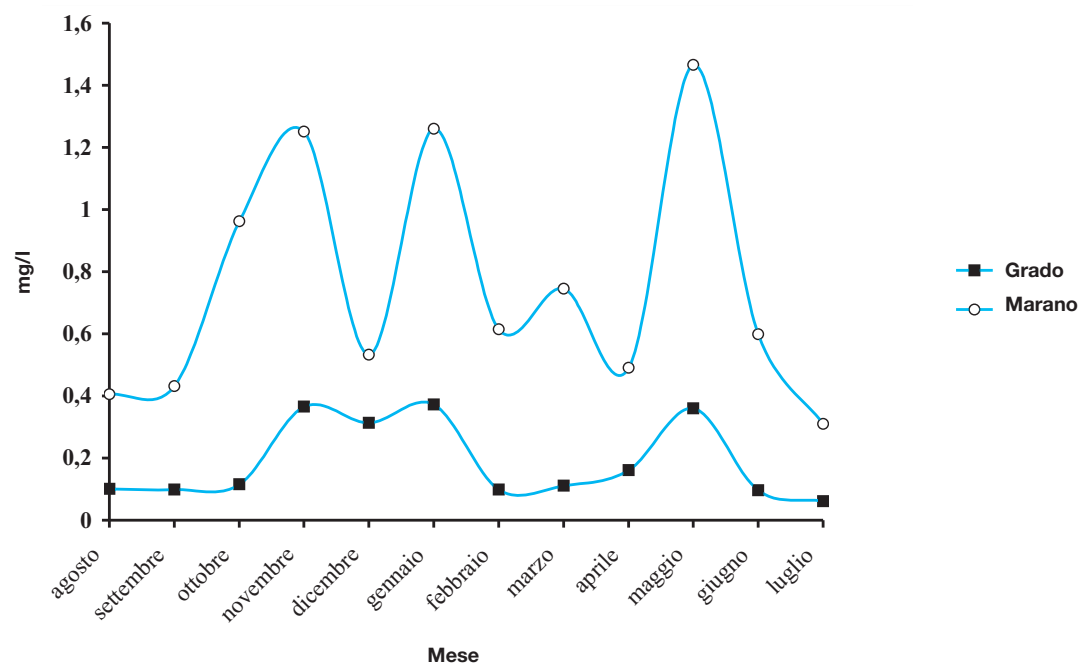
TABELLA 1. VALORI DI CONCENTRAZIONE DEI COMPOSTI AZOTATI MEDIATI IN UN ANNO DI CAMPIONAMENTO (2009-2010).

N=228	NO ₂ µg-N	NH ₄ ⁺ µg-N	NO ₃ µg-N
Min	< lod (0,14)	< lod (0,28)	< lod (0,28)
Max	185	468	2860
Media	12,1	46,6	462,7
Mediana	7,1	28,3	218,4

TABELLA 2. MEDIANE DELLE CONCENTRAZIONI IN mg/l DI NITRATI NELLE QUATTRO TIPOLOGIE DI CORPI IDRICI.

	FM	TPO	TME	TEU
N-NO ₂	8,6	8,6	15,8	3,7
N-NH ₄	49,7	33,2	31,1	21,6
N-NO ₃	114,6	341	956	120

FIGURA 5. ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI NITRATI NELLE LAGUNE DI GRADO E MARANO.



Il Dissolved Inorganic Carbon (DIN), quale somma delle tre forme azotate (azoto ammoniacale, nitrico e nitroso), ha una concentrazione mediana pari a 254 µg/l. Delle tre specie chimiche costituenti il DIN, il NO_3^- è la forma predominante (86,1%), seguita dall' NH_4^+ (11,1%) e dal NO_2^- (2,8%).

Tali carichi di N inorganico sono significativamente più elevati (circa 5 volte), se confrontati con quelli riscontrati in un sistema di transizione simile come la laguna di Venezia.

In prima approssimazione si evidenzia, a livello regionale, una distinzione tra i due ecosistemi lagunari (Marano e Grado), dovuta essenzialmente alla differenza degli apporti provenienti dalla pianura e dalle zone di risorgiva che veicolano all'interno dell'ecosistema significative quantità di acqua a bassa salinità e di composti azotati. Un'altra distinzione può essere evidenziata nelle zone lagunari storicamente soggette ad attività che ne hanno profondamente modificato la naturalità (FM). Tra di esse vi è, ad esempio, la Val Cavanata.

I valori più elevati di NO_3^- (2,5-2,8 mg/l) si registrano nei corpi idrici TME 2 e TME 3, caratterizzati da bassa salinità ed influenzati dagli apporti idrici del Turgnano e del Cormor. In questo contesto è evidente la distinzione tra i due sottobacini (Marano e Grado) tenendo in considerazione l'andamento del NO_3^- . In entrambi i bacini, i valori mediani di concentrazione particolarmente elevati si evidenziano nei periodi di maggiore portata fluviale (autunno/inverno e tarda primavera), come evidenziato in figura 5.

La distinzione e gli apporti di NO_3^- è più chiara considerando le dinamiche delle specie azotate nelle quattro tipologie di corpo idrico; in tabella 2 sono riportate le mediane in µg/l nelle quattro tipologie.

Analizzando i valori mediani annuali per i singoli parametri considerati si evidenzia come i corpi idrici FM siano generalmente caratterizzati da un valore di ammonio (N-NH_4) più elevato, associato ad un minore ricambio idrico e quindi ad una scarsa circolazione d'acqua, dovuta principalmente alla morfologia del corpo idrico stesso. In aggiunta, in corpi idrici che in passato sono stati siti in cui ha avuto luogo un'intensa attività di itticultura il carico organico presente nel sedimento accelera i processi di rimineralizzazione con forte consumo di O_2 e NO_3^- , che porta alla formazione di NH_4^+ nelle acque interstiziali e quindi il suo passaggio in colonna d'acqua.

La Val Cavanata (FM 1, riportata in blu in figura 6, è particolarmente soggetta ad uno scarso ricambio idrico, evidenziando concentrazioni elevatissime di N-NH_4 , fino a quasi 500 µg/l.

Come evidenziato nella figura 7, la percentuale di N-NH_4 rispetto al DIN in FM 1 raggiunge sempre valori molto elevati, con punte massime prossime al 100%.

I valori mediani annui dei nutrienti sono stati anche trattati applicando un'analisi di tipo geostatistico (ArcGis) (figg. 8-10). Dall'interpolazione appaiono ancora più evidenti i carichi di nitrati nelle zone più vulnerabili del sistema lagunare.

Allo stato attuale i corpi idrici di transizione, sulla base della Direttiva 2000/60/CE, presentano uno stato di qualità scarso o sufficiente nella parte più interna lagunare, in cui le pressioni sono dovute agli apporti fluviali e dove risulta particolarmente evidente l'impatto antropico, riconducibile essenzialmente a pressioni diffuse da agricoltura intensiva, con la presenza di una zona vulnerabile ai nitrati ai sensi della Direttiva 91/676/CEE. Lo stato di qualità buono/elevato si rileva nella fascia più influenzata dagli apporti marini e quindi a maggior ricambio, dove i prati a fanerogame marine sono particolarmente sviluppati. In generale si evidenzia una maggiore sensibilità della comunità macrofitica ed una sua compromissione soprattutto in alcuni corpi idrici fortemente modificati.

Effetti dei nitrati sulle acque marino-costiere

Nel periodo 2009-2010 è stato attuato da ARPA FVG il programma di monitoraggio dei corpi idrici delle acque marino-costiere regionali. Sono stati individuati 17 corpi idrici, di cui 10 nella fascia costiera entro 3.000 m e 7 in quella marina più al largo fino ad 1 miglio nautico dalla linea di base. Attualmente

FIGURA 6. ANDAMENTO DEL CARICO DI AMMONIO IN TRE CORPI IDRICI (FM 1-2-3) (VEDI FIG. 4).

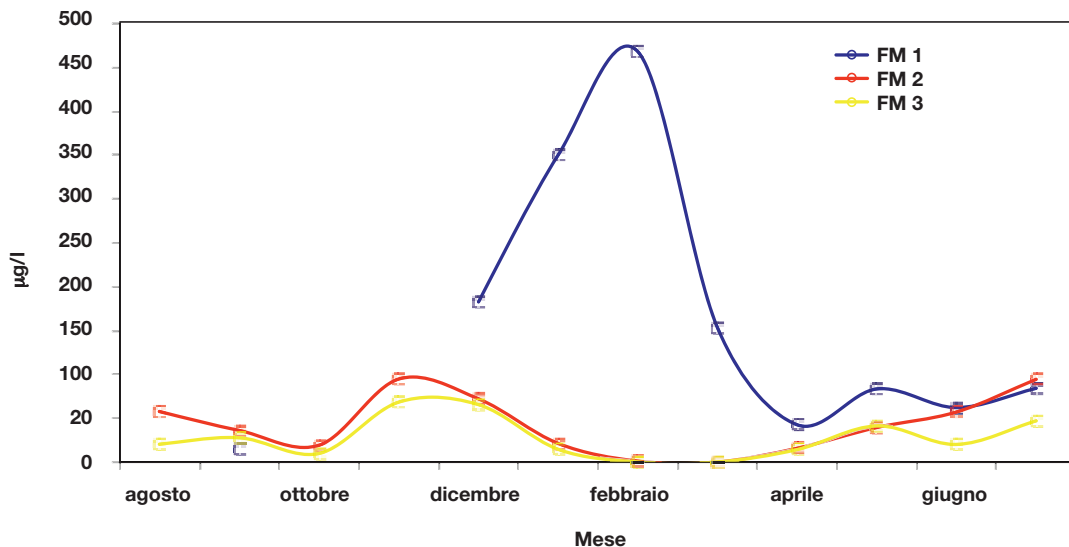


FIGURA 7. PERCENTUALE DI AMMONIO RISPETTO AL DIN NEL CORPO IDRICO FM 1 (VEDI FIG. 4).

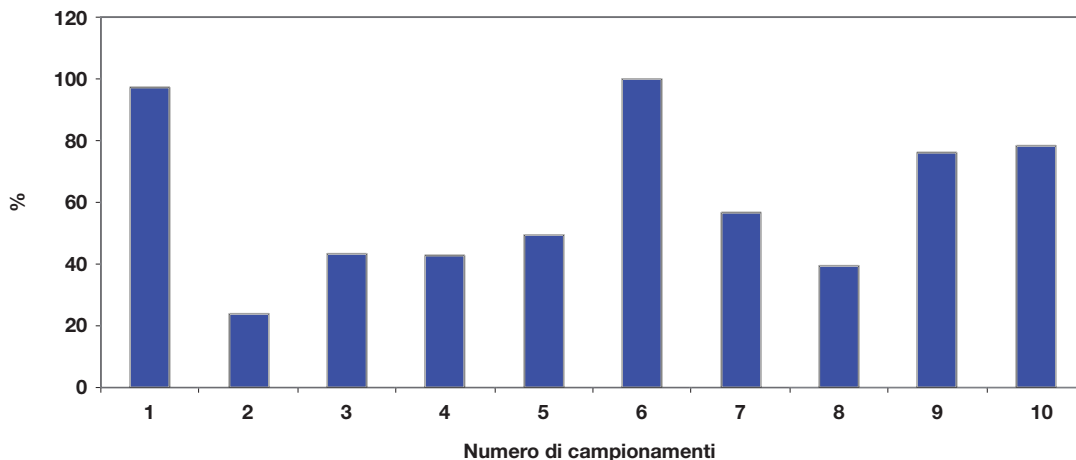


FIGURA 8. DISTRIBUZIONE DEI CARICHI DI NITRATI NEL SISTEMA LAGUNARE.



FIGURA 9. DISTRIBUZIONE DEI CARICHI DI NITRITI NEL SISTEMA LAGUNARE.

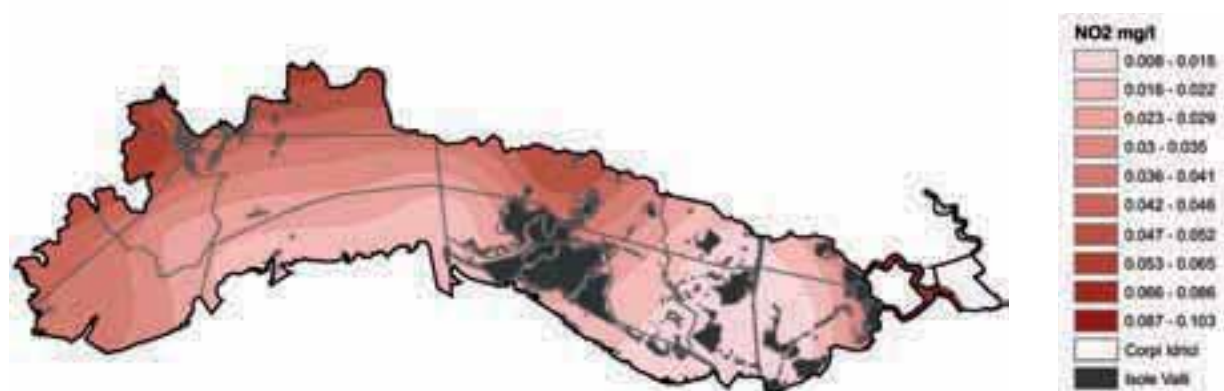


FIGURA 10. DISTRIBUZIONE DEI CARICHI DI AMMONIO NEL SISTEMA LAGUNARE.



FIGURA 11. TIPIZZAZIONE DEI CORPI IDRICI MARINO-COSTIERI.



.....

Per limitare gli apporti di nutrienti verso il sistema idrologico sotterraneo e la rete idrica superficiale, sono state individuate in regione due Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola: il territorio del comune di Montereale Valcellina e il bacino scolante in laguna di Marano e Grado.

.....

tini. Il DIN ha una concentrazione mediana pari a 105,7 µg/L. Delle tre specie chimiche costituenti il DIN, il NO₃⁻ è la forma predominante (86,9%), seguito dall'NH₄⁺ (10,5%) e dal NO₂⁻ (2,6%). In generale, per le acque marino-costiere la qualità è complessivamente buona o elevata, ad eccezione delle due aree corrispondenti ai corpi idrici prospicienti le bocche lagunari di Grado e Porto Buso, la cui valutazione finale è risultata essere sufficiente. Tale stato potrebbe essere attribuito agli impulsi stagionali di sostanze nutritive arricchite in azoto e provenienti dal perimetro lagunare, oppure alla qualità del substrato (granulometria del sedimento) non adatto alla crescita delle popolazioni bentoniche.

Nella figura 12 sono riportate le concentrazioni di nitrati riscontrate nel periodo 2009-10 nelle acque di transizione e marino-costiere.

Impatti e risposte

Il giudizio di stato ecologico, in particolare in relazione alle comunità di macrofite, è coerente con i dati di concentrazione di nitrati analizzati nei corpi idrici regionali. Dalle carte di concentrazione di nitrati si evidenzia un incremento significativo a valle della linea delle risorgive. La carta si sovrappone bene a quella di stato ecologico, il cui peggioramento a valle della linea delle risorgive è principalmente correlato a un'alterazione della comunità macrofittica. Se ne deduce che la destrutturazione delle comunità di macrofite d'acqua dolce e le periodiche intense fioriture planctoniche delle zone interne della laguna di Marano sono probabilmente dovute ad un significativo impatto antropico. Esso è riconducibile essenzialmente a pressioni diffuse da agricoltura intensiva, che hanno determinato la presenza di una zona vulnerabile ai nitrati ai sensi della Direttiva 91/676/CEE, e a causa delle quali le acque di falda riemergono lungo la linea delle risorgive con una concentrazione media attorno ai 40 mg/l di NO₃. Ulteriori impatti significativi sono da collegarsi a interventi di artificializzazione e ad allevamenti ittici. La bonifica della bassa pianura friulana ha infatti comportato alcuni processi di deterioramento ecologico strutturale delle comunità soprattutto macrofittiche d'acqua dolce, dovuti alla rettificazione e alla canalizzazione delle rogge, alla scomparsa della fascia riparia a seguito dello sfalcio periodico delle sponde e delle macrofite in alveo. Al fine di limitare gli apporti di nutrienti verso il sistema idrologico sotterraneo e la rete idrica superficiale, in applicazione alla Direttiva 91/676/CEE sono state individuate, in regione, due Zone Vulnerabili ai Nitrati (ZVN) di origine agricola (nel 2003 la zona corrispondente al territorio del comune di Montereale Valcellina, nel 2008 il bacino scolante in laguna di Marano e Grado, che include 67 Comuni compresi tra l'anfiteatro morenico e la laguna) ed è in vigore il Programma d'Azione (PdA) approvato con D.P.Reg. 24-5-2010 n. 0108/Pres.

sono stati aggiunti 2 corpi idrici fortemente modificati, situati nell'area portuale di Trieste e nella baia di Muggia, per i quali si prevede di iniziare il monitoraggio nel 2011 (fig. 11).

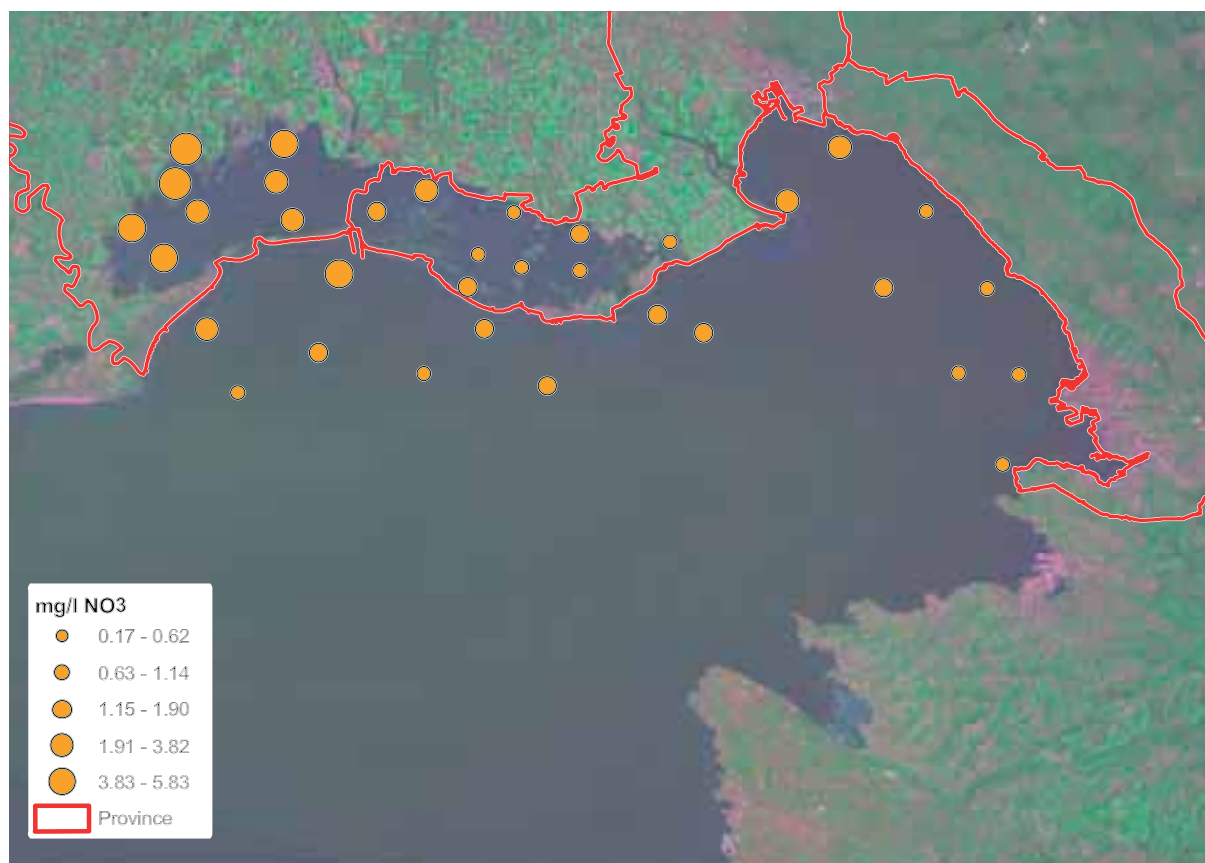
I valori della concentrazione dei composti azotati mediati nei mesi di campionamento, riportati nella tabella 3, comprendono un dataset di 266 campionamenti.

È evidente dal confronto con la tabella 1 riguardante l'ecosistema lagunare che il golfo di Trieste ha un carico mediano di NO₃⁻ circa 3 volte inferiore. I valori più elevati si registrano a livello del corpo idrico CE 15 direttamente influenzato dagli apporti lagunari attraverso le bocche di porto, ed in misura minore nell'adiacente CE 16. Periodici accumuli sono anche evidenti in MA 21 e CE 12 sotto influenza degli apporti ison-

TABELLA 3. RIEPILOGO STATISTICO DELLA DISTRIBUZIONE DELLE FORME AZOTATE NEL GOLFO DI TRIESTE.

N=228	N-NO ₂ µg-N	N-NH ₄ µg-N	N-NO ₃ µg-N
Min	<lod (0,14)	<lod (0,14)	<lod (0,14)
Max	18	74	1.757
Media	4,3	13	191
Mediana	2,8	11,1	92

FIGURA 12. CONCENTRAZIONE DI NITRATI NELLE ACQUE MARINO-COSTIERE E DI TRANSIZIONE (2009-2010).



Le disposizioni del PdA sono inerenti a:

- divieti e limitazioni di applicazione al terreno di fertilizzanti conformemente al Codice di Buona Pratica Agricola (CBPA, approvato con D.M. MiPAF 19-4-1999) ed in funzione delle caratteristiche della zona vulnerabile; in particolare, in considerazione della natura e della pendenza del suolo, delle condizioni climatiche, dell'irrigazione, dell'uso del terreno e delle pratiche agronomiche attuate;
- capacità dei depositi per effluenti di allevamento (tale capacità è superiore a quella necessaria per l'immagazzinamento nel periodo più lungo, durante il quale è proibita l'applicazione al terreno);
- periodi in cui è proibita l'applicazione al terreno di determinati tipi di fertilizzanti.

Nel Programma d'Azione vigente, la graduazione dell'intensità delle misure di contenimento dell'inquinamento tiene conto delle modalità di conduzione dei terreni agricoli (rotazione adottata, regime irriguo, impiego di concimi inorganici/organici e loro diversa efficienza), oltre che delle diverse vulnerabilità territoriali (bassa ed alta pianura), al fine di ottenere risultati significativi di diminuzione del carico e della concentrazione dei nitrati nelle acque superficiali. I criteri e le norme tecniche del PdA che le aziende agricole ricadenti nelle ZVN osservano sono volti in particolare a:

- proteggere e risanare le zone vulnerabili dall'inquinamento provocato da nitrati di origine agricola per il raggiungimento degli obiettivi di qualità di cui agli articoli 76, 77 e 79 del D.lgs. 152/2006;
- limitare l'applicazione al suolo dei fertilizzanti azotati sulla base dell'equilibrio tra il fabbisogno prevedibile di azoto delle colture e l'apporto alle colture di azoto proveniente dal suolo e dalla fertilizzazione, che deve essere attuata nei momenti in cui garantisce un'elevata efficienza, senza peraltro trascurare il rispetto delle qualità fisiche, chimiche ed idrologiche dei suoli;
- promuovere strategie di gestione integrata degli effluenti zootecnici per il riequilibrio del rapporto agricoltura-ambiente, tra cui l'adozione di modalità di allevamento e di alimentazione degli animali finalizzate a contenere, già nella fase di produzione, il contenuto di azoto.

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Macrofite
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	Adimensionale
FONTE	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2009-2010

GLOSSARIO

Analiti. Le sostanze identificate in un'analisi chimica.

Ciclo dell'azoto. Ciclo complesso di natura chimica che implica il trasferimento dell'azoto principalmente dall'aria (il suo 'serbatoio di riserva') al suolo e agli esseri viventi, da cui attraverso processi biogeochimici torna in atmosfera.

Effluente. Materiale di scarico che sgorga da un condotto.

Macrozoobenthos. Organismi invertebrati di taglia non inferiore al millimetro che vivono sul fondo di fiumi, laghi, acque di transizione e marine.

Taxa. Plurale di 'taxon', ovvero raggruppamento di organismi viventi secondo caratteristiche codificate (morfologiche, genetiche, ecc).

PSU (Practical Salinity Unit). Unità pratica di salinità.

QUALITÀ DELLE ACQUE POTABILI

La maggior parte dei grandi acquedotti attingono e distribuiscono acqua di elevata qualità (nitrati inferiori a 10 mg/l). Solo alcune captazioni di acquedotti locali pescano acque con elevato contenuto di nitrati di origine agricola, seppure nel rispetto della norma.

Elena Pezzetta
ARPA FVG
Laboratorio Unico
Multisito
Anna Lutman
Laboratorio Unico
Multisito - Udine

Le acque destinate al consumo umano devono possedere, alla distribuzione, i requisiti di qualità indicati nel D.lgs. 31/01, che stabilisce i valori per una serie di parametri: organolettici, chimico-fisici, microbiologici, sostanze inquinanti e tossiche. Oltre al D.lgs. 31/01, anche il D.lgs. 152/06, in alcuni articoli specifici, relativi alla parte III 'Norme in difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche', detta alcuni indirizzi relativamente alle acque destinate al consumo umano; di particolare importanza, relativamente alla qualità di queste ultime, risulta essere la parte riguardante il recepimento della Direttiva CEE 91/676 che si occupa dell'inquinamento da nitrati delle acque.

Nel Friuli Venezia Giulia, oltre il 90% delle acque destinate al consumo umano proviene da falde sotterranee e da sorgenti, mentre solo una piccola percentuale deriva da acque superficiali. Le acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile devono possedere i requisiti di qualità indicati nel D.lgs. 152/06, allegato 2 della parte III; il monitoraggio di tali acque è competenza dell'ARPA FVG. La competenza dei controlli alle captazioni e alle utenze finali di tutte le acque destinate al consumo umano è rimasta alle Aziende per i Servizi Sanitari (ASS); i laboratori dell'ARPA FVG effettuano le verifiche analitiche sui campioni che i competenti servizi delle ASS prelevano.

Accanto alle acque destinate al consumo umano, i laboratori dell'ARPA FVG analizzano su richiesta delle ASS, competenti sul territorio, le acque derivanti dagli impianti delle piscine. Questo tipo di controllo prevede la verifica del rispetto dei requisiti di qualità dell'acqua di approvvigionamento, dell'acqua di immissione in vasca e dell'acqua in vasca, secondo programmi concordati, fermo restando la competenza dell'Azienda Sanitaria Locale nella gestione dei relativi risultati e degli eventuali provvedimenti conseguenti.

Per quanto riguarda le acque destinate al consumo umano, quest'ultimo triennio conferma quanto già riportato nei precedenti rapporti sullo stato dell'ambiente, cioè la tendenza del cambiamento della tipologia dei parametri richiesti dalle ASS e quindi analizzati. Rispetto ad una sostanziale costanza di richiesta di parametri di tipo batteriologico permane infatti una percentuale più bassa, diversamente dal passato, del numero di parametri di chimici di base, mentre sono aumentati quelli relativi ai microinquinanti organici ed inorganici.

I campioni analizzati per anno e suddivisi per provincia sono riassunti nella tabella 1.

Il numero di campioni medio di acque di piscina analizzati nel triennio è di circa 250 campioni. I parametri analizzati sono sostanzialmente rimasti invariati e si limitano a controlli di tipo microbiologico e

TABELLA 1. CAMPIONI ANALIZZATI PER ANNO SUDDIVISI PER PROVINCIA.

Provincia	2008	2009	2010
GO	368	339	296
PN	602	689	668
TS	498	425	382
UD	1.498	1.506	1.509
Totali	2.966	2.959	2.855

FIGURA 1. I PARAMETRI MICROBIOLOGICI RISULTANO ESSERE I PRINCIPALI RESPONSABILI DEGLI ESITI SFAVOREVOLI. ESSI RAPPRESENTANO QUASI IL 60% DEI SUPERAMENTI DEI LIMITI LAVORATIVI.

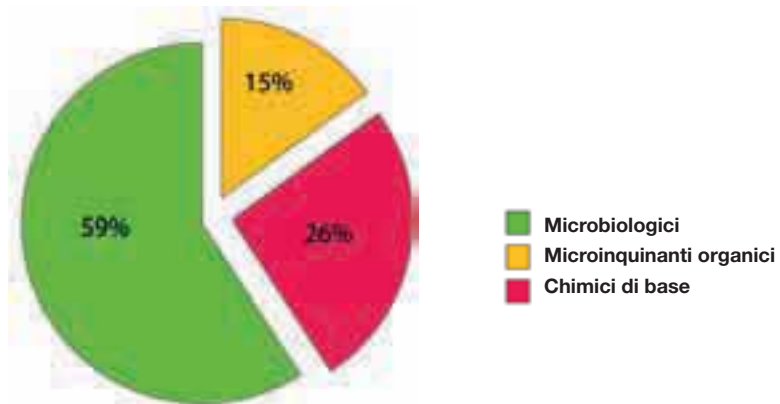


TABELLA 2. CONCENTRAZIONI MINIME, MEDIE E MASSIME DI NITRATI NELLE CAPTAZIONI DEI PRINCIPALI ACQUEDOTTI REGIONALI.

Provincia	Acquedotto	Comune	Punto prelievo	Minimo (mg/l)	Medio (mg/l)	Massimo (mg/l)
GO	Iris	Cormons	Pozzo n. 1	21	22	23
GO	Iris	Cormons	Pozzo n. 2	22	23	24
GO	Iris	Cormons	Pozzo n. 3	22	24	26
GO	Iris	Farra d'Isonzo	Pozzo n. 1	4	4	4
GO	Iris	Farra d'Isonzo	Pozzo n. 2	4	5	5
GO	Iris	Farra d'Isonzo	Pozzo n. 3	3	3	3
GO	Iris	Farra d'Isonzo	Pozzo n. 4	3	4	4
GO	Iris	Farra d'Isonzo	Pozzo n. 5	3	3	3
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 1	11	11	11
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 2	13	13	13
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 3	8	8	8
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 4	7	7	7
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 5	5	5	5
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 6	4	4	4
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 7	17	17	17
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 8	10	10	10
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 9	7	7	7
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 10	11	11	11
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 11	6	10	13
GO	Iris	Gorizia	Pozzo n. 12	4	6	8
GO	Iris	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 1	5	6	7
GO	Iris	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 2	6	7	7
GO	Iris	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 3	7	8	9
GO	Iris	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 4	10	10	10
GO	Iris	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 5	10	10	10
GO	Iris	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 6	10	10	10
GO	Comunale	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 1	9	10	11
GO	Comunale	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 2	7	8	8
GO	Comunale	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 4	10	12	14
GO	Comunale	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 6	9	11	13
GO	Comunale	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 7	5	6	6
GO	Comunale	Ronchi dei Legionari	Pozzo n. 8	5	6	6
GO	Iris	San Canzian d'Isonzo	Pozzo n. 1	15	16	16
GO	Iris	San Canzian d'Isonzo	Pozzo n. 4	7	8	8
GO	Iris	San Canzian d'Isonzo	Pozzo n. 5	7	8	8
GO	Iris	San Canzian d'Isonzo	Pozzo n. 6	8	9	9
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 1	7	7	9
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 2	7	12	15
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 3	9	10	11
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 4	11	12	12
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 5	8	9	11
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 6	6	7	7

Provincia	Acquedotto	Comune	Punto prelievo	Minimo (mg/l)	Medio (mg/l)	Massimo (mg/l)
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 7	9	10	13
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 10	7	8	8
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 11	4	5	7
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 12	8	9	9
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 8	13	13	13
GO	Acegas	San Pier d'Isonzo	Pozzo n. 9	7	7	7
PN	Basso Livenza	Azzano Decimo	Pozzo n. 1	5	5	5
PN	Brugnera	Brugnera	Pozzo n. 1	4	4	5
PN	Caneva	Caneva	Pozzo n. 1	3	3	3
PN	Casarsa	Casarsa della Delizia	Pozzo n. 1	4	6	7
PN	Cordenons	Cordenons	Pozzo n. 1	3	3	3
PN	Basso Tagliam.	Cordovado	Pozzo n. 1	5	6	6
PN	Fontanafredda	Fontanafredda	Pozzo n. 1	4	5	5
PN	Santissima	Polcenigo	Sorgente	2	2	3
PN	Comina Bassa	Pordenone	Pozzo Protciv	4	4	4
PN	Comina Bassa	Pordenone	Pozzo Fhelman	21	23	25
PN	Torre Est	Pordenone	Pozzo n. 1	7	7	8
PN	Roveredo	Roveredo in Piano	Pozzo protciv	10	11	12
PN	Roveredo	Roveredo in Piano	Pozzo vecchio n. 1	39	41	42
PN	Roveredo	Roveredo in Piano	Pozzo vecchio n. 2	40	42	46
PN	Provesano	San Giorgio della Richinvelda	Pozzo n. 1	4	4	4
PN	Rauscedo	San Giorgio della Richinvelda	Pozzo n. 1	16	16	16
PN	Arzene	San Martino al Tagliamento	Pozzo n. 1	5	6	7
PN	San Quirino	San Quirino	Pozzi	20	29	42
PN	Spilimbergo	Spilimbergo	Pozzo	9	9	9
PN	Spilimbergo	Spilimbergo	Pozzo m 105	5	5	5
PN	Spilimbergo	Spilimbergo	Pozzo m 100	30	30	30
UD	CAFC	Artegna	Pozzo T	3	4	5
UD	CAFC	Camino al Tagliamento	Pozzo T	6	7	9
UD	CAFC	Gonars	Pozzo T n. 1	25	26	26
UD	CAFC	Lusevera	Sorgente 'Musi'	2	3	4
UD	Poiana	Manzano	S. Nicolò n. 1	8	11	14
UD	Poiana	Manzano	S. Nicolò n. 2	11	13	16
UD	CAFC	Palmanova	Pozzo T	7	8	8
UD	AMGA	Reana del Roiale	"S. Agnese"	4	5	7
UD	CAFC	Santa Maria la Longa	Pozzo	19	21	22
UD	AMGA	Taipana	Sorgenti	3	4	4
UD	CAFC	Tavagnacco	Pozzi nn. 3 e 4	19	22	24
UD	AMGA	Tricesimo	Valloncello	23	26	30
UD	AMGA	Udine	Palamostre	18	20	21
UD	AMGA	Udine	Gonars	18	20	23
UD	AMGA	Udine	Castello	17	21	23

La distribuzione mette in evidenza la bassa concentrazione di nitrati negli acquedotti montani e pedemontani e la concentrazione decisamente più elevata negli acquedotti che servono i comuni siti nella zona udinese a cavallo della linea delle risorgive.

tipo chimico di base e una piccola parte a residui di erbicidi, la cui totalità è riferibile ad analisi su campioni d'acqua proveniente da pozzi privati.

dei parametri chimici di base. Gli esiti sfavorevoli sono principalmente dovuti ad un eccesso o un difetto di cloro e del valore del pH seguiti poi dai parametri microbiologici.

Indicatore 1: Esiti sfavorevoli - campioni di acque destinate al consumo umano

La percentuale dei campioni sfavorevoli di acque destinate al consumo umano si attesta negli anni attorno ad un valore del 6% dei campioni totali, con una tendenza alla diminuzione rispetto al passato (9%). I parametri batteriologici rappresentano mediamente il 60% (fig. 1) dei campioni con esito sfavorevole; i rimanenti sono dovuti principalmente a parametri di

Indicatore 2: Distribuzione della concentrazione di nitrati nei principali acquedotti regionali

La Direttiva CEE 91/676 ha messo in evidenza la problematica derivante dall'inquinamento delle acque provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole. Le acque sotterranee da cui attingono principalmente i nostri acquedotti possono anche essere sottoposte a questo tipo di inquinamento. Tenere sotto controllo l'andamento della concentrazione di nitrati nella captazione degli acquedotti diventa quindi di fondamentale importanza sia per quanto riguarda la salute umana, vista la specifica destinazione di queste acque, sia in attuazione a quanto prescritto dalla Direttiva CEE riguardo i programmi di controllo.

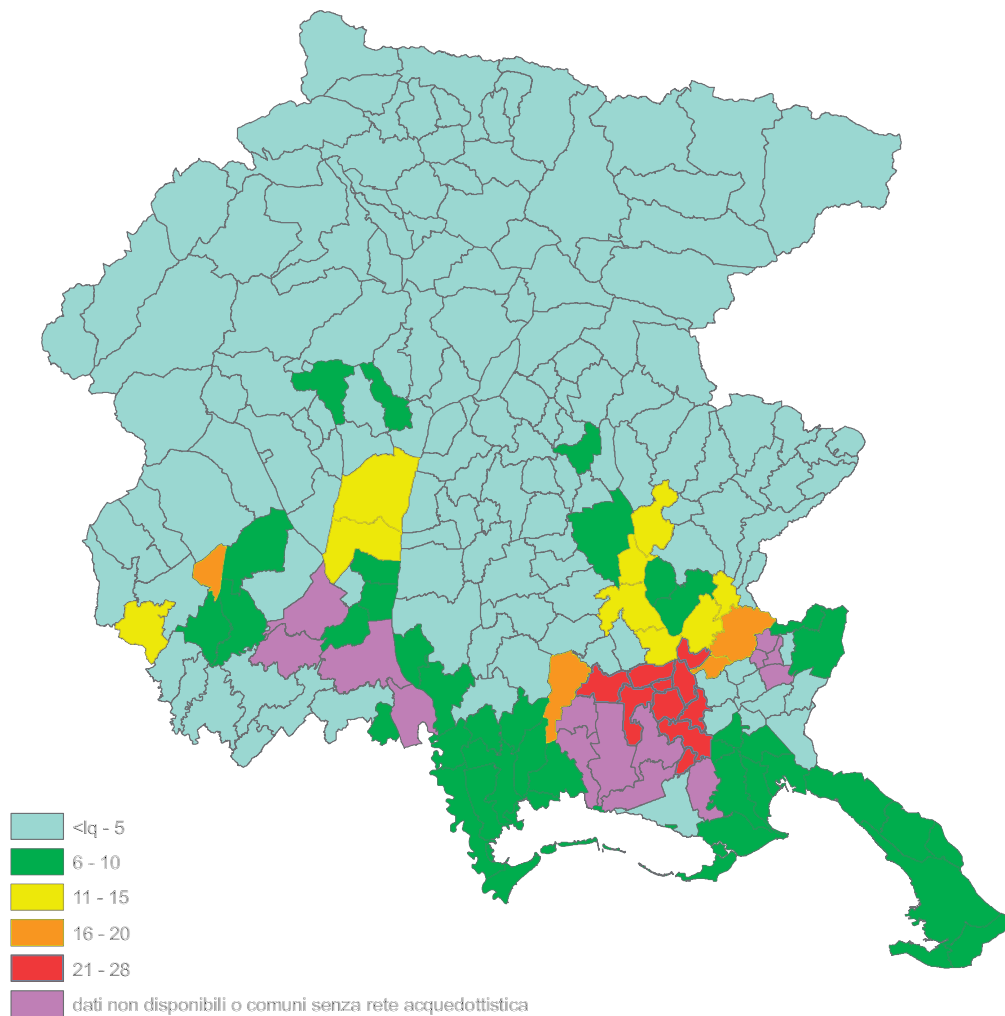
Le concentrazioni minime, medie e massime dei nitrati nelle captazioni dei principali acquedotti regionali sono riportate nella tabella 2, mentre la figura 2 mostra la concentrazione di nitrati negli acquedotti regionali. La distribuzione mette in evidenza in generale la buona qualità delle acque servite dagli acquedotti (limite previsto dal D.lgs. 31/01 riguardo i nitrati è pari a 50 mg/l). In particolare, è evidente la bassa concentrazione di nitrati negli acquedotti montani e pedemontani e la concentrazione decisamente più elevata negli acquedotti che servono i comuni siti nella zona udinese a cavallo della linea delle risorgive.

Indicatore 3: Distribuzione dei parametri richiesti e analizzati per provincia

La diversificazione delle richieste analitiche e quindi dei parametri analizzati, nei campioni di acqua destinata al consumo umano può essere un indicatore utile per monitorare e verificare l'uniformità o meno dei controlli effettuati nelle varie province. L'indicatore scelto ha messo in evidenza infatti che, mentre le richieste per le analisi microbiologiche sono più o meno equamente distribuite, quella dei microinquinanti organici ed inorganici è difforme. La distribuzione mette in rilievo il tipo di controllo non omogeneo all'interno delle quattro province per quanto riguarda le analisi di tipo chimico e, in particolare, relative ai microinquinanti inorganici e ad alcune classe di microinquinanti organici (fig. 3 e tab. 3).

In generale, la qualità delle acque destinate al consumo umano della regione è buona e non presenta particolari rischi sanitari: il fatto che in Friuli Venezia Giulia oltre il 90% di tali acque provenga da falde sotterranee e da sorgenti, mentre solo una piccola percentuale derivi da acque superficiali risulta essere sicuramente una garanzia per il rispetto dei requisiti di qualità di cui al D.lgs. 31/01.

FIGURA 2. CONCENTRAZIONE DI NITRATI (mg/l) NEGLI ACQUEDOTTI REGIONALI (I DATI SONO STATI ELABORATI COME MEDIANE PER COMUNE).



Dal punto di vista chimico sono principalmente i pozzi privati, da cui emungono l'acqua potabile le singole abitazione, insediate in comuni con assenza di rete acquedottistica, che denotano non conformità per la presenza di erbicidi.

L'elaborazione dei dati degli esiti sfavorevoli conferma infatti che dal punto di vista chimico sono principalmente i pozzi privati, da cui emungono l'acqua potabile le singole abitazione, insediate in comuni con assenza di rete acquedottistica, che denotano non conformità per la presenza di erbicidi, quali i metaboliti dell'atrazina e/o della terbutilazina. Questa realtà mette anche in evidenza la difficoltà del controllo sanitario, che risulta quasi impossibile in quanto troppo dispersivo e capillare.

I piccoli acquedotti delle zone montane e pedemontane, così come nel passato, confermano la loro problematicità per quanto riguarda i rispetti dei requisiti di qualità dei parametri microbiologici. L'emungimento effettuato

da sorgenti a volte poco protette, il numero elevato di acquedotti per comuni e di conseguenza per popolazione servita (spesso gli acquedotti servono nuclei famigliari) e le scarse risorse economiche a disposizione per la sistemazione delle reti di distribuzione, sono quasi sempre la causa del mancato rispetto dei limiti di legge dei parametri microbiologici.

Relativamente alla problematica dei nitrati, possiamo dire che, in generale, gli acquedotti regionali distribuiscono acque con concentrazioni di nitrati entro la norma (50 mg/l), ma che in alcuni comuni la concentrazione in rete supera la soglia dei 10 mg/l (valore consigliato per l'infanzia). Gli andamenti nel triennio, relativi ad alcune captazioni, indicano comunque una leggera tendenza alla diminuzione.

L'eterogeneità di comportamento all'interno del territorio regionale, rispetto alla quantità e al tipo di analisi richieste, non giustificata apparentemente da diverse problematiche presenti nei singoli territori provinciali, pone delle domande riguardo all'uniformità dei controlli e al corretto utilizzo delle risorse analitiche.

La continua, costante e robusta sorveglianza sanitaria sicuramente limita i rischi di diffusione di germi patogeni, prevenendo così problematiche sanitarie, soprattutto per la popolazione a rischio, migliorando l'aspetto igienico/sanitario ed economico. Le tecniche analitiche sempre più accurate e precise certamente permettono di valutare meglio gli indici di eventuali inquinamenti chimici, garantendo alla popolazione una sempre maggior garanzia degli alti livelli di qualità dello stato chimico delle acque servite dai gestori degli acquedotti. Tuttavia la mancanza di acquedotti in alcune zone e la presenza di pozzi privati per ogni unità abitativa impedisce di fatto una seria verifica sanitaria.

L'andamento, in leggera diminuzione, della concentrazione di nitrati in alcune captazioni degli acquedotti regionali fa pensare ad una corretta valutazione ed applicazione, attraverso i Piani d'Azione, della normativa sui nitrati.



FIGURA 3. DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DEI PARAMETRI RICHIESTI E ANALIZZATI PER PROVINCIA.

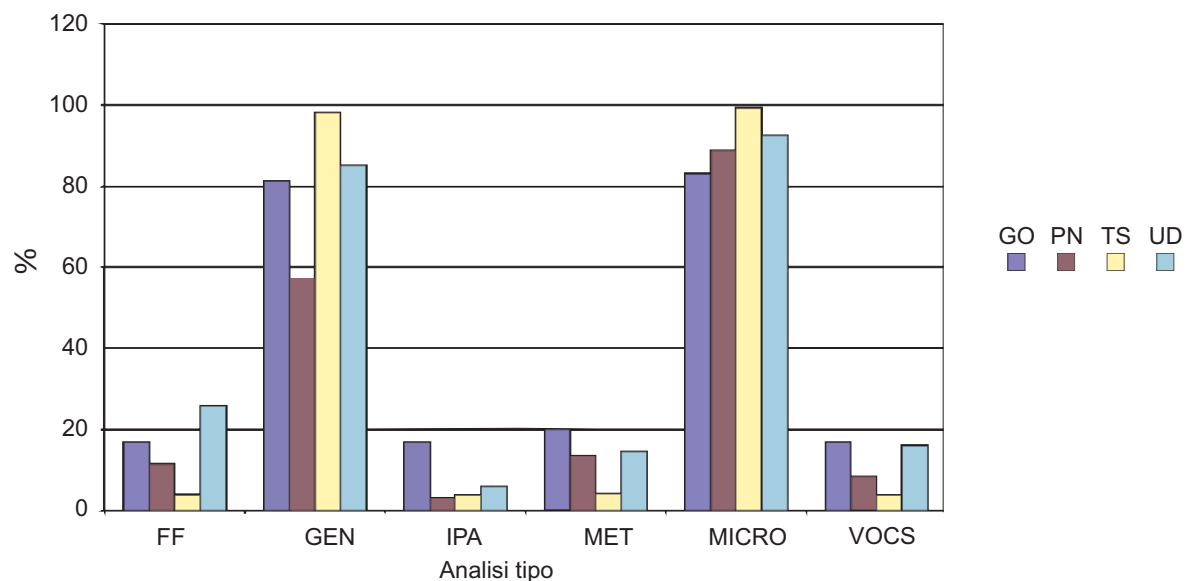


TABELLA 3. TIPO DI INQUINANTI.

Abbreviazione	Descrizione	Tipo
FF	Fitosanitari (antiparassitari, fungicidi, erbicidi, ecc.)	Microinquinanti organici
GEN	Chimici di base (ferro incluso)	Microinquinanti organici
IPA	Idrocarburi policiclici aromatici	Microinquinanti organici
MET	Metalli (ferro escluso)	Microinquinanti inorganici
MICRO	Microbiologici	Microinquinanti organici
PCB	Policlorobifenili	Microinquinanti organici
VOCS	Composti organici volatili	Microinquinanti organici

STRUTTURA DEGLI INDICATORI

INDICATORE 1

NOME	Esito sfavorevole
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	%
FONTE	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2008-2010

INDICATORE 2

NOME	Distribuzione della concentrazione dei nitrati
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	mg/l
FONTE	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2008-2010

INDICATORE 3

NOME	Distribuzione dei parametri analizzati
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	%
FONTE	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2010

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

D.lgs. 2 febbraio 2001, n. 31	Attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano
Accordo 16 gennaio 2003	Accordo tra il Ministro della Salute, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano sugli aspetti igienico-sanitari per la costruzione, la manutenzione e la vigilanza delle piscine a uso natatorio
Direttiva CEE 91/676	Direttiva del Consiglio relativa alla protezione delle acque all'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole

QUALITÀ DELLE ACQUE SANITARIE

L'inquinamento da *Legionella* delle acque di condizionamento e delle piscine è in incremento. L'attività di controllo sta cercando di prevenire la diffusione delle malattie correlate.

Marinella Franchi
ARPA FVG
Laboratorio Unico
Multisito - Udine

Poiché negli ultimi tempi, sia in Italia che all'estero, si è registrato, in particolare nell'ambiente ospedaliero e tra i viaggiatori, un aumento dei casi di polmonite provocati dal germe della *Legionella*, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), la Comunità Europea (da parte dell'European Legionnaires' Disease Surveillance Network, ELDSNet) e l'Istituto Superiore di Sanità (ISS), hanno sottoposto queste infezioni a sorveglianza speciale considerandole un problema emergente in sanità pubblica con importanti

ripercussioni anche di tipo economico.

Di conseguenza il Ministero della Salute e gli Assessorati Regionali della Sanità hanno invitato gli organi competenti a svolgere attività di controllo e di prevenzione.

A questo proposito, il laboratorio di Udine, indicato come Laboratorio Regionale di Riferimento per la ricerca della *Legionella*, ha iniziato, dal 2002, un programma di monitoraggio e sorveglianza regionale delle acque di acquedotto e/o pozzo prelevate presso strutture pubbliche quali: ospedali, case di cura e di riposo, piscine, alberghi, ristoranti, centri sportivi, ricreativi ecc., dove le *Legionelle* possono trovare un più favorevole ambiente di crescita e di diffusione.

Sono stati eseguiti controlli anche nelle abitazioni private ma solo su segnalazione di casi clinici.

Seguendo le linee guida sopra riportate ed in collaborazione con le Aziende per i Servizi Sanitari e le direzioni sanitarie degli ospedali dell'intero territorio regionale, nel triennio 2008-2010 sono stati analizzati 4.532 campioni di acqua prelevati prevalentemente dal circuito dell'acqua calda sanitaria. Il 25% di questi è risultato positivo per la *Legionella pneumophila*.

In particolare, nell'anno 2008 sono stati analizzati 1.566 campioni, nell'anno 2009 sono pervenuti 1.467 campioni e nel 2010 ne sono pervenuti 1.499 (tab. 1).

La maggiore diffusione di *Legionella* è stata individuata nelle strutture ospedaliere e nelle piscine. È risultata prevalente la *Legionella pneumophila* sierogruppo 2-14 (68%) rispetto al sierogruppo 1 (32%) maggiormente associato alla comparsa di malattia. Rari i casi di *Legionella spp.*

Prelievi accurati e tempestivi hanno permesso di localizzare nelle abitazioni private e negli alberghi, in cui era stata segnalato un caso clinico, la fonte d'inquinamento evitando così l'insorgere di epidemie o pericolose reinfezioni.

Dopo opportuno trattamento degli impianti idrici colonizzati dal germe, la contaminazione è scomparsa come dimostrato da successivi controlli. È da osservare comunque che facilmente nelle strutture molto ampie e/o con impianti obsoleti, dopo un lasso di tempo dalla bonifica, circa 12-24 mesi, la contaminazione si può ripresentare.

TABELLA 1. NUMERO TOTALE DEI CAMPIONI DI ACQUA SANITARIA E PERCENTUALE DI POSITIVITÀ (2008-2010).

Strutture	N. totale campioni	N. positivi	% positivi
Alberghi e Ristoranti	1.052	147	14
R.S.A. – Case di Riposo	1.200	214	18
Ospedali	1.541	652	42
Piscine e centri sportivi	249	72	29
Privati	490	57	12
Totali	4.532	1.142	25

Per quanto riguarda la *Legionella*, poiché, come evidenziato, la diffusione del germe è frequente con ripercussioni anche gravi sulla salute pubblica, si sottolinea come una sbagliata gestione degli impianti dell'acqua calda sanitaria può indurre la propagazione del problema.

Una corretta prevenzione attraverso adeguati trattamenti e gestione degli impianti idrici, sia di tipo aquedottistico che sui circuiti per le acque per uso sanitario, sono fondamentali per ridurre le contaminazioni di tipo biologico. Si sottolinea, inoltre, l'importanza di una meticolosa attività di prevenzione e controllo.

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Esito sfavorevole
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	%
FONTI	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2008-2010

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Documento del 4 aprile 2000 (GU 5 maggio 2000 n. 103)	Linee-guida per la prevenzione e il controllo della legionellosi
--	--

QUALITÀ DEL SUOLO

È fondamentale sviluppare e consolidare a livello europeo e nazionale una rete di monitoraggio dei fenomeni di degrado dei suoli. In particolare, la bassa pianura della nostra regione è stata identificata come un'area a rischio di compattazione, in cui i suoli possono presentare ridotte funzioni ecologiche.

Laura Catalano
ARPA FVG
Gestione attività
centralizzate di
rilievo regionale

Il suolo rappresenta una risorsa sostanzialmente non rinnovabile nel senso che la velocità di degradazione è potenzialmente rapida, mentre i processi di formazione e rigenerazione sono estremamente lenti. Si tratta di un sistema aperto, in equilibrio dinamico con le altre componenti ambientali ed in continua evoluzione (Benedetti, Mocali, 2009). Il suolo svolge numerose e importanti funzioni, fra le quali possiamo annoverare la produzione di biomassa, la filtrazione e trasformazione di sostanze e nutrienti, la presenza di pool di biodiversità, la funzione di piattaforma per la maggior parte delle

attività umane, la fornitura di materie prime, la funzione di deposito di carbonio e nutrienti, la conservazione del patrimonio geologico e archeologico.

Nel definire cosa si intende per suolo occorre considerare la complessità dei fenomeni che ne caratterizzano la genesi oltre che la molteplicità e varietà delle sue componenti. Una definizione che tiene conto dell'importanza cruciale dell'attività biologica nel suolo è quella riportata nella Comunicazione della Commissione Europea COM(2002)179: «con il termine suolo si definisce lo strato superiore della crosta terrestre, formato da particelle minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi». Un suolo, infatti, contrariamente a quanto si è soliti pensare, è prima di tutto un articolato sistema biologico regolato da meccanismi metabolici complessi e ancora non completamente compresi (Benedetti, Mocali, 2008; Nannipieri *et al.*, 2003; Nannipieri, Dumontet, Gianfreda, 2005).

Per la varietà unica delle funzioni che esplica, indispensabili alla vita, e per il fatto che rappresenta un nodo importante negli equilibri ambientali, al suolo è stato finalmente riconosciuto un ruolo di primo piano ai fini della sostenibilità a lungo termine della comunità (Garbisu, Alkorta, Epelde, 2011; Herrick 2000). Proprio per il fatto che il suolo esplica numerose e diverse funzioni, non è stata ancora raggiunta una definizione compiuta ed univoca del concetto di 'qualità del suolo' (Karlen *et al.* 1997; Sequi, Benedetti, Dell'Abate, 2006); qui si riporta quanto proposto dalla Soil Science Society of America nel 1997 che, sulla scorta di quanto suggerito da Doran e Parkin nel 1994, considera la qualità del suolo come «la capacità del suolo di funzionare entro i limiti dell'ecosistema per sostenere la produttività biologica, mantenere la qualità ambientale e promuovere la salute vegetale e animale».

I fenomeni di degrado e di miglioramento della qualità del suolo hanno un'incidenza rilevante anche su altri settori di interesse quali la tutela delle acque superficiali e sotterranee, la salute umana, i cambiamenti climatici, la tutela della natura e della biodiversità, la sicurezza alimentare (Hesterberg, 1998; Ledin, 2000; Montanarella, 2011). Un suolo 'vitale e ben mantenuto', infatti, attraverso processi di assorbimento e di trasformazione/decomposizione di natura chimica, fisica e biologica, è in grado di agire

in modo efficace da barriera e da filtro nei confronti di sostanze inquinanti derivanti da apporti esterni (Brady, Weil, 2002; Sequi, 2005).

La Comunicazione della Commissione Europea COM(2002)179 individua gli otto principali processi di degrado del suolo che colpiscono l'Unione Europea: erosione, diminuzione della materia organica, contaminazione, salinizzazione, compattazione, diminuzione della biodiversità del suolo, impermeabilizzazione, inondazioni e smottamenti.

Nelle comunicazioni della Commissione Europea COM(2002)179, COM(2006)231 e nella 'Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la Direttiva 2004/35/CE' (COM(2006)232), la compattazione e la salinizzazione, contestualmente ai processi di erosione, diminuzione di materia organica ed agli smottamenti, sono individuati tra i fenomeni di degrado del suolo per i quali si dovrà procedere all'identificazione delle aree a rischio.

Di seguito si approfondiranno gli aspetti connessi alla compattazione e salinizzazione dei suoli.

Compattazione. Dal punto di vista fisico la compattazione può essere definita come la compressione del suolo in un volume minore a seguito della diminuzione degli spazi esistenti tra le particelle che lo costituiscono; di norma interessa la parte più superficiale del suolo e comporta una riduzione della disponibilità di acqua ed ossigeno a carico degli apparati radicali con conseguente limitazione della loro capacità di assorbimento. Il processo di compattazione risulta più grave, se non addirittura irreversibile, qualora sia coinvolta anche la parte di suolo situata al di sotto della strato normalmente lavorato (Pagliai, De Nobili, 1993).

Salinizzazione. Ogni suolo possiede un naturale contenuto in sali, essenziali per lo sviluppo vegetale, che deriva dagli stessi processi pedogenetici che ne hanno determinato la formazione (salinità primaria). I suoli vengono definiti 'salini' quando fattori naturali o antropici determinano un accumulo di sali solubili fino ad un livello tale da compromettere l'attività vegetativa e produttiva delle colture e determinare effetti indesiderati sull'ambiente. Fra le emergenze ambientali direttamente legate alla salinità del suolo un rilievo particolare va dato anche ai cosiddetti processi di 'salinizzazione secondaria', generalmente associati a pratiche antropiche quali l'utilizzo di acque saline per l'irrigazione o il sovrasfruttamento delle falde che comporta l'intrusione dell'acqua del mare (fig. 7). Per i suoli a granulometria fine il fenomeno della salinizzazione è spesso associato al ristagno idrico e alla compattazione (Di Fabbio, Fumanti, 2008; Basso, 2005).

La percezione del suolo nella Comunità Europea

Le difficoltà incontrate nel cammino legislativo europeo verso una Strategia Tematica per la Protezione del Suolo hanno messo in evidenza come una legislazione comune non possa essere sviluppata senza un adeguato coinvolgimento della società civile. Infatti per una popolazione in larghissima maggioranza urbana, solo riguadagnando il collegamento con il suolo e la consapevolezza della sua funzione di sostentamento alla vita sarà possibile raggiungere gli obiettivi prefissati.

Al fine di rendere efficace una politica di protezione del suolo è necessario che a livello europeo siano stabiliti obiettivi e principi comuni e che gli Stati membri abbiano la facoltà di adottare le modalità di applicazione più opportune a livello amministrativo e territoriale. Gli Stati membri saranno tenuti ad individuare le aree a rischio in base ad elementi comuni, a fissare obiettivi di riduzione del rischio per le aree in questione e a preparare programmi contenenti le misure necessarie per conseguire tali obiettivi. Per una politica di protezione del suolo mirata ed efficace è, infatti, necessario sapere dove sta avvenendo il degrado (Montanarella, 2011).

La compattazione dei suoli può indurre un aumento del ruscellamento superficiale e dei fenomeni erosivi, favorire la diminuzione del tasso di biodiversità, provocare una riduzione delle rese colturali e un abbassamento della qualità dei prodotti agricoli.

Indicatore 1: Suscettibilità alla compattazione

Dall'analisi della carta del rischio di compattazione (fig. 1), emerge che il 30% dell'intero territorio di pianura e delle colline moreniche mostra un rischio forte, mentre il rischio è debole sul 44% dell'area indagata. Si può notare come nei rilievi morenici e nell'alta pianura, costituita da terreni a granulometria prevalentemente grossolana a buon drenaggio, i due terzi dei suoli presentino un basso rischio di compattazione e sia molto limitata l'estensione delle aree con rischio forte. Per contro va posta maggiore attenzione a questo fenomeno in alcune zone della pianura regionale di seguito brevemente descritte.

Un primo settore che si presenta sensibile al rischio di compattazione è costituito dalla bassa pianura e dal

settore costiero e perilagunare, dove il rischio è moderato per un terzo del territorio ed elevato per più della metà dei suoli. Si tratta di territori caratterizzati da suoli a granulometrie prevalentemente fini e dal drenaggio difficoltoso, con presenza di orizzonti massivi in profondità e di falde sottosuperficiali, elementi che contribuiscono ad innalzare il rischio di compattazione.

Presenta un rischio di compattazione forte o moderato anche la pianura del torrente Torre, caratterizzata dalla diffusa presenza di suoli a granulometria argillosa e, soprattutto nel settore meridionale, dal drenaggio imperfetto o difficoltoso.

Presentano un forte rischio di compattazione le aree pedecollinari e quelle interessate dalla deposizione e rielaborazione di sedimenti di suolo da parte dei corsi d'acqua che incidono i rilievi prealpini. Situazioni analoghe caratterizzano le bassure comprese tra le cerchie dell'anfiteatro morenico tilaventino (Michelutti, Barbieri, Bianco, 2008).

Fattori che determinano il rischio di compattazione dei suoli

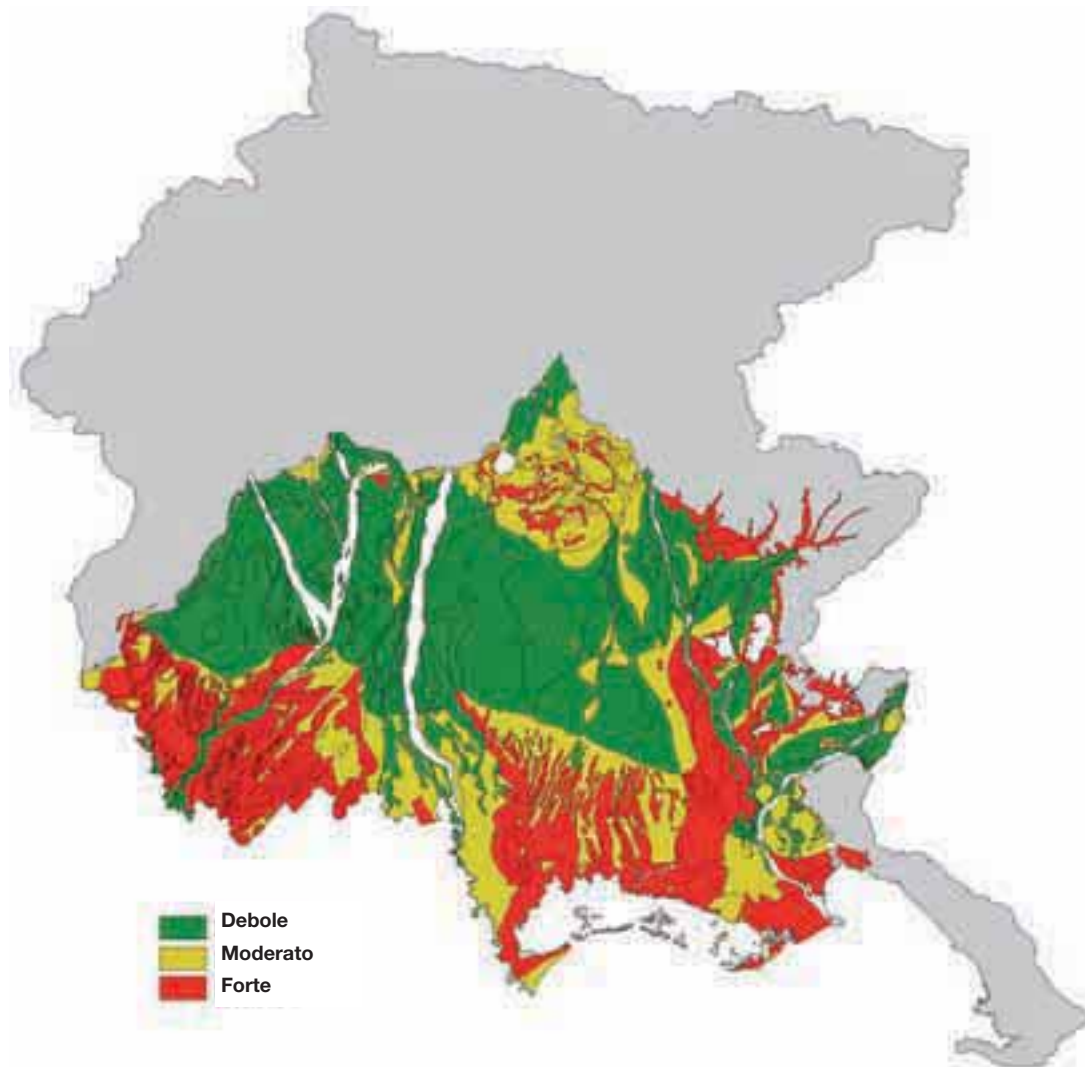
Le principali cause che generano il fenomeno della compattazione sono di tipo naturale (azione battente delle piogge, rigonfiamento e crepacciamento dei terreni, azione delle radici) e antropico (traffico di macchine agricole, lavorazioni del suolo, pascolamento); la compattazione, a sua volta, può indurre un aumento del ruscellamento superficiale e l'instaurarsi di fenomeni erosivi, favorire la diminuzione del tasso di biodiversità modificando le comunità di microrganismi presenti nel suolo, provocare una riduzione delle rese colturali e un abbassamento della qualità dei prodotti agricoli (fig. 3).

La compattazione del suolo, dovuta all'azione di compressione esercitata dal passaggio delle macchine operatrici, è una problematica presente in agricoltura ma molto spesso sottovalutata; tale azione di compressione provoca l'aumento della densità del suolo, la conseguente riduzione della sua porosità e capacità di infiltrazione da parte dell'acqua e dell'aria (fig. 4), la diminuzione del tasso di crescita delle radici e situazioni di asfissia a carico dell'apparato radicale (fig. 5) (Di Fabbio, Fumanti, 2008; ISPRA, 2010).

La frequente sommersione dei suoli coltivati in occasione di piogge intense e concentrate in brevi intervalli di tempo è spesso imputabile alla presenza di un suolo compattato che esibisce difficoltà di drenaggio (fig. 6).

Il fenomeno della compattazione viene accentuato quando alcune operazioni colturali sono eseguite al di fuori delle condizioni di lavorabilità dei suoli (tempera), in particolare nel caso si tratti di suoli argillosi. L'esigenza, infatti, di effettuare la raccolta o di procedere a trattamenti in maniera tempestiva, soprattutto sulla vite e sui fruttiferi, porta ad entrare sul terreno con le macchine agricole anche quando le condizioni

FIGURA 1. CARTA DEL RISCHIO DI COMPATTAZIONE DELLA PIANURA E DELL'ANFITEATRO MORENICO DELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA.



Fonte: ERSA FVG - Servizio ricerca e sperimentazione.

di umidità del suolo sono elevate, aumentando così il grado di compattamento (Sivilotti, Malossini, 2008). Talvolta la mancanza di attenzione rivolta al fenomeno della compattazione induce ad attribuire la riduzione delle rese agricole ad altre problematiche, di importanza secondaria, e quindi ad eseguire interventi di fatto non necessari o risolutivi (Rota, 2008).

Indicatore 2: Grado di salinizzazione

Recentemente un'indagine conoscitiva effettuata sul territorio nazionale ha evidenziato che le aree maggiormente affette da salinizzazione risultano essere la bassa pianura padano-veneta, le aree costiere tirreniche ed adriatiche e le isole. Negli ambienti litoranei dell'Alto Adriatico la presenza di suoli salini è dovuta principalmente all'intrusione dell'acqua di mare nelle acque sotterranee a causa della subsidenza di suoli paludosi salmastri, provocata, tra l'altro, dagli emungimenti delle falde per scopi irrigui o industriali e per attività di bonifica (ISPRA, 2009).

I valori massimi puntuali relativi a conducibilità e contenuto in sodio scambiabile ottenuti per la provincia di Gorizia – rispettivamente intorno a 10 mS/cm e 2500 mg/kg in prossimità della località Raugna situata a poche decine di metri dal limite lagunare – indicano che il fenomeno è presente; effetti visibili sulle colture, riscontrabili anche nel settore udinese, evidenziano che viene interessata solamente una limitata fascia perilagunare, dell'ordine di poche centinaia di metri al massimo dal margine lagunare.

Nella fascia costiera l'estensione verso l'interno del processo di salinizzazione pare ancor più limitata, probabilmente in ragione della granulometria grossolana dei suoli: già a 100-150 m dalla costa, nella zona della bonifica del Brancolo, sono stati rilevati valori di conducibilità quasi sempre inferiori ai 4 mS/cm, limite convenzionale per definire i suoli come salini.

Sono interessate dalla presenza di suoli salini anche le aree adibite a valli da pesca e quelle soggette a periodica sommersione da parte del mare, le spiagge ed i banchi sabbiosi, le isole lagunari. A queste aree, caratterizzate da una naturale presenza di acqua marina, non è tuttavia attribuibile un processo di salinizzazione secondaria in corso (Barbieri, Michelutti, 2008).

Nella figura 2 sono evidenziati i suoli affetti da salinizzazione nella fascia costiera e perilagunare della provincia di Gorizia.

Fattori che determinano il grado di salinizzazione dei suoli

L'accumulo di sali è un fattore fortemente degradante la qualità fisica e biologica del suolo. Le cause della salinizzazione vanno ricercate nel crescente uso per scopi irrigui di acqua con un elevato contenuto di sali, nell'eccessivo sfruttamento delle acque sotterranee e nell'intrusione di acqua marina nelle falde acquifere costiere (fig. 7). Il fenomeno della salinizzazione può peggiorare in seguito al verificarsi di cambiamenti climatici in grado di incrementare l'aridità dei suoli e, di conseguenza, causare un accumulo di sali indotto da una minore lisciviazione.

Tra le conseguenze imputabili all'accumulo di sali nel suolo si possono annoverare l'essiccamento fisiologico dei vegetali o, comunque, una drastica riduzione della fertilità, la formazione di croste superficiali, la degradazione della struttura stessa del suolo che comporta come effetti diretti la diminuzione della biodiversità, attraverso la modifica della struttura delle comunità di microrganismi presenti, e l'incremento dei fenomeni erosivi (fig. 8) (Di Fabbio, Fumanti, 2008).

Alcune azioni intraprese per conoscere il fenomeno di degrado dei suoli

Già la Comunicazione della Commissione Europea COM(2002)179 contempla l'obiettivo di stabilire una base legislativa per il monitoraggio del suolo e per assicurarne la protezione dal degrado.

FIGURA 2. SUOLI CON EVIDENZA DI SALINIZZAZIONE NELLA FASCIA COSTIERA E PERILAGUNARE DELLA PROVINCIA DI GORIZIA.



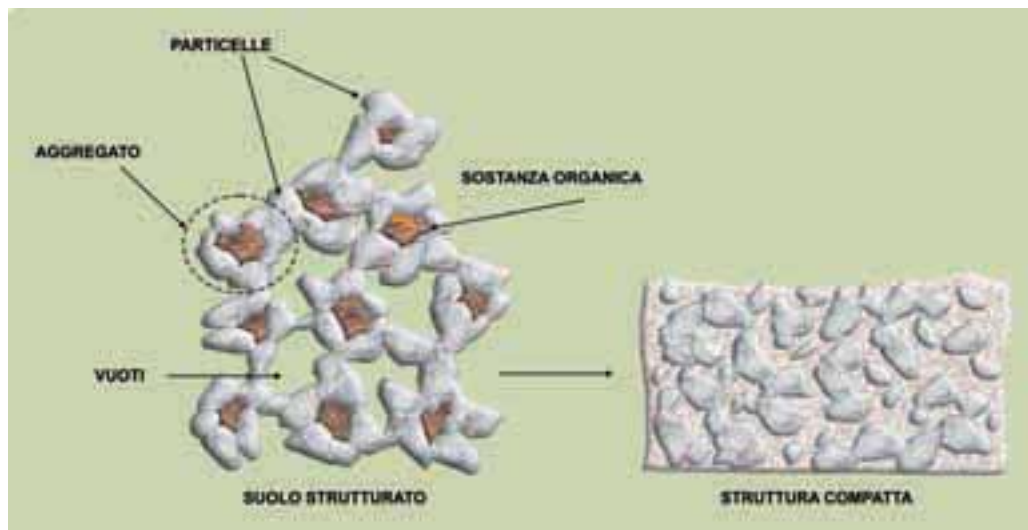
Fonte: ERSÀ FVG - Servizio ricerca e sperimentazione.

FIGURA 3. SUOLO COLTIVATO CHE HA SUBITO UN PROCESSO DI COMPATTAZIONE: IN EVIDENZA L'IMPRONTA LASCIATA DALLE MACCHINE OPERATRICI E LA RIDUZIONE DELLE RESE CULTURALI.



Fonte: ERSAF Lombardia, in Di Fabbio, Fumanti (2008).

FIGURA 4. PERDITA DELLA STRUTTURA DEL SUOLO CON IL PASSAGGIO AD UN SUOLO ASTRUTTURATO (COMPATTATO).



Fonte: Di Fabbio, Fumanti (2008).

FIGURA 5. SVILUPPO RADICALE IN UN NORMALE STRATO DI SUOLO COLTIVATO (A) E IN UN ORIZZONTE COMPATTATO (B).



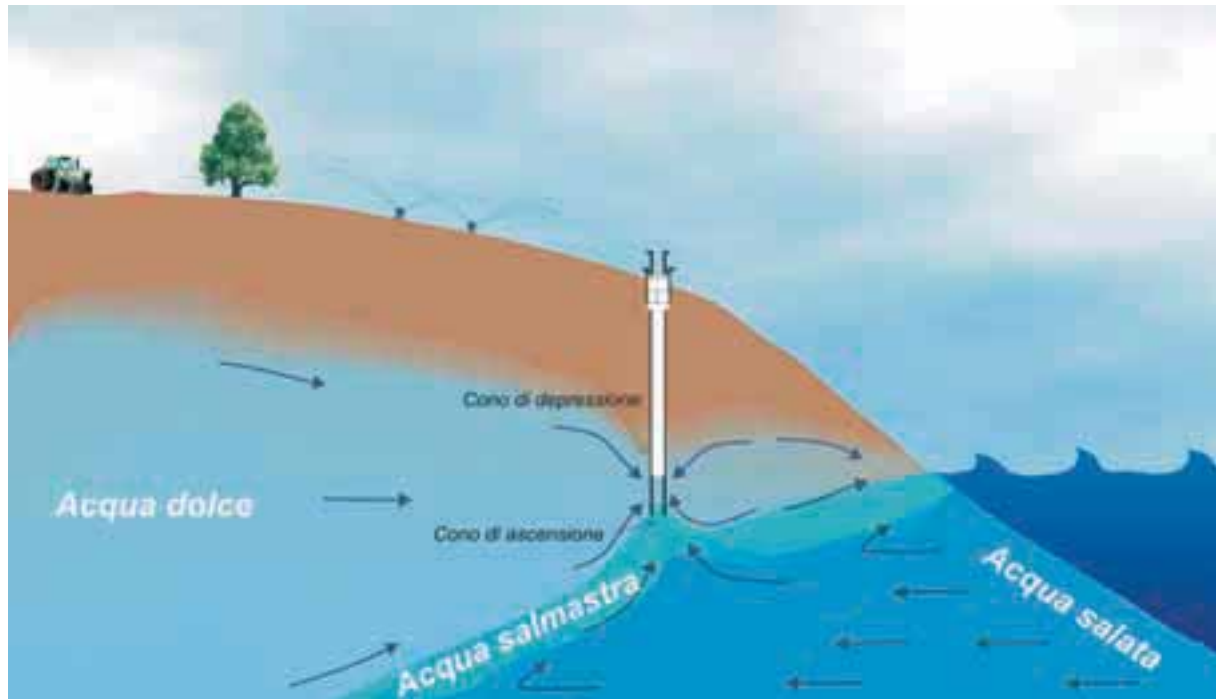
Fonte: Regione Campania, Assessorato all'Agricoltura, SeSIRCA - foglio divulgativo di pedologia, luglio-agosto 2011.

FIGURA 6. SUOLO COMPATTATO CHE PRESENTA UNA RIDOTTA CAPACITÀ DI INFILTRAZIONE DELL'ACQUA.



Fonte: *European Atlas of Soil Biodiversity*, European Commission, 2010.

FIGURA 7. IL SOVRASFRUTTAMENTO DELLE FALDE PROVOCA L'ABBASSAMENTO DEL LIVELLO DELL'ACQUA E CONSEGUENTEMENTE LA POSSIBILITÀ DI INTRUSIONE SALINA NELLE AREE COSTIERE. QUANDO I PRELIEVI DELLE ACQUE MEDIANTE POZZI E CAPTAZIONI SONO SUPERIORI ALLA RICARICA NATURALE DELLE FALDE ACQUIFERE, IL LIVELLO DELL'ACQUA PUÒ SCENDERE DRASTICAMENTE FINO A COMPROMETTERE LA RISERVA IDRICA.



Fonte: Di Fabbio, Fumanti (2008).

A livello nazionale, la parte III, sezione I 'Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione' del D.lgs. 152/2006, espone agli articoli 53 e 54 alcuni concetti di ordine generale, delinea compiti coordinati tra Enti regionali ed Organismi nazionali ai fini dello svolgimento di attività conoscitive e di risanamento riguardanti lo stato dei suoli (art. 55), demanda l'operatività in materia di difesa del suolo alle Regioni e ad altri Organi amministrativi e tecnici locali (artt. 61 e 62); tuttavia, tranne che per alcune 'minacce', quali ad esempio la contaminazione locale/diffusa e inondazioni/smottamenti, la norma italiana non traccia linee tecniche specifiche ed organiche in materia di salvaguardia dei suoli dal degrado. Si rileva, in ogni caso, che all'allegato 11 della parte III del D.lgs. 152/2006, ad integrazione delle 'misure di base' richieste ai sensi delle direttive comunitarie più importanti per la tutela dell'ambiente, è compresa la voce 'impianti di desalinizzazione' come misura supplementare, che le Regioni possono decidere di adottare all'interno di ciascun distretto idrografico, per migliorare la qualità delle acque.

Compattazione. Non disponendo in regione di rilievi diretti sullo stato di compattazione dei suoli, è stata effettuata una prima valutazione del rischio in maniera indiretta, utilizzando le informazioni disponibili sulle caratteristiche granulometriche dei suoli e sulle loro qualità idrologiche. Si è ottenuta in questo modo la carta del rischio di compattazione (fig. 1).

Salinizzazione. Il fenomeno della salinizzazione in regione non è ancora stato studiato in maniera organica, ma sui suoli della porzione costiera della provincia di Gorizia sono state effettuate alcune misure analitiche per determinare la conducibilità ed il contenuto in sodio scambiabile degli orizzonti superficiali, maggiormente critici per le colture e più soggetti alla formazione di croste. L'area perilagunare della provincia di Udine è stata oggetto di una prima ricognizione che pare confermare quanto già rilevato nella zona costiera orientale della regione.

Possibili interventi per contenere il degrado dei suoli

È fondamentale disporre per il suolo di una direttiva quadro europea che rivesta carattere di cogenza. Attualmente nella proposta di direttiva sono contenuti principi ed obiettivi comuni finalizzati alla difesa e all'utilizzo sostenibile del suolo; il legislatore, infatti, essendo consapevole che il suolo all'interno della Comunità Europea presenta un'estrema variabilità, delinea un quadro generale a livello europeo ma demanda a politiche nazionali e locali l'adozione di misure efficienti e specifiche per affrontare ed arrestare i fenomeni di degrado.

Gli Stati membri potranno quindi superare ciò che attualmente si configura come un approccio frammentario adottando provvedimenti di tutela armonizzati a livello europeo e comunque specifici in base alle tipologie di suoli presenti nei territori di competenza, pianificando in modo sistematico le strategie a medio e lungo termine in grado di incentivare, al contempo, un uso sostenibile del suolo. Un approccio di questo tipo consentirà di proteggere l'ecosistema suolo attuando misure di risanamento/mitigazione e, soprattutto, misure di prevenzione del degrado (Montanarella, 2011).

Compattazione. È possibile prevenire efficacemente o almeno mitigare il processo di compattazione del suolo attraverso l'attuazione di buone pratiche agricole: porre attenzione alle condizioni di umidità del suolo al momento della lavorazione; ridurre il numero di passaggi delle macchine operatrici; allo scopo di diminuire la pressione per unità di suolo, utilizzare pneumatici a sezione larga e a bassa pressione, impiegare trattrici munite di cingoli o con gemellatura delle ruote (fig. 9), avvalersi di macchine agricole meno pesanti; usare specifiche attrezzature per la decompattazione; adottare sistemi di lavorazione del suolo

FIGURA 8. EVIDENZE DI ACCUMULO DI SALI NELLO STRATO SOTTOSUPERFICIALE DEL SUOLO.



Fonte: Regione Sicilia, in Di Fabbio, Fumanti (2008).

FIGURA 9. TRATTRICE MUNITA DI RUOTE GEMELLATE (SINISTRA) E DI CINGOLI (DESTRA).



finalizzati a ridurre la formazione della caratteristica suola d'aratura ovvero di uno strato compatto e impermeabile al limite inferiore della coltivazione (30-40 cm) (Sartori, 2008).

Salinizzazione. Il problema della salinizzazione in regione non appare assumere una connotazione emergente; va posta comunque la dovuta attenzione alla qualità e al contenuto in sali dell'acqua utilizzata per l'irrigazione delle colture. Poiché il miglioramento della qualità dei suoli affetti da salinizzazione risulta estremamente difficile, le azioni di prevenzione devono avere la priorità su quelle di recupero.

Sviluppo delle reti di monitoraggio per la tutela dei suoli

La proposta di Direttiva quadro europea per la protezione del suolo (COM(2006)232) stabilisce che gli Stati membri individuino sul loro territorio nazionale le aree a rischio, nelle quali, cioè, insistono fenomeni di degradazione del suolo oppure esiste il fondato motivo che tali fenomeni possano verificarsi in un prossimo futuro.

Nella Comunicazione COM(2006)232 sono inoltre individuati, a titolo non esaustivo, elementi comuni per l'identificazione delle aree a rischio. Per quanto riguarda la valutazione del degrado dovuto alla compattazione gli elementi comuni sono l'unità tipologica di suolo, la tessitura e la densità apparente dello strato superficiale e profondo del suolo, la materia organica del suolo, il clima, la copertura e l'utilizzo del suolo (compresa la gestione dei terreni, i sistemi agricoli e la silvicoltura), la topografia.

Per l'identificazione delle aree a rischio di salinizzazione, invece, gli elementi comuni individuati sono: unità tipologica di suolo, tessitura del suolo, proprietà idrauliche del suolo, zone irrigue / proprietà chimiche dell'acqua irrigata / tipo di tecniche irrigue, informazioni sulle acque sotterranee, clima.

La Comunità ritiene necessario sviluppare e consolidare a livello europeo e nazionale una rete di monitoraggio dei fenomeni di degrado dei suoli e, contestualmente, un sistema armonizzato di raccolta delle informazioni e di riutilizzo dei dati ambientali esistenti. Lo scopo prefissato non dovrà essere solo quello di descrivere un quadro dettagliato della situazione in atto, ma prevedere l'evoluzione nel medio e lungo periodo del processo di deterioramento dei suoli oltre che la reale efficacia delle azioni di miglioramento e prevenzione intraprese (Gasparetto, Giandon, Cappellin, 2005; Giandon *et al.*, 2004).

A questo proposito si evidenzia che in ambito nazionale è stato emanato il D.lgs. 32/2010, di recepimento della Direttiva 2007/2/CE 'INSPIRE'; il D.lgs. 32/2010 sancisce l'integrazione dei dati ambientali con i dati territoriali come condizione necessaria per la costituzione di una base di conoscenza a supporto delle politiche ambientali, in modo pienamente coerente con quanto indicato dalla Commissione Europea nella COM(2008)46 'SEIS' che estende i principi della Direttiva 'INSPIRE' al complesso delle informazioni ambientali.

In tale contesto è stato avviato a livello nazionale il Progetto 'SIAS', finalizzato alla costruzione di indicatori ambientali per il suolo a partire dall'armonizzazione delle informazioni disponibili a livello regionale. Lo sviluppo di queste metodologie e la creazione di un'apposita rete di monitoraggio del suolo italiano – come del resto avviene già da anni per altre matrici ambientali – permetteranno non solo la costruzione di nuovi indicatori e una maggiore rappresentatività di quelli esistenti, ma anche l'utilizzo di modelli a risoluzioni tali da consentire la rappresentazione delle problematiche con modalità realmente utilizzabili dai decisori politici e dalle amministrazioni competenti. La comprensione del modo nel quale i processi variano al variare della scala sia geografica (parcella, versante, bacino idrografico, regione) che temporale (singolo evento, poliennale) è, infatti, essenziale per la rappresentazione delle minacce e del significato che esse possono assumere in ambito politico-amministrativo (ISPRA, 2010).

Infine per una gestione del suolo sostenibile ed il più possibile condivisa, la Comunità Europea sottolinea l'esigenza di effettuare campagne di sensibilizzazione a livello nazionale e locale sui fattori di deterioramento del suolo e di garantire piattaforme di comunicazione per lo scambio di informazioni sulle 'buone pratiche' nella gestione di questa risorsa.

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Suscettibilità alla compattazione Grado di salinizzazione
DPSIR	Stato (ISPRA, 2010) Pressioni (<i>European Atlas of Soil Biodiversity</i> , European Commission, 2010)
UNITÀ DI MISURA	<i>Suscettibilità alla compattazione</i> È stato valutato il rischio di compattazione in relazione alle caratteristiche granulometriche dei suoli e alle loro qualità idrologiche. È stato utilizzato un metodo parametrico a punteggi, attribuendo lo stesso peso ad ognuno dei tre parametri considerati. Per l'attribuzione dei punteggi sono state prese in considerazione le qualità dei suoli che maggiormente condizionano la compattazione: granulometria, riserva idrica e drenaggio interno (tab. 1). La somma dei punteggi attribuiti alle qualità ha fornito il punteggio e la classe di rischio per ogni tipologia di suolo. Con riferimento al suolo principale, a ciascuna unità cartografica di suolo è stata poi attribuita la classe di rischio debole, moderata o forte.

TABELLA 1. SCHEMA PER L'ATTRIBUZIONE DEI PUNTEGGI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI COMPATTAZIONE.

Qualità suoli	Classi di rischio di compattamento		
	Forte	Moderato	Debole
Granulometria	Argillosa Limosa fine	Franca fine Limosa grossolana Scheletrico-argillosa	Franca grossolana Scheletrico-franca Sabbiosa Scheletrico-sabbiosa Frammentale
Riserva idrica	>200 mm	150-200 mm	<150 mm
Drenaggio interno	Molto mal drenato Mal drenato Piuttosto mal drenato	Moderatamente ben drenato	Ben drenato Piuttosto eccessivamente drenato Eccessivamente drenato

Grado di salinizzazione

Tra le caratteristiche chimico-fisiche dei suoli, quelle che maggiormente indicano il livello di salinizzazione sono:

- la 'conducibilità' (più propriamente conduttività elettrica dell'estratto saturo di terreno, EC_e , espressa in mS/cm);
- il 'contenuto in sodio scambiabile' (mg/kg; secondo l'U.S. Salinity Lab. Rivolte l'Exchangeable Sodium Percentage, $ESP = Na\ scamb./CSC \times 100$ dove Na e CSC sono espressi in milliequivalenti per 100 g di terreno);
- il pH.

Un suolo viene definito 'salino' quando possiede una EC_e superiore a 4 mS/cm a 25 °C, un ESP minore di 15 ed un pH che va da 7,1 ad 8,5 (tab. 2).

TABELLA 2. CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SALSI O RICCHI DI SODIO (U.S. SALINITY LAB. RIVERSIDE, CALIFORNIA).

Terreni	EC _e (mS/cm)	ESP (%)	pH
salini (saline soils)	>4	<15	<8,5
salini-alcalini (saline-sodic soils)	>4	>15	<8,5
alcalini non salini (sodic soils)	<4	>15	>8,5

Fonte: Giardini, 1986.

FONTI	ERSA FVG - Servizio ricerca e sperimentazione, Pozzuolo del Friuli (Udine).
COPERTURA SPAZIALE DATI	Suscettibilità alla compattazione: regione Friuli Venezia Giulia Grado di salinizzazione: provincia di Gorizia
COPERTURA TEMPORALE DATI	Suscettibilità alla compattazione: dati 1990-2008 Grado di salinizzazione: dati 1997-2010

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Comunicazione COM(2002)179	Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - Strategia tematica per la protezione del suolo
Comunicazione COM(2006)231	Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - Strategia tematica per la protezione del suolo
Comunicazione COM(2006)232	Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la Direttiva 2004/35/CE
GU C 146 30/6/2007	Parere del comitato delle regioni - Strategia tematica per la protezione del suolo
SEC(2006)1165	Sintesi della valutazione d'impatto - Strategia tematica per la protezione del suolo
Direttiva 2007/2/CE	Direttiva che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea (INSPIRE)
Comunicazione COM(2008)46	Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - Verso un sistema comune di informazioni ambientali (SEIS)
D.lgs. 27 gennaio 2010, n. 32	Attuazione della Direttiva 2007/2/CE che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea (INSPIRE)
D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152	Testo Unico Ambientale. Parte terza. Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche
SEC(2006) 620	Impact assessment of the thematic strategy on soil protection

GLOSSARIO

Biodiversità. Diversità delle forme viventi presenti in un determinato ambiente e loro abbondanza reciproca (Sequi, 2005).

Capacità di Scambio Cationico (CSC). Quantità massima di cationi che sono adsorbiti in condizioni di equilibrio dal complesso di scambio (Sequi, 2005).

Complesso di scambio. Insieme delle superfici con carica positiva e negativa formate da colloidali minerali e organici, responsabili dell'adsorbimento specifico e non-specifico dei cationi e degli anioni nel suolo (Sequi, 2005).

Conducibilità elettrica. È la misura della conducibilità elettrica in estratti acquosi di suolo espressa in mS/cm a 25°C. La conducibilità elettrica misura indirettamente la concentrazione totale degli ioni disciolti nella fase liquida del suolo ed è un parametro per la stima della salinità del suolo (Sequi, 2005).

Densità apparente. Rapporto tra la massa del suolo essiccato a 105 °C ed il suo volume totale (costituito dal volume della componente minerale, organica e dei pori occupati dall'aria).

Drenaggio. Capacità del suolo di eliminare l'acqua libera presente.

Granulometria. Suddivisione in classi dimensionali delle particelle minerali del suolo.

INSPIRE. INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe.

Lisciviazione. Processo che consiste nel movimento di elementi solubili e poco solubili da strati superficiali a strati profondi del suolo.

Materia organica. Materiale di origine vegetale ed animale, nei suoi vari stadi di trasformazione, presente nel suolo.

Orizzonte. Strato di suolo approssimativamente parallelo alla superficie, che possiede specifiche caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche, risultato dei processi di formazione del suolo (Sequi, 2005).

Orizzonte massivo. Strato di suolo costituito da materiale compatto che nell'aggregarsi non dà origine a una disposizione ordinata con piani naturali a minore resistenza.

Parcella. Porzione di suolo contigua e omogenea per tipo di occupazione e conduzione.

pH. Logaritmo decimale negativo delle attività dei pro-

toni in soluzione ($-\log [H^+]$). I valori di pH misurati in sospensione di suolo sono indicativi del grado di reazione del sistema: acida, neutra o alcalina (Sequi, 2005).

Porosità. Rappresenta la percentuale di spazi vuoti presenti in un determinato volume di suolo; i pori vengono in genere differenziati in base alla forma ed alle dimensioni, in quanto influenzano ritenzione e movimento dell'acqua e dell'aria nel suolo (Sequi, 2005).

Ruscigliamento. Movimento di acqua sulla superficie del suolo lungo la linea di maggior pendenza; può produrre asportazione di particelle ed erosione (Sequi, 2005).

Sali solubili. Sali con solubilità maggiore del gesso ($NaCl$, KCl , Na_2CO_3 , Na_2SO_4) (Sequi, 2005).

SEIS. Shared Environmental Information System.

SIAS. Sviluppo di Indicatori Ambientali del Suolo.

Sodio scambiabile. Il sodio presente sul complesso di scambio e scambiabile con una soluzione salina (Sequi, 2005).

Soil Science Society of America. Società Americana di Scienza del Suolo.

Struttura del suolo. Disposizione tridimensionale delle particelle che costituiscono le fasi solide e fluide (liquida e gassosa) del suolo; si esprime in forma di aggregazione e porosità che si prestano particolarmente bene a caratterizzarne la stabilità (Sequi, 2005).

Subsidenza. Lento e progressivo abbassamento verticale del suolo.

Suola d'aratura. Zona compatta d'interfaccia fra lo strato arato e il suolo naturale.

Suolo. Sistema complesso, multifasico e multicomponente, prodotto dell'alterazione (*weathering*) di un substrato litologico originario (materiale genitore o roccia madre) determinata da diversi fattori ambientali, quali il clima, l'attività biologica e antropica e la topografia, nel corso del tempo.

Tempera. Rappresenta la migliore condizione di umidità del suolo ai fini della sua lavorabilità.

Tessitura. Esprime la distribuzione per grandezza delle particelle minerali che compongono la frazione della terra fine (<2 mm) di un suolo; la terra fine si suddivide in sabbia, limo ed argilla (Sequi, 2005).

Tilaventino. Relativo al fiume Tagliamento (dal latino *Tilaventum*).

BIBLIOGRAFIA

- Barbieri S., Michelutti G. (2008), *Friuli Venezia Giulia*, in Di Fabio A., Fumanti F. (a cura di) (2008), *Il suolo. La radice della vita*, Roma, APAT, 86-87.
- Basso F. (2005), *Modificazioni degli ecosistemi*, in Id. (a cura di), *Difesa del suolo e tutela dell'ambiente*, Bologna, Pitagora, 35-75.
- Benedetti A., Gianfreda L. (coord.) (2004), *Metodi di analisi biochimica del suolo*, Milano, FrancoAngeli.
- Benedetti A., Mocali S. (2008), *Analisi a livello di suolo*, in *Indicatori di biodiversità per la sostenibilità in agricoltura*, Roma, ISPRA, 159-208.
- Benedetti A., Mocali S. (2009) *La qualità del suolo: chiave delle produzioni sostenibili*, in «Italian Journal of Agronomy», Suppl. 1, 13-21.
- Brady N.C., Weil R.R. (2002), *The nature and properties of soils*, 13th edition, New Jersey, Prentice Hall.
- Di Fabio A., Fumanti F. (a cura di) (2008), *Il suolo. La radice della vita*, Roma, APAT.
- Doran J.W., Parkin T.B. (1994), *Defining and assessing soil quality*, in *Defining soil quality for a sustainable environment*, SSSA Spec. Publ. 35, Madison (WI), SSSA and ASA, 3-21.
- Garbisu C., Alkorta I., Epelde L. (2011), *Assessment of soil quality using microbial properties and attributes of ecological relevance*, in «Applied Soil Ecology», 49, 1-4.
- Gasparetto G., Giandon P., Cappellin R. (2005), *Una rete di monitoraggio ambientale dei suoli nel Veneto*, in Atti del XVIII convegno dell'ordine dei biologi su 'Sicurezza alimentare, rischio biologico e chimico', Bellaria (RN).
- Giandon P., Cappellin R., Barberis R. et al. (2004), *Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali*, APAT - Centro Tematico Nazionale Territorio e Suolo.
- Giardini L. (1986), *Agronomia generale*, Bologna, Patron.
- Herrick J.E. (2000), *Soil quality: an indicator of sustainable land management?*, in «Applied Soil Ecology», 15, 75-83.
- Hesterberg D. (1998), *Biogeochemicals cycles and processes leading to changes in mobility of chemicals in soils*, in «Agricoltura, Ecosystem and Environment», 67, 121-133.
- ISPRA (2009) *Annuario dei dati ambientali*.
- ISPRA (2010), *Annuario dei dati ambientali*.
- Jeffery S., Gardi C., Jones A. et al. (2010), *European Atlas of Soil Biodiversity*, Luxembourg, European Commission, Publications Office of the European Union.
- Jones A., Montanarella L., Jones R. (2005), *Soil Atlas of Europe*, Luxembourg, European Soil Bureau Network European Commission, Office for Official Publications of the European Communities.
- Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W. et al. (1997), *Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation*, in «Soil Sci Soc Am», 61, 4-10.
- Ledin M. (2000), *Accumulation of metals by microorganisms-processes and importance for soil systems*, in «Earth Science Reviews», 51, 1-31.
- Michelutti G., Barbieri S., Bianco D. et al. (2006), *Suoli e paesaggi del Friuli Venezia Giulia - 2. Province di Gorizia e Trieste*, Pozzuolo del Friuli (UD), ERSA - Ufficio del Suolo, Servizio ricerca e sperimentazione.
- Michelutti G., Barbieri S., Bianco D. (2008), *Rischio di compattezza dei suoli della pianura del Friuli Venezia Giulia*, in «Notiziario ERSA», Suppl. 1, 9-12.
- Michelutti G., Zanolla S., Barbieri S. (2003), *Suoli e paesaggi del Friuli Venezia Giulia - 1. Pianura e colline del pordenonese*, Pozzuolo del Friuli (UD), ERSA - Ufficio del Suolo, Servizio della sperimentazione agraria.
- Montanarella L. (2011), *La percezione del suolo nella Comunità Europea*, in *La percezione del Suolo*, Atti del workshop, Brienza, Le Penseur, 94-99.
- Nannipieri P., Ascher J., Ceccherini M.T. et al. (2003), *Microbial diversity and soil functions*, in «Eur J Soil Sci», 54, 655-670.
- Nannipieri P., Dumontet T., Gianfreda L. (2005), *Il suolo come sistema biologico*, in Sequi P. (ed.), *Fondamenti di chimica del suolo*, Bologna, Patron, 147-173.
- Pagliai M. (coord.) (1997), *Metodi di analisi fisica del suolo*, Milano, FrancoAngeli.
- Pagliai M., De Nobili M. (1993), *Relationships between soil porosity, root development and soil enzyme activity in cultivated soils*, in «Geoderma», 56, 243-256.
- Picci G., Nannipieri P. (coord.) (2002), *Metodi di analisi microbiologica del suolo*, Milano, FrancoAngeli.
- Ragazzi F., Sturaro E., Giandon P. et al. (2008), *Soil Salinity in Veneto plain*, Vienna, EUROSOL.
- Rota M. (2008), *Tipologie di attrezzature per la decompattazione del terreno*, in «Notiziario ERSA», Suppl. 1, 25-28.
- Sartori L. (2008), *Il compattamento del terreno: effetti e prevenzione*, in «Notiziario ERSA», Suppl. 1, 13-20.
- Sequi P. (a cura di) (2005), *Fondamenti di chimica del suolo*, Bologna, Patron.
- Sequi P., Benedetti A., Dell'Abate M.T. (2006), *Atlante di Indicatori della Qualità del Suolo*, CRA-Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante.
- Sivilotti P., Malossini G. (2008), *I cambiamenti fisiologici radicali indotti da fattori stressanti*, in «Notiziario ERSA», Suppl. 1, 4-8.
- Sparks D.L. (2003), *Environmental Soil Chemistry*, 2nd edition, San Diego (CA, USA), Academic Press.
- Violante P. (coord.) (2000), *Metodi di analisi chimica del suolo*, Milano, FrancoAngeli.

SUOLI AGRICOLI ADIACENTI AL SITO INQUINATO DI INTERESSE NAZIONALE 'LAGUNA DI MARANO E GRADO'

La presenza di sostanze potenzialmente pericolose nei suoli, da rilevare attraverso una ricerca sistematica, può essere dovuta sia alla naturale composizione dei suoli stessi, sia all'immissione diffusa collegata alle attività umane.

Laura Catalano
ARPA FVG
Gestione attività
centralizzate di
rilievo regionale

Numerosi studi hanno approfondito gli aspetti riguardanti i fenomeni di apporto ai suoli di sostanze di origine antropica di cui non sempre è individuabile l'origine; fenomeni di questo tipo interessano generalmente aree vaste e sono dovuti sia a processi naturali di trasporto e diffusione di tali sostanze sia ad attività che insistono sul territorio, come le pratiche agricole intensive (APAT, 2006; ARPAT 2009; ARPAV, 2002; ARPAV, 2011; ERSAF Lombardia, 2007; Giandon *et al.*, 2004; Ungaro *et al.*, 2008; Bini *et al.*, 2011; MIPAF, 2007; Beretta, Pellegrini, 2003).

Per quanto riguarda i suoli destinati alle pratiche agricole, il D.lgs. 152/06 attualmente in vigore all'art. 241 non parla di limiti e procedure da stabilire per tali suoli, ma di un apposito regolamento che dovrà essere adottato dal MATTM di concerto con il Ministero delle attività produttive, della salute e delle politiche agricole e forestali, sentita la Conferenza unificata di cui all'art. 8 del D.lgs. 281/1997.

In attesa dell'emanazione di criteri specifici e di standard di qualità per i suoli ad uso agricolo, l'ISS in un parere del 6 novembre 2003 (prot. n. 51899) aveva affermato che si potevano adottare i valori limite previsti dall'allora vigente D.M. 471/99 per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale, in quanto «considerati sufficientemente cautelativi anche in relazione a scenari multipli di esposizione umana (ingestione, inalazione e contatto dermico) sia di tipo diretto che indiretto».

Stante l'assenza di specifici riferimenti per i suoli agricoli e nonostante il fatto che su questo tema i giudici amministrativi si siano talvolta espressi in modo non coerente fra loro, il parere dell'ISS del 6 novembre 2003 e la sentenza del TAR Umbria n. 168 dell'8 aprile 2004 hanno fatto sì che ad oggi la prassi seguita nel caso di siti che interessino suoli ad uso agricolo sia quella di applicare i valori di screening definiti nel D.lgs. 152/06 per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale, a meno che non sia presente una legislazione regionale che definisca dei valori specifici; va da sé che in questo contesto assume una particolare rilevanza la definizione dei valori di fondo, attribuibili a caratteristiche naturali di tipo chimico-pedologico dei suoli agrari, e la definizione del 'contenuto antropizzato' ovvero della «concentrazione di una sostanza nei suoli derivata sia dal contenuto naturale pedo-geochimico sia dalla moderata immissione diffusa nel suolo» (APAT - ISS, 2006; ISO 19258).

Nell'ambito del Sito inquinato di Interesse Nazionale (SIN) 'Laguna di Marano e Grado' per alcune situazioni di superamento dei valori di screening riferiti a sostanze organiche (fitofarmaci) in aree agricole, il MATTM ha chiesto quanto di seguito riportato: «nelle more dell'approvazione dei valori di concentrazione ammissibili delle sostanze chimiche in aree agricole, è necessario comunque effettuare una valutazione sulla possibile presenza di rischi per la salute umana. A tale scopo si chiede che sia effettuata una verifica della presenza di tali composti nella filiera agricola e la loro piena rispondenza alla normativa di settore».

Indicatore: Contenuto di metalli pesanti e di inquinanti organici in suoli agricoli

Il SIN 'Laguna di Marano e Grado', istituito ai sensi dell'art. 15 del D.M. 471/99, è stato individuato fra gli interventi di interesse nazionale in base al D.M. n. 468 del 18 settembre 2001.

La perimetrazione definitiva del Sito Nazionale interessa una parte in terraferma (fig. 1) e una parte in laguna ed è stata stabilita dal Decreto del MATTM del 24 febbraio 2003; si estende all'interno dei comuni di Carlino, Torviscosa, Cervignano del Friuli, Marano Lagunare e San Giorgio di Nogaro. La superficie in terraferma è pari a circa 3.755 ha, di cui il 68% (2.554 ha) corrisponde ad aree agricole, il 20% (751 ha) all'area industriale dell'Aussa-Corno, il 9% (338 ha) all'area industriale dello stabilimento Caf-faro ed il 3% (113 ha) alle aree pubbliche.

Le aree agricole sono ubicate per l'81% nei comuni di Torviscosa, Cervignano del Friuli e Terzo d'Aquila, per l'11% nei comuni di Carlino e San Giorgio di Nogaro e per l'8% nel comune di Marano Lagunare. Poiché le aree a destinazione agricola costituiscono la maggior parte del territorio compreso nel Sito di Interesse Nazionale, ARPA FVG ha eseguito uno studio sui suoli a vocazione agricola collocati all'esterno del SIN; la finalità dello studio è stata quella di accertare se le concentrazioni di alcune sostanze potessero essere considerate dei valori di fondo in relazione alla destinazione d'uso attuale e pregressa di tipo esclusivamente agricolo, e, come tali, costituire un riferimento anche per la caratterizzazione dei terreni agricoli situati all'interno del SIN stesso.

Nella Conferenza di Servizi Decisoria del 18/06/2008 il MATTM ha preso atto dello studio di ARPA FVG. Si evidenzia che nel documento 'Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei Siti d'Interesse Nazionale' (APAT-ISS, 2006) per valore di fondo si intende «la distribuzione delle concentrazioni di metalli e metalloidi la cui presenza nei terreni non è riconducibile ad alcuna sorgente puntuale e/o specifica attiva, nel presente o in passato, sull'area di interesse».

Le elaborazioni e i commenti di seguito riportati sono tratti dal documento redatto nel 2007 dal Dipartimento ARPA FVG di Udine (ARPA FVG - Dipartimento Provinciale di Udine, 2007).

Aree individuate per il campionamento dei suoli e procedure di analisi

La selezione dei terreni da cui prelevare i campioni è stata effettuata considerando zone a basso livello di antropizzazione. In particolare, le aree prescelte sono state individuate lungo una fascia di circa 1 km di spessore e circostante il perimetro del sito ad 1 km di distanza, in zone prettamente agricole e con sistemi colturali simili a quelli presenti nelle aree agricole all'interno del SIN, lontano da strade di grande comunicazione, da discariche o impianti produttivi significativi, da zone di ristagno idrico e/o drenaggio (fig. 2).

Al fine di realizzare un'indagine statisticamente significativa (ISO 19258/2005; EPA 2006; APAT 2006) sono stati raccolti 89 campioni, opportunamente georeferenziati, utilizzando uno schema di campionamento non sistematico a W (D.M. 13/09/1999) e prelevando in maniera casuale un campione elementare nei dintorni del percorso prestabilito (profondità del prelievo: 0-50 cm, attrezzatura di campionamento: vanga).

La procedura di preparazione dei terreni è stata eseguita come indicato nel D.M. del 13 settembre 1999. L'analisi è stata effettuata sul sottovaglio (frazione <2 mm) e le concentrazioni determinate sono relative solamente a questa frazione, non considerano cioè la percentuale di scheletro presente.

I parametri ricercati per la determinazione delle concentrazioni dei valori di fondo relative all'area in esame sono stati i metalli (tab. 1), i fitofarmaci, compresi omologhi chimici e metaboliti e altri principi attivi di ampio uso agricolo (tab. 2), PCB e IPA (su circa il 10% dei campioni, scelti in modo casuale tra le serie appartenenti alle diverse aree comunali) (tab. 3).

FIGURA 1. LIMITI DELLA PERIMETRAZIONE MINISTERIALE DEL SIN 'LAGUNA DI MARANO E GRADO'; PARTE IN TERRAFERMA.

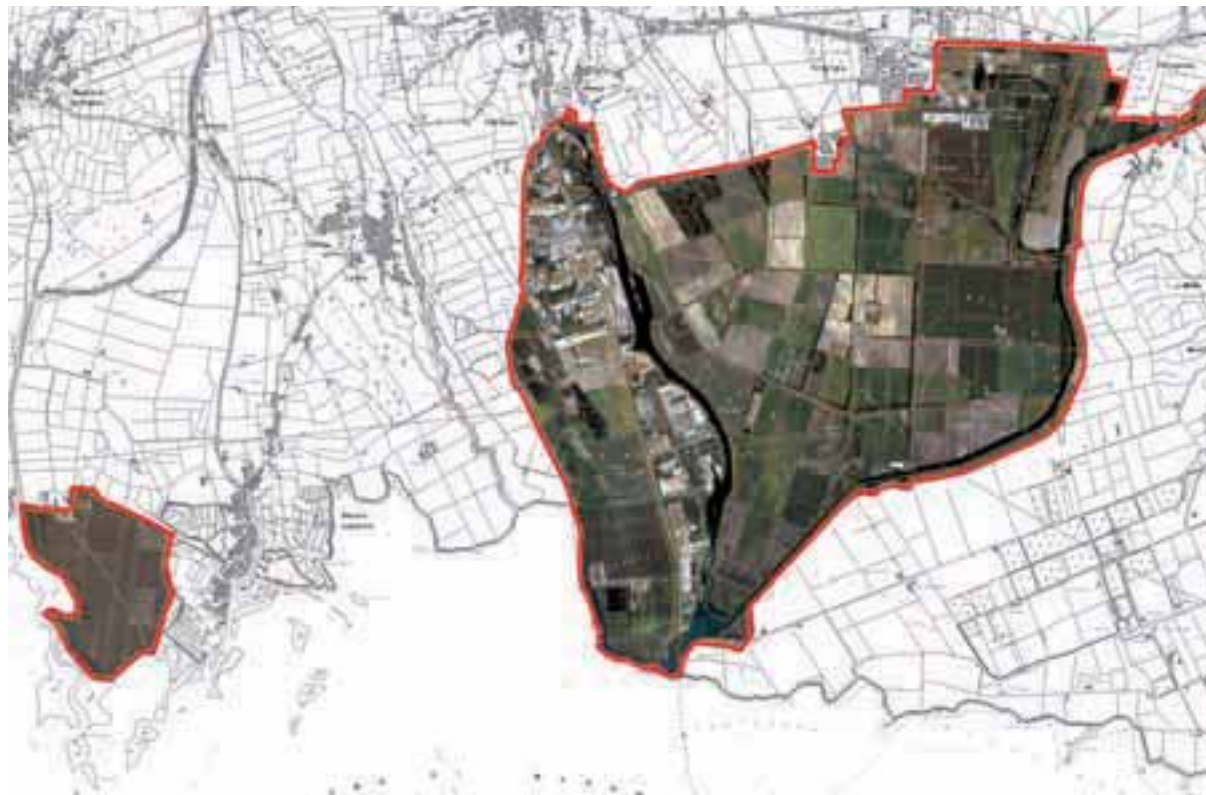


FIGURA 2. RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA FASCIA, DEL PERCORSO E DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO.

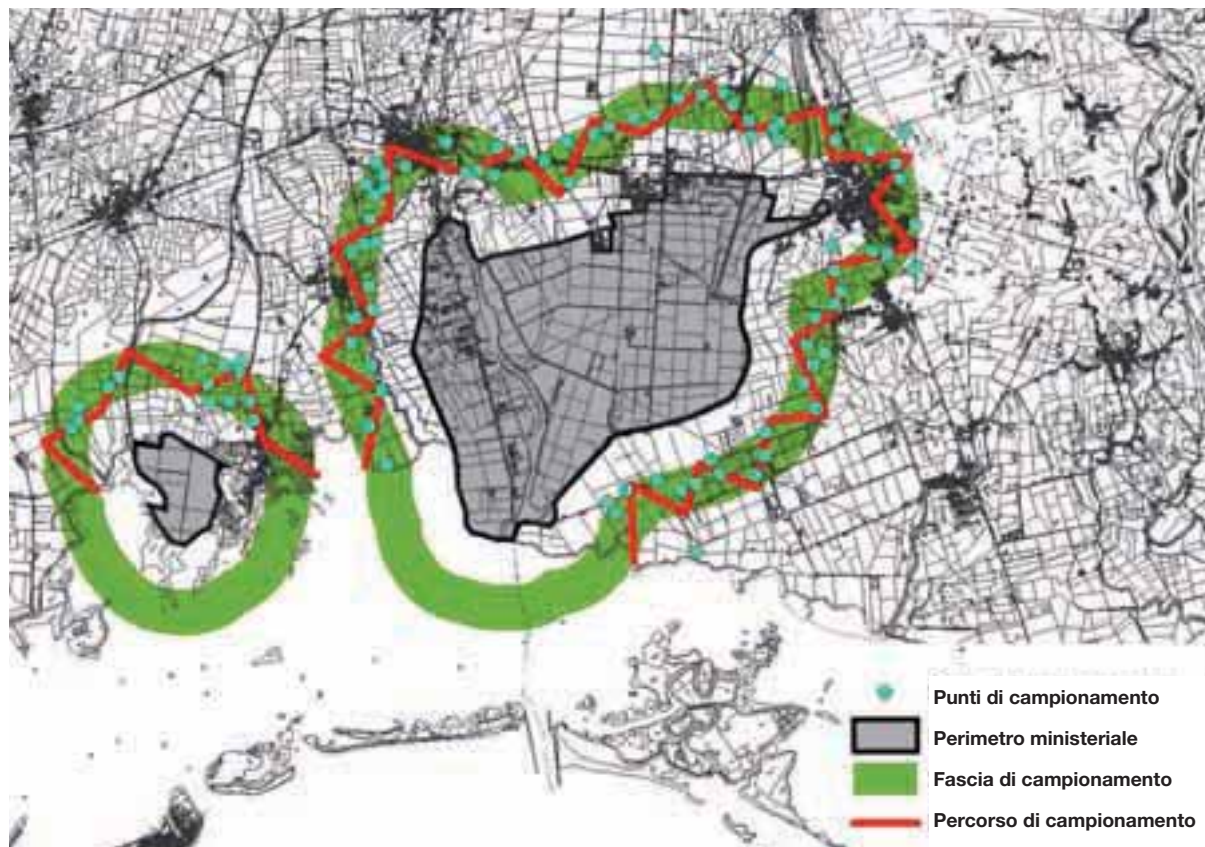


TABELLA 1. METALLI ANALIZZATI.

Metallo	Colonna A* (mg/kg _{s.s.})	Metallo	Colonna A* (mg/kg _{s.s.})
Antimonio	10	Piombo	100
Arsenico	20	Rame	120
Berillio	2	Selenio	3
Cadmio	2	Stagno	1
Cobalto	20	Tallio	1
Cromo	150	Vanadio	90
Mercurio	1	Zinco	150
Nichel	120		

* Da: tabella 1, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, del D.lgs. 152/06.

Per i metalli le metodiche analitiche utilizzate sono state: D.M. 13/09/1999, EPA 6020A/EPA 6010; per i composti organici: EPA 3545, EPA 3630C/EPA3620B, EPA 8270C. Per quanto concerne i PCB il valore di screening di colonna A (tabella 1, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, del D.lgs. 152/06) è di 0,06 mg/kg_{s.s.}. I dati sperimentali sono stati sottoposti ad un'approfondita analisi statistica comprendente la valutazione di carte di probabilità, test e processi di 'best fit' per individuare le popolazioni e determinarne la distribuzione; in assenza di tale possibilità sono stati utilizzati test non parametrici.

Contenuto di metalli pesanti totali

L'analisi statistica ha dimostrato che nell'area di studio le concentrazioni rilevate di metalli appartengono ad un'unica popolazione omogenea. Ciò implica che, su questi suoli, quella agricola appare come l'unica attività incidente, mentre l'attività industriale presente all'interno del SIN non ha influenze rilevabili. Ne consegue che le concentrazioni determinate all'esterno del SIN possono essere considerate dei valori caratteristici di questa zona agricola e possono costituire un valido riferimento anche per tutta l'area interna al SIN. Per numerosi elementi (antimonio, arsenico, cobalto, cromo, nichel, piombo, rame, zinco, cadmio, mercurio, selenio, tallio) le concentrazioni si mantengono nel complesso inferiori ai valori di screening (tabella 1/A, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, del D.lgs. 152/06). Solo per berillio, stagno e vanadio si evidenzia una quota significativa di campioni – per lo stagno la quota è del 94% – che, in assenza di valori di screening specifici per le aree agricole, presenta concentrazioni superiori a quelle di tabella 1/A del D.lgs. 152/06 (allegato 5, parte IV, Titolo V). Nella tabella 4 è riportato un riassunto dei dati statistici relativi alle concentrazioni di metalli.

Contenuto di inquinanti organici: PCB e IPA, fitofarmaci

PCB e IPA sono presenti frequentemente ma sempre in concentrazioni ben inferiori ai valori di screening indicati nella tabella 1/A, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, del D.lgs. 152/06.

I fitofarmaci (insetticidi e diserbanti) sono presenti diffusamente in tutta l'area indagata. Degli 89 campioni di terreno superficiale analizzati, il 92% risulta positivo per almeno uno dei principi attivi o metaboliti ricercati (è stata considerata positiva una presenza pari o superiore ad 1/10 il valore di screening riportato in tabella 1/A ovvero 1 mg/kg_{s.s.}). Nel 22,5% dei campioni si osserva per almeno una sostanza il superamento del valore di screening fissato in tabella 1/A, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, del D.lgs. 152/06. Va rilevato che si accertano livelli significativi anche di fitofarmaci per i quali non risulta stabilito dalla norma alcun valore di screening. La situazione illustrata risulta coerente con l'uso agricolo pregresso ed attuale dell'area investigata. In tal senso appare particolarmente significativa la presenza di DDT e dei suoi metaboliti (DDD e DDE) che ancora, a decenni dal divieto d'uso, testimonia il loro utilizzo diffuso ed intenso nel passato nonché la loro persistenza. Nella figura 3 si mostra la ripartizione dei campioni in base alla presenza di DDT, DDE, DDD considerati in sommatoria, come previsto dalla norma.

Nelle figure 4-11 sono riportate le distribuzioni spaziali dei fitofarmaci analizzati.

La situazione dei suoli nelle aree agricole adiacenti al SIN 'Laguna di Marano e Grado'

Lo studio fotografa la situazione presente in aree prospicienti il SIN 'Laguna di Marano e Grado' e da sempre dedicate all'agricoltura, in cui appaiono ragionevolmente escluse contaminazioni di origine industriale e l'influenza antropica è riconducibile alle sole pratiche agricole. I risultati di questo studio possono essere considerati dei valori di riferimento tipici per l'area esaminata e, se opportunamente implementati su un'area più vasta, potrebbero essere ritenuti rappresentativi dei suoli agricoli della bassa pianura friulana.

TABELLA 2. FITOFARMACI ANALIZZATI.

Insetticidi	Colonna A* (mg/kg _{s.s.})	Diserbanti	Colonna A* (mg/kg _{s.s.})
α-Esaclorocicloesano	0,01	Atrazina	0,01
β-Esaclorocicloesano	0,01	Desetilatrazina (m)	–
γ-Esaclorocicloesano	0,01	Terbutilazina	–
Aldrin	0,01	Desetilterbutilazina (m)	–
Dieldrin	0,01	Alaclor	0,01
Endrin	0,01	Metolaclor	–
Eptacloro			
Eptacloro Epossido (m)			
Clordano α	0,01		
Clordano γ			
o-p DDT			
p-p DDT			
o-p DDE (m)	0,01		
p-p DDE (m)			
o-p DDD (m)			
p-p DDD (m)			

* Da tabella 1, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, del D.lgs. 152/06; m = metabolica.

TABELLA 3. IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA) ANALIZZATI.

IPA	Colonna A* (mg/kg _{s.s.})	IPA	Colonna A* (mg/kg _{s.s.})
Benzo(a)antracene	0,5	Fenantrene	–
Benzo(a)pirene	0,1	Antracene	–
Benzo(b)fluorantene	0,5	Benzo(e)pirene	–
Benzo(k)fluorantene	0,5	Fluorantene	–
Benzo(g, h, i,)perilene	0,1	Perilene	–
Crisene	5		
Dibenzo(a,e)pirene	0,1		
Dibenzo(a,l)pirene	0,1		
Dibenzo(a,i)pirene	0,1		
Dibenzo(a,h)pirene	0,1		
Dibenzo(a,h)antracene	0,1		
Indenopirene	0,1		
Pirene	5		
Σ policiclici aromatici	10		

* Da tabella 1, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, del D.lgs. 152/06.

TABELLA 4. STATISTICA DESCRITTIVA RELATIVA ALLE CONCENTRAZIONI DEI METALLI DETERMINE SULLA FRAZIONE DI SUOLO <2 mm (DATI ESPRESI IN mg/kg_{s.s.}).

Metallo	Minimo	Media	Dev. std.	Massimo	Q _{90%}	Q _{95%}	Limiti di Colonna A* (mg/kg _{s.s.})
Antimonio	0,2	0,52	0,24	1,5	0,86	1,03	10
Arsenico	0,2	9,52	3,77	20,6	15,2	16,5	20
Berillio	0,4	1,29	0,57	3,1	2,39	2,91	2
Cadmio	0,2	0,33	0,21	0,6			2
Cobalto	5,6	13,26	3,55	20,8	18,1	19,4	20
Cromo	30	66,87	24,31	151	95,0	107,4	150
Mercurio	0,1	0,17	0,09	0,4			1
Nichel	23,4	46,73	15,39	92	66,9	75,4	120
Piombo	12,8	24,22	7,09	45,6	32,5	35,3	100
Rame	10,1	33,15	20,77	108,2	48,9	58,0	120
Selenio	0,1	0,71	0,64	2,8			3
Stagno	0,9	1,96	0,63	3,7	3,00	3,41	1
Tallio	0,2	0,49	0,18	1			1
Vanadio	32,9	85,30	33,09	191	132,3	152,6	90
Zinco	30,2	79,59	28,15	184	106,8	117,8	150

* Da tabella 1, allegato 5 alla parte IV, Titolo V, del D.lgs. 152/06.

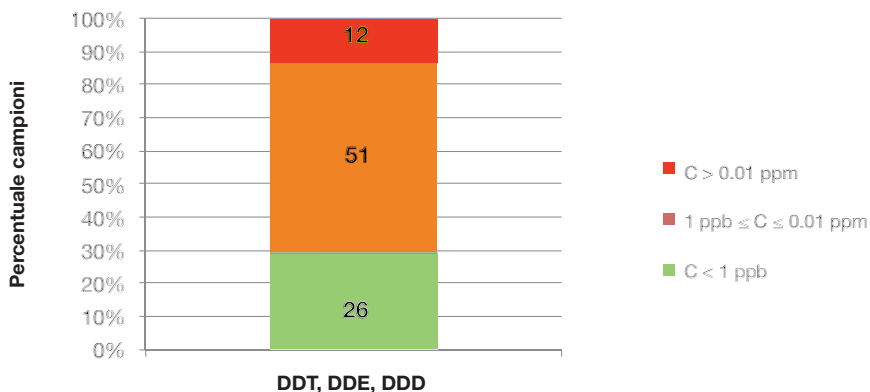
FIGURA 3. RIPARTIZIONE DEI CAMPIONI IN BASE ALLA PRESENZA DI DDT, DDE, DDD (26, 51 E 12 È IL NUMERO DI CAMPIONI CON CONCENTRAZIONI RISPETTIVAMENTE INFERIORI AD 1 ppb, COMPRESSE FRA 1 ppb E 0,01 ppm E SUPERIORI A 0,01 ppm, DETERMINE SULLA FRAZIONE DI SUOLO <2 mm E SULLA SOSTANZA SECCA).

FIGURA 4.
DISTRIBUZIONE
SPAZIALE DI
ATRAZINA.



FIGURA 5.
DISTRIBUZIONE
SPAZIALE DI
TERBUTILAZINA.



FIGURA 6.
DISTRIBUZIONE
SPAZIALE DI
ALACLOR.



FIGURA 7.
DISTRIBUZIONE
SPAZIALE DI ME-
TOLACHLOR.



FIGURA 8.
DISTRIBUZIONE
SPAZIALE DI
DIELDRIN.



FIGURA 9.
DISTRIBUZIONE
SPAZIALE DI
EPTACLORO.



FIGURA 10.
DISTRIBUZIONE
SPAZIALE DI
CLORDANO.

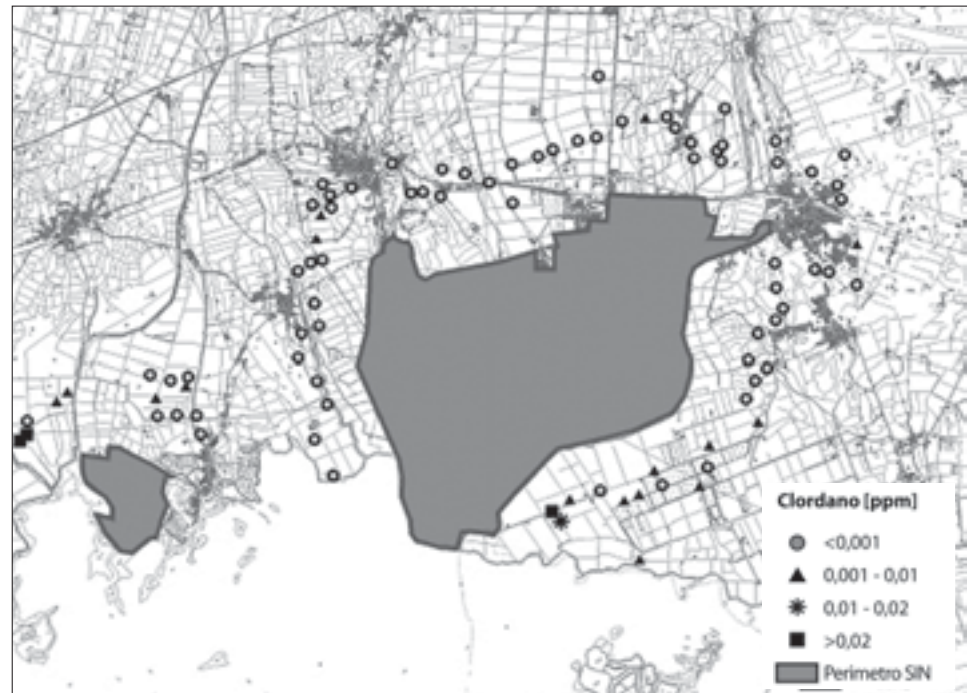


FIGURA 11.
DISTRIBUZIONE
SPAZIALE DI DDT
E METABOLITI.



Presenza di berillio, stagno e vanadio nei suoli della provincia di Udine: analisi statistica dei dati di ARPA FVG

Per verificare se la presenza di berillio, stagno e vanadio nell'area di studio all'esterno del SIN sia dovuta ad una situazione diffusa ed omogenea oppure a vari episodi localizzati, associabili a un inquinamento di origine antropica, sono stati elaborati statisticamente i dati prodotti dal Laboratorio di Udine dell'ARPA per i suoli della provincia di Udine nel periodo compreso fra il 23.04.2006 e il 30.06.2011. Si tratta di circa 800 valori di concentrazione di berillio, stagno e vanadio ottenuti da campioni di suolo prelevati in tutte le aree indagate (industriali, agricole, residenziali).

Al fine di non distorcere l'elaborazione con singoli episodi localizzati di mancanza o di eccessiva presenza dell'analita, sono stati eliminati i dati anomali individuati mediante l'applicazione del Test di Huber al 99% di confidenza.

Le popolazioni dei dati di berillio, stagno e vanadio sono risultate omogenee e diffuse in tutta la provincia di Udine. In base alla definizione fornita da APAT - ISS, 2006 si può assumere che tutti i valori di queste popolazioni possano essere considerati 'valori di fondo'. Prendendo come riferimento i dati di berillio, stagno e vanadio sulla frazione di suolo <2 mm (sottovaglio), si ottengono i percentili riportati nella tabella 5; fra questi il 97,7° percentile è considerato di norma come riferimento per il calcolo del valore limite della concentrazione di fondo di un analita.

TABELLA 5. DETERMINAZIONE DEI PERCENTILI DI PROBABILITÀ PER LE CONCENTRAZIONI DI BERILLIO, STAGNO E VANADIO.

Probabilità	Percentili (concentrazione di Berillio sulla frazione <2 mm, mg/kg _{s,s})
80%	1,3
90%	1,8
95%	2,5
97,7%	3,5

Probabilità	Percentili (concentrazione di Stagno sulla frazione <2 mm, mg/kg _{s,s})
80%	2,3
90%	3,0
95%	3,6
97,7%	4,3

Probabilità	Percentili (concentrazione di Vanadio sulla frazione <2 mm, mg/kg _{s,s})
80%	85,6
90%	124,9
95%	170,5
97,7%	232,0

ARPA FVG - Laboratorio di Udine, 2011.

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Contenuto di metalli pesanti totali in suoli agrari (ISPRA, 2010) Contenuto di inquinanti organici in suoli agrari
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	mg/kg _{s.s.} , µg /kg _{s.s.}
FONTE	Dipartimento Provinciale ARPA di Udine e Laboratorio ARPA di Udine
COPERTURA SPAZIALE DATI	Area prospiciente il SIN 'Laguna di Marano e Grado'
COPERTURA TEMPORALE DATI	2006-2007

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152	Testo Unico Ambientale, parte IV, Titolo V 'Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati'
D.M. 18 settembre 2001, n. 468	Regolamento recante programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale
Decreto 24 febbraio 2003	Perimetrazione del Sito di Interesse Nazionale della Laguna di Marano e Grado
D.M. 13 settembre 1999	Approvazione dei 'Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo'
D.M. 25 ottobre 1999, n. 471	Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del d.lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni
TAR Umbria, I sezione, Sentenza 8 aprile 2004, n. 168	
Parere ISS del 6 novembre 2003, prot. n. 51899	Valori di concentrazione limite accettabile delle sostanze inquinanti di cui all'allegato 1 del D.M. 471/99 nel suolo e sottosuolo per siti a destinazione agricola
D.lgs. 28 agosto 1997, n. 281	Definizione ed ampliamento delle attribuzioni della Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano ed unificazione, per le materie ed i compiti di interesse comune delle Regioni, delle Province e dei Comuni, con la Conferenza Stato-città ed autonomie locali

GLOSSARIO

Analita. Elemento o molecola ricercato in una matrice (ad esempio il suolo) mediante analisi.

APAT. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici.

Contenuto antropizzato. Concentrazione di una sostanza nei suoli derivata sia dal contenuto naturale pedo-geochimico sia dalla moderata immissione diffusa nel suolo (APAT - ISS, 2006; ISO 19258).

DDD. 1,1-dicloro-2,2-bis(4-clorofenil)etano.

DDE. 1,1-dicloro-2,2-bis(4-clorofenil)etilene.

DDT. 1,1,1-tricloro-2,2-bis(p-clorofenil)etano (nome alternativo: dicloro difenil tricloroetano).

Deviazione standard. Misura della dispersione dei valori quantificabile come scarto quadratico medio dei valori dal valore centrale.

EPA. Environmental Protection Agency.

Frazione <2 mm. Frazione di suolo che oltrepassa un setaccio con maglie di 2 mm di larghezza.

Inquinamento diffuso. La contaminazione o le alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle matrici ambientali determinate da fonti diffuse e non imputabili ad una singola origine (art. 240, comma r, D.lgs. 152/06).

IPA. Idrocarburi Policiclici Aromatici.

ISS. Istituto Superiore di Sanità.

MATTM. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

mg/kg_{s.s.} Concentrazione espressa in mg/kg (ppm) sulla sostanza secca di suolo.

µg/kg_{s.s.} Concentrazione espressa in µg/kg (ppb) sulla sostanza secca di suolo.

Massimo. Valore più alto di un dataset.

Media. Stima del valore centrale di una popolazione data dalla somma dei valori diviso il numero degli stessi di un dataset estratto da quella popolazione.

Metabolita. Denominazione generica di un prodotto terminale o intermedio del metabolismo.

Metalloidi. Elementi aventi caratteristiche fisiche e chimiche intermedie fra quelle dei metalli e quelle dei non metalli (APAT - ISS, 2006).

Minimo. Il valore più basso di un dataset.

Omologo chimico. Composto organico che ha proprietà fisiche e chimiche simili a quelle di un altro composto, del quale ha gli stessi gruppi funzionali ma da cui differisce per uno o più gruppi.

PCB. PoliCloroBifenili.

Percentile. Sono quei valori che dividono la distribuzione in 100 parti, in modo che, ad esempio, il 25° percentile sia quel valore che supera il 25% della distribuzione ed è superato dal 75%, il 50° percentile sia il valore che divide la distribuzione in due parti uguali, il 75° percentile sia quel valore superato dal 25% della distribuzione (APAT - ISS, 2006).

Popolazione. Insieme infinito di valori generati da un unico set di fattori costanti, stimabile mediante estrazione di un insieme finito (dataset).

ppm (parts per million). Concentrazione espressa in parti per milione.

ppb (parts per billion). Concentrazione espressa in parti per miliardo.

Q 90%. Valore numerico al di sotto del quale si trova il 90% dei valori possibili della popolazione.

Q 95%. Valore numerico al di sotto del quale si trova il 95% dei valori possibili della popolazione.

Scheletro. Frazione di suolo costituita da elementi di diametro superiore a 2 mm (Sequi, 2005).

SIN. Sito di Interesse Nazionale.

Sottovaglio. Frazione di suolo che oltrepassa le maglie di un setaccio.

Valore di fondo. Concentrazione di una sostanza nel suolo derivante dai processi geologici e pedologici comprendente anche l'apporto di sorgenti diffuse (APAT - ISS, 2006; ISO 19258).

Valori di screening. Valori di concentrazione per le sostanze contaminanti nel suolo e sottosuolo che costituiscono soglie di attenzione oltre le quali sono necessari ulteriori approfondimenti di indagine e l'elaborazione di un'analisi di rischio sito-specifica per la definizione di veri e propri valori di intervento (obiettivi di bonifica). Nella legislazione italiana vigente i valori di screening sono costituiti dalle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione), gli obiettivi di bonifica sono costituiti dalle CSR (Concentrazioni Soglia di Rischio).

BIBLIOGRAFIA

- Adriano D.C. (2001), *Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals*, New York, Springer Ed.
- APAT (2006), *Studio sui valori di concentrazione dell'Arsenico nei suoli ad uso residenziale - Sito di Interesse Nazionale di Porto Marghera*.
- APAT - ISS (2006), *Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei Siti d'Interesse Nazionale*.
- ARPA FVG - Dipartimento Provinciale di Udine (2007), *Sito Inquinato di Interesse Nazionale Laguna di Grado e Marano: determinazione dei valori di fondo nei suoli agricoli prospicienti il Sito di Interesse Nazionale*.
- ARPA FVG - Laboratorio di Udine, Felluga A., comunicazione interna, 9 agosto 2011.
- ARPAT (2009), *Studio per la definizione dei valori di fondo naturale per alcuni metalli nell'area del SIN di Massa Carrara*.
- ARPAV (2002), *Determinazione del livello di fondo di metalli pesanti nei suoli dell'entroterra veneziano*.
- ARPAV (2011), *Metalli e metalloidi nei suoli del Veneto. Determinazione dei valori di fondo*.
- Beretta G.P. (2004), *Il trattamento e l'interpretazione dei dati ambientali*, Bologna, Pitagora.
- Beretta G.P., Pellegrini R. (2003), *Linee guida per la determinazione dei valori di fondo naturale nell'ambito della bonifica dei siti contaminati*, Provincia di Milano/Università degli Studi di Milano.
- Bini C., Sartori G., Wahsha M. et al. (2011), *Background levels of trace elements and soil geochemistry at regional level in NE Italy*, in «Journal of Geochemical Exploration», 109, 125-133.
- D.G.R. n. 464 (2010), *Protocollo operativo per l'esecuzione di indagini mirate alla determinazione delle concentrazioni di metalli e metalloidi nei suoli attribuibili al fondo naturale o ad inquinamento diffuso*, Regione Veneto.
- EPA (2006), *Data quality assessment: a reviewer's guide*, EPA QA/G-9R.
- ERSAF Lombardia (2007), *Analisi del contenuto in rame e altri metalli nei suoli agricoli lombardi*, in «Quaderni della ricerca», 61, 111.
- Giandon P., Cappellin R., Ragazzi F. et al. (2004), *Confronto tra livello naturale e livello antropico dei metalli pesanti nei suoli della pianura veneta in relazione al materiale di partenza*, in «Bollettino S.I.S.S.», 53, 540-544.
- ISO (2005), *ISO 19258: Soil Quality: Guidance on the determination of background values*.
- ISPRA (2010), *Annuario dei dati ambientali*.
- MIFAP (2007), *Linee guida per la determinazione del valore di fondo naturale-antropico dei suoli agrari per metalli e metalloidi*, documento interno, versione 12 aprile 2007.
- Musmeci L. (2008), *Bonifica di siti contaminati*, Milano, Edizioni Ambiente.
- Sequi P. (a cura di) (2005), *Fondamenti di chimica del suolo*, Bologna, Patron.
- Ungaro F., Ragazzi F., Cappellin R. et al. (2008), *Arsenic concentration in the soils of the Brenta Plain (Northern Italy): mapping the probability of exceeding contamination Thresholds*, in «Journal of Geochemical Exploration», 96, 117-131.
- UNICHIM (2004), *Suoli e falde contaminate. Campionamento e analisi*, Manuale n. 196/2.

RADON

Il radon è un gas radioattivo naturale ed è la seconda causa di tumore ai polmoni dopo il fumo di sigaretta. L'ARPA FVG ha effettuato numerose campagne di misura per valutarne i valori di concentrazione nelle abitazioni e nelle strutture scolastiche: nei casi di accertato superamento dei livelli stabiliti sono state fornite indicazioni per l'effettuazione di azioni di rimedio e ne è stata valutata l'efficacia.

Concettina Giovani
Silvia Pividore
ARPA FVG
Laboratorio Unico
Multisito - Fisica
ambientale

Il radon è un agente cancerogeno che causa un aumento del rischio di contrarre il tumore polmonare. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), attraverso l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), ha classificato fin dal 1988 il radon nel gruppo 1, nel quale sono elencate le 95 sostanze dichiarate cancerogene per l'uomo.

La Commissione Europea, con la Raccomandazione 143/Euratom del 1990, ha fissato dei valori di riferimento della concentrazione di radon negli ambienti chiusi, oltre i quali raccomanda interventi di bonifica per la sua riduzione: 400 Bq/m³ per edifici esistenti e 200 Bq/m³ per edifici da costruire (come parametro di progetto).

Il D.lgs. 241/00 ha introdotto la valutazione e il controllo dell'esposizione al radon nei luoghi di lavoro. Nel Decreto sono individuate, in una prima fase, alcune tipologie di luoghi di lavoro: catacombe, tunnel, sottovie e tutti i luoghi di lavoro sotterranei per i quali i datori di lavoro hanno l'obbligo di effettuare misure e valutazioni. Il Decreto fissa un livello di riferimento di 500 Bq/m³, oltre il quale il datore di lavoro deve intervenire con più approfondite valutazioni ed eventualmente con azioni di bonifica.

Il D.lgs. 241/00 prevedeva inoltre che le Regioni, entro cinque anni dalla data di pubblicazione, quindi entro il 31 agosto 2005 (art. 10-sexies e art. 37, comma 5), definissero le aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon (*radon-prone areas*) all'interno del proprio territorio e che l'elenco di tali aree venisse pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale. Il D.lgs. 241/00 prevede che un'apposita commissione tecnica definisca criteri e modalità di definizione di tali *radon-prone areas* oltre che le modalità di misura della concentrazione di radon *indoor*. In assenza, non solo delle indicazioni di tale commissione, ma anche dell'insediamento della commissione stessa, a tutt'oggi non ancora avvenuto, gli unici documenti al momento pubblicati sono: una bozza del piano nazionale radon (ultima versione aprile 2003) e le 'Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei' approvate dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano il 6 febbraio 2003.

A livello regionale è stata promulgata una legge (L.R. 20/05) che, attraverso un regolamento attuativo, prevede, per i soli asili nido, l'obbligo di effettuare misurazioni di radon ai fini di ottenere il rilascio dell'autorizzazione definitiva al funzionamento, imponendo il rispetto dei limiti fissati dalla Raccomandazione Europea (400 Bq/m³); per le strutture scolastiche valgono invece i limiti stabiliti dal D.lgs. 241/00 (500 Bq/m³).

Non è nota una concentrazione di radon al di sotto della quale l'esposizione non presenta alcun rischio.

La L.R. 20/05 prevede per i soli asili nido l'obbligo di effettuare misurazioni di radon per ottenere il rilascio dell'autorizzazione definitiva al funzionamento, imponendo il rispetto dei limiti (400 Bq/m³) fissati dalla Raccomandazione Europea 143/90.

Anche basse concentrazioni di radon possono portare a un piccolo aumento del rischio di cancro ai polmoni. Le analisi indicano che il rischio di tumore ai polmoni aumenta in proporzione all'aumento di esposizione al radon, ma la maggior parte dei tumori al polmone connessi al radon sono causati da concentrazioni basse e moderate perché, in genere, meno persone sono esposte a elevate concentrazioni di radon in ambienti chiusi. L'Organizzazione Mondiale della Sanità, nell'ambito del progetto 'International Radon Project' a cui hanno partecipato oltre 100 esperti di 35 Paesi di diversi continenti, ha elaborato un documento dal titolo *WHO Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective* (settembre 2009) da cui emerge che il radon provoca un

incremento di rischio di tumore polmonare statisticamente significativo anche per esposizioni relativamente basse e interagisce marcatamente con il fumo di sigaretta esponendo a un più alto rischio di tumore al polmone i soggetti che consumano o hanno consumato tabacco.

I valori di concentrazione di radon in regione

La SOS Fisica Ambientale dell'ARPA FVG ha effettuato diverse campagne di misura per valutare i valori di concentrazione di radon negli edifici scolastici e negli asili nido della regione: sono state sottoposte a controllo tutte le strutture esistenti, e di anno in anno vengono effettuate ulteriori campagne per misurare nuove sedi o ampliamenti di strutture già esistenti. Nell'ambito di queste campagne sono state effettuate oltre 10.000 misurazioni in oltre 1.500 edifici.

Come è noto esiste una notevole variabilità nel tempo della concentrazione di radon *indoor* dovuta sia a variazioni naturali (variazioni stagionali; variazioni giorno-notte; variazioni della temperatura e di altri parametri) sia a variazioni nell'utilizzo dell'edificio (diverse abitudini d'uso degli occupanti l'edificio, differenti periodi di accensione del riscaldamento, lunghi periodi di inutilizzo). A tale proposito è importante notare che, negli edifici scolastici, tali variazioni sono spesso particolarmente significative a causa dei prolungati periodi di chiusura delle scuole stesse, delle modalità di riscaldamento, dell'apertura delle finestre durante le pulizie ecc.

I numerosi periodi di misura con strumenti attivi e le oltre 10.000 misure con dosimetri a tracce hanno messo in evidenza che, a causa della peculiarità delle scuole, le concentrazioni di radon *indoor* all'interno di esse, non sempre riflettono gli andamenti nel tempo che generalmente si trovano in letteratura. In particolare è frequente trovare massimi di concentrazione nelle ore diurne invece che in quelle notturne e concentrazioni di radon nel periodo estivo superiori, o almeno uguali, a quelle misurate nel periodo invernale.

Numerosi sono stati gli accertamenti di superamenti dei livelli stabiliti, sia per le scuole che per gli asili nido: in tutti i casi l'ARPA FVG ha effettuato sopralluoghi e fornito indicazioni utili per la realizzazione delle azioni di rimedio. Attualmente, su oltre 60 casi di superamento dei livelli di azione, la maggior parte delle strutture sono state risanate (oltre il 60%), mentre alcune sono ancora in fase di adeguamento (24%). Solamente per 8 edifici gli esercenti non hanno ancora provveduto a realizzare interventi per ridurre i livelli di radon *indoor*.

L'ARPA FVG ha inoltre predisposto un progetto allo scopo di ottenere una prima indicazione della distribuzione della concentrazione del radon *indoor* sul territorio regionale e di definire le *radon-prone areas* in Friuli Venezia Giulia, così come previsto dal D.lgs. 241/00.

A fronte di una riduzione della dispersione energetica degli edifici, si assiste sempre più frequentemente ad un accumulo dei valori di radon *indoor*, facilitato proprio dal miglioramento dell'isolamento termico.

Da questo studio sono emerse importanti informazioni relative alla distribuzione della concentrazione di radon. I risultati ottenuti dall'analisi dei dati confermano tutte le zone a rischio rilevate nel passato (alta pianura friulana, zone carsiche, ecc.). La numerosità e la migliore distribuzione dei punti di misura ne permette inoltre una definizione più dettagliata. Sono state inoltre individuate nella zona montana della regione alcune aree a rischio che con i dati delle sole scuole, non omogeneamente distribuite in tale zona, non erano state evidenziate.

Il confronto dei valori delle concentrazioni di radon *indoor* con le differenti tipologie edilizie delle abitazioni

in cui erano posti i dosimetri di misura ha prodotto alcuni importanti risultati, che hanno evidenziato precise relazioni tra determinate tipologie edilizie ed alte concentrazioni di gas radon. Da sottolineare i risultati dell'analisi dei dati relativi al tipo di separazione suolo-locale che individua nella presenza di soletta controterra la situazione più a rischio. Si sono trovate inoltre medie più elevate in edifici costruiti prima del 1976 e in abitazioni con i muri portanti formati anche da pietra; a riprova dell'importanza che rivestono le tipologie edilizie e, in parte minore per la nostra regione, i materiali da costruzione, nel determinare le concentrazioni di radon *indoor*. Inoltre si è evidenziata una maggiore possibilità di trovare alte concentrazioni di radon *indoor* in locali situati al piano terra piuttosto che ai piani superiori. Ciò è dovuto al fatto che per il territorio del Friuli Venezia Giulia la maggior sorgente di radon è il suolo.

A titolo di esempio nella figura 1 si riporta una mappa di distribuzione della probabilità di superare i 200 Bq/m³ sul territorio del Friuli Venezia Giulia, ottenuta utilizzando come dati sorgente i risultati provenienti dall'indagine regionale sulle strutture scolastiche del Friuli Venezia Giulia. Il metodo usato per la definizione della mappa prevede un'analisi variografica sui dati trasformati mediante *N-score transformation* ed una successiva interpolazione tramite opportuni algoritmi al fine di creare le mappe di rischio.

Nella figura 2 viene invece riportata la mappa con i risultati della campagna effettuata presso oltre 2.400 abitazioni della regione allo scopo di ottenere dati utili per la definizione delle *radon-prone areas*. Le misure sono state effettuate posizionando per due semestri consecutivi rivelatori passivi a traccia CR39 in due locali in ciascuna abitazione; la quasi totalità delle misure si è svolta nel periodo settembre 2005 - settembre 2006. Per ogni quadrante della carta tecnica regionale in scala 1:5.000 è stata effettuata la media aritmetica delle misure contenute.

Il radon negli edifici

Il settore edilizio utilizza circa il 40% dell'energia consumata in Italia (residenziale e terziario). La maggior parte di questa energia viene utilizzata per il riscaldamento e per il condizionamento e più del 10% viene dispersa attraverso i componenti finestrati. La normativa nazionale pone l'accento sul miglioramento dell'isolamento termico degli edifici, con particolare attenzione ai componenti trasparenti e finestrati.

A fronte di una riduzione della dispersione energetica, si assiste sempre più frequentemente ad un accumulo dei valori di radon *indoor*, facilitato proprio dal miglioramento dell'isolamento termico degli edifici.

FIGURA 1. MAPPA DELLA DISTRIBUZIONE DELLA PROBABILITÀ DI SUPERARE I 200 Bq/m³ DI CONCENTRAZIONE DI RADON SUL TERRITORIO REGIONALE.

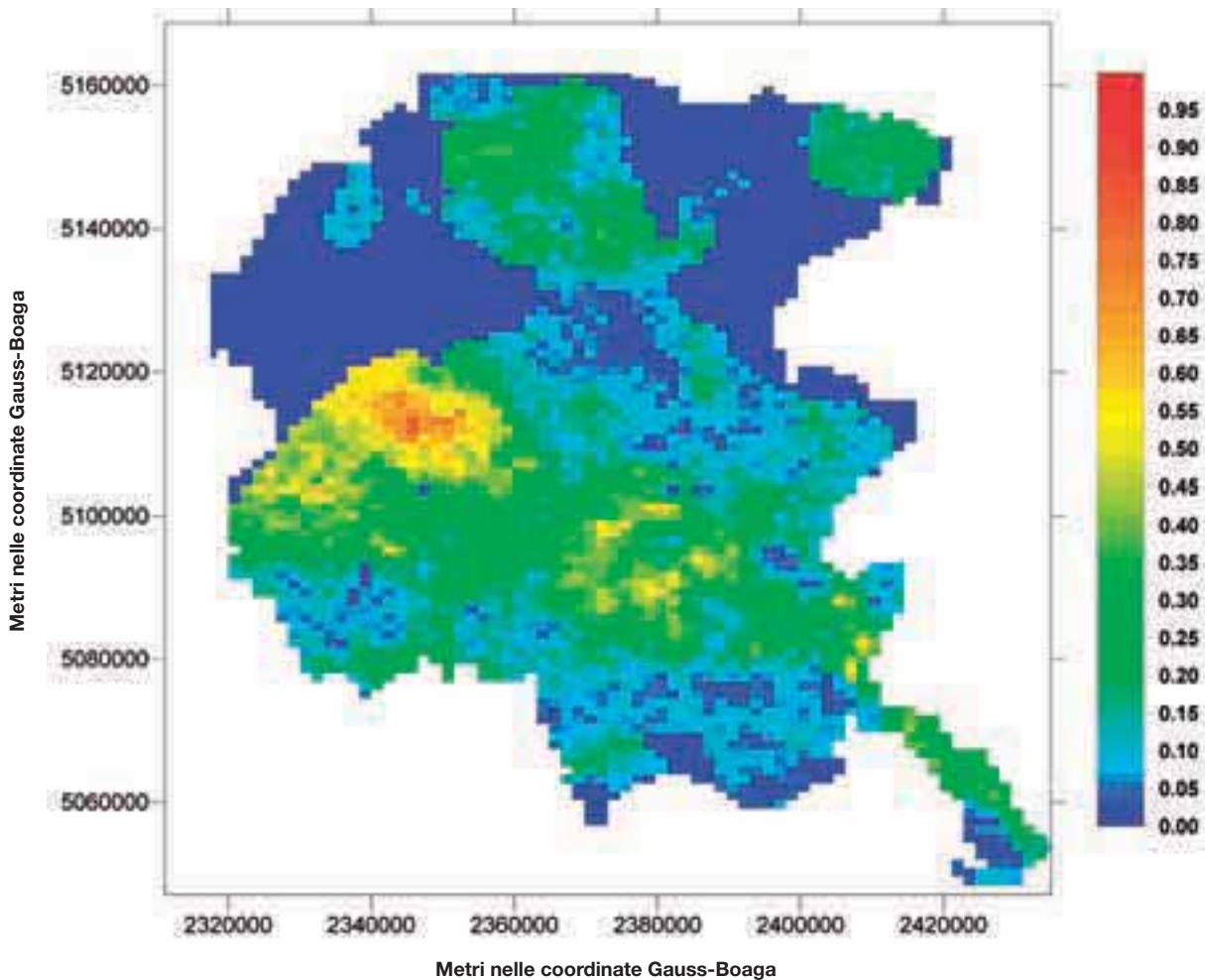
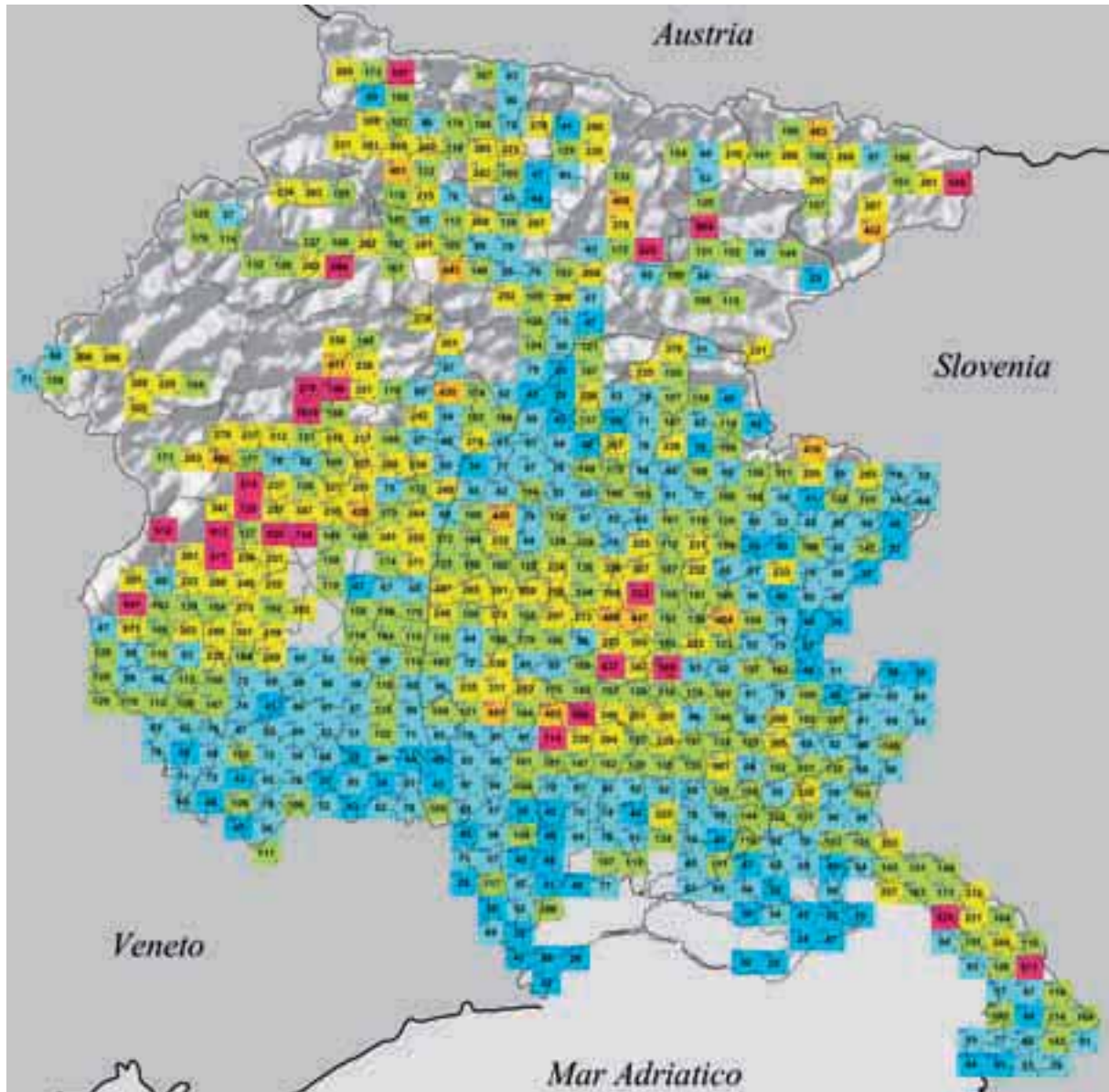


FIGURA 2. MAPPA CON I RISULTATI DELLE MISURE DI CONCENTRAZIONE DI RADON *INDOOR* IN Bq/m³ EFFETTUATE IN OLTRE 2.400 ABITAZIONI DELLA REGIONE.



- da 0 a 50
- da 50 a 100
- da 100 a 200
- da 200 a 400
- da 400 a 500
- da 500 a 2.000

N. di riferimento 547
Concentrazione media (Bq/m³) 325
 N. di misure per unità di griglia 2

D'altro canto, i programmi nazionali sul radon mirano a ridurre la popolazione a rischio e il rischio individuale per le persone che vivono in zone con alte concentrazioni.

Ciò comporta una maggior attenzione per i valori di radon *indoor*, con limiti di riferimento che negli anni si fanno sempre inferiori: l'Organizzazione Mondiale della Sanità raccomanda un livello di riferimento di 100 Bq/m³, e laddove non sia possibile rispettare questo limite, il livello non deve comunque superare i 300 Bq/m³.

Affrontare il problema radon è importante sia nella costruzione di nuovi edifici (prevenzione) che nel risanamento (o bonifica) di quelli esistenti. Per ridurre il rischio per la popolazione generale, le norme dell'edilizia dovrebbero essere ripensate per comprendere misure di prevenzione del radon nelle case in costruzione. Le misurazioni saranno comunque necessarie sia per verificare l'efficacia delle azioni preventive sia per dare eventuale attuazione alla predisposizione di azioni per la riduzione del radon, in modo che le concentrazioni di radon si mantengano al di sotto del limite di riferimento.

Come si possono ridurre i valori di radon *indoor*

La Regione Friuli Venezia Giulia è stata una delle prime in Italia a sperimentare con successo azioni di rimedio per la riduzione della concentrazione di radon *indoor* (a partire dagli anni Novanta) in abitazioni private ed in strutture scolastiche. L'ARPA FVG, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Udine, è stata inoltre la prima in Italia a pubblicare un manuale tecnico contenente *Indicazioni e proposte per la protezione degli edifici dal radon* (Bertagnin, Garavaglia, Giovani et al., 2003). Gli esperti della SOS Fisica Ambientale di ARPA FVG hanno inoltre stilato, insieme ai colleghi dell'APPA di Bolzano, le linee guida nazionali nel settore linee guida CTN (Centri Tematici Nazionali): 'Azioni di rimedio in edifici con elevate concentrazioni di radon'.

La Regione Friuli Venezia Giulia, che presenta all'interno del suo territorio notevoli variazioni nel parco edilizio e nella consistenza del substrato (suoli sciolti con diverse porosità, calcari fessurati, fenomeni di carsismo, ecc.), offre la possibilità di validare l'applicabilità e l'efficacia di diverse metodologie di intervento, dopo averle opportunamente adattate al singolo caso. Numerosi esempi degli edifici rimediati secondo le indicazioni di ARPA FVG sono riportati nei diversi lavori pubblicati.

Molto spesso le azioni di rimedio vengono eseguite in fasi successive, partendo da una configurazione base che tipicamente consiste nell'apertura di alcuni fori per la ventilazione del vespaio o nella creazione di condotte di aerazione naturale nel sottosuolo, per poi procedere, nel caso l'intervento non risulti sufficiente, con l'aumento del numero di fori o di condotte di ventilazione o con l'applicazione di un certo numero di aspiratori per la depressurizzazione. Il numero di aspiratori, e la potenza degli stessi, possono essere anch'essi implementati fino al raggiungimento di risultati soddisfacenti.

ARPA FVG mette inoltre a disposizione dei privati un servizio a pagamento per la misura del radon *indoor*. Sulla base di una semplice richiesta telefonica, vengono forniti al privato, per posta, dosimetri (contenenti ciascuno due rivelatori passivi a tracce nucleari LR115 in configurazione ENEA DISP), schede per la raccolta dei dati, istruzioni per l'uso ed opuscoli informativi. Nel plico inviato per posta è inoltre contenuta una busta prestampata per la spedizione del dosimetro una volta terminata l'esposizione (della durata compresa tra un minimo di tre ed un massimo di sei mesi, indicativamente nel periodo invernale). Una volta che il dosimetro esposto arriva in laboratorio viene sviluppato ed analizzato in laboratorio ed il risultato della misura viene spedito al privato, confrontato con i valori di riferimento forniti dalla Comunità Europea. Il laboratorio resta a disposizione per qualunque chiarimento relativo all'uso del dosimetro ed ai risultati della misura.

Prospettive future: aumentare la conoscenza dei territori a rischio radon a tutela della salute umana

La Regione Friuli Venezia Giulia non ha ancora delineato le modalità di definizione delle *radon-prone areas* e la commissione tecnica prevista dal D.lgs. 241/00 non ha ancora fornito alcuna indicazione sull'applicazione tecnica del Decreto stesso. In questa situazione di difficoltà è comunque necessario, data la reale situazione di rischio ambientale, effettuare misure, almeno conoscitive, e dare indicazioni affinché possano essere adottate azioni di rimedio.

Appare inoltre chiara la necessità di poter confrontare concentrazioni medie, mappe di distribuzioni ed altri parametri, misurati in regioni, od eventualmente nazioni, diverse. Così come appare opportuno che la definizione delle *radon-prone areas* e gli eventuali provvedimenti che ne conseguano, siano univoci, almeno sul territorio nazionale. Si ritiene altresì necessario istituire a breve un catasto dei siti in cui siano stati accertati superamenti nei luoghi di lavoro, di cui è stata data comunicazione ad ARPA secondo quanto previsto dalla norma vigente.

Tutti i progetti previsti devono essere inquadrati in un'ottica più generale, al fine di poter identificare degli opportuni indicatori che consentano di monitorare nel dettaglio il problema radon sul territorio regionale.

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Raccomandazione 143/90 EURATOM della commissione del 21 febbraio 1990	Raccomandazione sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi
D.lgs. 241/00	Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti
Regolamento attuativo 87/2006 della L.R. 20/05	Regolamento recante requisiti e modalità per la realizzazione, l'organizzazione, il funzionamento e la vigilanza nonché modalità per la concessione dell'autorizzazione al funzionamento dei nidi d'infanzia ai sensi della L.R. 18 agosto 2005, n. 20, art. 13, c. 2, lett. a) e d)

BIBLIOGRAFIA

- Bertagnin M., Garavaglia M., Giovani C. et al. (2003), *Indicazioni e raccomandazioni per la protezione degli edifici dal radon*, ARPA FVG.
- Bohicchio F., Campos Venuti G., Nuccetelli C. et al. (1996), *Results of representative Italian national survey on radon indoor*, in «Health Physics», 71, 743-750.
- Darby S., Hill D., Auvinen A. et al. (2004), *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*, in «British Medical Journal», 330, 223-228.
- Garavaglia M., Cappelletto C., Giovani C. et al. (2004), *Efficiacia di diverse tipologie di azioni di rimedio per la riduzione della concentrazione di radon indoor*, in *Sanità e Ambiente: Ricerca e Radioprotezione operativa*, Atti del convegno nazionale di radioprotezione, Verona, 16-18 settembre 2004.
- Garavaglia M., Giovani C., Nadalut B. et al. (2007), *Radon prone areas: i primi risultati in Friuli Venezia Giulia*, in *Atti del convegno nazionale AIRP*, Vasto, 1-3 ottobre 2007.
- Garavaglia M., Pividore S., Giovani C. et al. (2003), *Rappresentazioni diverse della distribuzione spaziale del radon nelle scuole del Friuli Venezia Giulia*, in *Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale*, Atti del convegno nazionale, Torino, 29 settembre-1 ottobre 2003, 245-248.
- Giovani C., Garavaglia M., Minach L. et al. (2006), *Linee guida CTN: azioni di rimedio in edifici con elevate concentrazioni di radon*, AGF-T-LGU-04-03.
- Giovani C., Garavaglia M., Montanari F. et al. (2005), *Il progetto radon prone areas in Friuli Venezia Giulia*, in *La radioprotezione nella ricerca. La ricerca nella radioprotezione*, Atti del convegno nazionale di radioprotezione, Catania, 15-17 settembre 2005, sessione V.
- Giovani C., Pividore S., Garavaglia M. et al. (2003), *Procedura di verifica dell'efficacia delle azioni per la riduzione della concentrazione di radon all'interno degli edifici*, in *Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale*, Atti del convegno nazionale, Torino, 29 settembre-1 ottobre 2003, 309-312.
- ICRP (1993), *Protection against Radon-222 at Home and at Work*, Publications 65, in «Ann. ICRP», 23, 1-45.
- Ministero della Salute (2002), *Piano Nazionale Radon*, Commissione tecnico scientifica per l'elaborazione di proposte di intervento preventivo e legislativo in materia di inquinamento 'indoor' (D.M. 8 aprile 1998), Gruppo di lavoro 'Radon'.
- Pividore S., Garavaglia M., Giovani C. et al. (2007), *Radon, prodotti di decadimento del radon e toron in un'abitazione del Carso triestino*, Atti del convegno nazionale AIRP, Vasto, 1-3 ottobre 2007.
- Spinella M., Braitemberg C., Garavaglia M. et al. (2005), *Analisi spaziale delle concentrazioni di radon nella regione Friuli Venezia Giulia*, in *La radioprotezione nella ricerca. La ricerca nella radioprotezione*, Atti del convegno nazionale di radioprotezione, Catania, 15-17 settembre 2005, sessione V.
- Raccomandazione EURATOM 143/90 della Commissione del 21 febbraio 1990 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi*, in «Gazzetta Ufficiale CEE», L80, 27 marzo 1990.
- WHO-IARC (1988), *IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic risks to Humans: man made mineral fibres and Radon*, Lyon, France, IARC Monograph, vol. 43.
- Zeeb H., Shannoun F. (2009), *WHO Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective*, NLM classification: NN 615.

SORGENTI ORFANE

Sorgenti radiologiche o materiali radioattivi possono essere rinvenuti nei rottami metallici o nei rifiuti urbani. ARPA FVG è fortemente impegnata in una attività di controllo per evitare i problemi sanitari e ambientali che possono derivare dalla fusione o dall'incenerimento di questi materiali.

Massimo Garavaglia
Concettina Giovani
ARPA FVG
Laboratorio Unico
Multisito - Fisica
ambientale

Sorgenti di radiazioni ionizzanti vengono usate in diversi ambiti, sia industriali che medici. Numerose sono le apparecchiature che contengono, per il loro funzionamento, questo tipo di sorgenti anche con alta attività e potenzialmente pericolose. Se non correttamente smaltite divengono infatti delle 'sorgenti orfane'.

Il crescente utilizzo dei rottami metallici come materia prima delle fonderie, ad esempio, rende sempre più probabile il rinvenimento di tali sorgenti orfane al loro interno.

Nel passato vari radionuclidi venivano usati in oggetti comuni per gli scopi più vari: per migliorare le proprietà ottiche di alcune lenti o per rendere sempre visibili quadranti di strumentazione tecnica oppure orologi da polso. Attualmente l'utilizzo della radioattività per tali fini non è più permesso, ma è comune ritrovare tra i rifiuti questi oggetti.

Inoltre, l'utilizzo di sorgenti non sigillate a scopi diagnostici o terapeutici è sempre più frequente. Oltre alle terapie metaboliche con ricovero, moltissime sono le applicazioni che vengono eseguite negli ambulatori a cui seguono le immediate dimissioni dei pazienti. Molto spesso, inoltre, degenti portatori di radionuclidi vengono ricoverati in reparti diversi da quelli di medicina nucleare e radioterapia, dove opera personale preparato a trattare con sorgenti di radiazioni ionizzanti. È andato quindi aumentando il volume di rifiuto considerato, ai sensi di legge, 'non radioattivo'. Tale rifiuto viene immesso nell'ambiente sia da parte di persone non ricoverate, sia attraverso rifiuti ospedalieri considerati 'non radioattivi' secondo la normativa vigente, anche se in essi sono spesso presenti tracce di radioattività.

La situazione in Friuli Venezia Giulia

In regione, a seguito delle recenti norme, vengono effettuati sempre più di frequente accertamenti, manuali o mediante apposito portale, per il controllo della radioattività sia sui carichi di rifiuti, urbani o speciali, all'ingresso degli impianti di termovalorizzazione, sia sui carichi di rottami metallici al confine o all'ingresso di impianti di trattamento o di fusione.

Inoltre, esiste una normativa specifica che impone il controllo radiometrico dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) all'ingresso degli impianti di recupero e trattamento.

In Friuli Venezia Giulia operano due termovalorizzatori: uno a Trieste, gestito da Acegas-Aps e dedicato ai rifiuti urbani, e uno a Spilimbergo, gestito dalla Mistral FVG, per i rifiuti speciali; quest'ultimo riceve carichi anche dal resto del Nord Italia e dalle regioni dell'Italia Centrale e Meridionale.

I risultati delle misure effettuate sui campioni di suolo e di fieno attorno al termovalorizzatore di Spilimbergo dimostrano che non vi è nessun fenomeno di accumulo di radionuclidi artificiali provenienti dall'impianto stesso.

ARPA FVG, da circa due anni, è coinvolta nelle attività di monitoraggio, controllo e talora bonifica della radioattività artificiale presente nei carichi in ingresso, nelle ceneri di caldaia, nelle polveri di abbattimento fumi e nelle scorie di tali impianti. I 'Piani di intervento per la messa in sicurezza in caso di rinvenimento o di sospetto di presenza di sorgenti orfane' prevedono che ARPA FVG svolga un ruolo fondamentale nelle operazioni di bonifica dei carichi di rottami che presentano anomalia radiometrica. Inoltre, nell'ambito del suo compito di sorveglianza del territorio, ARPA FVG può imbattersi, direttamente o su segnalazione di altri enti preposti al controllo (Vigili del fuoco, Aziende sanitarie, Forza pubblica), nell'emersione e nel ritrovamento di sorgenti orfane.

Indicatore 1: Anomalie radiometriche nei rifiuti in ingresso negli impianti di termovalorizzazione

Numerose anomalie radiometriche sono state riscontrate all'ingresso dei due impianti di termovalorizzazione dei rifiuti presenti sul territorio regionale, delle quali si sono analizzate anche le caratteristiche. Sono inoltre state effettuate delle misure di spettrometria gamma sui campioni di polveri di abbattimento fumi, ceneri di caldaia e scorie pesanti in uscita dagli impianti stessi.

Per verificare l'assenza di contaminazione ambientale dovuta all'eventuale immissione tramite i fumi in atmosfera è stato effettuato uno studio specifico attorno all'impianto di Spilimbergo.

Le quantità di radionuclidi artificiali rinvenute nelle polveri di abbattimento fumi, nelle ceneri di caldaia e nelle scorie non sono mai risultate particolarmente elevate, e non destano nessun problema né dal punto di vista sanitario né da quello ambientale. È evidente che il controllo effettuato sui carichi all'ingresso abbatte notevolmente il rischio di immissione di radionuclidi nell'ambiente.

I risultati delle misure effettuate sui campioni di suolo e di fieno attorno all'impianto di Spilimbergo dimostrano, inoltre, che non vi è nessun fenomeno di accumulo di radionuclidi artificiali, provenienti dall'impianto stesso, nelle matrici ambientali.

Poiché le attuali tecniche di controllo non permettono la riduzione a zero di tale rischio, esso può essere ulteriormente abbassato grazie ad ulteriori controlli che possano, eventualmente, essere effettuati sul luogo di produzione dei rifiuti.

Prospettive future

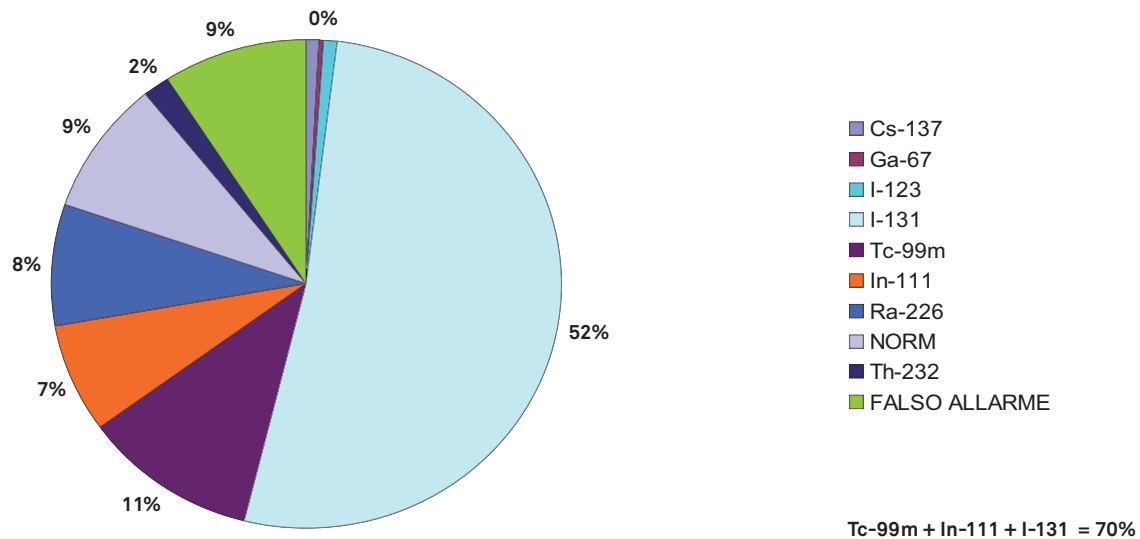
Sulla base di quanto fin qui riportato, appare evidente come l'utilizzo di sorgenti non sigillate in ambito ospedaliero e la conseguente immissione nell'ambiente di quantità anche piccole di radionuclidi, sebbene non rappresentino, in genere, un grosso rischio per la salute umana, debbano, tuttavia, essere affrontati in maniera più attenta di quanto non sia attualmente fatto. Il risultato dei controlli radiometrici effettuati sui rifiuti ospedaliero-sanitari, così come sui rifiuti solidi urbani, presenta alcune potenzialità di controllo in ambiti diversi da quelli strettamente ambientali, come quello sanitario o giudiziario. Gli stessi risultati delle misure, così come la consapevolezza che essa non coinvolga la totalità dei rifiuti, né dei rifiuti derivati dalla termovalorizzazione degli stessi, portano alla necessità di effettuare ulteriori valutazioni di carattere ambientale.

TABELLA 1. DETTAGLIO DELLE CARATTERISTICHE DELLE ANOMALIE RISCOSTRATE PRESSO L'IMPIANTO ACEGAS-APS DI TRIESTE.

Radionuclidi	Anomalie	
	N.	%
Cs-137	2	0,79
Ga-67	1	0,40
I-123	2	0,79
I-131	131	51,98
Tc-99m	28	11,11
In-111	18	7,14
Ra-226	20	7,94
NORM	23	9,13
Th-232	4	1,59
Falso allarme	23	9,13
Totale	252	100

Periodo di controllo: dal 2 ottobre 2008 al 31 luglio 2011.

FIGURA 1. RADIONUCLIDI RESPONSABILI DI ANOMALIE RADIOMETRICHE PRESSO L'IMPIANTO ACEGAS-APS DI TRIESTE: PERCENTUALI DEI DIVERSI RADIONUCLIDI RISPETTO AD UN TOTALE DI 252 ANOMALIE.



Dati relativi a circa 34 mesi di attività di controllo per un totale di oltre 120.000 carichi controllati.

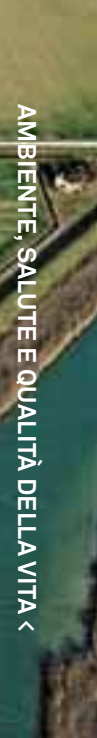
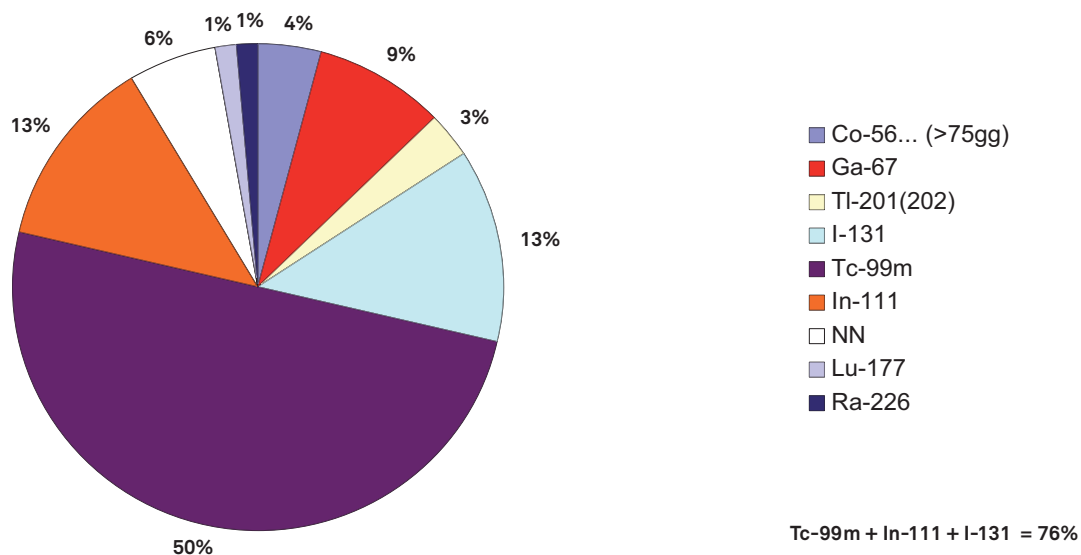


TABELLA 2. DETTAGLIO DELLE CARATTERISTICHE DELLE ANOMALIE RISCONTRATE PRESSO L'IMPIANTO MISTRAL FVG DI SPILIMBERGO.

Radionuclidi	Anomalie	
	N.	%
Co-56... (>75gg)	3	4,29
Ga-67	6	8,57
Tl-201e Tl-202	2	2,86
I-131	9	12,86
Tc-99m	35	50,00
In-111	9	12,86
Lu-177	4	5,71
Ra-226/Th-232	1	1,43
Non Identificati	1	1,43
Totale	70	100

Periodo di controllo: dal 28 gennaio 2010 al 31 luglio 2011.

FIGURA 2. RADIONUCLIDI RESPONSABILI DI ANOMALIE RADIOMETRICHE PRESSO L'IMPIANTO MISTRAL FVG DI SPILIMBERGO: PERCENTUALI DEI DIVERSI RADIONUCLIDI RISPETTO AD UN TOTALE DI 70 ANOMALIE.



Dati relativi a circa 19 mesi di attività di controllo per un totale di circa 10.000 carichi controllati.

TABELLA 3. ANALISI DI SPETTROMETRIA GAMMA SU CAMPIONI DI CENERI DI CALDAIA DELL'IMPIANTO MISTRAL FVG DI SPILIMBERGO: CONCENTRAZIONE DI RADIONUCLIDI ARTIFICIALI DIVERSI (Bq/kg) - CAMPIONAMENTI ARPA FVG.

Radionuclidi	Data di campionamento						19/11/2010
	22/09/2009	22/09/2009	06/10/2009	06/10/2009	06/10/2009	06/10/2009	
Cr-51	-	-	-	-	-	-	15,67
Co-58	3,2	0,43	-	1,92	-	-	1,19
Ge-68	71,55	302,83	-	-	170,13	-	-
In-111	-	-	-	-	-	-	2,87
Cs-137	4,39	3,94	3,85	2,47	2,6	5,41	3,6
K-40	473,08	407,53	317,87	460,37	338,4	480,28	479,0

TABELLA 4. ANALISI DI SPETTROMETRIA GAMMA SU CAMPIONI DI POLVERI DI ABBATTIMENTO FUMI PRESSO L'IMPIANTO MISTRAL FVG DI SPILIMBERGO: CONCENTRAZIONE DI RADIONUCLIDI (Bq/kg) - CAMPIONAMENTI ARPA FVG.

Radionuclidi	Data di campionamento			
	22/09/2009	06/10/2009	14/10/2010	19/11/2010
Cr-51	-	-	-	5,8
Co-58	-	-	-	0,45
Ge-68	94,57	-	-	-
In-111	-	-	0,32	-
I-131	0,61	39,22	-	1,44
Cs-137	1,87	2,1	2,14	1,49
K-40	223,45	181,04	336,17	180,9

TABELLA 5. ANALISI DI SPETTROMETRIA GAMMA SU CAMPIONI DI POLVERI DI ABBATTIMENTO FUMI PRESSO L'IMPIANTO ACEGAS-APS DI TRIESTE - CAMPIONAMENTI ARPA FVG.

Data prelievo	Concentrazione (Bq/kg)		
	K-40	Cs-137	I-131
19/11/2008	1107	24,7	245
19/11/2008	773	15,0	1,5
09/01/2009	822	29,7	-
13/01/2009	838	33,6	-
25/02/2009	1064	45,1	-
29/04/2009	968	29,3	-
05/05/2009	663	27,1	-
21/05/2009	1104	20,8	-
26/06/2009	1174	23,3	-
10/07/2009	1029	14,1	-
07/05/2010	1382	36,3	4,52
28/07/2011	749	12,32	4,74

TABELLA 6. ANALISI DI SPETTROMETRIA GAMMA SU CAMPIONI DI SCORIE PESANTI PRESSO L'IMPIANTO ACEGAS-APS DI TRIESTE - CAMPIONAMENTI ARPA FVG.

Data prelievo	Concentrazione (Bq/kg)		
	K-40	Cs-137	I-131*
28/11/2008	172	0,86	-
21/05/2009	218	1,50	-
21/05/2009	198	1,54	-
26/05/2009	200	1,08	-
10/07/2009	202	0,82	-
10/07/2009	214	1,18	-
28/07/2011	155	1,13	-

* Tutti i valori sono al di sotto della minima attività rilevabile

TABELLA 7. RISULTATI DELLE MISURE DI SPETTROMETRIA GAMMA EFFETTUATE SUI CAMPIONI DI SUOLO PRELEVATI IL 24 MAGGIO 2010 ATTORNO ALL'IMPIANTO MISTRAL FVG DI SPILIMBERGO PER LA VALUTAZIONE DEL BIANCO AMBIENTALE (NESSUN RADIONUCLIDE ARTIFICIALE IN CONCENTRAZIONE SUPERIORE ALLA MINIMA ATTIVITÀ RILEVABILE).

	Concentrazione (Bq/kg). Peso secco	
	Cs-137	K-40
SUOLO-P01	19,9 ± 1,8	153,2 ± 21,2
SUOLO-P02	10,8 ± 1,2	164,6 ± 18,9
SUOLO-P03	12,3 ± 1,3	111,9 ± 15,6
SUOLO-P04	16,7 ± 1,6	112,7 ± 15,4
SUOLO-P05	13,8 ± 1,6	217,7 ± 24,9
SUOLO-P06	10,7 ± 1,2	96,9 ± 14,6
SUOLO-P07	23,6 ± 2,0	125,7 ± 17,4
SUOLO-P08	34,4 ± 2,5	131,6 ± 18,4
SUOLO-P09	27,6 ± 2,2	110,8 ± 16,5
SUOLO-P10	70,9 ± 4,7	117,7 ± 20,7

TABELLA 8. RISULTATI DELLE MISURE DI SPETTROMETRIA GAMMA SUI CAMPIONI DI Fieno PRELEVATI IL 24 MAGGIO 2010 ATTORNO ALL'IMPIANTO MISTRAL FVG DI SPILIMBERGO PER LA VALUTAZIONE DEL BIANCO AMBIENTALE (NESSUN RADIONUCLIDE ARTIFICIALE IN CONCENTRAZIONE SUPERIORE ALLA MINIMA ATTIVITÀ RILEVABILE).

	Concentrazione (Bq/kg). Peso secco	Concentrazione (Bq/m ²)
	K-40	Be-7
FIENO-P01	400,9 ± 86,4	266,7 ± 45,2
FIENO-P02	506,4 ± 119,2	85,1 ± 31,6
FIENO-P03	684,7 ± 136,5	159,2 ± 40,62
FIENO-P04	369,6 ± 81,9	41,7 ± 18,62
FIENO-P05	367,6 ± 107,7	135,6 ± 39,5
FIENO-P06	167,0 ± 38,9	46,6 ± 11,0
FIENO-P07	853,2 ± 176,5	83,4 ± 37,0
FIENO-P08	231,8 ± 42,7	26,4 ± 8,6
FIENO-P09	209,7 ± 52,9	82,5 ± 21,1
FIENO-P10	267,6 ± 77,3	215,9 ± 42,5

In Friuli Venezia Giulia, anche se nella maggioranza dei casi non si tratta di sorgenti orfane ai sensi del D.lgs. 52/2007, è comunque materiale potenzialmente pericoloso e disperso nell'ambiente in maniera non corretta.

Risulta urgente riuscire a trovare spazi di lavoro e di condivisione di diverse professionalità che permettano la stesura di opportune linee guida comuni sulle modalità di controllo dei rifiuti, che possano essere facilmente comunicate e/o adottate da tutti gli enti coinvolti nel problema oltre che dagli impianti. Lo stesso dicasi delle modalità di trattamento delle eventuali anomalie radiometriche.

È altrettanto importante avere indicazioni chiare dagli enti preposti su alcune possibili interpretazioni dei limiti di legge sulla base dei quali vanno elaborate le procedure di verifica e le azioni conseguenti ad eventuali ritrovamenti di radionuclidi derivanti da atti illeciti.

Una modalità di abbattimento del rischio è senz'altro rappresentata da eventuali procedure da adottarsi all'interno degli ospedali, o di altri presidi sanitari che facciano uso di isotopi radioattivi, per ridurre la quantità di radionuclidi immessa nell'ambiente attraverso il ciclo dei rifiuti solidi urbani. Esempi in tal senso esistono già con specifiche istruzioni operative per la gestione dei rifiuti sanitari provenienti da pazienti sottoposti a procedure di medicina nucleare presso varie aziende ospedaliere.

La Direzione Regionale della Salute del Friuli Venezia Giulia ha emanato a tale riguardo una specifica circolare.

Indicatore 2: Sorgenti orfane

La presenza di materiali radioattivi abbandonati nell'ambiente di vita o di lavoro, per dolo, negligenza, dimenticanza o semplice inconsapevolezza, rappresenta un problema importante: le radiazioni ionizzanti producono sull'organismo vivente effetti molteplici legati direttamente alla tossicità propria dell'elemento radioattivo e al tipo di radiazione da esso emanata; l'organismo può essere oggetto di contaminazione da parte dell'elemento radioattivo, qualora quest'ultimo si depositi sul primo (contaminazione esterna) o penetri all'interno di esso (contaminazione interna) oppure può essere esposto alla sola azione di irraggiamento da parte di una sorgente di radioattività.

Uno dei tratti più subdoli della radioattività nell'ambiente di vita e/o di lavoro è rappresentato dal fatto che essa è rilevabile solo conoscendo eventi contaminatori che possono aver interessato un certo territorio (come, ad esempio, l'incidente di Chernobyl), oppure attraverso una rilevazione strumentale che può essere legata a verifiche periodiche o sistematiche, ad accertamenti dovuti a segnalazioni puntuali o che può anche nascere da controlli eseguiti per valutare principalmente problemi derivanti dalle misure radiometriche sui rifiuti.

La dimensione del pericolo potenziale di un qualsiasi scenario e, quindi, la valutazione del rischio ad esso associabile si delineano principalmente su due direttrici: la probabilità che dalla situazione considerata si realizzi un evento dannoso e la gravità del danno al prodursi dell'evento. È questo secondo aspetto che risulta preponderante nel caso di abbandono di materiali radioattivi poiché tale fenomeno non risulta frequente.

La tabella 9 riporta i ritrovamenti in Friuli Venezia Giulia di materiale radioattivo. Anche se nella maggioranza dei casi non si tratta di sorgenti orfane ai sensi del D.lgs. del 6 febbraio 2007, n. 52, è comunque materiale potenzialmente pericoloso e disperso nell'ambiente in maniera non corretta.

TABELLA 9. RINVENIMENTI DI SORGENTI ORFANE IN FRIULI VENEZIA GIULIA DAL 2001 A OGGI.

	Data	Luogo	Radionuclide	Max Irraggiamento ($\mu\text{Gy/h}$)
1	22/05/2001	TRIESTE	Ra-226	0,8
2	06/12/2001	PORDENONE	Am-241	20
3	28/10/2003	UDINE	?	0,2
4	15/04/2004	UDINE	Th-232	3,2
5	11/06/2004	Autoporto GORIZIA	Co-60	2.000
6	15/03/2005	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	1,3
7	05/07/2005	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	0,8
8	04/08/2005	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Eu-152	1.000
9	08/11/2005	Autoporto GORIZIA	Ra-226	0,4
10	05/10/2006	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	0,4
11	15/11/2006	UDINE	Ra-226	1,2
12	19/04/2007	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	10
13	31/05/2007	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Cs-137	15
14	05/06/2007	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	3
15	21/06/2007	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Co-60	1.500
16	25/07/2007	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	4
17	18/12/2007	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	U-238 / Th-232	3,6
18*	23/01/2008	UDINE	Co-60	174
19*	23/01/2008	UDINE	Co-60	0,7
20	19/02/2008	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	U-238 / Th-232	0,8
21	27/03/2008	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	5,5
22*	24/04/2008	GORIZIA	Co-60	1,1
23*	24/04/2008	GORIZIA	Cs-137	0,5
24	26/06/2008	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	U-238 / Th-232	0,8
25	26/06/2008	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Co-60	0,4
26	10/07/2008	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	U-238 / Th-232	0,4
27	10/07/2008	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	8
28	18/12/2008	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	400
29	12/02/2009	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	8
30	12/02/2009	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	0,4
31	12/02/2009	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Ra-226	0,8
32	12/02/2009	Parco ferroviario Osoppo (UD)	U-238 / Th-232	0,7
33	23/04/2009	Parco ferroviario Osoppo (UD)	Ra-226	10
34	28/07/2009	Stazione Merci Ferrovia GORIZIA	Cs-137	100
35	08/10/2009	Pozzuolo (UD)	U-238 / Th-232	1,1
36	26/01/2010	Parco ferroviario Osoppo (UD)	Ra-226	8
37	03/03/2010	Parco ferroviario Osoppo (UD)	Ra-226	0,5
38	13/04/2010	TRIESTE	U-238 / Th-232	0,22
39	29/10/2010	Porto di Monfalcone (GO)	Cs-137	7
40	14/12/2010	Parco ferroviario Osoppo (UD)	U-238 / Th-232	0,8
41	20/01/2011	Parco ferroviario Osoppo (UD)	Ra-226	200
42	07/04/2011	TRIESTE	Ra-226	35
43	14/07/2011	Parco ferroviario Osoppo (UD)	Co-60	90
44	27/07/2011	Parco ferroviario Osoppo (UD)	Ra-226	6

*Anomalie radiometriche rinvenute nel corso dell'attività di sorveglianza.

Come si può vedere i rinvenimenti sono stati relativamente pochi: 44 in un periodo di poco più di 10 anni e per la maggior parte hanno interessato carichi di rottame metallico di provenienza estera.

Nell'immediato futuro, in forza dei precetti contenuti nel D.lgs. 52/07 relativi alla necessità di pianificazione di campagne volte alla ricerca sistematica di materiale radioattivo orfano, c'è da aspettarsi un incremento di ritrovamenti. A testimonianza di ciò si può notare che, già nei primi anni dell'applicazione del decreto, l'emersione di materiale radioattivo è andata aumentando.

Inoltre, le sorgenti impiegate normalmente in ambito industriale sono di tipo sigillato, cioè sono sorgenti costituite «da materie radioattive solidamente incorporate in materie solide e di fatto inattive, o sigillate in un involucro inattivo che presenti una resistenza sufficiente per evitare, in condizioni normali di impiego, dispersione di materie radioattive superiore ai valori stabiliti dalle norme di buona tecnica applicabili; la definizione comprende, se del caso, la capsula che racchiude il materiale radioattivo come parte integrante della sorgente».

Le sorgenti, poi, sono spesso riposte in involucri stagni, solitamente in piombo, in grado di resistere per anni all'azione degli agenti atmosferici.

Prospettive future

Le preoccupazioni suscitate dalla presenza, certa o presunta, di materiale radioattivo sul territorio sono certamente legittime, così come è un buon segnale che il Legislatore consideri necessario dare indicazioni per tracciare la direzione di intervento in caso di criticità.

Anche la realizzazione dei 'Piani' risponde alla duplice esigenza di definire quali e quante sono le risorse disponibili e utilizzabili e la necessità di ottenere da esse il massimo risultato in termini di efficienza ed efficacia sia dell'emergenza che della riduzione del danno.

Tuttavia, la molteplicità dei soggetti aventi un ruolo, determinato dalle finalità e dalle specificità tecniche istituzionali loro proprie, genera un elevato grado di difficoltà nella stesura di un piano d'intervento che coinvolga, progressivamente, quote aggiuntive e diversificate di risorse in funzione del progressivo delinearsi di uno scenario d'intervento dinamico, il quale è inizialmente composto da informazioni probabilmente frammentarie, non omogenee tra loro, provenienti da fonti diverse e non specialistiche e va, solo con il trascorrere del tempo, verso una crescente completezza: è proprio l'accumularsi di questo tempo che deve essere ridotto per poter ottenere un ottimo risultato nella risoluzione dell'evento.

Primaria importanza per la riduzione dei tempi di definizione dell'ambito d'azione, sia in termini di estensione territoriale sia in termini di severità, deve essere attribuita all'intervento di organi tecnici specialistici quali ARPA e Vigili del fuoco; tale principio, peraltro, traspare anche dalla legislazione in materia e, conseguentemente, dalla successiva stesura dei 'Piani' che abbiamo preso in considerazione. Recentemente, è stato attivato un servizio di pronta disponibilità radiologica da parte di ARPA FVG: questo strumento permette di avere sempre un riferimento reperibile, costituito da personale specializzato nel settore della misura e della protezione dalle radiazioni ionizzanti.

STRUTTURA DEGLI INDICATORI

INDICATORE 1

NOME	Anomalie radiometriche nei rifiuti
DPSIR	Pressione
UNITÀ DI MISURA	Numero
FONTI	ARPA FVG, Acegas-Aps, Mistral FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2008-2011

INDICATORE 2

NOME	Sorgenti orfane
DPSIR	Pressione
UNITÀ DI MISURA	Numerosità e tipologia
FONTI	ARPA FVG
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2001-2011

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Circolare Ministero della Sanità 3 febbraio 1987, n. 2	Direttive agli organi regionali per l'esecuzione di controlli sulla radioattività ambientale.
D.lgs. 17 marzo 1995, n. 230 D.lgs. 26 maggio 2000, n. 241	Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti
D.lgs. 25 luglio 2005, n. 151	Attuazione della Direttiva 2002/95/CE, della Direttiva 2002/96/CE e della Direttiva 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti
D.lgs. 6 febbraio 2007, n. 52	Attuazione della Direttiva 2003/122/CE Euratom sul controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane
D.M. 29 gennaio 2007	Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del D.lgs. 18 febbraio 2005, n. 59
D.lgs. 20 febbraio 2009, n. 23	Attuazione della Direttiva 2006/117/Euratom, relativa alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti radioattivi e di combustibile nucleare esaurito
D.lgs. 1 giugno 2011, n. 100	Disposizioni integrative e correttive del D.lgs. 20 febbraio 2009, n. 23, recante attuazione della Direttiva 2006/117/Euratom, relativa alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti radioattivi e di combustibile nucleare esaurito - sorveglianza radiometrica su materiali o prodotti semilavorati metallici
Piani di emergenza Prefetture di Trieste, Gorizia, Pordenone e Udine	Piano di intervento per la messa in sicurezza in caso di rinvenimento o di sospetto di presenza di sorgenti orfane

GLOSSARIO

Anomalia radiometrica. Presenza di radioattività superiore al fondo naturale.

Attività. L'attività di una sorgente di radiazioni ionizzanti è definita come il numero di decadimenti radioattivi che si verificano in un secondo. L'unità di misura è il Becquerel (Bq).

Bonifica. Attività volta a individuare ed eliminare, all'interno di rifiuti o di rottami metallici, il materiale responsabile dell'anomalia radiometrica al fine di proteggere la popolazione e rendere sicuro l'ambiente.

Ceneri di caldaia. Polveri che si producono durante l'incenerimento all'interno della camera di combustione.

Controllo radiometrico. Misura della radioattività.

Decadimenti radioattivo. Processo che si verifica all'interno di un atomo producendo l'emissione di particelle o energia.

Irraggiamento. Processo che diffonde l'energia prodotta dal decadimento radioattivo. L'unità di misura è il Gray/ora (Gy/h).

Polveri di abbattimento fumi. Polveri che si producono durante la depurazione dei fumi in uscita da un impianto.

Radioattività. È un insieme di processi attraverso i quali alcuni nuclei si trasformano in altri raggiungendo uno stato di maggiore stabilità con l'emissione di radiazioni ionizzanti.

Radionuclidi. Nuclei che si trasformano producendo l'emissione di radiazioni ionizzanti.

Scorie. Residuo solido dei processi di incenerimento.

Sorgenti non sigillate. Materiale radioattivo che ha la possibilità di diffondersi nell'ambiente.

Sorgenti orfane. Sorgenti di radiazioni ionizzanti abbandonate nell'ambiente o di cui non è più possibile risalire ad un proprietario. Per la legislazione italiana si possono definire così solo quelle che superano un certo valore di attività.

Sorgenti sigillate. Materiale radioattivo contenuto in un involucro che ne impedisce la diffusione nell'ambiente.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (2007), *La radioattività ambientale in Piemonte-Rapporto anno 2006*, ARPA Piemonte, in http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Radiazioni_Ionizzanti/Reti_regionali_di_monitoraggio/Rapporti_di_attivita/Rapporto2006.pdf.

Candini G., Antonioli P.M., Manzalini M.C. et al. (2009), *Rifiuti radioattivi e gestione dei pazienti. Esperienza nell'Azienda Ospedaliero-Universitaria di Ferrara*, in *Atti del I convegno nazionale 'La gestione dei rifiuti e degli scarichi prodotti dalle Aziende Sanitarie. Le linee guida della Regione Emilia Romagna'*, Comacchio (FE), 23 ottobre 2009, in <https://worksanita.regione.emilia-romagna.it/sites/seas/gestamb/Atti%20convegno%20Comacchio/Forms/AllItems.aspx>.

Garavaglia M., Giovani C., Di Marco P. et al. (2010), *Radionuclidi di origine sanitaria rinvenuti all'interno degli impianti di termovalorizzazione del Friuli Venezia Giulia*, Atti del convegno nazionale AIRP 'La radioprotezione in ambito sanitario', Bolzano, 15-17 dicembre 2010.

Ghetti C. (2009), *Rifiuti radioattivi*, in *Atti del I convegno nazionale 'La gestione dei rifiuti e degli scarichi prodotti dalle Aziende Sanitarie. Le linee guida della Regione Emilia Romagna'*, Comacchio (FE), 23 ottobre 2009, in <https://worksanita.regione.emilia-romagna.it/sites/seas/ge->

stamb/Atti%20convegno%20Comacchio/Forms/AllItems.aspx.

Giovani C. (2010), *Impatto Ambientale dell'utilizzo di sorgenti non sigillate in ambiente ospedaliero*, Atti del convegno nazionale AIRP 'La radioprotezione in ambito sanitario', Bolzano, 15-17 dicembre 2010.

Giovani C., Di Marco P., Garavaglia M. et al. (2008), *Gli interventi per la messa in sicurezza in caso di rinvenimento o di sospetto presenza di sorgenti orfane in FVG*, in *Atti del convegno nazionale di radioprotezione 'Cinquantesimo AIRP: storia e prospettive della radioprotezione'*, Pisa, 4-6 giugno 2008, 204-210.

ISPRA (2008), *Rapporto Rifiuti/2008*.

Mattassi G., Zanello A., Giovani C. et al. (1996), *Radiocesium e iodio nei sedimenti e nelle alghe delle lagune di Grado e di Marano: 1991-1995*, in *Atti del convegno '10 anni da Chernobyl: ricerche in radioecologia, monitoraggio ambientale e radioprotezione'*, Trieste, 4-6 marzo 1996, 143-150.

Musumeci L. (2009), *La gestione dei rifiuti e degli scarichi prodotti dalle Aziende Sanitarie*, in *Atti del convegno 'Le linee guida della Regione Emilia Romagna'*, Bologna, 19 novembre 2009, in <https://worksanita.regione.emilia-romagna.it/sites/seas/gestamb/Atti%20convegno%20Bologna/Forms/AllItems.aspx>.

CAMPI ELETTROMAGNETICI

La crescente domanda di accesso in mobilità al mondo delle informazioni e dell'intrattenimento sta comportando l'aumento del numero di impianti per la telefonia mobile. Sul fronte degli effetti sanitari lo IARC sottolinea il rischio dovuto all'uso del telefonino.

Massimo Telesca
ARPA FVG
Indirizzo tecnico-
scientifico
e coordinamento
dei Dipartimenti
provinciali

I campi elettromagnetici sono perturbazioni dello spazio generate dalla presenza o dal movimento di cariche elettriche.

Quando si parla di campi elettromagnetici generalmente ci si riferisce alle cosiddette 'radiazioni non ionizzanti' (*Non Ionizing Radiation*, NIR), che si distinguono da quelle ionizzanti in quanto non hanno un'energia tale da estrarre gli elettroni dagli atomi.

Il progresso tecnologico ha aggiunto al fondo naturale di radiazione elettromagnetica non ionizzante, dovuto ad emissioni del sole, della terra stessa e dell'atmosfera, un contributo sostanziale dovuto alle sorgenti legate alle attività umane. L'uso sempre crescente delle nuove tecnologie ha infatti de-

terminato, negli ultimi decenni, un aumento della presenza di sorgenti di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, rendendo di maggiore attualità la problematica dell'esposizione alle radiazioni non ionizzanti.

Le fonti principali di radiazioni non ionizzanti prodotte dalle attività umane si riscontrano nel settore delle telecomunicazioni (impianti di radiodiffusione sonora e televisiva, impianti di telefonia mobile, impianti radioelettrici per la trasmissione di dati), nella rete di distribuzione dell'energia elettrica (elettrodotti), nel settore domestico (telefoni cellulari, elettrodomestici), nel settore industriale e medico.

Le attività di prevenzione e controllo in materia ambientale di competenza dell'ARPA FVG riguardano in particolare le emissioni generate dagli impianti di telecomunicazione e dagli elettrodotti, mentre l'esposizione derivante dall'utilizzo di apparecchiature di uso domestico, individuale e lavorativo è regolata dalle specifiche norme di prodotto ed eventualmente da norme in materia di igiene e sicurezza sul lavoro.

Gli impianti di telecomunicazione e gli elettrodotti emettono rispettivamente campi elettromagnetici a *radiofrequenza* RF (100 kHz - 300 GHz) ed a *frequenza estremamente bassa* ELF (50 Hz), che si distinguono in quanto hanno caratteristiche fisiche diverse e, pertanto, comportano differenti effetti sul corpo umano e sono soggetti a diversi limiti di legge.

Le sorgenti di campo elettromagnetico sul territorio

Dall'analisi storica dei dati relativi alle sorgenti presenti sul territorio spicca il continuo aumento del numero di *impianti di telefonia mobile*. Questo fenomeno è determinato dalla diffusa esigenza di utilizzo del cellulare, oltre che per servizi audio, anche per servizi multimediali. Presumibilmente tale andamento verrà confermato nel prossimo futuro, anche in virtù della recente gara per l'assegnazione di

L'impatto elettromagnetico degli impianti di radiodiffusione sonora e televisiva è maggiore rispetto a quello degli impianti di telefonia mobile, in quanto i primi hanno generalmente delle potenze più alte.

nuove frequenze per la copertura del territorio con la nuova tecnologia 4G (di quarta generazione), elaborata per consentire applicazioni multimediali avanzate e collegamenti dati con elevata banda passante.

Oltre all'aumento degli impianti di telefonia mobile, negli ultimi anni si è assistito anche all'aumento degli impianti radioelettrici volti ad integrare la rete internet via cavo (i cosiddetti *impianti wi-fi*), che però hanno potenze sensibilmente inferiori rispetto a quelli per la telefonia mobile e, quindi, un impatto elettromagnetico ridotto.

Per quanto riguarda gli *impianti di radiodiffusione sonora e televisiva*, le modalità di inserimento sul territorio hanno caratteristiche diverse da quelle degli impianti di telefonia mobile. Infatti gli impianti di telefonia mobile vengono

installati in luoghi a maggiore densità abitativa e forniscono il servizio sulle aree immediatamente circostanti l'installazione, mentre quelli per la radiodiffusione sonora e televisiva vengono installati generalmente al di fuori dei centri abitati, in zone collinari o montuose e forniscono il servizio su aree di territorio distanti anche decine di chilometri dagli impianti. Per quanto riguarda l'impatto elettromagnetico, quello degli impianti di radiodiffusione sonora e televisiva è maggiore, in quanto questi impianti hanno generalmente delle potenze più alte rispetto agli impianti di telefonia mobile. In proposito si rileva che le uniche situazioni di superamento dei limiti di legge nella nostra regione riguardano appunto impianti di radiodiffusione sonora e televisiva. Tali situazioni sono oggetto di procedure regionali di riduzione a conformità che, anche se tecnicamente ineccepibili, a causa della pluralità di problematiche (sanitarie, ambientali, urbanistiche e radioelettriche) e di enti coinvolti, non sempre consentono tempi certi per il risanamento dei siti. Per questo motivo nell'ambito degli impianti radioelettrici (telefonia mobile e radiodiffusione sonora e televisiva) risulta particolarmente importante una corretta azione pianificatoria e preventiva.

Per quanto riguarda gli *impianti di trasporto e distribuzione di energia elettrica*, secondo quanto dichiarato da Terna Spa, che è la società proprietaria della rete nazionale di trasmissione di energia elettrica ad alta e altissima tensione, lo sviluppo della rete risulta attualmente legato all'esigenza di aumentare la connettività con l'estero (Austria e Slovenia), nonché il livello di interconnessione e di mutua riserva della rete (la cosiddetta magliatura). La normativa sull'esposizione a campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti prevede dei criteri di progressiva minimizzazione dell'esposizione per i nuovi progetti: le nuove linee elettriche, al pari delle nuove aree di gioco per l'infanzia, degli ambienti abitativi, degli ambienti scolastici e degli ambienti adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore da progettare in prossimità di linee elettriche esistenti, devono tener conto delle cosiddette fasce di rispetto. Tale approccio consente di ridurre l'esposizione attualmente consentita tramite una corretta pianificazione urbanistica e territoriale.

Indicatore 1: Numero di impianti di telefonia mobile

Il segnale che emerge dall'analisi dei dati sulle sorgenti è l'aumento costante negli ultimi anni del numero di impianti per la telefonia mobile.

La numerosità degli impianti viene monitorata attraverso il numero delle celle, dove per cella si intende l'insieme di antenne trasmettenti e riceventi per la generazione in aria di un settore di copertura per l'espletamento del servizio.

FIGURA 1. NUMERO DI CELLE PER TELEFONIA MOBILE NEL PERIODO 2007-2010.

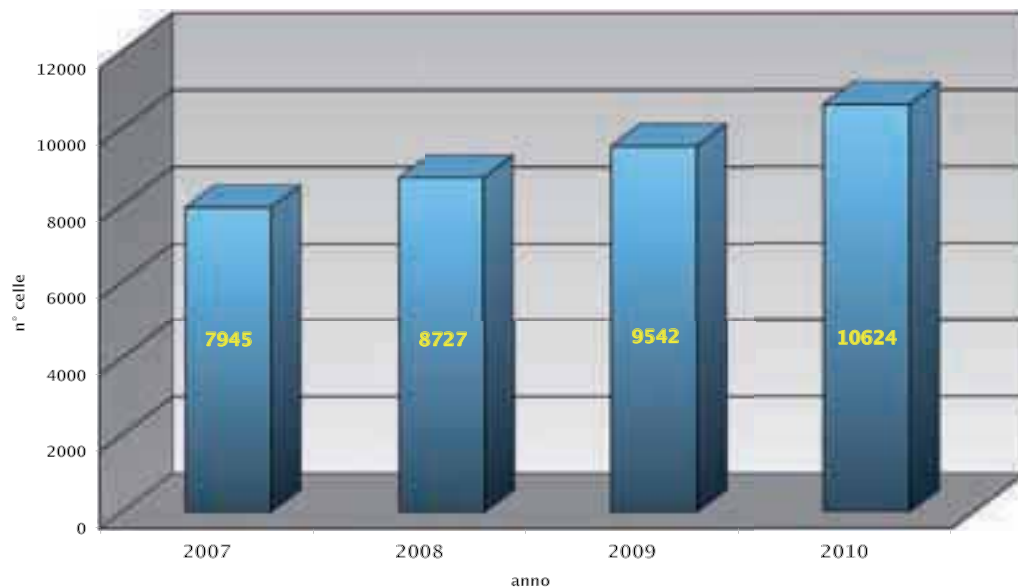
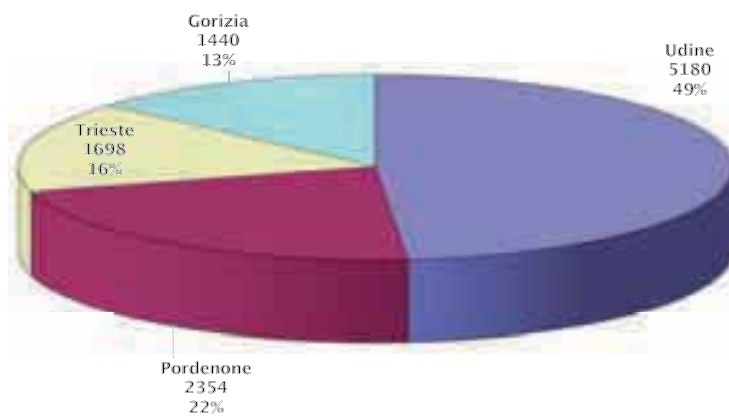


FIGURA 2. DISTRIBUZIONE DELLE CELLE PER TELEFONIA MOBILE PER PROVINCIA AL 31 DICEMBRE 2010.



Tale numero viene calcolato come la somma delle celle realizzate più le celle per le quali l'ARPA FVG ha rilasciato parere favorevole, escluse quelle per le quali è pervenuta, successivamente al parere, una comunicazione da parte del gestore o del comune che l'impianto non verrà più realizzato.

La figura 1, che rappresenta l'andamento del numero di celle sul territorio regionale negli anni 2007-2008-2009-2010, evidenzia un costante aumento di queste sorgenti.

Il numero di 10.624 celle al 31 dicembre 2010 è ripartito su 2.087 siti con una media di circa 5 celle per sito.

La figura 2 rappresenta la distribuzione delle celle per telefonia mobile per provincia al 31 dicembre 2010.

Riportando il numero di celle sulla cartografia regionale, vengono ricavate la densità di celle per chilometro quadrato (fig. 3) e la densità media di celle per comune al 31 dicembre 2010 (fig. 4), che evidenziano come gli impianti di telefonia mobile si addensano in corrispondenza dei centri abitati a maggiore densità abitativa.

Indicatore 2: Misure di campo elettromagnetico a radiofrequenza

Gli impianti radioelettrici nel loro insieme generano dei campi elettromagnetici il cui valore deve rispettare determinati limiti stabiliti dalla legislazione vigente in relazione alla destinazione d'uso delle aree interessate.

Nei luoghi adibiti ad attività dove vi è una permanenza delle persone non inferiore a quattro ore giornaliere la legislazione vigente prevede un valore limite di campo elettrico più cautelativo (pari a 6 V/m) rispetto al valore limite previsto per gli altri luoghi accessibili alle persone (pari a 20 V/m).

L'indicatore fornisce una informazione sui valori di campo elettrico misurati dall'ARPA FVG nell'arco del periodo dal 2000 al 2010.

Tali valori rappresentano il campo elettrico misurato nei vari punti e generato dall'insieme delle sorgenti di campo elettromagnetico attive sul territorio al momento del rilievo (telefonia mobile, radiodiffusione sonora e televisiva, impianti radioelettrici in generale).

Nella figura 5 viene rappresentato il numero delle misure, effettuate dal 2000 al 2010 sul territorio regionale, distribuito secondo classi di variabilità del risultato della misura.

Nella figura 6 il posizionamento dei vari *punti di misura a radiofrequenza* viene rappresentato sulla cartografia del territorio regionale.

L'analisi delle misure effettuate sul territorio regionale nel corso degli anni dal 2000 al 2010 evidenzia che le situazioni di superamento dei valori limite indicati dalla legislazione vigente sono tutte riferite a siti radiotelevisivi.

Per queste situazioni sono stati avviati dei procedimenti di risanamento, in parte ancora in corso, che sono caratterizzati da una elevata complessità tecnica ed amministrativa.

L'impatto delle sorgenti di campo elettromagnetico

Gli impianti determinano una pressione sul territorio che comporta un potenziale impatto sulla salute, infatti la normativa di settore in campo ambientale prevede prescrizioni con esclusivo riferimento alla presenza umana.

Gli effetti sanitari si distinguono in effetti a breve termine (o acuti) ed effetti a lungo termine (o cronici). Gli effetti a breve termine sono correlati ad una esposizione di breve durata caratterizzata da elevati livelli di campo, mentre gli effetti a lungo termine sono correlati ad una esposizione di lunga durata caratterizzata da bassi livelli di campo.

FIGURA 3. DENSITÀ DI CELLE PER TELEFONIA MOBILE PER CHILOMETRO QUADRATO AL 31 DICEMBRE 2010.

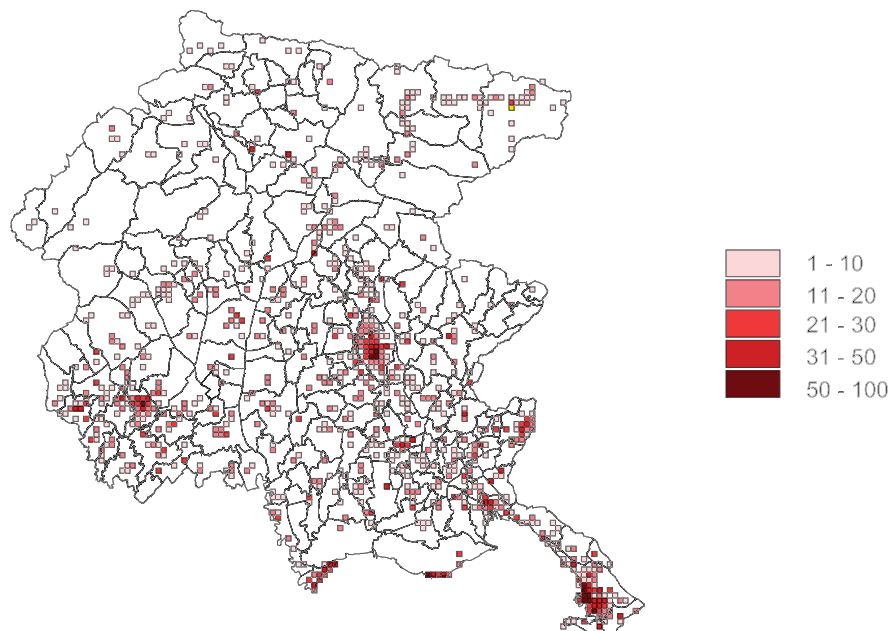


FIGURA 4. DENSITÀ MEDIA DI CELLE PER TELEFONIA MOBILE PER COMUNE AL 31 DICEMBRE 2010.

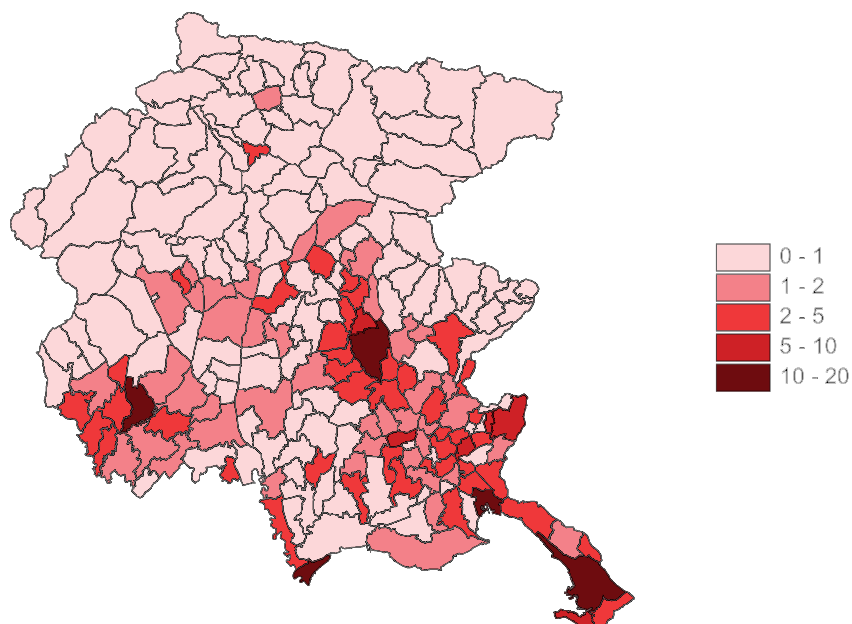


FIGURA 5. DISTRIBUZIONE DELLE MISURE EFFETTUATE IN REGIONE NEL PERIODO 2000-2010 SECONDO CLASSI DI VARIABILITÀ DEL RISULTATO.

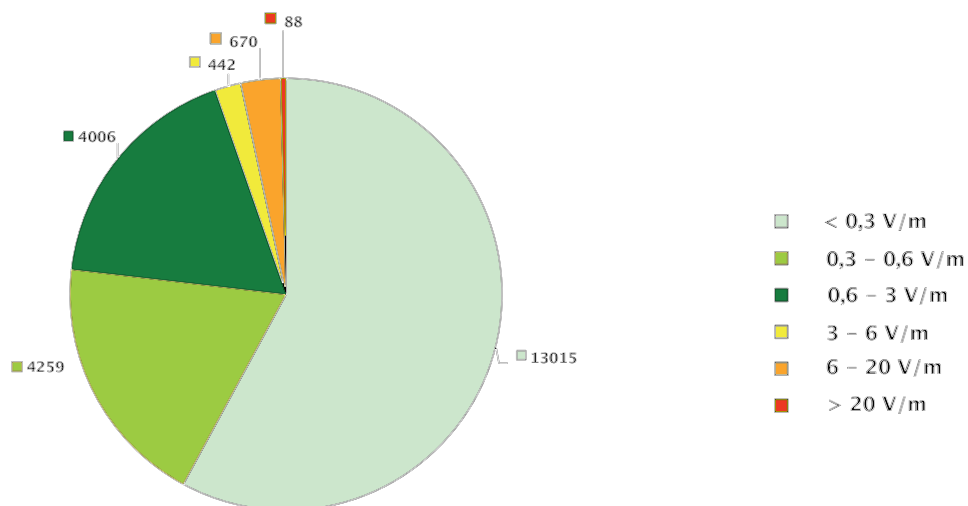
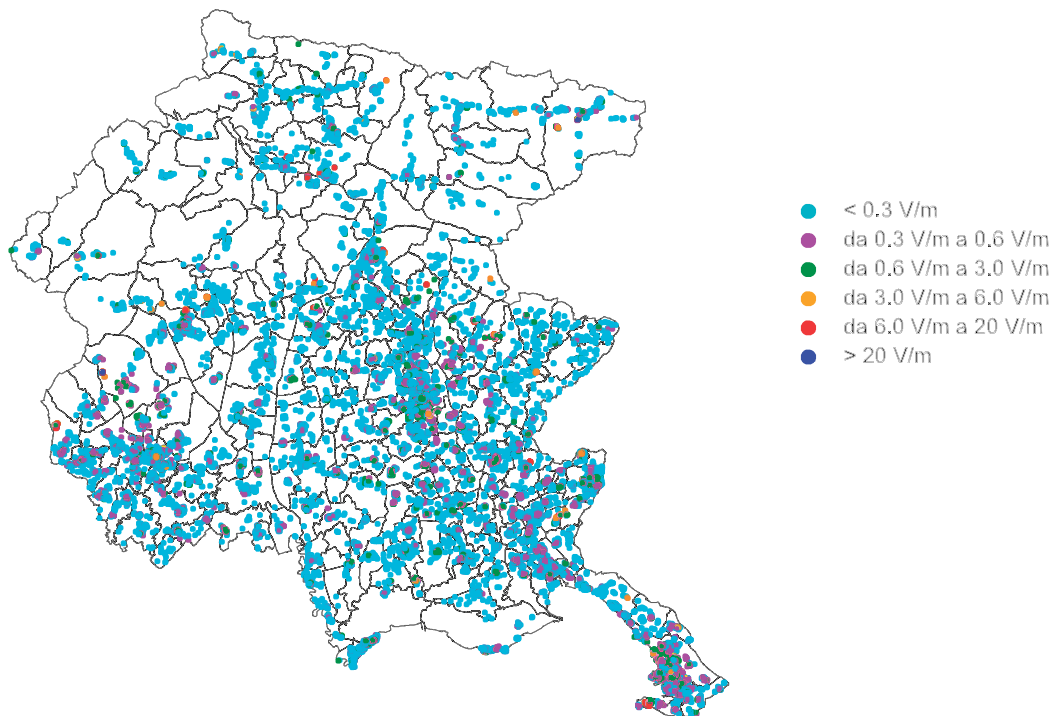


FIGURA 6. RAPPRESENTAZIONE DELLE MISURE EFFETTUATE IN REGIONE NEL PERIODO 2000-2010.



.....

Solo nel 2011 uno studio dello IARC ha classificato come «possibilmente cancerogeni» anche i campi elettromagnetici a radiofrequenza associati all'uso personale di telefoni senza fili.

.....

bili), gruppo 4 (probabilmente non cancerogeni). A titolo indicativo, il gruppo 1 comprende il fumo di tabacco, il radon, le bevande alcoliche, la radiazione solare, mentre il gruppo 2B comprende il caffè, la saccarina, l'atrazina, il DDT.

I campi magnetici a *frequenza estremamente bassa* sono classificati «possibilmente cancerogeni» (gruppo 2B) già da diversi anni, mentre solo recentemente uno studio dello IARC (*press release* n. 208 del 31 maggio 2011) classifica nel citato gruppo 2B anche i campi elettromagnetici a *radiofrequenza* associati all'uso personale di telefoni senza fili.

In particolare, lo studio sopra richiamato ha esaminato tre diverse categorie di esposizione:

- esposizioni professionali a radar e microonde;
- esposizioni ambientali associate a segnali radio, televisivi e di telecomunicazione in genere;
- esposizioni personali associate all'uso di telefoni senza fili.

Lo studio rileva «limitate» evidenze di cancerogenicità associata all'uso personale di telefoni senza fili, cioè delle evidenze positive da approfondire con ulteriori studi; mentre rileva «inadeguate» evidenze di cancerogenicità associata agli altri due tipi di esposizioni, cioè evidenze insufficienti a stabilire la presenza o l'assenza di una associazione causale fra esposizione e cancro. Infatti, l'uso del telefonino personale causa un'esposizione umana più alta rispetto a quella dovuta ai campi elettromagnetici emessi dagli impianti, a causa della vicinanza all'antenna del telefonino.

In attesa della disponibilità di ulteriori studi sul rischio da esposizione associata all'uso personale di telefoni senza fili, lo studio dello IARC ritiene importante adottare accorgimenti preventivi quali l'utilizzo di auricolari e di messaggi di testo.

Sulla base delle evidenze sopra richiamate, fra le risposte tese a limitare l'esposizione, oltre all'attività relativa alla prevenzione ed al controllo delle sorgenti installate sul territorio, di competenza dell'ARPA, deve essere effettuata anche una opportuna *attività di informazione*, volta alla corretta educazione all'uso del telefono senza fili, con particolare attenzione agli utenti più giovani.

La tutela della popolazione e le possibili azioni di miglioramento

La legislazione italiana, considerata l'incertezza sull'insorgenza di specifiche patologie dovute all'esposizione a radiazioni non ionizzanti di bassa entità, attua il principio di precauzione (art. 174, par. 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea), che sancisce la necessità di prevenire conseguenze potenzialmente gravi senza attendere i risultati della ricerca scientifica. Pertanto, a partire dai valori di riferimento indicati dalla specifica Raccomandazione Europea sulla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici, fissa, oltre ai limiti di esposizione che non devono essere superati in alcuna condizione, dei limiti non direttamente collegati con gli effetti sanitari dei campi elet-

tromagnetici, ma definiti allo scopo di prevenire possibili effetti a lungo termine (*i valori di attenzione*) e dei limiti definiti ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici (*l'obiettivo di qualità*).

In materia di impianti radioelettrici (telefonia mobile, radiodiffusione sonora e televisiva, trasmissione dati), la legislazione regionale prevede le seguenti attività di prevenzione, controllo e monitoraggio.

A livello preventivo è obbligatorio che i Comuni, nell'autorizzare le nuove installazioni e le modifiche di quelle esistenti, tengano conto del parere vincolante dell'ARPA FVG. Quest'ultima in tale ambito verifica la compatibilità del progetto con i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità previsti dalla legge, secondo procedure definite dalla stessa legislazione regionale.

Per l'attività di controllo i Comuni, in conformità alle indicazioni della legislazione regionale si avvalgono dell'ARPA, pertanto in questo ambito l'attività dell'Agenzia è dipendente dalle richieste delle amministrazioni comunali.

Per quanto riguarda il monitoraggio dei valori di campo elettromagnetico sul territorio, l'ARPA FVG, anche sulla base della L.R. n. 2 del 2 febbraio 2000 che ha istituito il Catasto delle sorgenti radioelettriche e delle misure di campo elettromagnetico, dal 2000 al 2010 ha rilevato oltre 22.000 punti di misura, con una media di circa 2.000 misure all'anno.

I risultati delle rilevazioni vengono trasmessi ai Comuni, inoltre, le misure effettuate su suolo pubblico dal 2004 ad oggi sono consultabili sul sito dell'ARPA, insieme all'indicazione del posizionamento degli impianti radioelettrici.

L'attività di analisi preventiva sugli impianti di telefonia mobile assorbe gran parte delle risorse di personale dell'ARPA FVG dedicato alla tematica dei campi elettromagnetici, questo ha permesso di conseguire una conoscenza dettagliata dell'impatto di queste sorgenti sul territorio. Per quanto riguarda questi impianti l'Agenzia dovrà aumentare i controlli successivi all'installazione, senza diminuire il livello di efficienza raggiunto nell'azione preventiva.

Dovrà inoltre essere migliorato il controllo e la conoscenza dell'impatto generato dagli impianti di radiodiffusione sonora e televisiva, in quanto questi impianti rappresentano le uniche situazioni di superamento rilevate sul territorio. In proposito, vista anche la complessità delle procedure di riduzione a conformità, è importante che venga elaborato lo specifico piano regionale di risanamento previsto dall'art. 9 della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001.

Nell'elaborazione dei piani di settore da parte dei Comuni, ora sostituiti dai regolamenti comunali per la telefonia mobile di cui all'art. 16 della L.R. 3/11, è opportuno che si tenga conto per quanto possibile, oltre delle esigenze urbanistiche, anche degli obiettivi di sostenibilità in materia. In proposito si richiamano le indicazioni della Legge Quadro n. 36/01 che all'art. 8 comma 6 stabilisce che «i comuni possono adottare un regolamento per assicurare il corretto insediamento urbanistico e territoriale degli impianti e minimizzare l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici» ed il documento del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 'Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia' del luglio 2002 che individua l'obiettivo generale della «riduzione dell'esposizione a campi elettromagnetici in tutte le situazioni a rischio per la salute umana e l'ambiente naturale» e l'obiettivo specifico della «riduzione delle emissioni».

Fra le risposte volte a ridurre l'esposizione ai campi elettromagnetici ad alta frequenza, visti i risultati dello specifico studio dello IARC (*press release* n. 208 del 31 maggio 2011), è importante che venga effettuata, da parte di tutti gli organi istituzionalmente a ciò preposti, anche l'attività di informazione ed educazione al corretto uso del telefono senza fili.

STRUTTURA DEGLI INDICATORI

INDICATORE 1

NOME	Numero di celle di impianti di telefonia mobile
DPSIR	Pressione
UNITÀ DI MISURA	Numero
FONTE	Catasto regionale degli impianti radioelettrici
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2007-2010

INDICATORE 2

NOME	Valore di campo elettrico misurato
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	volt/metro
FONTE	Catasto regionale degli impianti radioelettrici
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2000-2010

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Raccomandazione Europea 199/519/CE	Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz
L. 22 febbraio 2001, n. 36	Legge Quadro sulla Protezione dalle Esposizioni a Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici
D.lgs. 1 agosto 2003, n. 259	Codice delle comunicazioni elettroniche
D.P.C.M. 8 luglio 2003	Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz
L.R. 18 marzo 2011, n. 03	Norme in materia di telecomunicazioni
D.P.G.R. 19 aprile 2005, n. 94	Regolamento di attuazione della L.R. n. 28/2004 (Disciplina in materia di infrastrutture per la telefonia mobile)
L.R. 22 febbraio 2000, n. 2	Disposizioni per la formazione del bilancio pluriennale ed annuale della Regione Friuli Venezia Giulia (art. 4 comma 17 sull'istituzione del catasto regionale delle radiofrequenze)
D.P.C.M. 8 luglio 2003	Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti
Decreto del Direttore Generale per la Salvaguardia Ambientale 29 maggio 2008	Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti
Decreto del Direttore Generale per la Salvaguardia Ambientale 29 maggio 2008	Approvazione della procedura di misura e valutazione dell'induzione magnetica

GLOSSARIO

AT (Alta tensione). Tensione nominale tra le fasi di un sistema elettrico superiore a 35 kV e non superiore a 220 kV.

AAT (Altissima tensione). Tensione nominale tra le fasi di un sistema elettrico superiore a 220 kV.

ELF (Extremely Low Frequency). Acronimo che indica i campi elettromagnetici generati dagli elettrodotti.

GHz (Gigahertz). Unità di misura della frequenza.

GSM (Global System for Mobile communications). Acronimo che indica uno standard di trasmissione di telefonia mobile (seconda generazione) che consente di inviare dati e voce.

kHz (Chilohertz). Unità di misura della frequenza.

Microtesla. Unità di misura dell'induzione magnetica.

NIR (Non Ionizing Radiation). Acronimo che indica le radiazioni non ionizzanti.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Acronimo che indica uno standard di telefonia mobile cellulare (terza generazione) che consente una maggiore velocità di trasmissione rispetto al GSM.

TERNA. Il principale proprietario della Rete di Trasmissione Nazionale di energia elettrica ad alta tensione.

V/m (Volt su metro). Unità di misura del campo elettrico.

BIBLIOGRAFIA

ANPA (2000), *Guida tecnica CTN/ANPA-ARPA per la misura dei campi elettromagnetici compresi nell'intervallo di frequenza 100 kHz - 3 GHz in riferimento all'esposizione umana*, RTI CTN_AGF 1/2000.

ANPA (2001), *Rassegna di indicatori e indici per il rumore, le radiazioni non ionizzanti e la radioattività ambientale*, RTI CTN_AGF 4/2001.

CEI 211-6 (2001), *Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenze 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana*.

CEI 211-7 (2001), *Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenze 10 Hz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana*.

CEI 211-10 (2001), *Guida alla realizzazione di una sta-*

zione radio base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici ad alta frequenza.

CEI 106-11 (2006), *Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003*.

CEI 211-4 (2008), *Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche*.

IARC (2011), *Press release n. 208 del 31.05.11*, in www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf.

SCENIHR (2009), *Scientific Committee on emerging and newly identified health risks, research needs and methodology to address the remaining knowledge gaps on the potential health effects of EMF*. European Commission, in <http://ec.europa.eu/health/opinions2/en/electromagnetic-fields/>.

RUMORE

L'inquinamento acustico nuoce sempre di più alla salute e alla qualità della vita dei cittadini. L'aumento del traffico, la musica ad alto volume e la costruzione di abitazioni vicine ad attività produttive rendono necessaria una pianificazione attraverso l'elaborazione dei Piani Comunali di Classificazione Acustica.

Luca Piani
ARPA FVG
Indirizzo tecnico-
scientifico
e coordinamento
dei Dipartimenti
provinciali
Alessandra Petrini
Centro Regionale
di Modellistica
Ambientale

Le sorgenti di rumore possono essere di diverse tipologie a seconda della loro natura. Anche la collocazione concorre alla loro definizione: tipicamente possono essere posizionate all'interno dell'ambiente disturbato, come ad esempio gli elettrodomestici ed i condizionatori d'aria, oppure poste all'esterno dell'edificio. Le sorgenti esterne possono a loro volta essere raggruppate in tre principali categorie:

- attività produttive;
- cantieri temporanei edili e stradali;
- mezzi di trasporto stradale, ferroviario, aereo (traffico).

In una sommaria esamina delle sorgenti sopra elencate, l'impatto acustico provocato dalle attività industriali, artigianali ed in parte commerciali, riguarda solitamente limitate aree urbane, limitrofe agli insediamenti produttivi e per lo più riconducibili a situazioni preesistenti, dove spesso la commistione tra residenza e attività disturbanti è il risultato di una poco

attenta pianificazione urbanistica. L'impatto acustico solitamente coinvolge una limitata percentuale di persone che però viene esposta a rumori in un intervallo di tempo ampio che spesso coincide con l'orario di lavoro dell'attività. Il rumore prodotto dai cantieri per la costruzione di opere stradali ovvero edili, può produrre livelli di rumore più intensi rispetto alle sorgenti fisse sopra richiamate. Tale tipologia di rumore è, di solito, maggiormente accettata dalla popolazione perché ritenuta transitoria e, per alcuni aspetti, necessaria per lo sviluppo della città.

Per quanto riguarda il rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto, la principale sorgente è imputabile al traffico stradale in ambito urbano ed al transito dei treni in prossimità di agglomerati urbani; si possono comprendere, inoltre, limitate aree prossime agli aeroporti ed alle stazioni ferroviarie.

Volendo fornire alcuni dati per i mezzi di trasporto stradale, gli stessi possono essere caratterizzati da una diversa emissione sonora a seconda della tipologia del mezzo; ad una distanza di circa 4 metri è possibile riscontrare i valori indicati nella tabella 1.

Per valutare sommariamente tali valori, basti ricordare come livelli di pressione sonora superiori a 60-65 dB(A) rendano difficoltosa la conversazione tra le persone, condizionando in modo diretto la qualità delle relazioni e quindi della vita.

L'emissione acustica dovuta al traffico stradale, a prescindere dalla tipologia del veicolo come indicato nella tabella 1, è condizionata da molteplici fattori, tra cui le condizioni del traffico (scorrevole, accelerato, decelerato) e la velocità dei veicoli; in questo caso, gli studi in argomento sono concordi nel ve-

A causa della prevista crescita del numero di veicoli e del relativo chilometraggio, l'inquinamento acustico derivante da traffico veicolare è considerato fonte di preoccupazione per le ripercussioni sulle condizioni di vita della popolazione.

.....
 rificare che a velocità inferiori a 50 km/h il rumore predominante sia causato dal motore e dal sistema di aspirazione e scarico, mentre a velocità più elevate il contributo del rumore di rotolamento dei pneumatici acquisisce più importanza; da queste prime elementari indicazioni deriva l'efficacia dell'utilizzo di asfalti assorbenti che riescono ad incidere sulla diminuzione dell'emissione acustica, dovuta proprio al rotolamento dei pneumatici.

Gli studi dell'Organizzazione Mondiale della Sanità e dell'Unione Europea sono concordi nell'evidenziare che il 40% della popolazione europea sia esposta a rumore di traffico stradale con livelli di pressione sonora superiori a 55 dB(A), considerati non compatibili con un adeguato confort acustico. La stessa Unione Europea già da

un decennio ha avviato una politica di riduzione dei livelli sonori di emissione prodotti dai veicoli, tuttavia i recenti studi hanno evidenziato come non si siano avuti miglioramenti significativi nell'esposizione al rumore: sembra in particolare aumentata l'esposizione a livelli compresi tra 55 e 65 dB(A), attribuibile al rapido incremento dei volumi di traffico stradale. Un ulteriore aspetto negativo rilevabile dagli studi di settore riguarda l'aumento dei livelli di rumore nel periodo notturno e il peggioramento del clima acustico anche delle aree rurali e suburbane. Per gli anni futuri, a causa della prevista crescita del numero di veicoli e del relativo chilometraggio, l'inquinamento acustico derivante da traffico veicolare è considerato fonte di preoccupazione per le ripercussioni sulle condizioni di vita della popolazione europea.

Indicatore 1: La sorgente 'traffico stradale'

Le figure 2-4 rappresentano alcuni indicatori proposti dal documento dell'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ora ISPRA) rif. RTI_AGF 4/2000 'Rassegna di indicatori e indici per il rumore, le radiazioni non ionizzanti e la radioattività ambientale'.

I dati di base per le elaborazioni seguenti sono state reperite: presso l'Automobile Club d'Italia (ACI) per quanto riguarda il parco veicolare circolante; dall'annuario di statistica della Regione Friuli Venezia Giulia e dal progetto europeo MOLAND-FVG 'Consumo ed uso del territorio del Friuli Venezia Giulia - anno 2000' predisposto dall'Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità del Centro Comune di Ricerca della Commissione Europea per la definizione della popolazione esposta; dallo studio 'Modello regionale di simulazione del trasporto privato - anno 2002' fornito dalla Regione Friuli Venezia Giulia per i dati riguardanti i flussi di traffico.

Al fine di raggruppare il parco veicolare esistente in un'unica categoria di veicoli acusticamente equivalenti, si sono operate delle equiparazioni sulla base dell'energia acustica prodotta dal transito delle due differenti categorie: si riporta l'operazione di equivalenza acustica tra veicoli leggeri e veicoli pesanti, tratta dallo studio *Rumore da traffico stradale a Pescara: risultati di uno studio preliminare* effettuato dall'ARTA Abruzzo (Palermi, 2004) (fig. 1).

I valori medi dei SEL sono:

Veicoli leggeri: $\mu_l = 69,9$; $\sigma_l = 2,9$ dB(A)

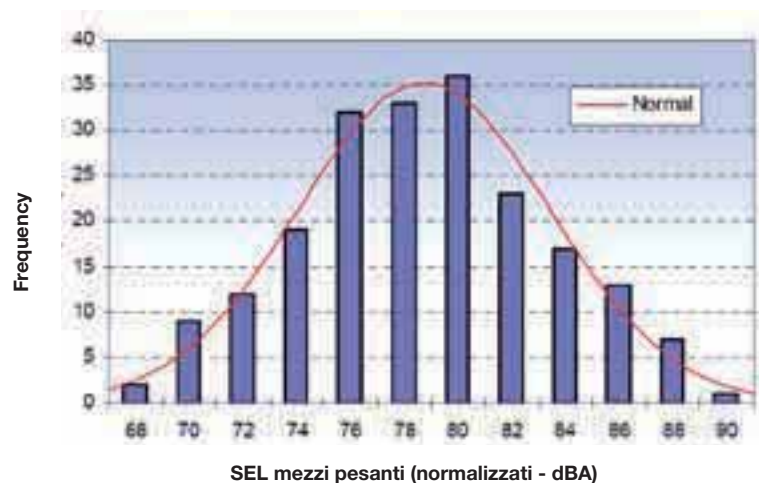
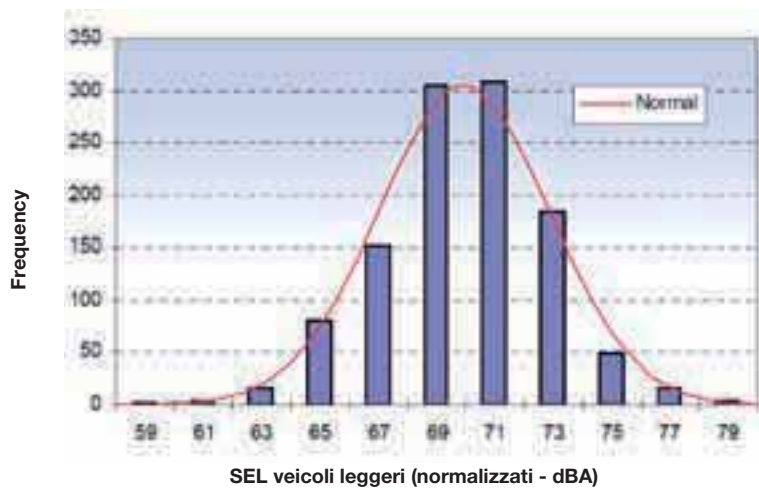
Veicoli pesanti: $\mu_p = 73,9$; $\sigma_p = 4,6$ dB(A)

Dai valori medi dei SEL μ_l , μ_p è possibile calcolare i fattori di equivalenza acustica dei mezzi pesanti (p) rispetto ai veicoli leggeri: $p = 10^{(\mu_p - \mu_l)/10} = 7,5$.

TABELLA 1. EMISSIONE SONORA DEI MEZZI DI TRASPORTO STRADALE.

Macro categorie di veicoli stradali	Picchi di emissione a distanza di 4 metri
Veicoli leggeri (automobili, furgoni)	75-80 dB (A)
Veicoli a due ruote (motocicli e motociclette)	80-90 dB (A)
Veicoli pesanti (autocarri, autotreni, autobus)	90-95 dB (A)

FIGURA 1. ANALISI ENERGETICA DEI TRANSITI VEICOLARI.



È possibile quindi introdurre la grandezza 'veicoli equivalenti acustici': mediamente, il transito di un mezzo pesante equivale, in termini di energia sonora, al transito di 7,5 veicoli leggeri (autovetture/furgoni leggeri).

Nella figura 2 è riportata, con riferimento ad una scala di gradazione del colore, la potenziale criticità dei tronchi stradali; i fattori che definiscono tale criticità sono il flusso veicolare della strada correlato alla popolazione esposta a tali flussi e ricadente nella fascia di ampiezza 100 metri dall'asse stradale. La figura 3 indica il grado di potenziale inquinamento acustico del comune in funzione del rapporto tra la densità di infrastrutture extraurbane e la popolazione residente.

La figura 4 evidenzia i comuni con la maggior densità di veicoli in rapporto alla popolazione residente.

Le figure 5-6 raffigurano i comuni in base alla stima della popolazione esposta al rumore stradale ed individuata attraverso il numero di residenti all'interno delle fasce stradali definite dal D.P.R. 30/03/04 n. 142 e quindi potenzialmente sottoposte a livelli di rumore di 70 dB(A) diurni e 60 dB(A) notturni per la prima fascia (entro 100 metri dall'asse stradale per le strade di tipo 'A'-'B'-'Ca'-'Cb') e 65 dB(A) diurni e 55 dB(A) notturni per la seconda fascia (entro 150 metri per le strade di tipo 'A'-'B'-'Ca' e 50 metri per le strade di tipo 'Cb').

I piani di contenimento e di abbattimento del rumore derivante dalle infrastrutture di trasporto

La Legge Quadro n. 447 del 10 ottobre 1995 stabilisce, all'articolo 10, comma 5, l'obbligatorietà da parte delle società e degli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, della predisposizione di specifici piani di contenimento e di abbattimento del rumore. Sempre l'articolo 10 prescrive che detti piani debbano indicare i tempi di adeguamento, le modalità e i costi di tali interventi. Infine l'articolo di legge obbliga le società e gli enti gestori ad impegnare, in via ordinaria, una quota fissa non inferiore al 7% dei fondi di bilancio previsti per le attività di manutenzione e di potenziamento nell'adozione di interventi di contenimento ed abbattimento del rumore.

Con il D.M. 29 novembre 2000 'Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore', pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 285 il 6 dicembre 2000, il Ministero dell'Ambiente ha emanato il Decreto di riferimento per quanto sopra indicato. Il Decreto stabilisce precisi obblighi per i Comuni, le Province e le Regioni; i più significativi sono l'individuazione delle aree in cui, per effetto delle immissioni delle infrastrutture stesse, si abbia superamento dei limiti di immissione previsti, la determinazione del contributo specifico delle infrastrutture al superamento dei limiti suddetti e la presentazione al Comune e alla Regione del piano di contenimento ed abbattimento del rumore prodotto nell'esercizio delle infrastrutture di cui sopra. Il Decreto fissa, inoltre, precise scadenze dell'iter dei Piani, in riferimento alle varie infrastrutture viarie e in base al loro interesse locale/regionale oppure nazionale o riguardante più regioni. Si definiscono quindi le tempistiche per le infrastrutture di tipo lineare, per gli aeroporti e, ad esclusione, per tutte le altre infrastrutture. In riferimento alle infrastrutture lineari, sicuramente di maggiore importanza ed impatto sulla popolazione per quanto concerne l'inquinamento acustico, il Decreto non è risultato immediatamente applicabile perché mancante dei corrispettivi decreti attuativi della Legge Quadro, che fissassero i limiti per le infrastrutture ferroviarie e stradali. È quindi con l'emanazione del D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459 'Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della L. 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario', pubblicato nella Gazzetta Ufficiale 4 gennaio 1999, n. 2 e il D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142 'Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inqui-

FIGURA 2. INDIVIDUAZIONE DEI TRONCHI STRADALI PIÙ IMPATTANTI NELLE STRADE EXTRAURBANE [RIF. INDICATORE AGF-22005 (*)].



STRADE TIPO A, B, Ca (D.P.R. N. 142/2004)

- Impatto basso (50° percentile)
- Impatto medio (70° percentile)
- Impatto alto (85° percentile)
- Impatto altissimo

STRADE TIPO Cb (D.P.R. N. 142/2004)

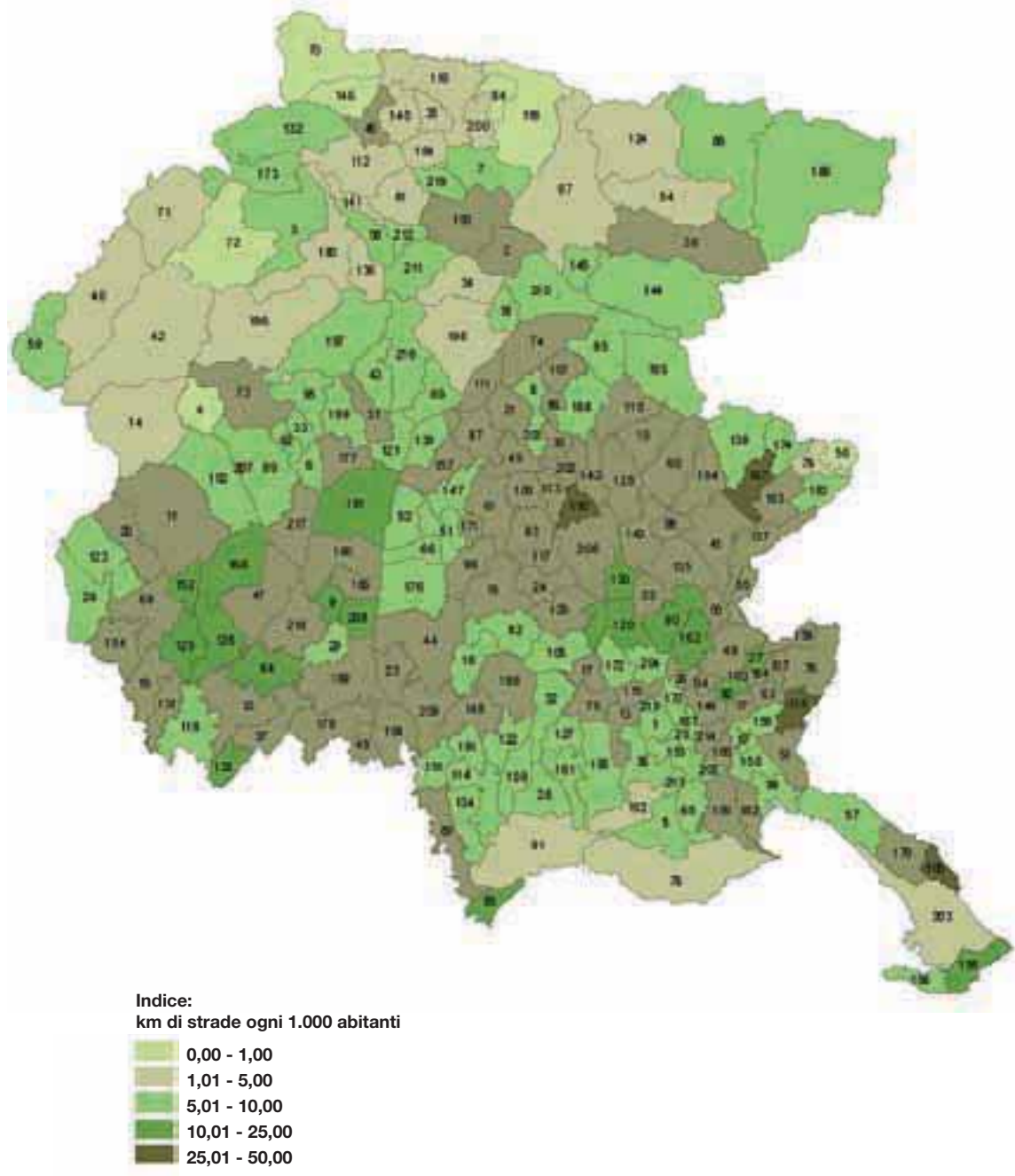
- Impatto basso (50° percentile)
- Impatto medio (70° percentile)
- Impatto alto (85° percentile)
- Impatto altissimo

(*) 'Rassegna di indicatori e indici per il rumore, le radiazioni non ionizzanti e la radioattività ambientale' - Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ora ISPRA) rif. RTI_AGF 4/2000

LEGENDA COMUNI

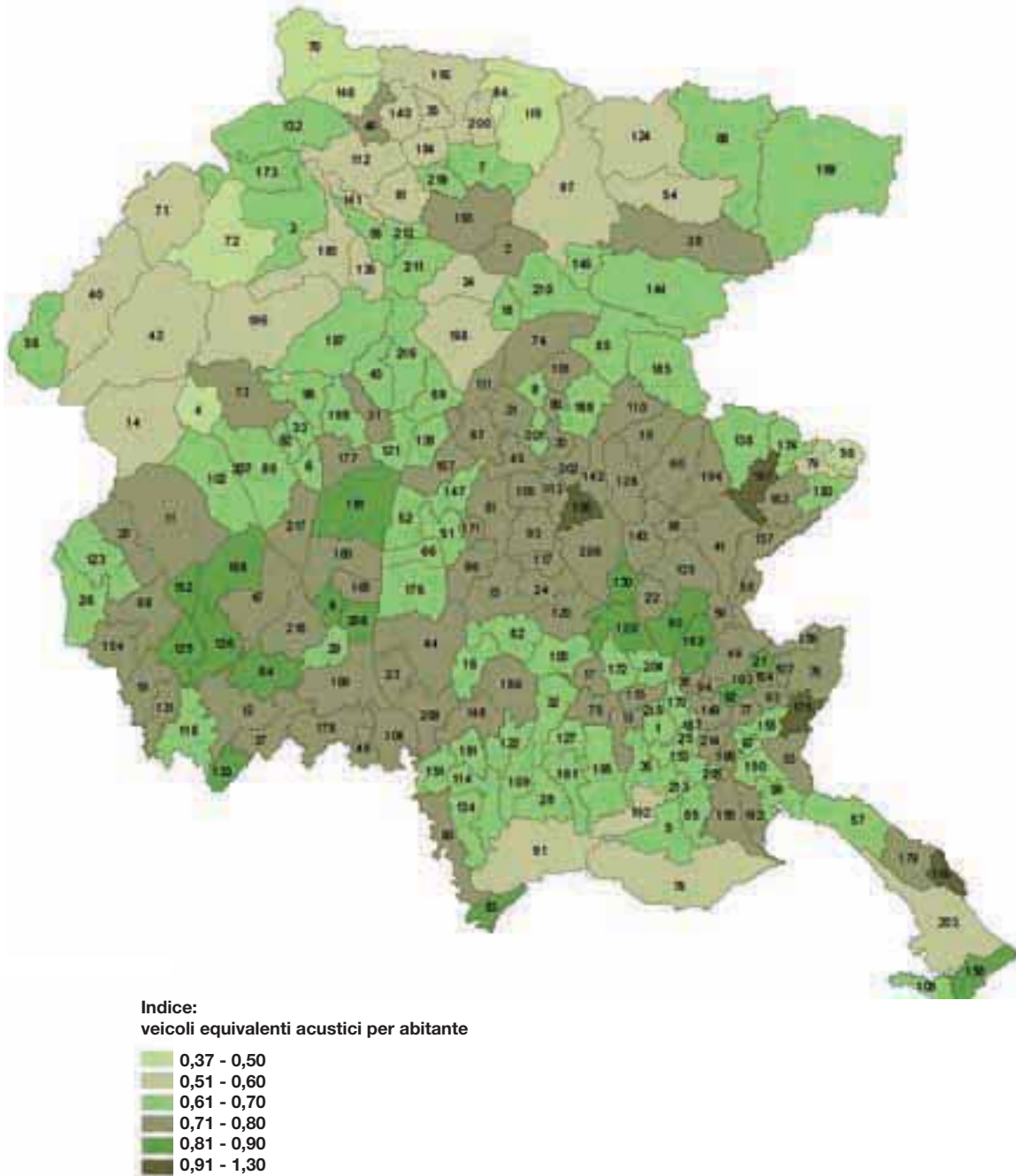
1	Aiello del Friuli	46	Comeglians	94	Medea	139	Ragogna	176	Sedegliano
2	Amaro	47	Cordenons	95	Meduno	140	Ravaschetto	177	Sequals
3	Ampezzo	48	Cordovado	96	Mereto di Tomba	141	Raveo	178	Sesto al Reghena
4	Andreis	49	Cormons	97	Moggio Udinese	142	Reana del Roiale	179	Sgonico
5	Aquileia	50	Corno di Rosazzo	98	Moimacco	143	Remanzacco	180	Socchieve
6	Arba	51	Coseano	99	Monfalcone	144	Resia	181	Spilimbergo
7	Arta Terme	52	Dignano	100	Monrupino	145	Resiutta	182	Staranzano
8	Artegna	53	Doberdò del Lago	101	Montenars	146	Rigolato	183	Stregna
9	Arzene	54	Dogna	102	Montereale	147	Rive d'Arcano	184	Sutrio
10	Attimis	55	Dolegna del Collio		Valcellina	148	Rivignano	185	Taipana
11	Aviano	56	Drenchia	103	Moraro	149	Romans d'Isonzo	186	Talmassons
12	Azzano Decimo	57	Duino-Aurisina	104	Morsano al	150	Ronchi dei	187	Tapogliano
13	Bagnaria Arsa	58	Enemonzo		Tagliamento		Legionari	188	Tarcento
14	Barcis	59	Erto e Casso	105	Mortegliano	151	Ronchis	189	Tarvisio
15	Basiliano	60	Faedis	106	Moruzzo	152	Roveredo in Piano	190	Tavagnacco
16	Bertiolo	61	Fagagna	107	Mossa	153	Ruda	191	Teor
17	Bicinicco	62	Fanna	108	Muggia	154	Sacile	192	Terzo d'Aquileia
18	Bordano	63	Farra d'Isonzo	109	Muzzana del	155	Sagrado	193	Tolmezzo
19	Brugnera	64	Fiume Veneto		Turgnano	156	San Canzian	194	Torreano
20	Budoia	65	Fiumicello	110	Nimis		d'Isonzo	195	Torviscosa
21	Buia	66	Flaibano	111	Osoppo	157	San Daniele del	196	Tramonti di Sopra
22	Buttrio	67	Fogliano	112	Ovaro		Friuli	197	Tramonti di Sotto
23	Camino al		Redipuglia	113	Pagnacco	158	San Dorligo della	198	Trasaghis
	Tagliamento	68	Fontanafredda	114	Palazzolo dello		Valle	199	Travesio
24	Campoformido	69	Forgaria nel Friuli		Stella	159	San Floriano del	200	Treppo Carnico
25	Campolongo al	70	Forni Avoltri	115	Palmanova		Collio	201	Treppo Grande
	Torre	71	Forni di Sopra	116	Paluzza	160	San Giorgio della	202	Tricesimo
26	Caneva	72	Forni di Sotto	117	Pasian di Prato		Richinvelda	203	Trieste
27	Capriva del Friuli	73	Frisanico	118	Pasiano di	161	San Giorgio di	204	Trivignano Udinese
28	Carlino	74	Gemona del Friuli		Pordenone		Nogaro	205	Turriaco
29	Casarsa della	75	Gonars	119	Paularo	162	San Giovanni al	206	Udine
	Delizia	76	Gorizia	120	Pavia di Udine		Natisone	207	Vajont
30	Cassacco	77	Gradisca d'Isonzo	121	Pinzano al	163	San Leonardo	208	Valvasone
31	Castelnovo del	78	Grado		Tagliamento	164	San Lorenzo	209	Varmo
	Friuli	79	Grimacco	122	Pocenia		Isontino	210	Venezzone
32	Castions di Strada	80	Latisana	123	Polcenigo	165	San Martino al	211	Verzegnis
33	Cavasso Nuovo	81	Lauco	124	Pontebba		Tagliamento	212	Villa Santina
34	Cavazzo Carnico	82	Lestizza	125	Porcia	166	San Pier d'Isonzo	213	Villa Vicentina
35	Cercivento	83	Lignano	126	Pordenone	167	San Pietro al	214	Villesse
36	Cervignano del		Sabbiadoro	127	Porpetto		Natisone	215	Visco
	Friuli	84	Ligosullo	128	Povoletto	168	San Quirino	216	Vito d'Asio
37	Chions	85	Lusevera	129	Pozzuolo del Friuli	169	San Vito al	217	Vivaro
38	Chiopris-Viscone	86	Magnano in Riviera	130	Pradamano		Tagliamento	218	Zoppola
39	Chiusaforte	87	Majano	131	Prata di Pordenone	170	San Vito al Torre	219	Zuglio
40	Cimolais	88	Malborghetto-	132	Prato Carnico	171	San Vito di		
41	Cividale del Friuli		Valbruna	133	Pravisdolini		Fagagna		
42	Claut	89	Maniago	134	Precenicco	172	Santa Maria la		
43	Clauzetto	90	Manzano	135	Premariacco		Longa		
44	Codroipo	91	Marano Lagunare	136	Preone	173	Sauris		
45	Colloredo di M.	92	Mariano del Friuli	137	Prepotto	174	Savogna		
	Albano	93	Martignacco	138	Pulfero	175	Savogna d'Isonzo		

FIGURA 3. DENSITÀ DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI EXTRAURBANE IN RAPPORTO ALLA POPOLAZIONE COMUNALE [RIF. AGF-22001(*)].



(*) 'Rassegna di indicatori e indici per il rumore, le radiazioni non ionizzanti e la radioattività ambientale' - Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ora ISPRA) rif. RTI_AGF 4/2000

FIGURA 4. DENSITÀ DEL PARCO VEICOLARE ESISTENTE IN RAPPORTO ALLA POPOLAZIONE COMUNALE [RIF. AGF-22002 (*)].



(*) 'Rassegna di indicatori e indici per il rumore, le radiazioni non ionizzanti e la radioattività ambientale' - Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ora ISPRA) rif. RTI_AGF 4/2000

FIGURA 5. ABITANTI STIMATI IN FASCE STRADALI CON LIMITI DI 70 dB DIURNI E 60 dB NOTTURNI.

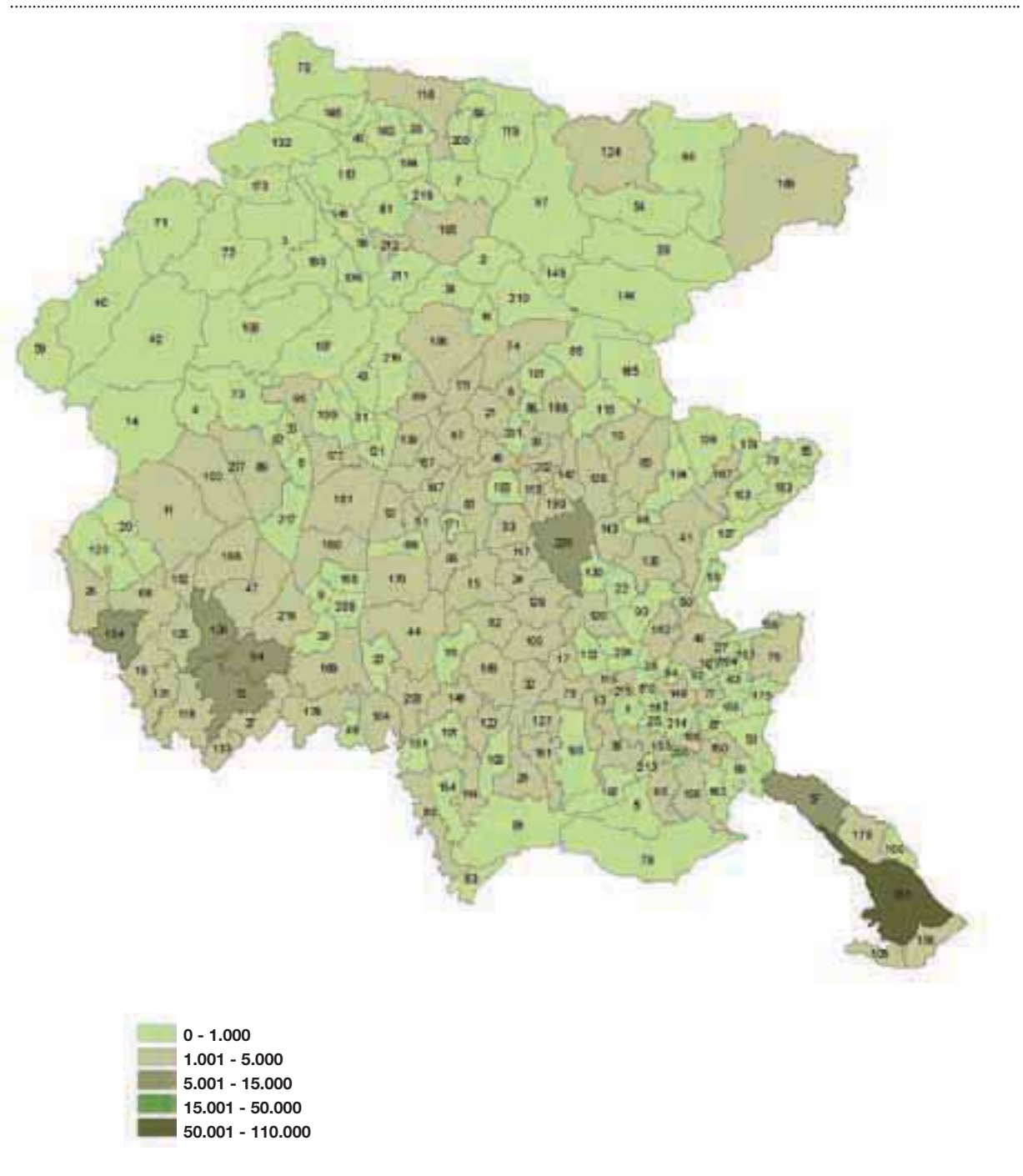


FIGURA 6. ABITANTI STIMATI IN FASCE STRADALI CON LIMITI DI 65 dB DIURNI E 55 dB NOTTURNI.



namento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della L. 26 ottobre 1995, n. 447, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale 1° giugno 2004, n. 127, che il Decreto del 29 novembre 2000 completava la sua efficacia. È infatti dalla data di entrata in vigore dei rispettivi decreti che decorrono i tempi per la predisposizione dei piani di contenimento e abbattimento del rumore.

Per le infrastrutture lineari, il Decreto fissa in 18 mesi il termine ultimo per l'individuazione, da parte della società o dell'ente gestore, delle aree dove venga stimato o rilevato il superamento dei limiti previsti, con l'obbligo di trasmissione dei relativi dati ai Comuni e alla Regione competente. Per effetto, dunque, dell'entrata in vigore del Decreto riguardante le infrastrutture ferroviarie, tale termine era stato fissato il 4 febbraio 2003 e, per lo stesso principio, la scadenza per la presentazione del medesimo piano da parte delle infrastrutture stradali era il 16 giugno 2007.

Il piano di contenimento/abbattimento del rumore deve contenere almeno:

- a) l'individuazione degli interventi e le relative modalità di realizzazione;
- b) l'indicazione delle eventuali altre infrastrutture dei trasporti concorrenti all'immissione nelle aree in cui si abbia il superamento dei limiti;
- c) l'indicazione dei tempi di esecuzione e dei costi previsti per ciascun intervento;
- d) il grado di priorità di esecuzione di ciascun intervento;
- e) le motivazioni per eventuali interventi sui ricettori.

Il tempo utile entro il quale raggiungere gli obiettivi di risanamento previsti viene fissato in 15 anni, e dunque corrisponde alla data ultima del 4 febbraio 2018, per le infrastrutture ferroviarie, e alla data del 16 giugno 2022, per quelle stradali di ogni tipologia.

Per la definizione degli interventi di contenimento o di risanamento dell'inquinamento acustico provocato dalle infrastrutture, il Decreto prevede un indice di priorità da calcolare in base a determinati parametri che tutelano maggiormente i recettori sensibili, quali gli ospedali, le case di cura e le scuole; rimane nelle facoltà della Regione, di concerto con i Comuni, la possibilità di modificare l'ordine di priorità degli interventi anche in deroga ai parametri indicati dal Decreto.

È definita, inoltre, una scala di priorità per l'attività di risanamento che obbliga i gestori ad attuare interventi, in via prioritaria, direttamente sulla sorgente rumorosa, poi lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore, ed infine, se non è tecnicamente possibile perseguire le priorità già elencate, attraverso interventi direttamente sul ricettore.

Infine, il Decreto predispone delle attività di verifica dei risultati raggiunti attraverso puntuali rilievi fonometrici di controllo su ogni intervento inserito nei piani approvati. I dati rilevati da queste campagne di verifica debbono essere inviati ai relativi Comuni e Regioni. Un'ulteriore forma di controllo imposta dal Decreto prescrive che le società e gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto e delle relative infrastrutture comunicano, entro il 31 marzo di ogni anno, al Ministero dell'Ambiente, alle Regioni e ai Comuni competenti, sia l'entità dei fondi accantonati annualmente e complessivamente a partire dalla data di entrata in vigore della legge n. 447/1995, sia lo stato di avanzamento fisico e finanziario dei singoli interventi previsti, comprensivo anche degli interventi conclusi; tutto ciò al fine di controllo dell'applicazione delle disposizioni in materia di accantonamento delle risorse finanziarie di cui all'art. 10, comma 5, della legge n. 447/1995. Un dato indicativo dello stato di fatto sull'inquinamento acustico in Regione è possibile attraverso la disseminazione delle mappature acustiche riferite alle principali arterie stradali e ferroviarie regionali. I dati, contenuti nei Piani di Risanamento Acustico redatti dai gestori delle infrastrutture, riportano il numero di ricettori suddivisi in diverse fasce acustiche, secondo un range di livelli di esposizione decrescente. I dati si riferiscono all'autostrada A4, A28 ed A23 per quanto concerne il rumore da traffico stradale (figg. 7-8) e alla rete ferroviaria RFI per quanto concerne il rumore prodotto dai treni (figg. 9-10).

FIGURA 7. RECETTORI ALL'INTERNO DELLE FASCE ACUSTICHE AUTOSTRADALI A4, A28, A23 (PERIODO DI RIFERIMENTO NOTTURNO: DALLE ORE 22 ALLE 6).

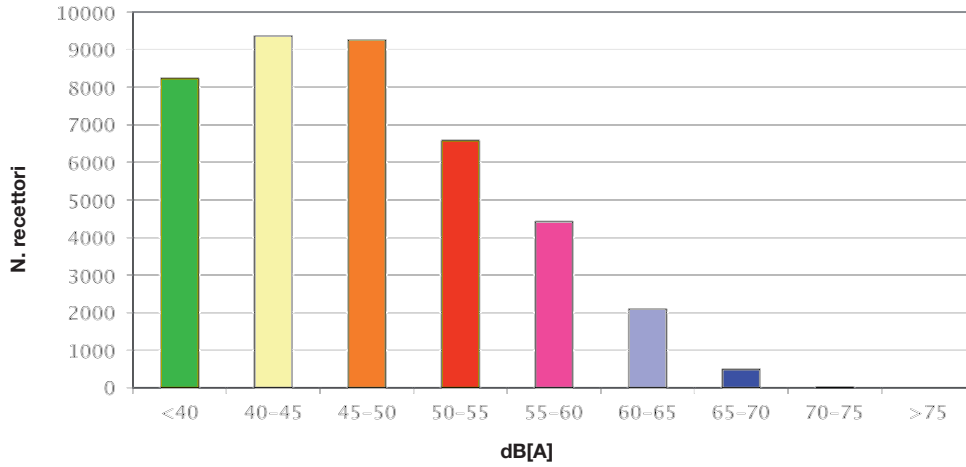


FIGURA 8. RECETTORI ALL'INTERNO DELLE FASCE ACUSTICHE AUTOSTRADALI A4, A28, A23 (PERIODO DI RIFERIMENTO DIURNO: DALLE ORE 6 ALLE 22).

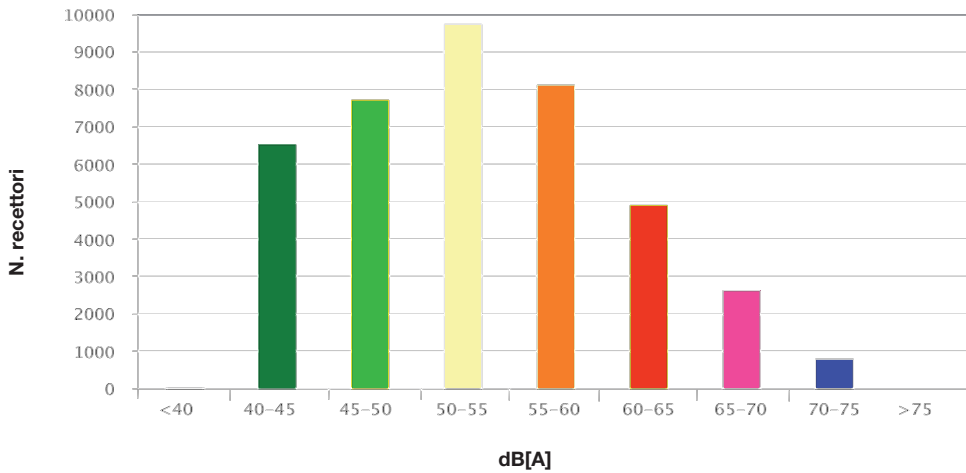


FIGURA 9. RECETTORI ALL'INTERNO DELLE FASCE ACUSTICHE FERROVIARIE (PERIODO DI RIFERIMENTO NOTTURNO: DALLE ORE 22 ALLE 6).

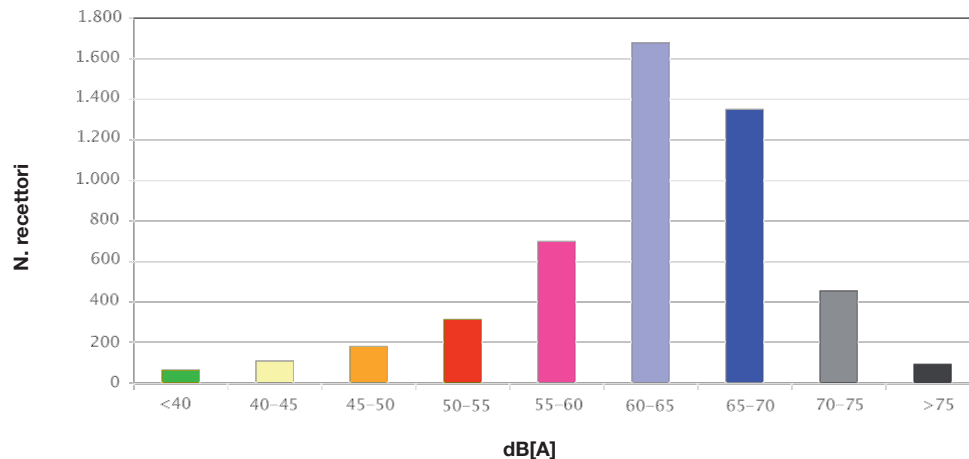
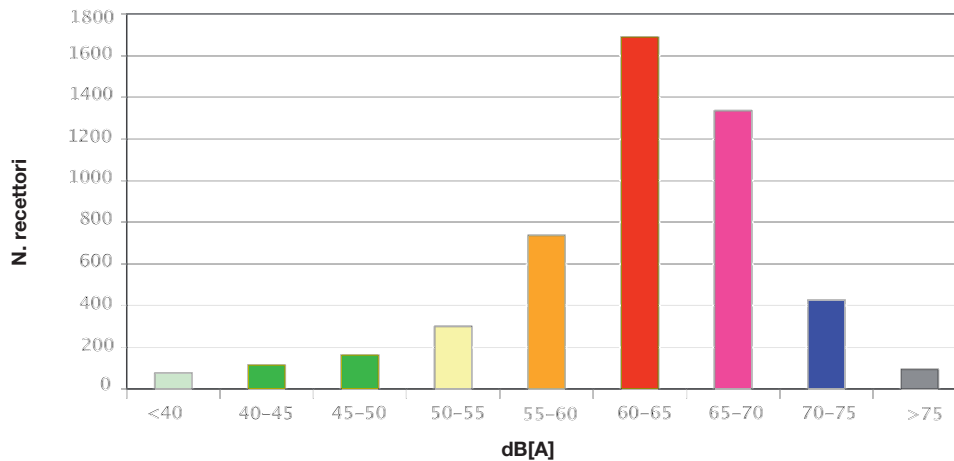


FIGURA 10. RECETTORI ALL'INTERNO DELLE FASCE ACUSTICHE FERROVIARIE (PERIODO DI RIFERIMENTO DIURNO: DALLE ORE 6 ALLE 22).



I Piani Comunali di Classificazione Acustica

La Legge Quadro sull'inquinamento acustico del 26 ottobre 1995 n. 447, dispone che tutti i Comuni suddividano il proprio territorio in classi acustiche (dalla I alla VI) sulla base delle preesistenti condizioni d'uso ma anche delle previsioni e delle precise scelte urbanistiche definite dalle amministrazioni comunali. A tali classi acustiche sono associati determinati livelli massimi di rumore ammessi e livelli di qualità a cui tendere per il futuro; queste scelte sono intrinsecamente legate alle politiche insediative di tipo residenziale, industriale e terziario, oltre che alla presenza delle infrastrutture viarie. L'obiettivo della classificazione è quello di prevenire il deterioramento di zone acusticamente non inquinate e di fornire un indispensabile strumento di pianificazione dello sviluppo urbanistico, commerciale, artigianale e industriale.

In Italia tale 'zonizzazione acustica' ha visto le Regioni avanzare in ordine sparso: la legge nazionale, infatti, demandava proprio alle Regioni il compito di definire criteri e tempi nei quali i Comuni dovevano realizzare lo strumento di Pianificazione acustica. Ad oggi il panorama nazionale risulta molto eterogeneo (tab. 2): in alcune regioni il territorio è ormai totalmente classificato (Toscana, Marche, Piemonte, Liguria), in altre questo processo è stato avviato da poco (Sicilia, Molise, Sardegna, Basilicata). L'importanza di classificare il territorio comunale, definendo determinati limiti acustici alle industrie, ai pubblici esercizi, ed in generale e tutte le attività produttive e di servizi, è riferita anche nell'esigenza di superare, sostituendola, la classificazione provvisoria, tuttora in vigore, definita da un Decreto Ministeriale del 1991 che non tiene in considerazione le reali condizioni d'uso del territorio e l'effettivo clima acustico presente, poiché deriva direttamente dal Piano Regolatore Generale Comunale (PRGC), senza alcuna verifica sullo stato di attuazione e di effettiva corrispondenza dello stesso alle condizioni reali.

Il Piano Comunale di Classificazione Acustica (PCCA) è, quindi, un atto tecnico-politico e risulta lo strumento fondamentale per avviare una nuova politica di programmazione, controllo e pianificazione del fattore rumore; infatti la legislazione nazionale e regionale prevede che tale strumento sia realizzato attraverso il confronto e in armonia con il piano urbano del traffico, con gli interventi di risanamento e di bonifica acustica già pianificati (è l'esempio dei piani di risanamento delle strade e delle ferrovie), inoltre dovrà essere strettamente legato al PRGC operando un sostanziale allineamento ed una verifica ad ogni variante proposta dei due Piani.

Ulteriore aspetto legato a questo adempimento riguarda l'applicabilità del così detto 'criterio differenziale', limite che si riferisce al rumore prodotto da una singola e identificata sorgente sonora e che ne indaga l'effettiva contribuzione al clima sonoro dell'area, attraverso la misura del solo incremento dovuto alle emissioni rumorose della sorgente in esame; tale verifica, ed i conseguenti limiti di legge, sono stati oggetto di ampio dibattito sull'applicabilità in assenza del Piano di classificazione approvato dal Comune ed ha visto la giurisprudenza consolidarsi (TAR Friuli Venezia Giulia) verso la non applicabilità di tale limite, con indubbe conseguenze sul controllo e sulla conseguente tutela del disturbo delle persone. La Regione Friuli Venezia Giulia è espressamente intervenuta in questa incertezza interpretativa attraverso un dettato normativo (articolo 133 della L.R. 17/2010) che chiarisce l'applicabilità del criterio differenziale del D.P.C.M. 1/03/1991.

In una prima conclusione si può sostenere che al PCCA è dunque riservato l'obiettivo di fissare uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto della compatibilità acustica delle diverse previsioni di destinazione d'uso dello stesso e nel contempo, di individuare le eventuali criticità e i necessari interventi di bonifica per sanare gli inquinamenti acustici esistenti.

TABELLA 2. GRADO DI APPROVAZIONE DEI PIANI COMUNALI DI CLASSIFICAZIONE ACUSTICA IN ITALIA.

Regione/Provincia autonoma	Numero Comuni n.	Comuni che hanno approvato la classificazione acustica n.	%	Popolazione zonizzata %	Superficie zonizzata %
Piemonte	1.206	883	73,2	70,8	76,3
Valle d'Aosta	74	15	20,3	44,9	16,6
Lombardia	1.546	841	54,4	59,2	54,1
Trentino Alto Adige	333	135	40,5	37,7	28,0
Bolzano-Bozen	117	0	0,0	0,0	0,0
Trento	216	135	62,5	73,9	61,6
Veneto ^b	581	370	63,7	66,0	64,1
Friuli Venezia Giulia	218	0	0,0	0,0	0,0
Liguria	235	199	84,7	86,9	84,7
Emilia Romagna	348	203	58,3	74,0	59,0
Toscana	287	269	93,7	96,7	93,6
Umbria	92	19	20,7	32,9	22,2
Marche	239	238	99,6	99,5	98,2
Lazio ^c	378	75	19,8	59,8	25,2
Abruzzo	305	10	3,3	10,2	2,8
Molise	136	0	0,0	0,0	0,0
Campania ^d	551	173	31,4	46,5	30,9
Puglia	258	25	9,7	11,4	11,1
Basilicata	131	0	0,0	0,0	0,0
Calabria	409	n.d.	n.d.	n.d.	0,0
Sicilia ^e	390	4	1,0	7,0	3,0
Sardegna ^e	377	12	3,2	1,9	2,2
Totale Italia	8.094	3.471	42,9	49,5	36,9

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA, ISTAT.

(a) Dati aggiornati al 31/12/2009

(b) Dati aggiornati al 31/12/2007; non disponibili le informazioni relative alla provincia di Verona

(c) Dati aggiornati al 31/12/2006; fonte Regione

(d) Dati aggiornati al 31/12/2003

(e) Dati aggiornati al 31/12/2007

n.d. dato non disponibile

Lo stato dell'arte in Friuli Venezia Giulia

In Friuli Venezia Giulia la realizzazione del Piano Comunale di Classificazione Acustica è stata disciplinata con la Delibera di Giunta Regionale n. 463 del 5 marzo 2009 (pubblicata nella B.U.R. n. 12 del 25 marzo 2009), a seguito dell'emanazione della L.R. 16/2007 di recepimento della Legge Quadro 447/95. Con la definizione dei criteri e delle linee guida, contenuti della D.G.R. citata, è stata definita anche la scadenza del 25 marzo 2012 entro la quale i comuni dovranno dotarsi del Piano.

È utile ricordare l'iter di approvazione previsto dalla legge:

- richiesta/acquisizione di parere all'ARPA FVG;
- adozione del PCCA in Consiglio Comunale;
- deposito del Piano per eventuali osservazioni ed opposizioni (30 giorni);
- 'sentita l'ARPA' il Comune si pronuncia sulle osservazioni, opposizioni e approva il PCCA;
- invio del Piano approvato alla Regione, alla Provincia, all'ARPA, all'Azienda Sanitaria e ai Comuni confinanti.

A gennaio 2012, sulla base delle informazioni disponibili, risulta che il 70% dei Comuni abbia già avviato l'iter per la realizzazione del Piano, con un numero di 139 Comuni che hanno già affidato la realizzazione a professionisti esterni e 15 che sono in procinto di affidare l'incarico (fig. 11).

Di questi, 25 Piani sono già stati inoltrati all'ARPA per il parere di competenza, necessario per l'adozione del Piano stesso.

Analizzando i dati è possibile affermare che i Comuni che hanno già avviato l'iter ovvero che sono in affidamento o hanno già affidato l'incarico, coprono il 49% della popolazione (fig. 12) e il 77% del territorio regionale (fig. 13).

Da segnalare come l'elaborazione in forma associata dei Piani risulti di sicuro vantaggio sia per la 'gestione' comune dei territori a confine tra più amministrazioni, sia per una pianificazione sovraordinata che permette di gestire le strutture viarie, che ricadono in questi ambiti territoriali, fonti primarie di inquinamento acustico.

Tale opportunità, a titolo di esempio, è stata seguita dalla Comunità Montana della Carnia e da quella del Torre, Natisone e Collio.

Indicatore 2: La distribuzione della popolazione nelle classi acustiche

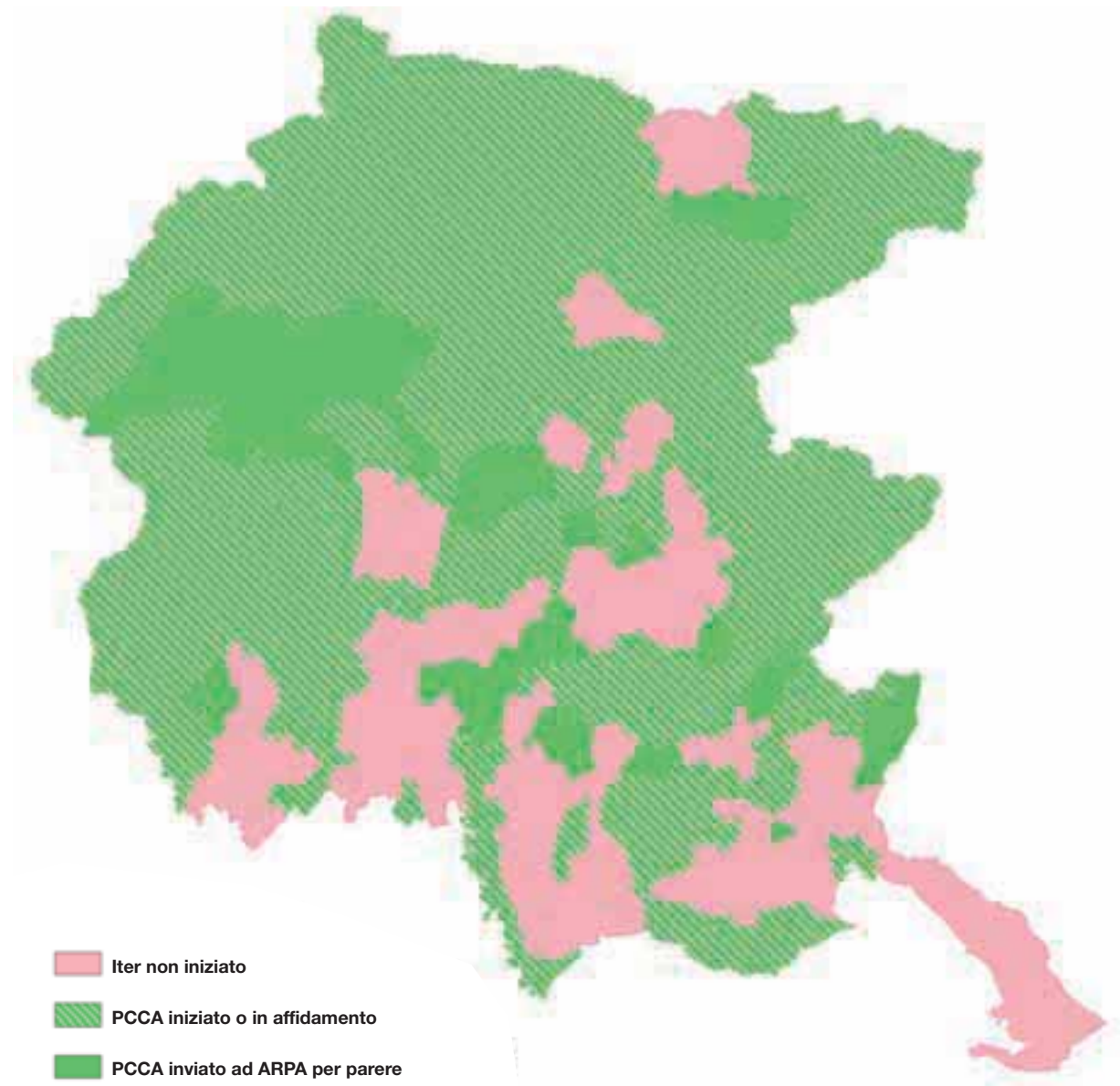
Le 6 classi acustiche previste dai Piani possono essere suddivise ulteriormente in tre distinte 'macro categorie' riferite alle diversificate necessità di tutela dell'area dall'inquinamento acustico:

- la classe I è riferita alle aree di maggior tutela acustica quali le scuole, gli ospedali, le case di cura e le aree di particolare pregio e protezione ambientale, artistica ed urbanistica;
- le classi II, III e IV sono riferite alla residenza, secondo la maggiore densità di popolazione, di attività commerciali e terziarie;
- le classi V e VI sono invece riferite alle zone industriali.

Nella tabella 3 vengono riportati i valori limite assoluti di immissione previsti dalla legge.

Una prima parziale lettura dei dati risultanti dai primi 17 Piani inviati all'ARPA FVG per il parere di competenza e riferita alla suddivisione della popolazione residente ai livelli massimi di immissione del rumore ammesso sul territorio comunale (figg. 14-15) fornisce una prima indicazione del livello di 'inquinamento' previsto ed in certo modo programmato dallo strumento 'urbanistico' di gestione del rumore ambientale.

FIGURA 11. ITER DI APPROVAZIONE DEL PIANO COMUNALE DI CLASSIFICAZIONE ACUSTICA. DISTRIBUZIONE SUL TERRITORIO REGIONALE.



Fonte: ARPA FVG e uffici comunali (gennaio 2012).

FIGURA 12. ITER DI APPROVAZIONE DEL PIANO COMUNALE DI CLASSIFICAZIONE ACUSTICA. DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLA POPOLAZIONE REGIONALE.

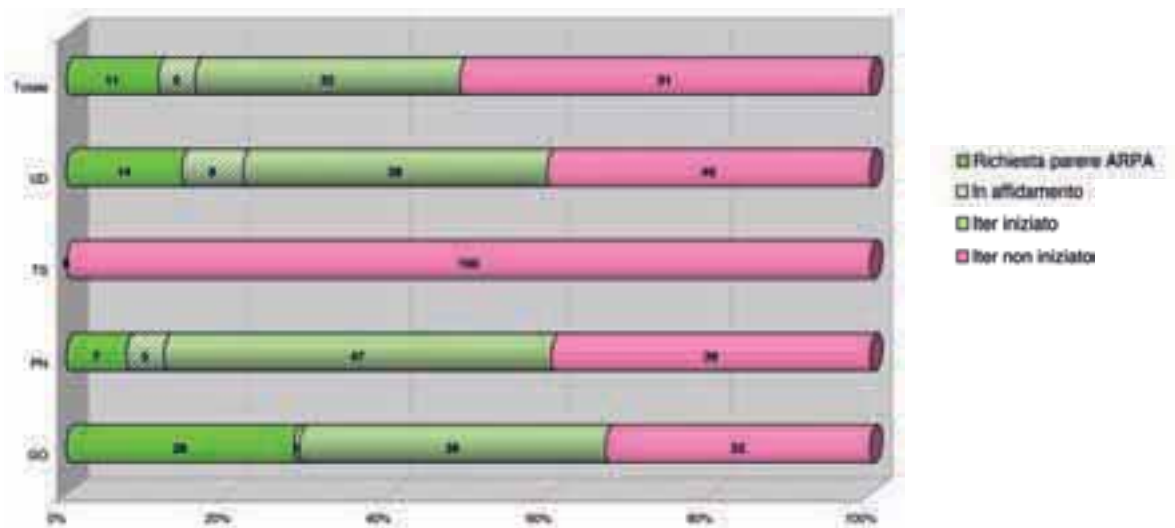


FIGURA 13. ITER DI APPROVAZIONE DEL PIANO COMUNALE DI CLASSIFICAZIONE ACUSTICA. DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DEL TERRITORIO REGIONALE.

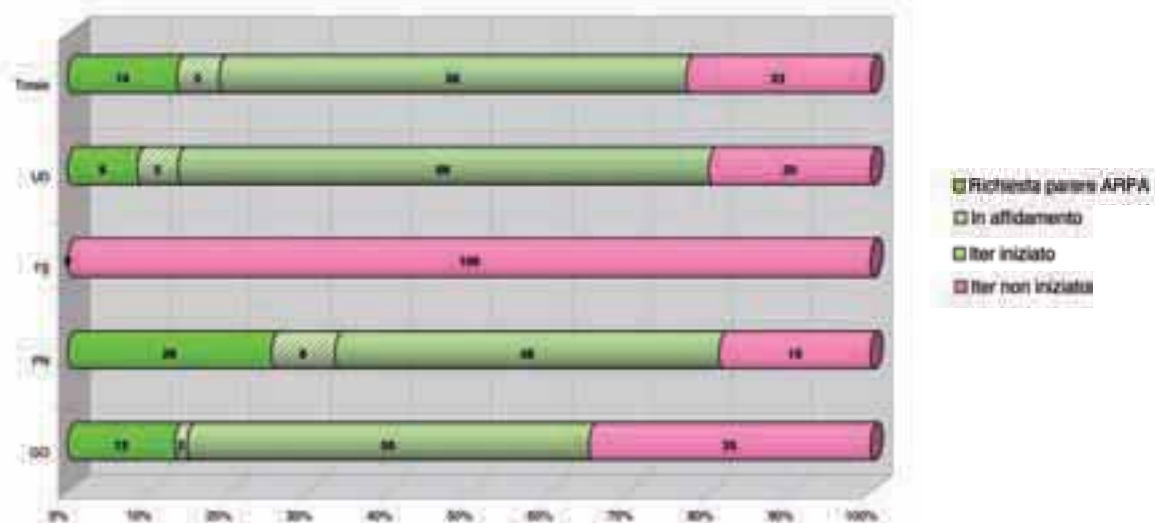


TABELLA 3. VALORI LIMITE ASSOLUTI DI IMMISSIONE DEL RUMORE.

		L _{eq} in dB(A) D.P.C.M. 14/11/1997, art. 3, tabella C	
		Diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
Classe I	Aree particolarmente protette	50	40
Classe II	Aree prevalentemente residenziali	55	45
Classe III	Aree di tipo misto	60	50
Classe IV	Aree di intensa attività umana	65	55
Classe V	Aree prevalentemente industriali	70	60
Classe VI	Aree esclusivamente industriali	70	70

FIGURA 14. CONFRONTO TRA PERCENTUALE DI TERRITORIO E POPOLAZIONE NELLE CLASSI ACUSTICHE RIFERITE ALLA RESIDENZA.

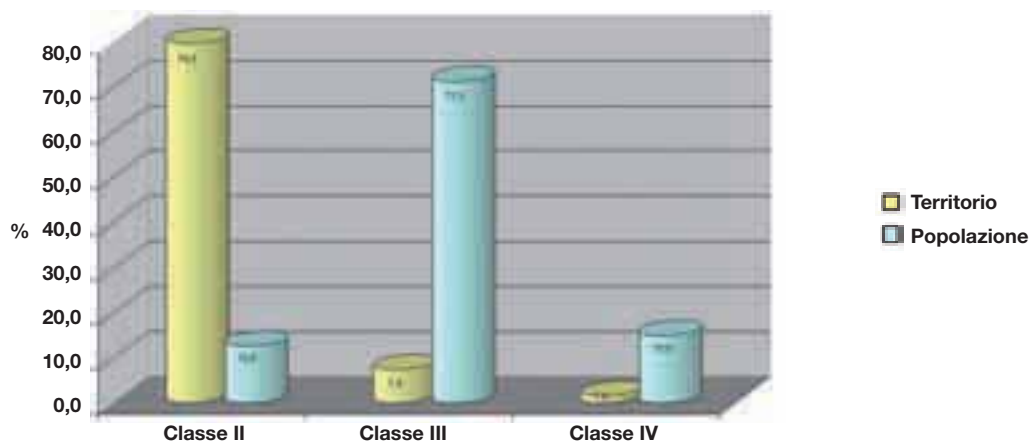
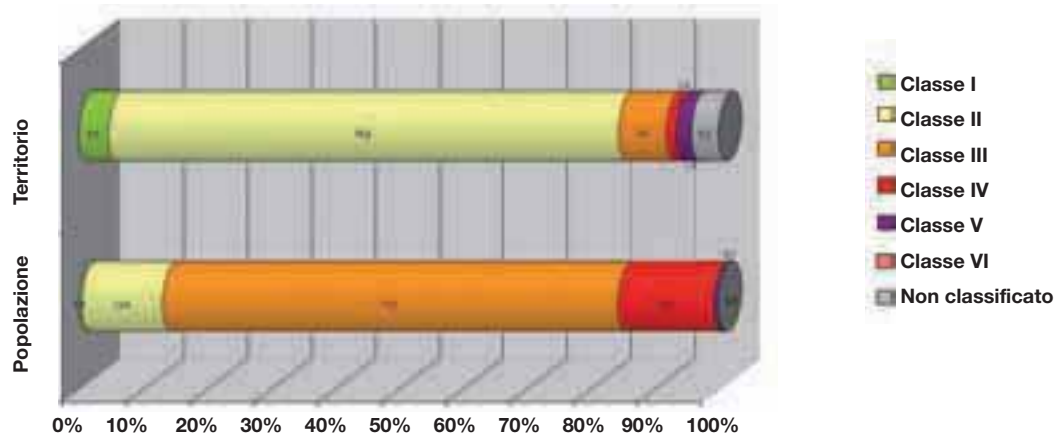


FIGURA 15. CONFRONTO TRA PERCENTUALE DI TERRITORIO E POPOLAZIONE NELLE CLASSI ACUSTICHE.



Fonte: ARPA FVG e uffici comunali (giugno 2011).

.....

La pianificazione urbanistica, slegata da una valutazione attenta sugli effetti riguardanti l'impatto acustico, ha creato le situazioni di conflittualità che sono spesso riscontrabili lungo i confini delle zone industriali.

.....

I primi dati parziali sull'analisi di 17 PCCA proposti al parere dell'ARPA FVG, fermo restando le cautele sui commenti dei dati riferiti ad un campione di riferimento non ancora del tutto significativo, riflettono una distribuzione della popolazione di oltre il 70% in classe III, con limiti assoluti di immissione del rumore pari a 60 dB(A) per il periodo diurno e 50 dB(A) per il periodo notturno, e con la maggior parte della restante popolazione distribuita in maniera uniforme tra le altre due classi (II e IV) riservate alla residenza. Da questa analisi preliminare si può dunque trarre un elemento positivo della pianificazione acustica che, se da un lato riflette lo stato di fatto, dall'altro si prefigge di pianificarne lo sviluppo futuro.

Su questo tema si può analizzare inoltre il dato riferito alla suddivisione del territorio tra le varie classi acustiche: in questo caso si evince che quasi l'80% del territorio è classificato nella classe acustica II «aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali», a dimostrazione della vocazione del territorio della Regione Friuli Venezia Giulia composto da piccoli e medi insediamenti residenziali e da limitati territori fortemente antropizzati o riferiti ad estese attività industriali.

Un ulteriore dato indicativo è quello relativo alla superficie di classe I che, con quasi il 5%, testimonia sicuramente una forte volontà delle amministrazioni nel promuovere la tutela acustica delle aree riferite agli insediamenti sensibili quali scuole, ospedali e case di cura, ma anche al territorio con importanti tutele ambientali, paesaggistiche e storiche.

Le aree agricole, stante il limitato utilizzo di attività meccanizzate intensive sul territorio regionale, vengono di norma assoggettate alla classe II, contribuendo sensibilmente ad aumentare la percentuale di destinazione del territorio riferita alle prime classi acustiche che caratterizzano qualitativamente le aree sotto il profilo dell'impatto acustico.

Le principali criticità emerse

La conseguenza del ritardo nella pianificazione del 'fattore rumore' è alla base delle criticità ambientali. La pianificazione urbanistica, slegata da una valutazione attenta sugli effetti riguardanti l'impatto acustico, ha creato le situazioni di conflittualità che sono spesso riscontrabili lungo i confini delle zone industriali.

Nel corso della stesura dei primi Piani di classificazione, infatti, sono emerse in modo evidente le incongruenze, da un punto di vista acustico, delle zone industriali classificate 'D' dal piano regolatore ed inserite all'interno di contesti residenziali, quale risultato delle modifiche del territorio avvenuto essenzialmente negli ultimi trent'anni. Infatti le principali criticità emergono in presenza delle attività di piccola dimensione, caratterizzate da aree produttive facenti riferimento a singole ditte ed impianti, che all'atto dell'insediamento si trovavano ai margini dei centri abitati; con l'incremento delle residenze e il conseguente ampliamento delle zone urbanizzate, si trovano ora quasi completamente inglobate in un contesto residenziale, divenendo una realtà acusticamente non conforme al territorio circostante.

Il trend di Comuni che si stanno dotando dei Piani Comunali di Classificazione Acustica è senza dubbio il dato più positivo e incoraggiante dello stato di fatto. La pianificazione del fattore rumore non dovrà però fermarsi a tale importante strumento.

Ulteriore elemento di criticità è riscontrabile lungo i confini dei poli (zone) industriali: anche in questo caso, una non accorta pianificazione ha permesso la costruzione di edifici residenziali limitrofi alle aree industriali, fenomeno questo ancor più evidente lungo i confini comunali, dove la pianificazione 'acustica', già poco attenta in ambito strettamente comunale, non veniva confrontata e pianificata con i comuni limitrofi.

Anche le infrastrutture stradali, nella loro recente evoluzione – che ha visto un consistente aumento dei volumi di traffico e, conseguentemente, dell'impatto sonoro prodotto dalla sorgente 'strada' – sono alla base di criticità acustiche. Se un tempo costruire edifici a destinazione residenziale ai bordi delle infrastrutture

stradali più 'importanti' era considerato possibile ed anche auspicabile, l'attuale incremento di traffico, e quindi di impatto sonoro, ad oggi rappresenta un aspetto di criticità non trascurabile che si riscontra nella realizzazione dei PCCA.

Alcune considerazioni e uno sguardo alle politiche future

Il trend di Comuni che si stanno dotando del Piano di Classificazione Acustica è senza dubbio il dato più positivo ed incoraggiante dello stato di fatto. La pianificazione del fattore rumore non dovrà però fermarsi a tale importante strumento, infatti il legislatore ha previsto un secondo strumento: il Piano Comunale di Risanamento Acustico (PCRA). Tale documento dovrà essere approvato dall'Amministrazione comunale entro dodici mesi dal PCCA e dovrà contenere tutte le azioni già avviate, ovvero programmate al fine di superare quegli elementi di criticità emersi dal PCCA ed affrontare gli elementi di criticità emersi dagli esposti dei cittadini. Difatti il Piano di Classificazione, pur non riferendosi direttamente ai valori di qualità, ne richiede il progressivo avvicinamento, anche attraverso i piani di risanamento.

Tali Piani avranno inoltre il compito di fungere da strumento di pianificazione dei vari soggetti e dei vari interventi che, sia i privati (attività produttive), sia gli enti gestori di infrastrutture (stradali, ferroviarie ed aeroportuali), sia l'ente pubblico, dovranno realizzare nel breve, medio e lungo periodo, demandando proprio a tale strumento la definizione dei tempi attesi per il completo risanamento e per il raggiungimento dei livelli di qualità previsti dalla legislazione vigente.

L'obbligo della redazione del PCCA da parte delle amministrazioni comunali può diventare anche un'opportunità per regolamentare l'aspetto del rumore nei vari ambiti di competenza comunale attraverso la predisposizione di un Regolamento Acustico Comunale che intervenga sugli aspetti legati alla salvaguardia della quiete pubblica tra privati, che regolamenti l'aspetto dell'acustica in ambito edilizio, cantieristico e durante le manifestazioni temporanee, e che disciplini le modalità di presentazione di esposti e segnalazioni da parte dei cittadini, oltre che la definizione delle procedure per il rilascio delle varie autorizzazioni acustiche (impatto e clima acustico).

Nel 2009 l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO/OMS) ha pubblicato le linee guida del rumore notturno per l'Europa: *Night noise guidelines for Europe*. Questa importante ed autorevole edizione ha raccolto nuove evidenze di danni alla salute dovute all'esposizione al rumore notturno ed ha raccomandato dei valori soglia di riferimento che, se superati, possono produrre effetti nocivi. Dalla pubblicazione si rilevano alcuni importanti ed anche preoccupanti risultati.

Analizzando i possibili effetti in periodo notturno, emergono le seguenti indicazioni secondo il differente e crescente livello di esposizione:



Fino a 30 dB (notte):

Sebbene la sensibilità individuale e le circostanze differiscano tra i vari casi studiati, non si evidenziano effetti biologici sino a questi livelli.



Da 30 a 40 dB (notte):

Si hanno un certo numero di effetti osservati come movimento corporeo, frequenti risvegli e disturbi del sonno. I gruppi vulnerabili come bambini, anziani ed ammalati sono più suscettibili a tali effetti.



Da 40 a 55 dB (notte):

Si osservano svariati effetti avversi sulla salute della popolazione. Molte persone devono adattare la loro vita per far fronte ai livelli di rumore.



Sopra 55 dB (notte):

La situazione è da considerarsi sempre più pericolosa per la salute pubblica. Gli effetti avversi si riscontrano più frequentemente. La gran parte della popolazione manifesta disturbi del sonno ed è in generale molto infastidita e deconcentrata. Vi è anche l'evidenza scientifica di un crescente rischio di malattie cardiovascolari.

La figura 16 evidenzia come gli effetti aumentano con un incremento dell'indice di rumore L_{night} , misurato all'esterno degli edifici, per valori tipici del traffico stradale (strada urbana).

Nelle conclusioni l'OMS, per il periodo notturno, indica il valore di $L_{night} = 40$ dB come soglia limite per la protezione della popolazione dagli effetti negativi del rumore, soprattutto per quella parte di popolazione più vulnerabile come i bambini, i malati cronici e gli anziani.

Il valore L_{night} di 55 dB è ammesso quale deroga ed obiettivo intermedio per i Paesi che non possono rispettare il valore dei 40 dB a breve termine.

Nella pubblicazione *Politiche future in materia di inquinamento acustico* a cura dell'Unione Europea, che contiene anche dati dell'OMS, si riporta come:

- circa il 20% della popolazione nell'Unione Europea è esposto a livelli di rumore che gli esperti sanitari considerano inaccettabili;
- circa il 40% della popolazione nell'Unione Europea sia esposto al rumore del traffico stradale a livelli superiori a 55 dB(A);
- più del 30% sia esposto a livelli superiori a 55 dB(A) durante la notte.

Nel 2011 è stata edita un'ulteriore ed importante pubblicazione a cura del Joint Research Center (JRC) della Commissione Europea e dell'Organizzazione Mondiale della Sanità dal titolo: *Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe (Il carico di malattia dovuta al rumore ambientale* ('Quantificazione degli anni di vita sana persi in Europa a causa del rumore ambientale'). Tale documento riveste notevole importanza poiché detta le linee guida su cui basare i futuri indirizzi legislativi e a cui faranno seguito le azioni di prevenzione, risanamento ed informazione della tematica rumore, non solo in Italia ma per tutta la Comunità europea.

Nel volume sono contenuti le sintesi degli studi e delle prove che mettono in rapporto diretto il rumore ambientale e i suoi effetti sulla salute umana.

Il rapporto tecnico n. 11/2011 dell'Agenzia per l'Ambiente Europea *Good practice guide on noise* ('Guida alle buone pratiche sul rumore') (EEA, 2011) riporta gli effetti indicati in tabella 4.

Alla luce di queste considerazioni, è possibile concludere che il tema del rumore riveste una partico-

TABELLA 4. EFFETTI DEL RUMORE SULLA SALUTE E SUL BENESSERE, DI CUI SI HANNO PROVE SUFFICIENTI.

Effetti	Indicatore	Unità di misura acustica*	Soglia **	Arco di tempo
Fastidio e disturbo	Qualità della vita rapporti psico-sociali	L_{den}	42 dB	Cronico
Disturbo del sonno auto riferito	Qualità della vita-salute fisica	L_{night}	42 dB	Cronico
Diminuzione della memoria e dell'apprendimento	Livello di performance	L_{eq}	50 dB	Cronico e acuto
Variazione dei valori ormonali	Indicatore di stress	L_{max} L_{eq}	ND	Cronico e acuto
Variazione polisonnografia - registrazione simultanea di più parametri fisiologici durante la notte	Qualità del sonno, movimenti nel sonno, eccitazione	$L_{max\ indoors}$	32 dB	Cronico e acuto
Numero dei risvegli segnalati	Sonno	$SEL_{indoors}$	53 dB	Acuto
Variazione dello stato di salute	Salute clinica e benessere	L_{den}	50 dB	Cronico
Ipertensione	Salute fisica e psicologica	L_{den}	50 dB	Cronico
Incidenza delle malattie del cuore ed ischemie	Salute clinica	L_{den}	60 dB	Cronico

Fonte: EEA, 2011.

* L_{den} e L_{night} sono definiti come livello di esposizione esterno. L_{max} può essere sia esterno sia interno a seconda dell'indicazione. Vedere il Glossario per la definizione delle Unità di misura.

** Livello al di sopra del quale cominciano a vedersi gli effetti o si ha un aumento dei casi segnalati.

lare importanza, non solo come elemento che condiziona direttamente la qualità della vita con la sua componente di fastidio *annoyance* che influenza negativamente lo svolgimento delle attività quotidiane, ma soprattutto per le sue dirette conseguenze sulla salute della popolazione, in particolar modo per gli effetti sul sonno.

Come per la gran parte delle tematiche ambientali, l'azione più efficace verso questa problematica è la prevenzione intesa come capacità di pianificazione delle scelte che comportano elementi potenzialmente disturbanti quali le attività produttive, le infrastrutture di trasporto, i servizi.

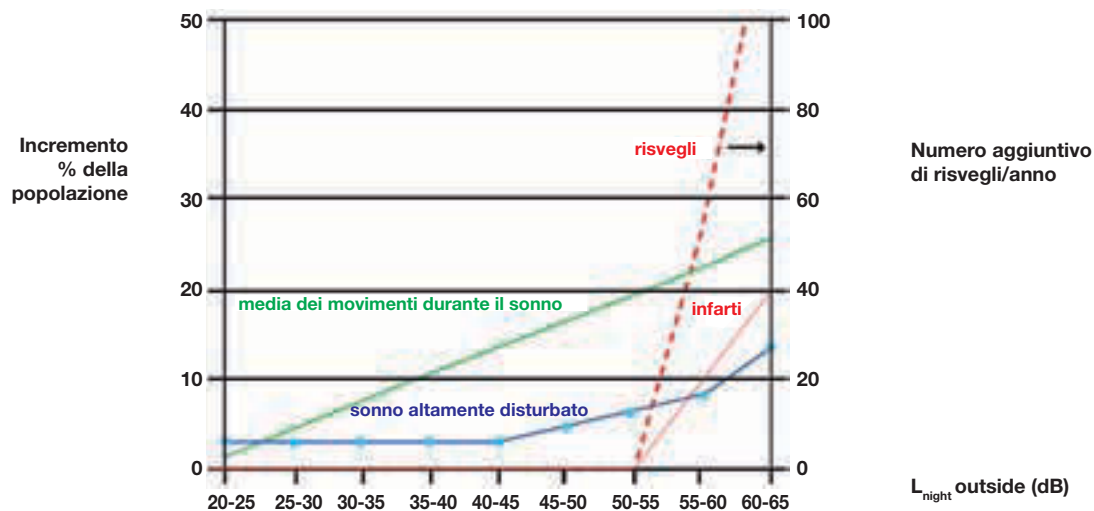
Per un primo sguardo su quello che potrà essere l'evolversi della legislazione nel campo del rumore è quindi opportuno riferirsi agli ambiti europei ed internazionali: la Comunità Europea con la Direttiva 2002/49/CE (<http://noise.eionet.europa.eu/>) ha voluto uniformare l'approccio comune dei vari Stati membri alla tematica del rumore ambientale; da questo atto legislativo vincolante per le varie nazioni, sono state poste le basi per un approccio condiviso basato su descrittori acustici comuni, su una metodologia di mappatura del rumore e di azioni uniformi e, soprattutto sull'obbligo di coinvolgimento della popolazione sulle informazioni ambientali e sulle conseguenti scelte di pianificazione e risanamento risultanti dagli studi. L'Italia ha recepito tale Direttiva attraverso il D.lgs. 194/2005, definendo tempi e modi per la sua applicazione in ambito nazionale.

Richiamando i valori proposti dall'OMS con le dovute cautele riferite ai diversi indicatori di riferimento ($L_{\text{night}} - L_{\text{eq}}$ notturno), possiamo constatare come il PCCA riserva alla residenza le classi II, III e IV, secondo parametri di densità abitativa; è opportuno ricordare come la classe II preveda un limite massimo di immissione del rumore notturno di 45 dB (A), fino ad un livello di 55 dB(A) per la classe IV.

Da questa sommaria analisi risulta evidente l'opportunità di riservare la classe acustica I per strutture ospedaliere, case di riposo e di degenza; la finalità del Piano Comunale di Classificazione Acustica di tendere verso il raggiungimento dei livelli di qualità (tab. 5), anche alla luce delle recenti autorevoli pubblicazioni, deve essere intesa quale obiettivo primario per la salvaguardia della salute della popolazione.

Un importante passo verso la salvaguardia della popolazione sensibile, quali sono i bambini, è stato fatto attraverso la 'Dichiarazione di Parma su ambiente e salute', adottata in occasione della quinta Conferenza ministeriale su ambiente e salute nel marzo 2010. Tale documento riconosce la particolare necessità di proteggere i bambini dagli effetti nocivi del rumore. Questa pubblicazione fornisce una base per il futuro sviluppo di adeguate linee guida sul rumore da parte dell'OMS, come sollecitato dagli Stati membri nella 'Dichiarazione di Parma' e di cui si riporta lo stralcio di interesse: «Noi, il Ministro della Salute e il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare dell'Italia, per conto di tutti i ministri della Sanità e dell'Ambiente della Regione europea dell'OMS, insieme al Direttore Regionale Europeo dell'OMS e alla presenza dei Commissari Europei per la salute e l'ambiente, ci impegnamo a lavorare insieme per ridurre l'esposizione dei bambini al rumore, incluso quello proveniente dagli strumenti elettronici personali, dalle attività ricreative e dal traffico, specialmente nelle aree residenziali, nei nidi e negli asili, nelle scuole e nelle strutture ricreative pubbliche. Invitiamo l'OMS, offrendo nel contempo la nostra assistenza, a sviluppare linee-guida idonee sul rumore e offriamo la nostra assistenza».

FIGURA 16. EFFETTI DEL RUMORE DEL TRAFFICO STRADALE IN PERIODO NOTTURNO*.



Fonte: World Health Organization, 2009.

* La media dei movimenti e degli infarti sono espressi in percentuale di incremento (rispetto al numero di riferimento base), il numero di persone con sonno altamente disturbato è espresso come percentuale della popolazione; i risvegli sono espressi in numero di risvegli aggiuntivi all'anno.

TABELLA 5. VALORI DI QUALITÀ DEL RUMORE.

		L_{eq} in dB(A). D.P.C.M. 14/11/1997, art. 3, tabella D	
		Diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
Classe I	Aree particolarmente protette	47	37
Classe II	Aree prevalentemente residenziali	52	42
Classe III	Aree di tipo misto	57	47
Classe IV	Aree di intensa attività umana	62	52
Classe V	Aree prevalentemente industriali	67	57
Classe VI	Aree esclusivamente industriali	70	70

STRUTTURA DEGLI INDICATORI

INDICATORE 1

NOME	Individuazione tronchi stradali più impattanti (strade extraurbane) [Rif. Indicatore AGF-22005 (*)]
DPSIR	Pressione
UNITÀ DI MISURA	Percentili: Veicoli equivalenti acustici giorno moltiplicati per popolazione residente entro 100 m dall'asse stradale
FONTE	ARPA FVG e Regione Friuli Venezia Giulia
COPERTURA SPAZIALE DATI	Strade extraurbane sul territorio regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2002 / 2008

INDICATORE 2

NOME	Ripartizione della popolazione e del territorio nelle classi acustiche
DPSIR	Risposta
UNITÀ DI MISURA	Percentuale di popolazione e di territorio
FONTE	ARPA FVG e Uffici Comunali
COPERTURA SPAZIALE DATI	Dati campione su 17 comuni del territorio regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	Dati disponibili a luglio 2011

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

D.P.C.M. del 1 marzo 1991	Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno
L. del 26 ottobre 1995, n. 447	Legge Quadro sull'inquinamento acustico
D.P.C.M. del 14 novembre 1997	Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
L.R. del 18 giugno 2007, n. 16	Norme in materia di tutela dall'inquinamento atmosferico e dall'inquinamento acustico
D.G.R. del 5 marzo 2009, n. 463	L.R. 16/2007 'Norme in materia di tutela dall'inquinamento atmosferico e dall'inquinamento acustico'. Adozione di 'Criteri e linee guida per la redazione dei piani comunali di classificazione acustica del territorio ai sensi dell'art 18, comma 1, lett a), della L.R. 16/2007'. Approvazione definitiva

GLOSSARIO

dB (A). Decibel ponderato con la curva A.

EEA. European Environment Agency

PRGC. Piano Regolatore Generale Comunale.

L_{den} . Descrittore acustico giorno-sera-notte usato per qualificare il disturbo legato all'esposizione al rumore: è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi diurni, serali e notturni di un anno di osservazione e di un anno medio sotto il profilo meteorologico.

L_{night} . Descrittore acustico notturno relativo ai disturbi del sonno: è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno (dalle ore 19:00 alle ore 22:00) di osservazione e di un anno medio sotto il profilo meteorologico.

L_{eq} . Livello equivalente - valore del livello di pressione sonora ponderata «A» di un suono costante che, nel corso di un periodo specificato T, ha la medesima pressione quadratica media di un suono considerato, il cui livello varia in funzione del tempo.

L_{max} . Livello massimo - valore massimo del livello di pressione sonora ponderata «A» nel corso di un periodo specificato T.

$L_{max\ indoors}$. Livello massimo all'interno di un ambiente chiuso.

$SEL_{indoors}$. Single Event Level - Livello di esposizione sonora costante che, se fosse mantenuto per un secondo, avrebbe la stessa energia acustica dell'evento rumore misurato.

PCCA. Piano Comunale di Classificazione Acustica.

PCRA. Piano Comunale di Risanamento Acustico.

BIBLIOGRAFIA

ACI (2008), *Automobile club d'Italia*.

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ora ISPRA) (2000), *Rassegna di indicatori e indici per il rumore, le radiazioni non ionizzanti e la radioattività ambientale*, RTI_AGF 4/2000.

ARPA FVG (2008), *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia*.

Comunità Europea, *Primi dati sulla Direttiva 2002/49/CE*, in <http://noise.eionet.europa.eu/>.

EEA (2011), *Good practice guide on noise*, Technical Report No 11.

ISPRA (2010), *Annuario dei dati ambientali*.

Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità del Centro Comune di Ricerca della Commissione Europea per la definizione della popolazione esposta (2000), *Progetto*

europeo MOLAND-FVG, Consumo ed uso del territorio del Friuli Venezia Giulia.

Palermi S. (ed.), 2004, *Rumore da traffico stradale a Pescara: risultati di uno studio preliminare*, ARTA Abruzzo.

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (2002), *Studio Modello regionale di simulazione del trasporto privato: anno 2002*.

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (2010), *Annuario di statistica della Regione FVG*.

World Health Organization - JRC European Commission (2011), *Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe*.

World Health Organization (2009), *Night noise guidelines for Europe*, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.

SOSTANZE PERICOLOSE

Non si rilevano superamenti degli Standard di Qualità Ambientale per le acque superficiali, nonostante la presenza significativa di sostanze pericolose nei sedimenti. La rilevazione di residui di farmaci nelle acque di scarico degli impianti di depurazione, invece, pone il problema dell'adeguamento di questi ultimi a tale emergenza.

Sergio Predonzani
ARPA FVG
Laboratorio Unico
Multisito - Trieste

Omnia venenum sunt: nec sine veneno quicquam existit. Dosis sola facit, ut venenum non fit. ('Tutto è veleno, nulla esiste che non sia veleno. Solo la dose fa, dato che il veleno non fa nulla'): con queste parole Paracelso (1493-1541) espresse già nel Cinquecento quello che attualmente si intuisce dal termine di 'sostanza pericolosa'. È risaputo che l'arsenico è mortale per l'uomo, se assunto in quantità pari ad alcune centinaia di milligrammi; allo stesso modo 300 g di sale da cucina o 1 kg di zucchero, se ingeriti tutti in una volta,

producono anch'essi effetti letali. Qualsiasi sostanza che, tramite interazioni fisico-chimiche con tessuti viventi, può causare danni e/o morte dell'organismo può essere considerata un 'veleno', a meno che non si tenga conto del concetto di esposizione ad una sostanza in termini di quantità, della sua forma, del tipo di somministrazione e del tempo di interazione con l'organismo bersaglio.

Attualmente l'attenzione della comunità scientifica impegnata nella tematica pertinente la contaminazione da sostanze pericolose nelle matrici ambientali è focalizzata su alcuni contaminanti inorganici e organici e, in particolare, per questi ultimi, sui cosiddetti *Persistent Organic Pollutants* (POP) a causa della loro elevata tossicità, persistenza e refrattarietà alla degradazione.

A tale riguardo l'United Nations Environment Programme (UNEP) ha emesso un documento noto come 'Convenzione di Stoccolma (23 maggio 2001), sottoscritto da 173 Stati, per la riduzione e/o eliminazione delle emissioni derivanti da produzione e uso intenzionale di sostanze organiche quali: aldrin, clordano, dieldrin, DDT, endrin, eptacloro, esaclorobenzene, mirex, toxafene e i bifenili policlorurati; successivamente con la Direttiva 2008/1/CE e nella quarta Conferenza delle Parti (UNEP, maggio 2009) sono stati aggiunti: policlorodibenzodiossine/furani, clordecone, esaclorocicloesani, tetra-, penta-, esa-, epta- bromobifenileteri, sali dell'acido perfluorooctansulfonico e perfluorooctansulfonilfloruro.

Delle migliaia di nuovi composti chimici che vengono sintetizzati annualmente nei centri di ricerca pubblici e privati, solamente alcuni hanno un valore commerciale e vengono introdotti sul mercato in quantità significative e, a partire dal dicembre 2006, sono soggetti al Regolamento CE 1907/2006, che impone agli Stati membri della Comunità Europea un sistema integrato di registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione nella commercializzazione delle sostanze chimiche (REACH).

A fronte delle 'buone intenzioni' attuali e future, ci troviamo ad affrontare problemi ambientali ereditati da un incontrollato e sconsiderato utilizzo di sostanze chimiche tossiche che, consapevolmente o inconsapevolmente, sono state disperse nei diversi comparti ambientali. In aggiunta ai POP sopracitati, a livello ambientale vi sono numerose sostanze che interagiscono negativamente con la

biosfera e la cui diffusione è difficilmente controllabile in quanto introdotte nell'ambiente da sorgenti diffuse. A tale proposito basti pensare alla classe di sostanze note come Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), di cui è riconosciuta la cancerogenicità. Tali composti sono naturalmente presenti nei petroli e, in minor quantità, nei prodotti petroliferi secondari; inoltre, vengono a formarsi nei processi di combustione sia naturali (incendio di boschi) che antropogenici (emissione di fumi da impianti industriali, dagli scarichi delle autovetture, dall'incendio incontrollato di rifiuti ecc.) ed è quindi comprensibile la difficoltà nel contenere tale fonte di inquinamento.

Al fine di tutelare l'ambiente e, di conseguenza, la salute umana, i singoli Stati e gli organismi sopranazionali hanno avviato programmi di monitoraggio, considerando alcune tipologie di sostanze di cui è riconosciuta la pericolosità se presenti a concentrazioni superiori ad un determinato valore, stimato sulla base di dati tossicologici ed ecotossicologici. Attualmente a livello nazionale ed europeo, in recepimento della Direttiva 2000/60/CE, si sta completando il monitoraggio delle acque superficiali dolci, marine e di quelle sotterranee, con un approccio integrato che riguarda non solamente la presenza di sostanze pericolose, ma anche lo stato di benessere della componente biologica sia animale che vegetale.

Lo stato attuale nella regione Friuli Venezia Giulia

Il Friuli Venezia Giulia, per quanto meno 'impattato' rispetto ad altre regioni italiane dalla contaminazione da sostanze pericolose, ha sul suo territorio due Siti di Interesse Nazionale (SIN): uno dislocato all'interno della laguna di Marano e Grado; l'altro, presente nella zona portuale-industriale della città di Trieste (figg. 1-2). Nel primo, la contaminazione è ascrivibile principalmente al mercurio (e ai suoi composti) che è stato sversato nelle acque del fiume Aussa dall'impianto cloro-soda di Torviscosa (Udine) e che, nella zona lagunare, è andato a sovrapporsi a quello diffuso in laguna dal trasporto solido del fiume Isonzo, a sua volta contaminato dall'attività estrattiva della zona mineralizzata a cinabro di Idrija (Slovenia). Nel secondo, le fonti di contaminazione sono molteplici e derivano sia da attività industriali pregresse, che da un uso incontrollato del territorio. Le sostanze che vengono rilevate a concentrazioni superiori a quelle normate dal D.lgs. 152/06 sono alcuni metalli pesanti, gli idrocarburi totali e poliaromatici, i policlorobifenili e, in alcuni casi, le policlorodibenzodiossine/furani. Nel territorio regionale esistono altre zone in cui è presente una contaminazione da sostanze pericolose ma, in generale, sono aree di modeste dimensioni e presentano problemi specifici.

Una prima valutazione sullo stato di contaminazione dell'ambiente acquatico, a livello regionale è stata ottenuta sulla base di quanto richiesto dalla *Water Framework Directive* (WFD), che impone agli Stati Membri della Comunità Europea la classificazione delle acque (interne, marine e di transizione) in base al principio di 'qualità' dei corpi idrici ottenuto considerando non solamente i dati chimici, ma pure quelli biologici. Nella WFD sono indicate le sostanze chimiche classificate come sostanze pericolose e sostanze pericolose prioritarie (complessivamente 33), che devono essere obbligatoriamente tenute sotto controllo e non devono superare il valore indicato nelle relative tabelle degli Standard di Qualità Ambientale (SQA). Da quanto emerge dal monitoraggio, avviato nel 2009 e conclusosi nel 2010, la qualità, dal punto di vista chimico, delle acque superficiali regionali risulta complessivamente buona. Diversamente, l'analisi chimica eseguita sul sedimento marino e su quello delle acque di transizione (lagune), per quanto non vincolante sul giudizio di qualità del corpo idrico, rivela un certo grado di contaminazione principalmente a carico di alcuni contaminanti organici e di metalli pesanti.

FIGURA 1. AREE DI APPARTENENZA DEI SITI DI INTERESSE NAZIONALE (SIN) NELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA: LA LAGUNA DI MARANO E GRADO (IN ROSSO È INDICATO IL PERIMETRO TERRESTRE, IN BLU QUELLO MARINO).

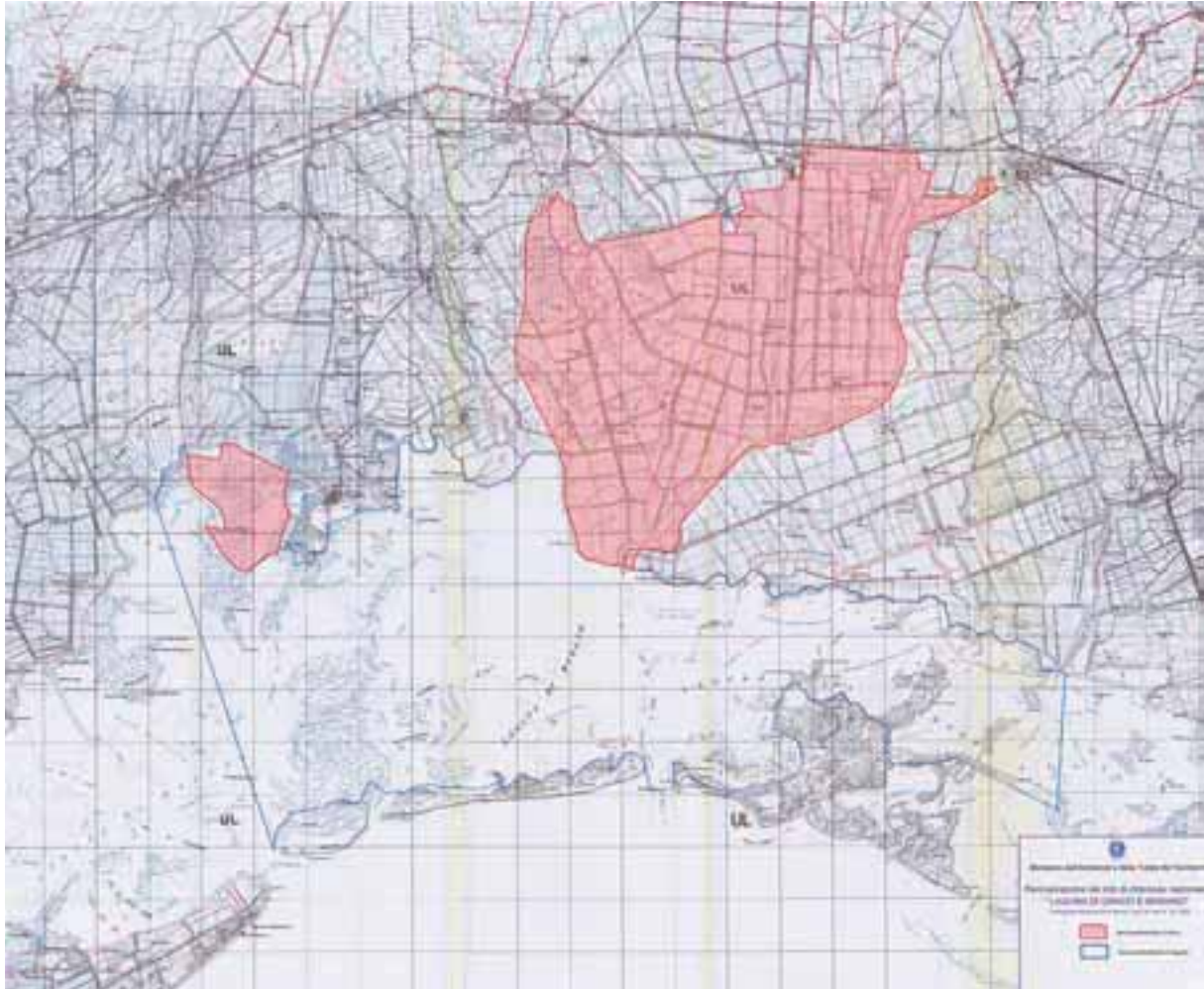
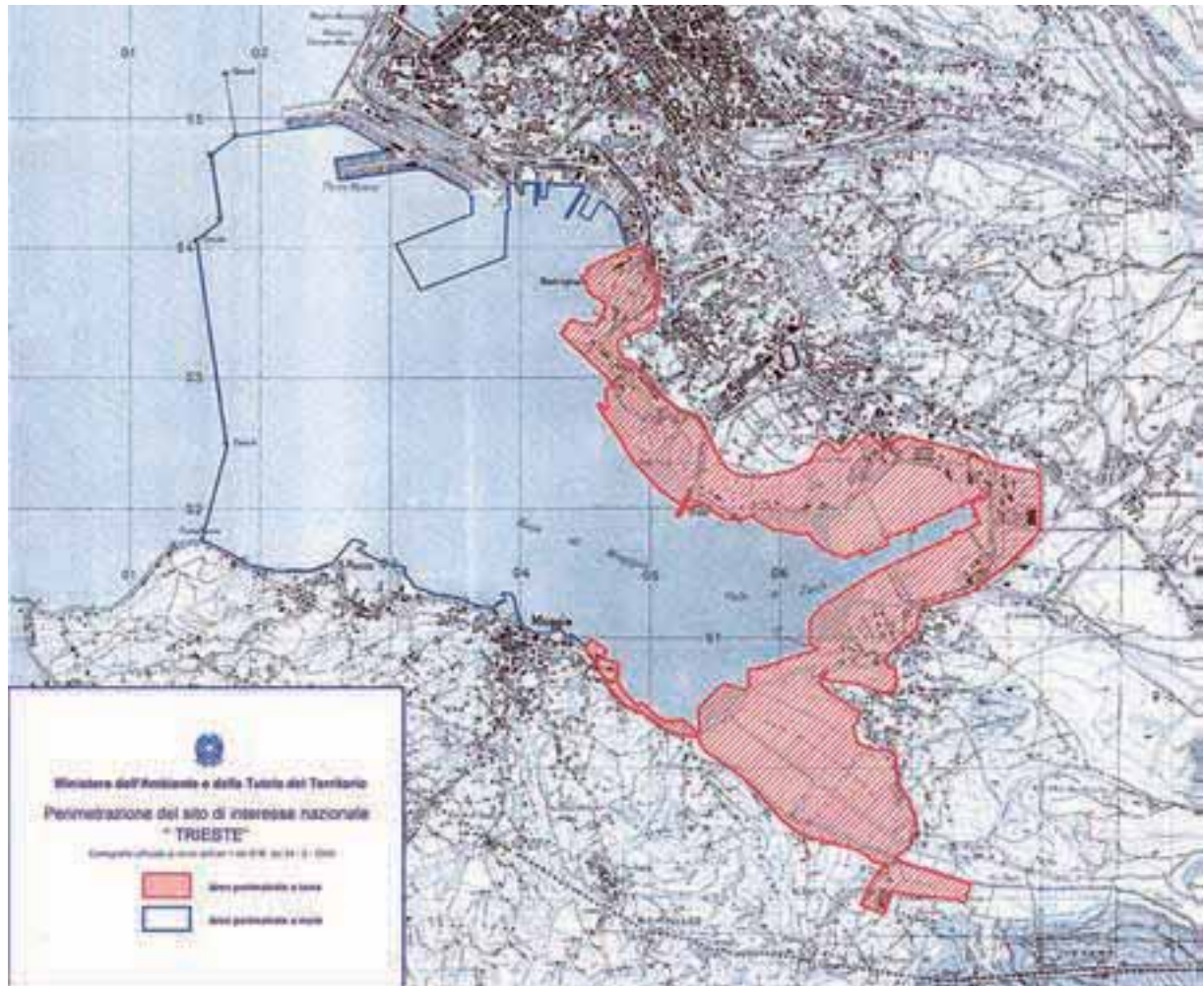


FIGURA 2. AREE DI APPARTENENZA DEI SITI DI INTERESSE NAZIONALE (SIN) NELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA: SIN DI TRIESTE (IN ROSSO È INDICATO IL PERIMETRO TERRESTRE, IN BLU QUELLO MARINO).



Una nuova 'famiglia' di contaminanti ambientali comprende i farmaci, ad uso umano e veterinario, e i prodotti per la cura personale, introdotti nell'ambiente attraverso le acque reflue urbane. Un recente studio ha evidenziato la loro presenza nelle acque di scarico dei principali depuratori della regione.

Indicatore: Microinquinanti emergenti, farmaci e prodotti per la cura personale (*Pharmaceutical and Personal Care Products - PPCP*)

Recentemente si è posta l'attenzione su una nuova 'famiglia' di contaminanti ambientali che comprende i farmaci e i prodotti per la cura personale. Questi articoli di largo consumo vengono introdotti nell'ambiente principalmente attraverso le acque reflue urbane e includono farmaci per uso umano, farmaci ad uso veterinario, fragranze, cosmetici, agenti diagnostici ecc. Molte di queste sostanze presentano una forte attività sul sistema endocrino, ad esempio i farmaci anticoncezionali; ma anche un composto quale la galaxolide, classificato commercialmente come muschio sintetico e utilizzato come fragranza in prodotti per l'igiene personale, è considerato un distruttore del sistema endocrino.

Un recente studio su questa classe di microinquinanti ha evidenziato la loro presenza nelle acque di scarico dei principali depuratori della regione (Mattassi, 2010).

Molti dei PPCP sono considerati dei distruttori del sistema endocrino e agiscono sulla componente biologica a concentrazioni estremamente basse (ng l^{-1}). In particolare, gli estrogeni, quali il 17β -estra-diolo e il 17α -etinilestradiolo, sono indicati come i principali agenti responsabili delle aberrazioni sessuali nei pesci che sono in contatto con acque reflue provenienti da scarichi urbani (Ingerslev, Vaclavik, Sorensen, 2003). Gran parte dei depuratori attualmente in uso non è in grado di incidere in modo sostanziale sul carico dei microinquinanti organici e i PPCP, specialmente quelli più persistenti, non vengono minimamente degradati (Castiglioni, Bagnati, Fanelli *et al.*, 2006).

Nella serie di figure 3-6 sono evidenziati i maggiori contaminanti rilevati nei sedimenti marini e in quelli lagunari. Risulta evidente come la zona orientale del golfo di Trieste risulti più contaminata da composti organici rispetto a quella più occidentale; in particolare i composti policiclici aromatici raggiungono valori che variano dai 1.500 ai 6.000 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (valore SQA pari a 800 $\mu\text{g kg}^{-1}$). Tra i contaminanti inorganici, sicuramente il mercurio riveste una particolare rilevanza, mentre nichel e cromo, ambedue rinvenuti a concentrazioni superiori agli SQA, potrebbero essere legati ad anomalie geochimiche locali.

In tabella 1 sono rappresentate le concentrazioni di alcuni PPCP presenti nelle acque reflue dei principali depuratori presenti in regione. Gli estrogeni sono stati rilevati nelle acque del depuratore di Servola (TS) e, limitatamente all'estrone, in quello di Udine. In tutti i campioni sono presenti il triclosan, l'ibuprofene e la galaxolide, sostanze aggiunte quali battericidi, antinfiammatori o fragranze nei prodotti per la cura personale.

La contaminazione ambientale: come affrontare il problema

La presenza nell'ambiente di sostanze inquinanti di varia natura è una conseguenza dell'urbanizzazione e dello sviluppo di attività agricole e industriali. Ciascuna di queste sorgenti presenta una definita o definibile 'impronta' che, a grandi linee, permette di risalire alla fonte di contaminazione.

È difficile valutare in termini specifici l'impatto che una 'sostanza pericolosa' può avere sulla salute umana o, più in generale, sull'ecosistema, in quanto solamente per alcune sostanze esiste un profilo tossicologico ed ecotossicologico adeguato. Gli effetti sulla biosfera di una miscela composta da più sostanze tossiche, come in genere avviene nei siti inquinati, sono poi particolarmente complicati da in-

FIGURA 3. DISTRIBUZIONE AERALE DEI PRINCIPALI CONTAMINANTI RILEVATI NEI SEDIMENTI MARINI E IN QUELLI LAGUNARI: ARSENICO, CADMIO, CROMO.

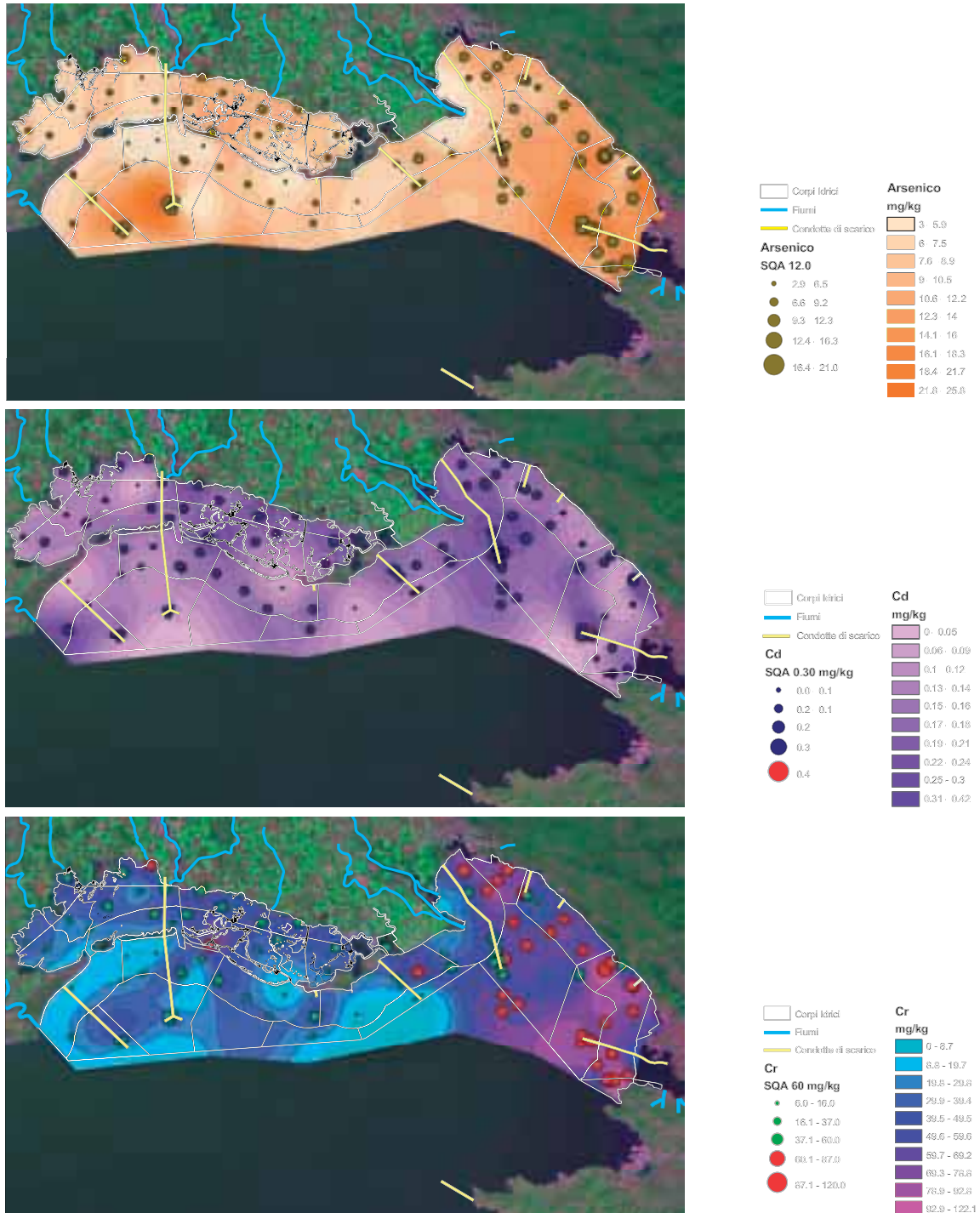


FIGURA 4. DISTRIBUZIONE AERALE DEI PRINCIPALI CONTAMINANTI RILEVATI NEI SEDIMENTI MARINI E IN QUELLI LAGUNARI: MERCURIO, NICHEL, PIOMBO.

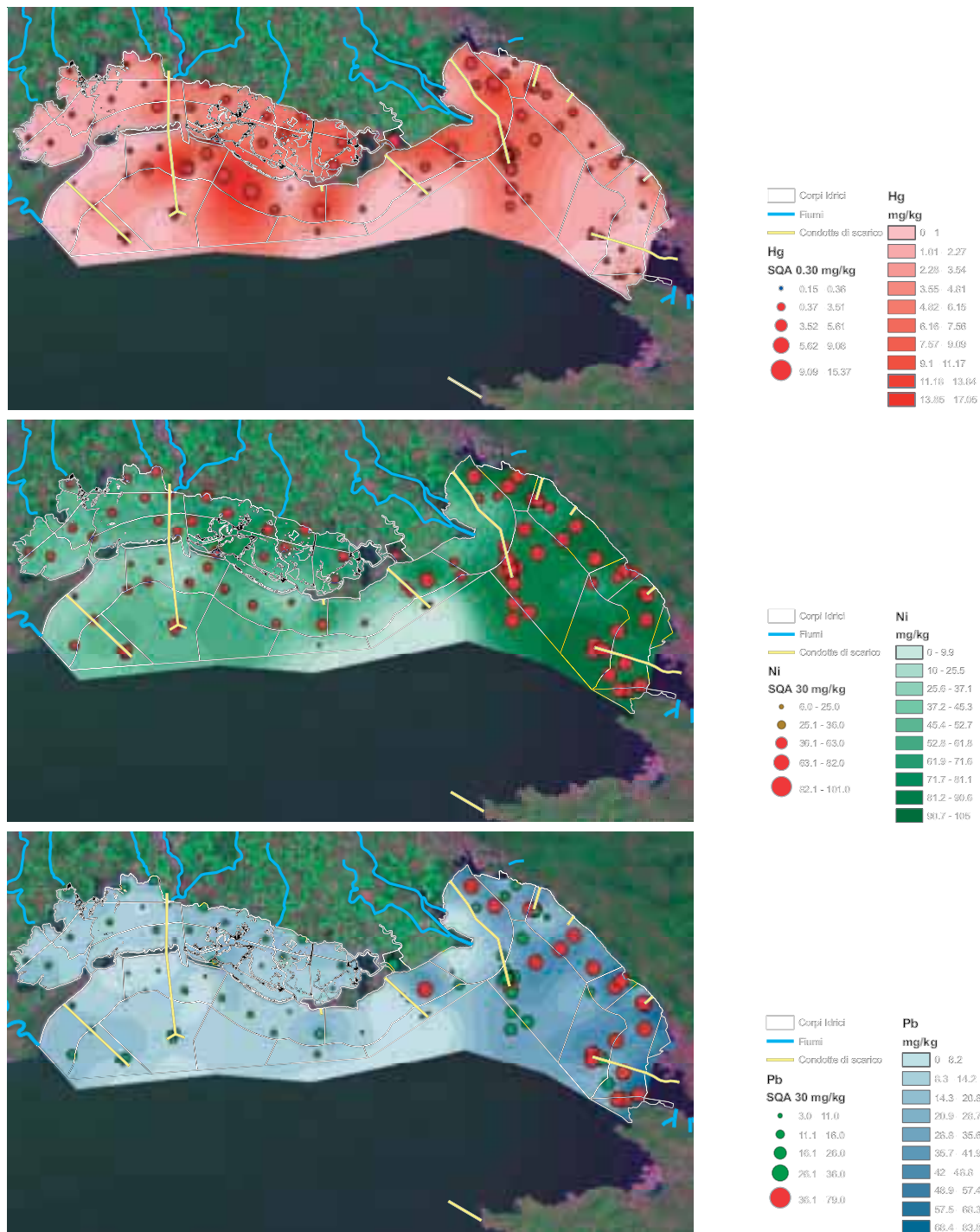


FIGURA 5. DISTRIBUZIONE AERALE DEI PRINCIPALI CONTAMINANTI RILEVATI NEI SEDIMENTI MARINI E IN QUELLI LAGUNARI: DIOSSINE FURANI PCB, SOMMA PCB, SOMMA IPA.

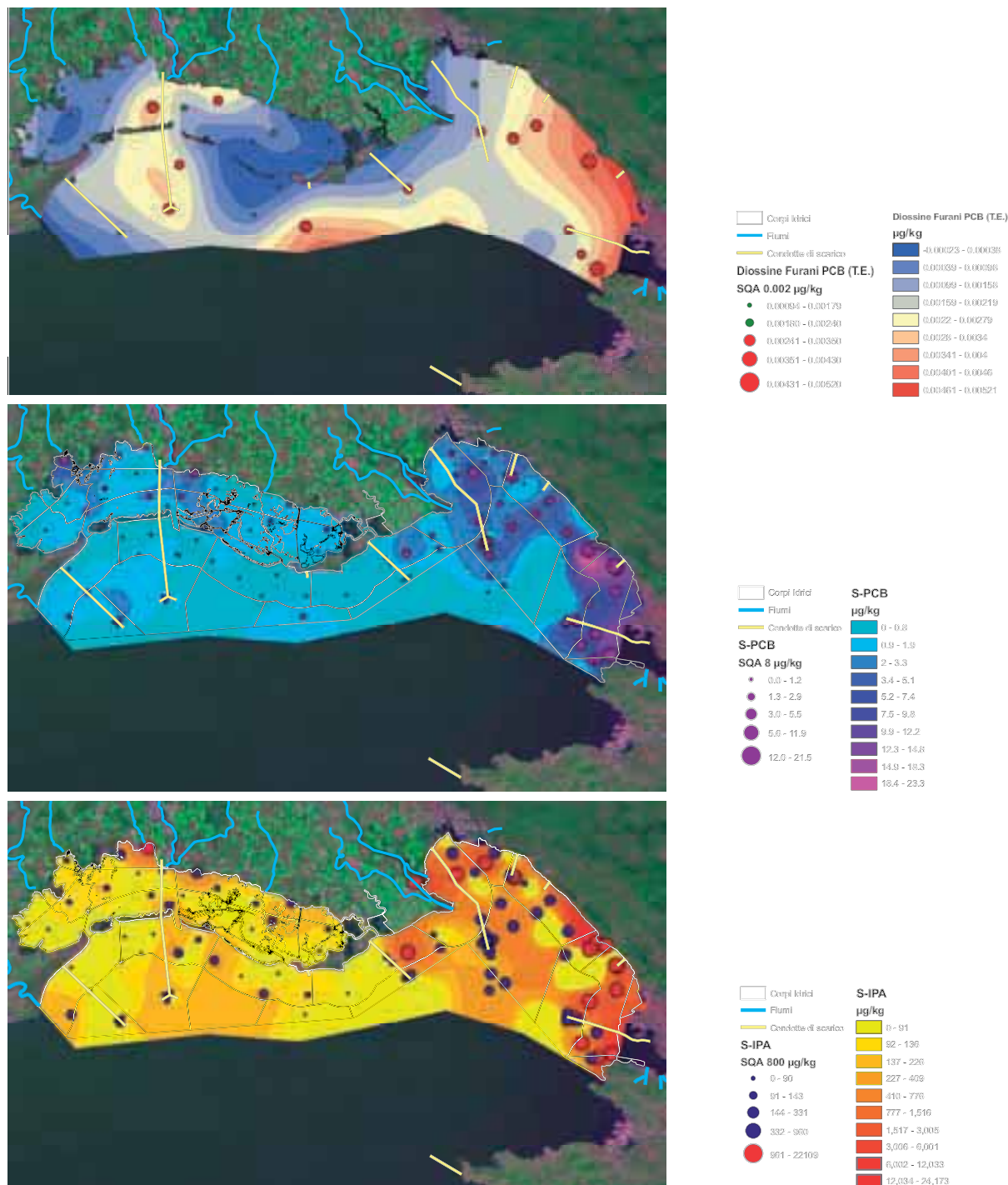


FIGURA 6. DISTRIBUZIONE AERALE DEI PRINCIPALI CONTAMINANTI RILEVATI NEI SEDIMENTI MARINI E IN QUELLI LAGUNARI: TBT.



TABELLA 1. CONCENTRAZIONI DEI PPCP RICERCATI NELLE ACQUE REFLUE DI ALCUNI DEPURATORI.

Nome del depuratore	Servola (TS)	Servola (TS)	Servola (TS)	Zaule (TS)	Zaule (TS)	Zaule (TS)	Barcola (TS)	Udine	Lignano Sabbia-doro (UD)	Lignano Sabbia-doro (UD)
Data di campionamento (mese/anno)	11/2009	3/2010	6/2010	11/2009	2/2010	5/2010	4/2010	5/2010	4/2010	5/2010
PPCP estrone	10	18,7	25,8	0	0	0	0	15,4	0	0
β-estradiolo	0	0	13,2	0	0	0	0	0	0	0
17β-etinilestradiolo	0	0	0	0	0	0	0	10,1	0	0
triclosan	169	28	81,7	19,3	34,3	15,4	85	319	28	81,7
ibuprofene	262	1.012	1.783,55	0	262,4	0	576	7.620	96,7	547
galaxolide	6.022	2.168	3.315,34	589,23	1.456,9	329	853	3.608	1.399	3.544

.....

L'analisi dei contaminanti presenti nei sedimenti, responsabili del degrado degli ecosistemi, risulta estremamente importante per valutare gli effetti delle attività di origine antropica.

.....

nici antivegetative (con ingenti danni economici) o agli effetti sulle uova dell'insetticida DDT, che negli anni Sessanta ha messo in serio pericolo l'esistenza di numerose specie di volatili. Ad eccezione di situazioni specifiche, le concentrazioni di sostanze pericolose nell'ambiente risultano relativamente basse rispetto alla soglia della tossicità acuta (morte del 50% degli individui in un tempo determinato) ma molti casi rientrano all'interno del range della tossicità sub-letale o cronica che a livello ambientale è molto difficile da stimare. In queste condizioni gli effetti sfavorevoli dei contaminanti non interessano solamente i singoli organismi, ma anche le popolazioni/comunità in termini di diversità, abbondanza, interazioni interspecifiche, successioni e struttura spaziale.

Nell'ecosistema marino, il maggior carico inquinante si rileva soprattutto nei sedimenti, accettori finali e accumulatori di tutte le particelle che transitano nella sovrastante colonna d'acqua. I contaminanti organici e inorganici, una volta adsorbiti o incorporati nel materiale particellato, ne seguono, infatti, il destino e quindi sono trasferiti per sedimentazione sul fondo che, a sua volta, può rappresentare una potenziale fonte d'inquinamento della matrice acquosa sovrastante.

L'analisi dei contaminanti presenti nei sedimenti e responsabili del degrado degli ecosistemi risulta, quindi, estremamente importante per valutare gli effetti delle attività di origine antropica.

Lo studio sulla salute degli ecosistemi: verso un approccio integrato

Come già precedentemente riportato, l'attuazione della Direttiva europea 2000/60/CE sulla tutela delle acque, fatta propria nel D.lgs. 152/2006 ed integrato nei termini operativi nel D.lgs. 56/2009, rappresenta un'importante innovazione nelle politiche ambientali nazionali recependo quanto la comunità scientifica ha sostenuto da molti anni e cioè che lo studio sullo stato di salute degli ecosistemi ed in particolare la loro vulnerabilità alle diverse forme di contaminazione deve essere frutto di un approccio integrato tra il criterio chimico e quello biologico. Tale connessione permette di definire in modo oggettivo lo stato di qualità ecologico del corpo idrico fornendo un punto di partenza per osservarne il trend temporale ed eventualmente prendere delle decisioni gestionali se lo stato di qualità diminuisce nel tempo.

A tale riguardo l'ARPA FVG sta fornendo alla Regione il supporto tecnico per la stesura del piano regionale di tutela delle acque, individuandone le criticità e, quando presenti, attivando i piani di monitoraggio investigativo previsto dalla legislazione.

interpretare poiché una esposizione multipla dà luogo ad interazioni di tipo additivo, sinergico, potenziante o antagonista. Solamente attraverso modelli chimici, biologici, ecotossicologici, tossicocinetici e l'applicazione ambientale delle metodiche *Quantitative Structure Activity Relationships* (QSARs) è possibile stimare l'impatto ambientale di queste sostanze.

I danni che un composto può causare all'ecosistema sono prontamente rilevati solo quando si raggiungono concentrazioni tali da provocare la morte o effetti visibili sugli organismi venuti a contatto con tale sostanza; basti pensare ai danni provocati alle culture di ostriche in Francia a causa del tributilstagno utilizzato nelle ver-

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Microinquinanti emergenti
DPSIR	Stato
UNITÀ DI MISURA	ng/l
FONTE	Università degli Studi di Trieste
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2009-2010

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

D.M. 56/2009	Regolamento recante «Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo»
D.lgs. del 3 aprile 2006, n. 152	Testo unico ambientale
2000/60/CE	Direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque
CE 1907/2006	Regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH), che istituisce un'Agenzia europea per le sostanze chimiche, che modifica la Direttiva 1999/45/CE e che abroga il Regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio e il Regolamento (CE) n. 1488/94 della Commissione, nonché la Direttiva 76/769/CEE del Consiglio e le Direttive della Commissione 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE

GLOSSARIO

BAT (Best Available Techniques). ‘Migliori Tecnologie Disponibili’ (MTD) al fine di regolare gli obblighi degli operatori industriali in relazione alla prevenzione e al controllo dell’inquinamento.

Cinabro. Minerale costituito da solfuro di mercurio.

Green Chemistry. Lo sviluppo sostenibile chiave di volta del progresso tecnologico nel nuovo secolo impone alle scienze chimiche di giocare un ruolo primario nella riconversione di vecchie tecnologie in nuovi processi puliti e nella progettazione di nuovi prodotti e nuovi processi eco-compatibili. La *chimica verde* o

chimica sostenibile, è essenzialmente la nuova filosofia di chimica che si propone di sostituire l'esistente per prevenire eventuali problemi futuri.

PPCP (Pharmaceutical and Personal Care Products). Prodotti farmaceutici e composti utilizzati per la cura personale presenti sul mercato in quantità rilevanti.

QSAR (Quantitative Structure Activity Relationships). Sono dei modelli matematici utilizzati per predire la tossicità di composti chimici sulla base delle caratteristiche strutturali (chiamate descrittori molecolari), chimico-fisiche e topologiche.

BIBLIOGRAFIA

Castiglioni S., Bagnati R., Fanelli R. et al. (2006), *Removal of pharmaceuticals in sewage treatment plants in Italy*, in «*Environ Sci Technol*», 40, 357-363.

Ingerslev F., Vaclavik E., Sorensen B.H. (2003), *Pharmaceuticals and personal care products: a source of endocrine disruption in the environment?*, in «*Pure Appl Chem*», 75, 1881-1893.

Mattassi V. (2010), *Principi attivi farmacologici negli effluenti dai principali impianti di depurazione in Friuli Venezia Giulia: risultati sperimentali preliminari e indicazioni tecnologiche per la rimozione*, Tesi di laurea in Chimica e tecnologie farmaceutiche, Università degli Studi di Trieste.

RISCHI INDUSTRIALI

Il rischio industriale viene mitigato per effetto di specifiche norme di settore, che permettono di affidare i controlli delle prestazioni ambientali e di sicurezza direttamente ai gestori delle aziende. L'attuazione efficace di queste procedure di autocontrollo può avvenire mediante l'adozione dei cosiddetti sistemi di gestione (ambientale e di sicurezza).

Glauco Spanghero
Franco Sturzi
ARPA FVG
Indirizzo tecnico-
scientifico
e coordinamento
dei Dipartimenti
provinciali

Il rischio industriale rappresenta l'insieme delle pressioni causate dal determinante industriale che potenzialmente possono alterare la condizione dei sistemi ambientali e delle loro risorse (stato), inducendo in tal modo una serie di impatti sulla salute umana, sugli ecosistemi, sulla biodiversità e, in una scala maggiore, anche sul clima.

La mitigazione degli effetti indotti sull'ambiente dal determinante industriale non può che reggersi su *due pilastri principali*: le attività di analisi degli impatti potenziali e le attività di prevenzione, protezione e controllo dei processi produttivi. Il percorso deve quindi iniziare con la messa in campo di un adeguato sistema di regole che consentano agli organismi preposti di stabilire *ex ante* il potenziale impatto determinato da un insediamento industriale, per poi proseguire consentendo in un secondo momento agli stessi organi di impostare e gestire *ex post* un efficace sistema di controllo del rispetto delle regole precedentemente stabilite.

Si tratta indubbiamente di una partita tutt'altro che facile, le cui variabili in gioco risultano spesso condizionate da fattori intrinseci ai variegati processi industriali sottoposti al controllo, che ARPA FVG si trova quotidianamente ad affrontare e gestire in ossequio a quelli che sono i suoi compiti istituzionali e la sua *mission* aziendale.

Per quanto concerne il *primo pilastro*, si fa riferimento principalmente ai procedimenti di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) e Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), entrambi compiutamente regolamentati dal D.lgs. 152/2006 e s.m.i., con i quali il legislatore ha fornito alle autorità preposte tutti gli strumenti necessari alle analisi *ex ante* su quelli che, ancor prima della effettiva realizzazione dell'opera ovvero dell'attività industriale, possono essere i potenziali impatti indotti sull'ambiente circostante.

Avendo scelto di trattare il tema del rischio industriale inteso come *analisi degli impatti esistenti*, nel presente contributo verrà approfondito il discorso relativamente ad una particolare componente del *secondo pilastro*, riferita a sua volta a due specifiche macro-categorie:

- 1) gli stabilimenti sottoposti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), soggetti ai disposti del Titolo III-bis del D.lgs. 152/2006 e s.m.i.;
- 2) gli stabilimenti rientranti nella cosiddetta *normativa Seveso* sui Rischi di Incidente Rilevante (RIR), soggetti ai disposti del D.lgs. 334/1999 e s.m.i.

Schematizzando concettualmente i dettagli normativi, si può certamente affermare che l'AIA consente di governare le prestazioni ambientali di un'azienda in tutta quella che è la sua attività ordinaria connessa al normale funzionamento degli impianti, minimizzandone gli effetti di pressione sull'ambiente

mediante l'adozione delle cosiddette Migliori Tecniche Disponibili e introducendo specifiche e dettagliate politiche di controllo ed autocontrollo delle emissioni in tutte le loro forme e dimensioni. Dall'altro lato, ed in una veste complementare alla prima, si individua la tematica sui Rischi di Incidente Rilevante (RIR) che, attraverso una serie di sofisticate metodiche di analisi di rischio incidentale, consente di avere contezza scientifica dei potenziali effetti sull'ambiente indotti da eventuali fenomeni incidentali negli impianti, al di là quindi di quello che è il loro normale ciclo di funzionamento, permettendo in questo modo agli organismi territoriali competenti di pianificare con adeguato dettaglio la gestione delle emergenze (fig. 1).

Il quadro generale del settore industriale

In Friuli Venezia Giulia sono attive circa 98.000 imprese produttive, suddivise tra i vari comparti secondo una distribuzione rappresentata schematicamente nella figura 2.

Nell'insieme delle categorie produttive presenti, si osserva chiaramente una netta predominanza dei comparti dell'agricoltura, del commercio e dell'edilizia, che assieme costituiscono il 57,1% del totale complessivo, al quale va aggiunto un 29,1% di altre categorie presenti a loro volta in percentuali minime e molto distribuite. Tutto il resto corrisponde al rimanente 13,8%.

Il determinante di riferimento del rischio industriale, rappresentato principalmente dai comparti della chimica, dell'energia, della metallurgia e dal manifatturiero, somma poco più del 6% del totale.

Se a questo sottoinsieme si vogliono aggiungere tutte quelle singole realtà produttive che possono apportare ulteriori e significativi contributi alla tematica del rischio industriale pur non essendo aggregabili in uno dei comparti sopra menzionati, si arriva a malapena al 7%.

Non deve sorprendere che la scelta di approfondire proprio l'analisi delle due categorie di aziende già menzionate (AIA e RIR), le quali sono soggette a una serie di disposizioni normative molto specifiche che consentono alle autorità preposte di governare i processi di controllo con estremo dettaglio proprio in quelle che sono le realtà maggiormente significative.

Le aziende rientranti nella procedura di Autorizzazione Integrata Ambientale

Un'azienda rientra nella procedura di AIA quando le sue caratteristiche trovano specifica rispondenza ai requisiti stabiliti in Allegato VIII (impianti di competenza regionale) ed in Allegato XII (impianti di competenza statale) del D.lgs. 152/2006 e s.m.i. In termini concettuali, rimandando ai citati allegati per ogni dettaglio, l'azienda rientrante in AIA deve appartenere a specifici comparti produttivi e nel contempo deve possedere determinate dimensioni (generalmente medio grandi). Tutto ciò per evidenziare che, sempre in riferimento al totale complessivo, non sono molte le aziende produttive che rientrano nella procedura di AIA, la quale in Friuli Venezia Giulia trova infatti applicazione in circa 200 realtà.

In figura 3 è rappresentata la distribuzione territoriale, aggregata per comune, degli stabilimenti del Friuli Venezia Giulia rientranti in AIA (A), differenziati con le categorie di appartenenza secondo la classificazione del D.lgs. 152/2006 (B).

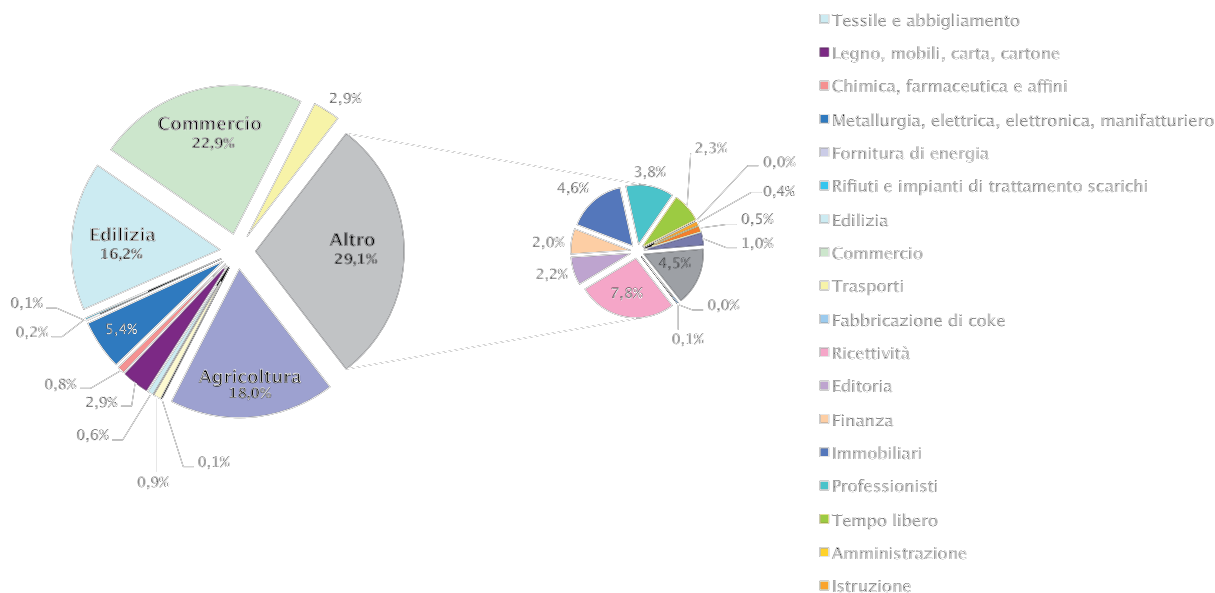
Le aziende rientranti nella procedura di Rischio di Incidente Rilevante

In modo analogo a quanto stabilito per la procedura AIA, uno stabilimento diventa soggetto alla normativa sui RIR quando in esso sono detenute una o più sostanze pericolose con quantitativi superiori a quelli elencati in Allegato I (Parti 1 o 2) del D.lgs. 334/1999 e s.m.i. Quindi, anche in questo caso, il legislatore interviene con una norma specifica che trova applicabilità in funzione della dimensione dell'azienda, quest'ultima intesa come quantitativi di sostanze pericolose detenute.

FIGURA 1. SCHEMA LOGICO DI AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE (AIA) - RISCHI DI INCIDENTE RILEVANTE (RIR) SECONDO IL MODELLO DPSIR.

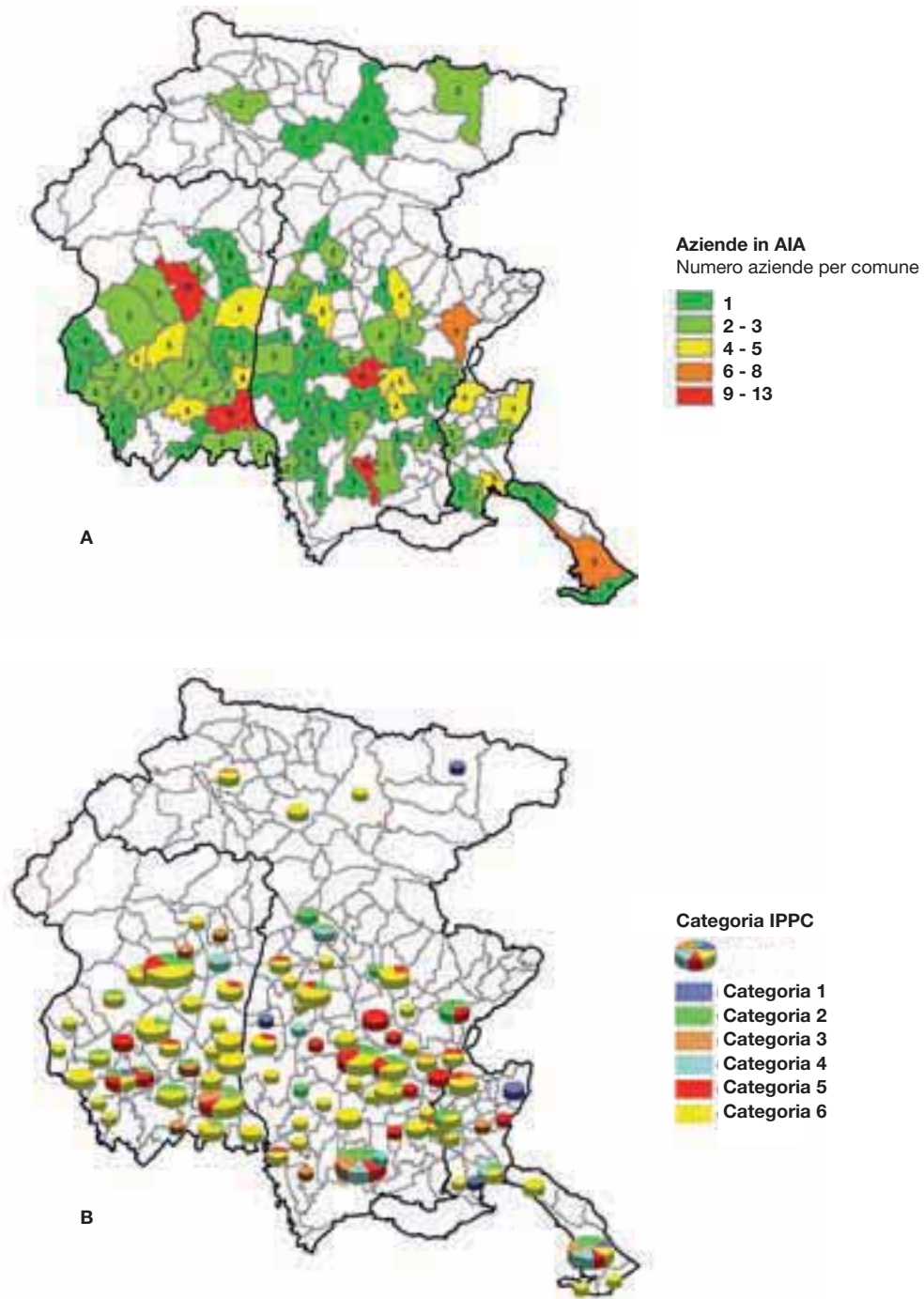


FIGURA 2. SUDDIVISIONE PER COMPARTO DELLE IMPRESE PRODUTTIVE ATTIVE NEL SECONDO TRIMESTRE 2011 IN FRIULI VENEZIA GIULIA (PER UN TOTALE DI 98.151 IMPRESE ATTIVE).



Fonte: Movimprese Infocamere - Il Trimestre 2011 - www.infocamere.it.

FIGURA 3. DISTRIBUZIONE TERRITORIALE, AGGREGATA PER COMUNE, DEGLI STABILIMENTI RIENTRANTI NELL'AIA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA (A), DIFFERENZIATI CON LE CATEGORIE DI APPARTENENZA SECONDO LA CLASSIFICAZIONE DEL D.LGS. 152/2006 (B).



Fonte: ARPA FVG, aggiornamento: dicembre 2011.

Nelle attività di prevenzione svolte da ARPA FVG in ambito AIA e RIR viene superato il concetto del *command & control*, che lascia progressivamente il posto alle attività di *audit*, mirate alla verifica dell'efficacia ed efficienza dei regimi di autocontrollo.

Considerato che i quantitativi elencati nel citato Allegato risultano piuttosto elevati, non stupisce che in una Regione come il Friuli Venezia Giulia siano 'solo' 32 gli stabilimenti rientranti nell'ambito di applicazione della normativa Seveso sui RIR (dato aggiornato al 27 luglio 2011 sulla base dei dati pubblicati dal Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare (www.minambiente.it) integrati dalle informazioni fornite dal Ministero dell'Interno - C.N.VV.F.).

In figura 4 è rappresentata la distribuzione territoriale per classificazione degli stabilimenti rientranti nell'ambito di applicazione del D.lgs. 334/1999 del Friuli Venezia Giulia.

L'attività di ARPA FVG: l'Autorizzazione Integrata Ambientale

Rispetto all'AIA, nella Regione Friuli Venezia Giulia è stata percorsa parecchia strada, anche se molta deve essere ancora fatta tenuto conto che, tra i vari aspetti che caratterizzano questa tematica, emerge il fatto che un'AIA ha validità temporale limitata (da 5 a 10 anni a seconda dei casi) e che, trascorsi i termini, essa deve essere rinnovata. Si tratta quindi di un percorso ciclico che, per risultare efficace, ad ogni iterazione dovrà aggiungere un tassello al processo di miglioramento continuo sul quale trova fondamento.

In termini pratici, su 216 aziende che hanno presentato domanda di AIA, ad agosto 2011 l'autorità competente ha decretato 113 AIA, corrispondenti al 52,3%.

In figura 5 è riportata una distribuzione territoriale dello stato delle AIA in Friuli Venezia Giulia.

Nelle aziende autorizzate è partita l'attività prevista dai Piani di Monitoraggio e Controllo con specifico riferimento sia ai controlli analitici sia alle visite ispettive mirate alla valutazione dei sistemi di gestione delle prestazioni ambientali.

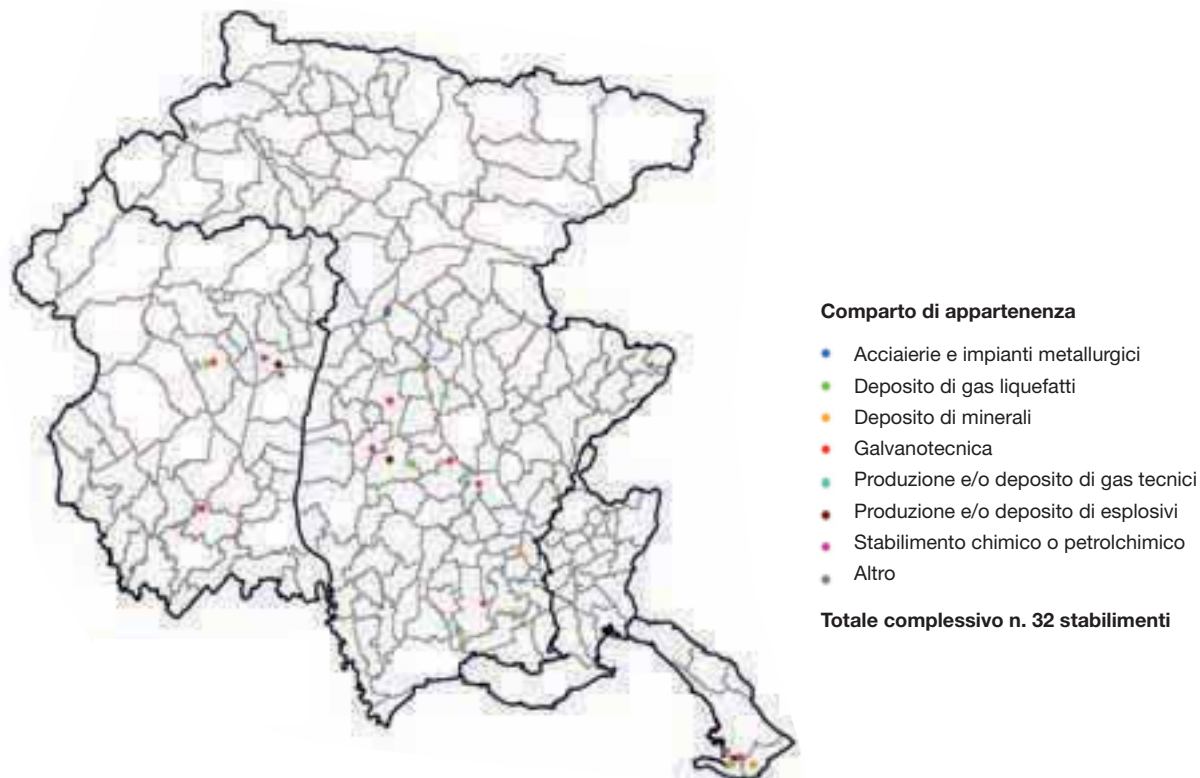
L'attività di ARPA FVG: il Rischio di Incidente Rilevante

Rispetto al RIR, l'attività del CTR in Friuli Venezia Giulia, del quale ARPA FVG è componente titolare, è sempre proseguita con continuità fin dall'inizio, quando nell'anno 1999 il D.lgs. 334/1999 ne ha definito la struttura ed i compiti specifici. Delle attuali 32 aziende classificate in Seveso, 16 appartengono alla categoria definita dall'art. 8 del D.lgs. 334/1999 e s.m.i. e conseguentemente sono soggette all'obbligo di presentazione del Rapporto di Sicurezza (RdS), avente una validità quinquennale. Le altre 16 appartengono alla categoria dell'art. 6 per le quali non vige l'obbligo di redazione del RdS. Tutti i citati RdS, le cui prime edizioni risalgono appunto all'emanazione del D.lgs. 334/1999, sono stati oggetto di almeno un riesame e validazione con espressione dei pareri di compatibilità territoriale ed urbanistica previsti dal D.M. 9 maggio 2001. Le stesse 16 aziende dal 2001 sono state oggetto di visita ispettiva mirata alla valutazione dello stato di attuazione dei Sistemi di Gestione della Sicurezza secondo i disposti dell'art. 25 del D.lgs. 334/1999. In figura 6 è rappresentata l'attività svolta in tale ambito, nel quale ARPA FVG è stata sempre presente.

Dal *command & control* all'autocontrollo

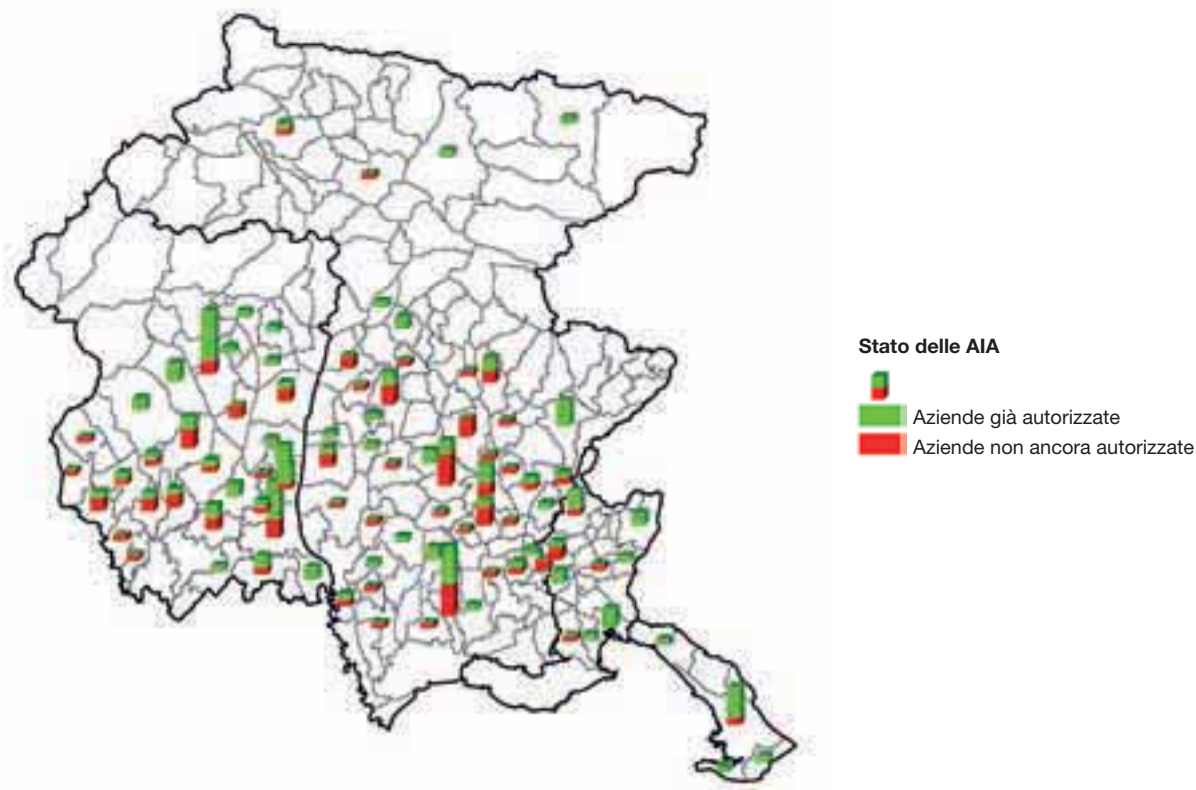
Le tematiche dell'AIA e dei RIR, anche se partite in momenti diversi, stanno indubbiamente convergendo verso un obiettivo comune: spostare il baricentro dei controlli delle prestazioni ambientali e di sicurezza in capo ai gestori delle aziende, favorendo di conseguenza lo sviluppo di quello che viene comunemente definito *meccanismo di autocontrollo* poggiante a sua volta su articolati e specifici elementi procedurali facenti parte dei cosiddetti *sistemi di gestione (ambientale e di sicurezza)*.

FIGURA 4. DISTRIBUZIONE TERRITORIALE PER CLASSIFICAZIONE DEGLI STABILIMENTI RIENTRANTI NELL'AMBITO DI APPLICAZIONE DEL D.LGS. 334/1999 DEL FRIULI VENEZIA GIULIA.



Fonte: ARPA FVG, aggiornamento: dicembre 2011.

FIGURA 5. DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DELLO STATO DELLE AIA IN FRIULI VENEZIA GIULIA.



Fonte: ARPA FVG, aggiornamento: dicembre 2011.

FIGURA 6. NUMERO DI AZIENDE SOTTOPOSTE A VISITE ISPETTIVE SUL SISTEMA DI GESTIONE DELLA SICUREZZA DA PARTE DELLE COMMISSIONI NOMINATE DAL MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE (FORMATE DA ARPA FVG, VV.F. E ISPESL).

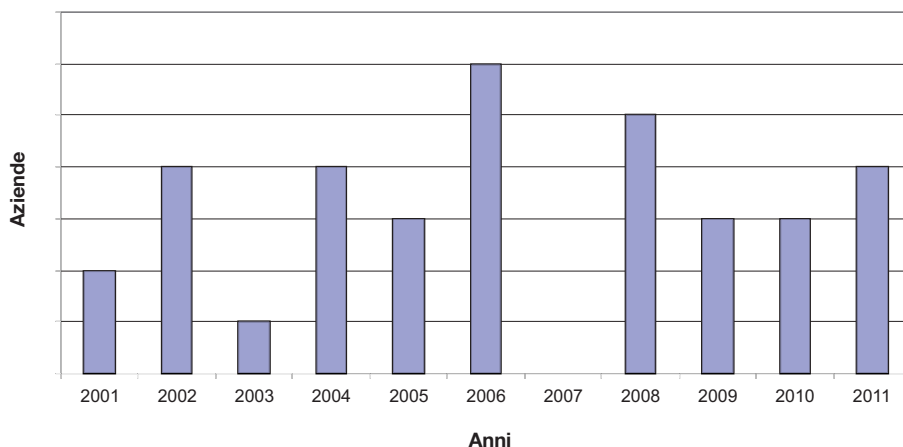


TABELLA 1. ANALOGIE CONCETTUALI CHE EVIDENZIANO GLI ELEMENTI IN COMUNE TRA LE VARIE FASI DEI PERCORSI DI GESTIONE DELLE PRESTAZIONI AMBIENTALI E DI SICUREZZA DEI DUE AMBITI RIR E AIA.

Fase	Elemento	Rischio di Incidente Rilevante (RIR)	Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA)
Ambito di azione	Impianto	Regime di attività straordinaria (ipotesi incidentali)	Regime di attività ordinaria (funzionamento normale dell'impianto)
Analisi preventiva	Attività	Istruttoria del Rapporto di Sicurezza (RdS)	Istruttoria della domanda di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA)
	Soggetto	Comitato Tecnico Regionale (CTR) del Friuli Venezia Giulia	Regione Friuli Venezia Giulia, Ministero dell'Ambiente tramite Conferenza dei Servizi (CdS)
	Contenuti concettuali principali	Ciclo produttivo Punti critici dell'impianto Analisi di rischio Scenari incidentali Piani di Emergenza	Ciclo produttivo Fonti di emissione Limiti di emissione Piano di Monitoraggio e Controllo
	Prodotto finale Validità	Validazione del RdS 5 anni	Rilascio AIA 5-6-8-10 anni (a seconda dei casi)
Controlli a regime	Attività	Visite ispettive Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS) Controlli tecnici della documentazione Audit di sistema Simulazione emergenza	Visite ispettive AIA sul Sistema di gestione delle prestazioni ambientali Controlli tecnici della documentazione Controlli analitici Audit di sistema
	Soggetto Contenuti	CTR (ARPA FVG + Altri Enti) Efficacia sistema di gestione (della sicurezza) Controllo delle pressioni incidentali (straordinarie)	ARPA FVG, ISPRA, Altri Enti Efficacia sistema di gestione (delle prestazioni ambientali) Controllo delle pressioni ambientali (ordinarie)
Pianificazione urbanistica, territoriale, di emergenza, ambientale	Soggetti	Comune Gestore dell'impianto Prefettura UTG	Comune, Regione
	Contenuti	Pianificazione urbanistica Pianificazione territoriale Pianificazione di emergenza	Piani di tutela della qualità dell'aria Zonizzazione acustica del territorio Miglioramento continuo
Disponibilità dei dati	Trasparenza	www.minambiente.it Incontri pubblici con la popolazione Accesso agli atti	http://www.regione.fvg.it/ambiente/ditte.htm www.minambiente.it Accesso agli atti
Regole	Norme	Leggi specifiche di settore, aggiornate e complete	Leggi specifiche di settore, aggiornate e complete

In quelle che sono le attività di prevenzione svolte da ARPA FVG in ambito AIA e RIR viene quindi superato il concetto del *command & control*, che lascia progressivamente il posto alle attività di *audit*, mirate alla verifica dell'efficacia ed efficienza dei regimi di autocontrollo. Rimane fermo ovviamente tutto l'impalcato dell'attività ispettiva di Polizia Giudiziaria tesa alla repressione dei reati, attuata sia da ARPA FVG sia dagli altri organismi all'uopo deputati sotto il coordinamento dell'Autorità Giudiziaria (NOE, Provincia, Guardia di Finanza, ASS, VV.F., ecc.).

Nella tabella 1 vengono schematizzate le analogie concettuali che evidenziano gli elementi che accomunano le varie fasi dei percorsi di gestione delle prestazioni ambientali e di sicurezza dei due ambiti AIA e RIR presi in considerazione.

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Autorizzazione Integrata Ambientale

D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. (Supplemento ordinario n. 96 alla GU 14 aprile 2006 n. 88)	Norme in materia ambientale (in particolare la Parte Seconda)
D.M. Ambiente 29 gennaio 2007 (Pubblicati in date ed edizioni della GU diverse)	D.lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 - Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle Migliori Tecniche Disponibili (nella stessa data sono stati promulgati più decreti afferenti ad altrettanti comparti produttivi, a loro volta pubblicati in momenti diversi)
D.M. Ambiente 24 aprile 2008 (GU 2 settembre 2008, n. 222)	Modalità, anche contabili, e tariffe da applicare in relazione alle istruttorie ed ai controlli previsti dal D.lgs. 18 febbraio 2005, n. 59. Stabilisce gli importi da versare per l'attività istruttoria propedeutica al rilascio, rinnovo e riesame dell'autorizzazione integrata ambientale e per l'attività di controllo dell'ARPA
D.M. Ambiente 1 ottobre 2008 (GU 12 febbraio 2009 n. 35)	Linee guida in materia di analisi degli aspetti economici e degli effetti incrociati per le attività elencate nell'Allegato I del D.lgs. 59/2005
D.M. Ambiente 1 ottobre 2008 (Supplemento ordinario n. 29 alla GU 3 marzo 2009 n. 51)	D.lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 - Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle Migliori Tecniche Disponibili (nella stessa data sono stati promulgati più decreti afferenti ad altrettanti comparti produttivi)
L.R. 4 giugno 2009, n. 11, art. 3 (BUR della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 10 giugno 2009)	Misure urgenti in materia di sviluppo economico regionale, sostegno al reddito dei lavoratori e delle famiglie, accelerazione di lavori pubblici. Stabilisce una riduzione del 50% delle tariffe relative a: <ul style="list-style-type: none"> - rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale, modifica sostanziale e riesame con modifica sostanziale (Allegato I al D.M. 24 aprile 2008); - rinnovo dell'autorizzazione (Allegato II al D.M. 24 aprile 2008); - aggiornamento per modifica non sostanziale o riesame con modifica non sostanziale (Allegato III al D.M. 24 aprile 2008); - attività di verifica delle prescrizioni da parte di ARPA (Allegato IV al D.M. 24 aprile 2008)

D.lgs. 29 giugno 2010, n. 128
(Supplemento ordinario n. 184 alla GU
11 agosto 2010 n. 186)

Modifiche ed integrazioni al D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152 - cd. 'Correttivo Aria-Via-Ippc'
Tra le varie questioni trattate, l'art. 4, comma 1, del D.lgs. 128/2010 abroga il D.lgs. 59/2005.

Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio europeo 2010/75/UE
(GUUE 17 dicembre 2010 n. L334)

Emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento)

Rischi di Incidente Rilevante

Direttiva del Consiglio europeo 1996/82/CE
(GUCE 14 gennaio 1997 n. L10)

Controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose - cd. 'Seveso bis'

D.lgs. 17 agosto 1999, n. 334 e s.m.i.
(Supplemento ordinario n. 177/L alla GU
28 settembre 1999 n. 228)

Controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose - cd. 'Seveso bis'

D.M. Ambiente 9 agosto 2000
(GU 23 agosto 2000 n. 196)

D.lgs. 334/1999 - Modificazioni di impianti e di depositi, di processi industriali, della natura o dei quantitativi di sostanze pericolose

D.M. Ambiente 9 agosto 2000
(GU 23 agosto 2000 n. 195)

D.lgs. 334/1999 - Linee guida per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza

D.M. Lavori pubblici 9 maggio 2001
(Supplemento ordinario n. 151 alla GU
16 giugno 2001 n. 138)

Pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante

Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio europeo n. 2003/105/Ce
(GUUE 31 dicembre 2003 n. L345)

Controllo dei pericoli di incidenti rilevanti - Modifica della Direttiva 96/82/CE, cd. 'Seveso bis'

D.lgs. 21 settembre 2005, n. 238
(Supplemento ordinario n. 189 alla GU
21 novembre 2005 n. 271)

Attuazione della Direttiva 2003/105/CE, che modifica la Direttiva 96/82/CE, sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose - cd. 'Seveso ter'

D.P.C.M. 25 febbraio 2005
(Supplemento ordinario n. 40 alla GU
16 marzo 2005 n. 62)

Linee guida per la predisposizione del piano d'emergenza esterna di cui all'articolo 20, comma 4, del D.lgs. 17 agosto 1999, n. 334

D.P.C.M. 16 febbraio 2007
(Supplemento ordinario n. 58 alla GU
5 marzo 2007 n. 53)

Linee guida per l'informazione alla popolazione sul rischio industriale

D.M. Ambiente 24 luglio 2009, n. 139
(GU 29 settembre 2009 n. 226)

Piani di emergenza esterni - D.lgs. 17 agosto 1999, n. 334 - Consultazione della popolazione

GLOSSARIO

Autorizzazione Integrata Ambientale

AIA (Autorizzazione Integrata Ambientale). Autorizzazione rilasciata dall'autorità competente ai sensi e nelle forme stabilite dal D.lgs. 152/2006 e s.m.i. che sostituisce tutte le autorizzazioni ambientali preesistenti.

AC (Autorità Competente). Le amministrazioni pubbliche incaricate, a norma delle disposizioni legislative vigenti, del rilascio delle autorizzazioni ambientali.

ACC (Autorità Competente per il Controllo). Le autorità pubbliche designate dalle autorità competenti, o individuate a norma delle disposizioni legislative vigenti, ad effettuare ispezioni ambientali e di controllo. Tra le autorità competenti per il controllo, ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) le Agenzie Regionali e Provinciali per la protezione dell'Ambiente sono altresì incaricate dall'autorità competente di partecipare, ove previsto, e/o accertare la corretta esecuzione dei piani di controllo oltre che a verificare la conformità dell'impianto alle prescrizioni contenute nella/e autorizzazione/i.

IPPC (Integrated Prevention and Pollution Control). Nuova strategia, comune a tutta l'Unione Europea, per aumentare le 'prestazioni ambientali' dei complessi industriali soggetti ad AIA.

Rischio di Incidente Rilevante

CTR (Comitato Tecnico Regionale dei Vigili del Fuoco). Organismo, definito dall'art. 20 del Decreto del Presidente della Repubblica 29 luglio 1982, n. 577, deputato allo svolgimento delle istruttorie per gli stabilimenti soggetti alla presentazione del rapporto di sicurezza ed a formulare le relative conclusioni.

Gest (Gestore dell'azienda RIR). Persona fisica o giuridica che gestisce o detiene lo stabilimento o l'impianto.

IR (Incidente Rilevante). Evento quale un'emissione, un incendio o un'esplosione di grande entità, dovuto a sviluppi incontrollati che si verificano durante l'attività di uno stabilimento di cui all'art. 2, comma 1, del D.lgs. n. 334/99, che dia luogo a un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o per l'ambiente, all'interno o all'esterno dello stabilimento, e in cui intervengano una o più sostanze pericolose.

Impianto. Un'unità tecnica all'interno di uno stabilimento, in cui sono prodotte, utilizzate, manipolate o depositate sostanze pericolose. Comprende tutte le apparecchiature, le strutture, le condotte, i macchinari, gli utensili, le diramazioni ferroviarie particolari, le banchine, i pontili che servono l'impianto, i moli, i magazzini e le strutture analoghe, galleggianti o meno, necessari per il funzionamento dell'impianto.

PEI (Piano di Emergenza Interno). Documento, di cui all'articolo 11 del D.lgs. n. 334/99, contenente le misure atte a garantire i disposti di cui all'art. 11, comma 2, lettere a), b), c) e d). Il PEI deve essere predisposto dal gestore cui competono gli obblighi di cui all'art. 8 del D.lgs. n. 334/99.

PEE (Piano di Emergenza Esterno). Documento, di cui all'articolo 20 del D.lgs. n. 334/99 e s.m.i., contenente le misure atte a mitigare gli effetti dannosi derivanti dall'incidente rilevante. Il PEE deve essere predisposto dal Prefetto della Provincia in cui è presente lo stabilimento industriale a rischio di incidente rilevante, rientrante negli obblighi di cui agli articoli 6 ed 8 del D.lgs. n. 334/99 e s.m.i.

RdS (Rapporto di Sicurezza). Documento di analisi del rischio definito dall'art. 8 del D.lgs. 334/99 e s.m.i. contenente almeno i dati stabiliti dall'Allegato II del D.lgs. medesimo.

Stabilimento industriale a Rischio di Incidente Rilevante. Stabilimento in cui sono presenti sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'Allegato I del D.lgs. 334/99 e s.m.i.

ENERGIA

Il ricorso all'utilizzo di fonti rinnovabili sovvenzionate comporta dei potenziali impatti ambientali. Fra questi, vi sono l'alterazione dei corsi d'acqua a causa delle derivazioni idroelettriche e il degrado della risorsa idrica dovuto all'aumento dei composti azotati utilizzati nella coltivazione di mais per la produzione di biomasse.

Massimo Telesca
ARPA FVG
Indirizzo tecnico-
scientifico
e coordinamento
dei Dipartimenti
provinciali

L'energia nelle sue varie forme è una risorsa essenziale per l'esercizio delle attività industriali, per il trasporto delle merci a supporto del settore commerciale, per la mobilità delle persone, nonché per garantire servizi e benessere alla vita quotidiana ed al tempo libero.

Le scelte in ambito energetico influenzano praticamente tutte le tematiche ambientali – fra le principali i cambiamenti climatici, la qualità dell'aria, il dispendio di risorse non rinnovabili, l'uso del suolo, la produzione di rifiuti, l'inquinamento elettromagnetico –, pertanto tali scelte sono fondamentali al fine di garantire uno sviluppo sostenibile della società.

All'evoluzione del settore dell'energia elettrica hanno contribuito sicuramente la liberalizzazione del settore stesso, approvata con il D.lgs. 79 del 16 marzo 1999, che recepiva la Direttiva europea 96/92, e le strategie dell'Unione Europea volte ad incentivare la riduzione delle emissioni di gas serra, l'aumento dell'uso delle fonti energetiche rinnovabili, la riduzione dei consumi. A tali strategie corrispondono precisi obiettivi nazionali. Con specifico riferimento all'energia elettrica, secondo il Piano d'Azione nazionale per le energie rinnovabili del giugno del 2010, l'Italia dovrà coprire entro il 2020 il 26,39% dei consumi finali tramite fonti rinnovabili.

Le fonti di energia rinnovabile sono quelle il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future in quanto non sono esauribili. L'utilizzo di queste fonti contribuisce anche a ridurre l'immissione nell'atmosfera di CO₂.

Per 'fonti rinnovabili' si intendono le seguenti: solare, eolica, idraulica, geotermica, del moto ondoso, maremotrice (maree e correnti), biomasse.

Con il termine 'biomassa', secondo la Direttiva europea 2009/28/CE sull'uso dell'energia da fonti rinnovabili, si intende la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani.

Liberalizzazione del mercato dell'energia

La liberalizzazione del mercato dell'energia ha portato, fra le altre cose, ad una riduzione dell'utilizzo delle centrali termoelettriche esistenti e ad una esigenza, da parte del gestore della rete di distribuzione, di aumentare la connettività con l'estero ed il livello di interconnessione degli impianti esistenti.

Nello scorso decennio le centrali termoelettriche regionali sono state utilizzate ad una potenzialità ri-

Lo sviluppo della rete di distribuzione dell'energia elettrica condiziona il territorio circostante. Esso è soggetto a dei vincoli all'edificabilità, perché, per tutelare la popolazione, la legge fissa precisi limiti all'esposizione ai campi elettromagnetici.

dotta rispetto a quella massima. Infatti, dal 1999 al 2009, il rapporto tra la produzione di energia netta annua ed energia netta annua teorica (rapporto tra ore effettive di funzionamento e totale delle ore teoriche) è stato in media del 47% (dati Terna Spa). Negli anni 1997 e 1998, immediatamente precedenti al D.lgs. 79 del 16 marzo 1999 relativo alla liberalizzazione del mercato elettrico, i valori erano, rispettivamente, del 70% e 60%. Lo sviluppo della rete di distribuzione elettrica regionale, secondo quanto si desume dai recenti Piani di Sviluppo redatti da Terna Spa – ai sensi del D.M. 20 aprile 2005 'Concessione delle attività di trasmissione e dispacciamento dell'energia elettrica nel territorio nazionale' –, risulta legato all'esigenza di aumentare la

connettività con Austria e Slovenia, nonché la magliatura della rete. A queste esigenze corrispondono i progetti di elettrodotti come la linea 220 kV Somplago-Wurmlach (Austria), la linea 380 kV Udine-Redipuglia e la linea 110 kV Redipuglia-Vrtojba (Slovenia).

Lo sviluppo della rete di distribuzione dell'energia elettrica condiziona il territorio circostante. Esso, infatti, è soggetto a dei vincoli all'edificabilità, perché, per tutelare la popolazione, la legge fissa precisi limiti all'esposizione ai campi elettromagnetici (Legge n. 36/2001 'Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici'; D.P.C.M. dell'8 luglio 2003 'Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici a frequenza di rete generati dagli elettrodotti'; D.M. 29 maggio 2008 'Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti').

Impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili

In virtù delle strategie europee volte a contrastare i cambiamenti climatici, si rileva l'aumento degli impianti di produzione di elettricità da fonti rinnovabili, che nella nostra regione sono costituiti essenzialmente da impianti idroelettrici, fotovoltaici ed a biomasse.

Tali strategie europee, oltre che intervenire direttamente dal punto di vista economico concedendo degli incentivi a chi realizza impianti di produzione elettrica con fonti rinnovabili, sono volte anche alla semplificazione dei relativi procedimenti di autorizzazione.

Indicatore: Procedimenti di autorizzazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili

Gli impianti di produzione di energia elettrica a fonti rinnovabili sono soggetti ad un'autorizzazione unica (D.lgs. 387/03), nella quale confluiscono tutte le autorizzazioni, concessioni, nulla osta o atti di assenso eventualmente applicabili. L'autorizzazione unica in Friuli Venezia Giulia compete ai Comuni, alle Province o alla Regione in base alla tipologia e alla taglia dimensionale degli impianti (L.R. del 19 novembre 2002, n. 30 e L.R. del 27 novembre 2006, n. 24). L'ARPA viene coinvolta nei procedimenti di autorizzazione in quanto fornisce il supporto tecnico-scientifico di propria competenza (L.R. del 5 dicembre 2008, n. 16, art. 3).

FIGURA 1. NUOVI PROCEDIMENTI DI AUTORIZZAZIONE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI SECONDO I PARERI DELL'ARPA FVG (ANNO 2011, DATO PARZIALE).

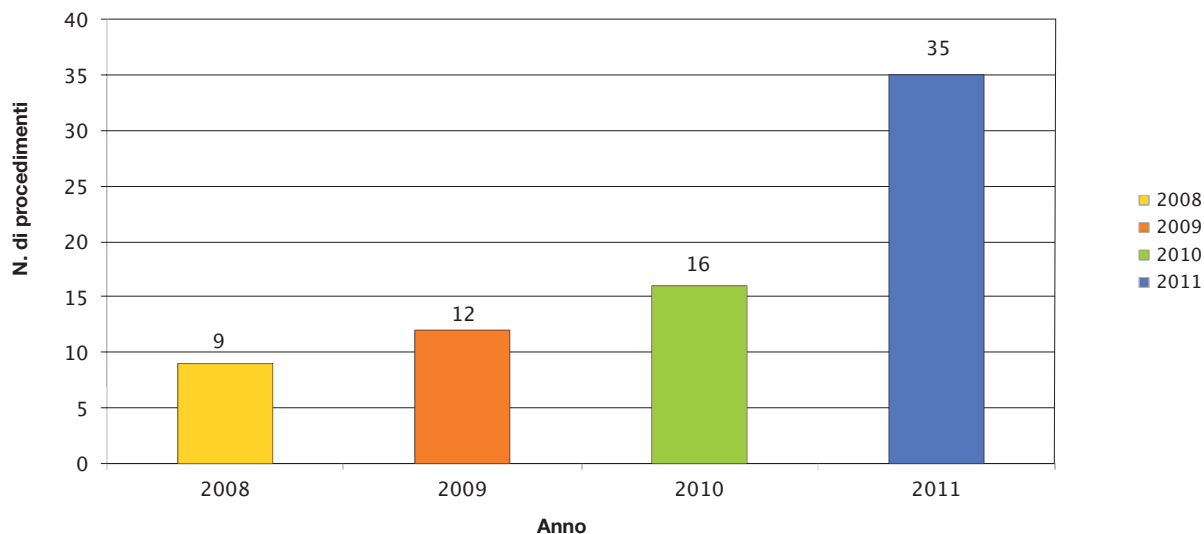
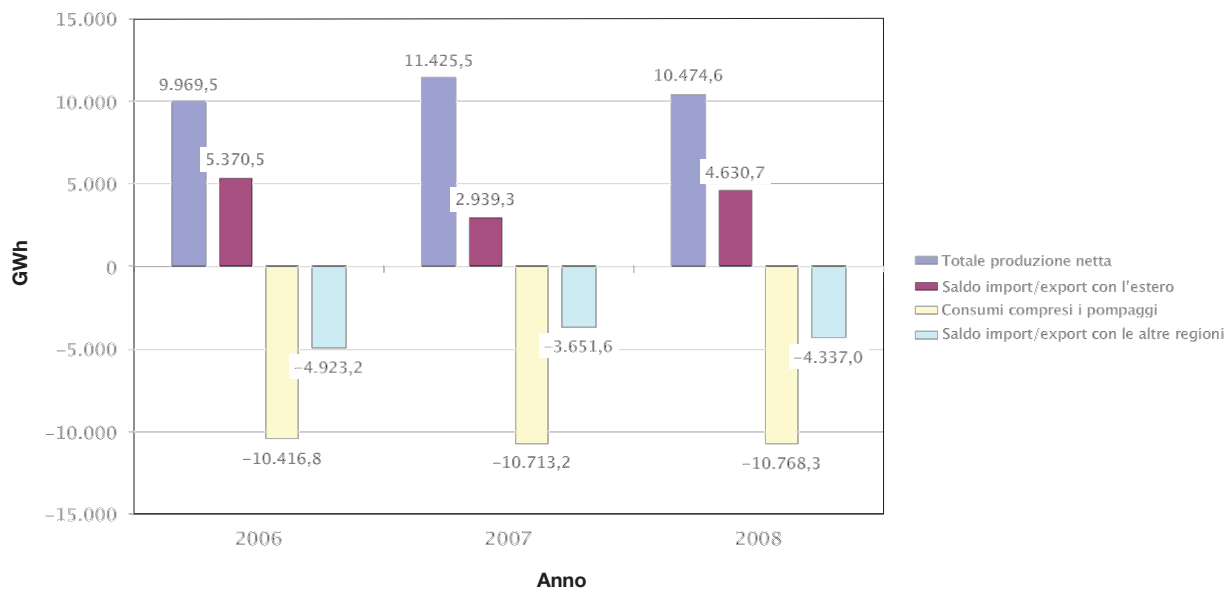


FIGURA 2. BILANCI ENERGETICI REGIONALI NEL TRIENNIO 2006-2008.



Fonte: Regione Friuli Venezia Giulia, 2010.

Gli impianti, pur rispondendo all'obiettivo di ridurre l'utilizzo di fonti non rinnovabili e le emissioni di gas serra, costituiscono un fattore di pressione sul territorio generando degli impatti ambientali di cui si deve tenere conto.

I dati dei nuovi procedimenti di autorizzazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili che hanno interessato l'ARPA FVG nel periodo 2008-2011 (fig. 1) evidenziano un continuo aumento, con un picco nell'ultimo anno anche se considerato solo parzialmente (gennaio-ottobre).

I dati relativi ai bilanci energetici regionali del triennio 2006-2008 (fig. 2), desunti dagli annuari regionali, a loro volta elaborati dai dati di Terna Spa, mostrano una duplice corrispondenza di massima tra l'importazione di energia dall'estero e l'esportazione di energia verso altre regioni italiane e tra l'energia prodotta e quella consumata internamente.

I dati relativi alla potenza ed alla produzione degli impianti idroelettrici e termoelettrici nel triennio 2006-2008 (fig. 3), desunti dagli annuari regionali, a loro volta elaborati dai dati di Terna Spa, denotano che la produzione regionale sarebbe sufficiente a coprire i consumi interni, in quanto gli impianti termoelettrici risultano utilizzati al di sotto delle loro potenzialità. Nelle figure 4-5 e 6-7 vengono riportate rispettivamente la potenza efficiente lorda e la produzione lorda da fonti rinnovabili in regione nel biennio 2008-2009.

Dividendo la produzione regionale da fonti rinnovabili del 2008 risultante dalla figura 6 ($1.761,1 + 5,6 + 163,5 = 1.930,2$ GWh) per i consumi lordi regionali del 2008 risultanti dalla figura 2 (10.768,3 GWh), si ricava una percentuale di produzione lorda da fonti rinnovabili per l'anno considerato pari a circa il 17,9%. La corrispondente percentuale nazionale, derivante dalle apposite statistiche GSE, risulta pari al 18,2%.

In figura 8 viene riportata la rete di distribuzione di energia elettrica risultante dall'Atlante del Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (GRTN) dell'anno 2002 relativo alle linee ad alta e altissima tensione. Per la provincia di Udine i dati sono stati integrati con un apposito studio affidato ad ARPA FVG dalla Provincia di Udine ultimato nel 2005.

Le informazioni di cui alla figura 8, combinate con quelle della CTR, hanno consentito di estrapolare in modo approssimato la lunghezza in km delle linee elettriche AT e AAT in regione (tab. 1).

Impatto ambientale degli impianti

I principali impatti sul territorio da parte degli impianti, correlati alla tipologia di fonte rinnovabile, sono:

- per gli impianti idroelettrici un'alterazione del regime idrologico naturale ed il conseguente impoverimento dell'ecosistema fluviale;
- per gli impianti a biomassa (biomasse solide, rifiuti urbani biodegradabili, biogas, bioliquidi), a seconda dei casi, l'impatto sulla qualità dell'aria, il disturbo olfattivo, l'impatto connesso all'approvvigionamento del combustibile;
- per gli impianti fotovoltaici la diminuzione di superficie agricola disponibile e l'impatto paesaggistico;
- per quelli eolici l'impatto paesaggistico, sull'avifauna e il rumore su recettori insediati nelle vicinanze.

L'impatto elettromagnetico è associato a tutti i tipi di impianti in relazione ai collegamenti dell'impianto di produzione di energia alla rete di distribuzione elettrica.

Con specifico riferimento agli impianti a biomassa, nel caso di utilizzo di mais, deve essere considerato l'impatto sulla risorsa idrica dovuto all'aumento di composti azotati utilizzati nella coltivazione del cereale.

FIGURA 3. POTENZA (MW) E PRODUZIONE (GWh) DEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI E TERMOELETTRICI NEL TRIENNIO 2006-2008.

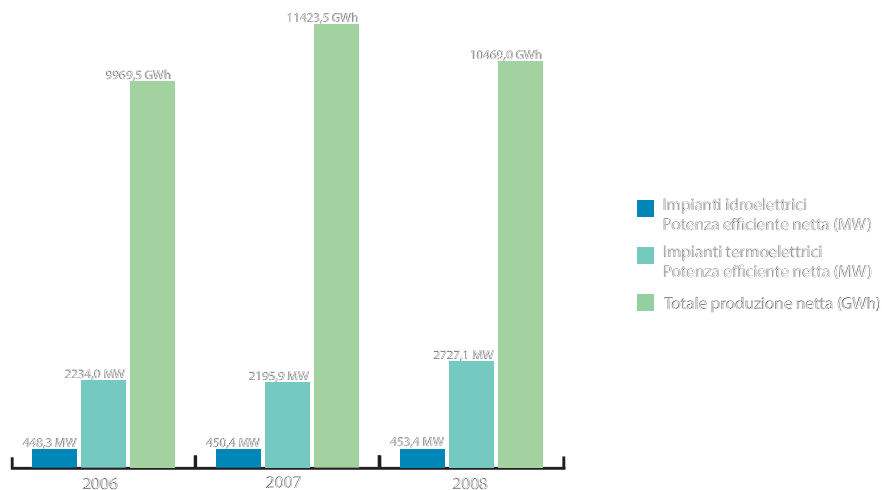


FIGURE 4-5. POTENZA EFFICIENTE LORDA DA FONTI RINNOVABILI NELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA IN MW (2008-2009).

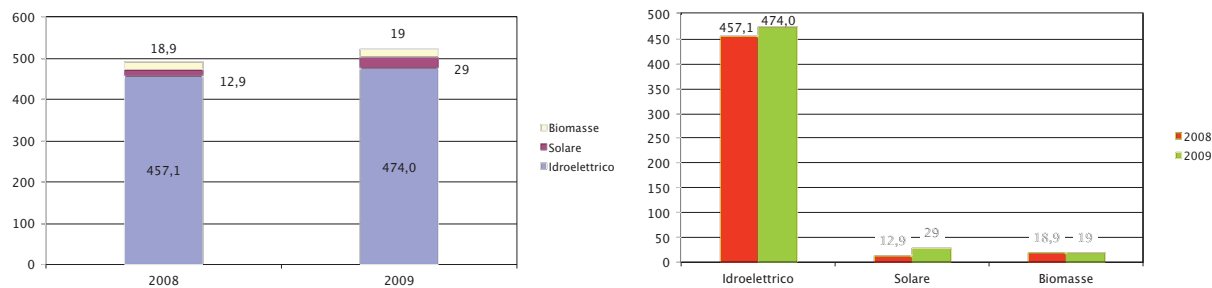


FIGURE 6-7. PRODUZIONE LORDA DA FONTI RINNOVABILI NELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA IN GWh (2008-2009).

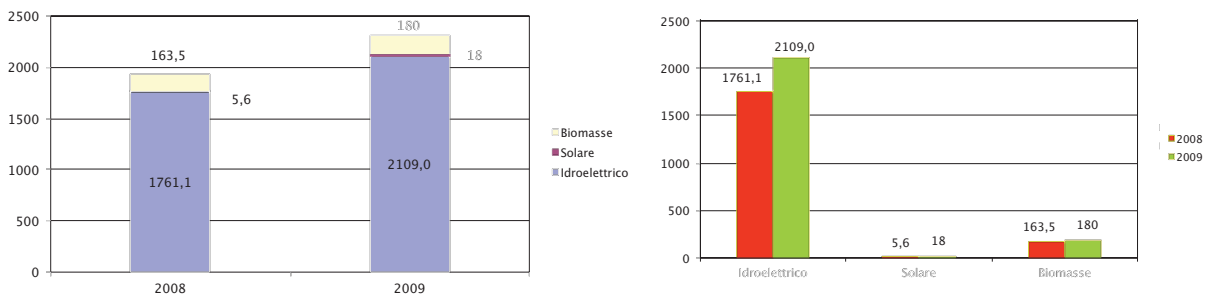


FIGURA 8. RETE DI DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA RISULTANTE DALL'ATLANTE DI GRN DELL'ANNO 2002 RELATIVO ALLE LINEE ELETTRICHE AD ALTA ED ALTISSIMA TENSIONE, INTEGRATO CON I RISULTATI DELLO STUDIO AFFIDATO AD ARPA FVG DALLA PROVINCIA DI UDINE ULTIMATO NEL 2005.



TABELLA 1. LUNGHEZZA DELLE LINEE ELETTRICHE REGIONALI.

Tensione delle linee elettriche	Provincia di Udine (km)	Regione Friuli Venezia Giulia (km)
380 kV	96	157
220 kV	96	269
132 kV	778	1.326

Si dovrà tenere conto dell'esigenza di realizzare impianti a biomassa che abbiano un accettabile rendimento energetico a prescindere dai sistemi incentivanti, prevedendo adeguati sistemi di recupero del calore generato.

La tutela dagli impatti ambientali e le possibili azioni di miglioramento

Le linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili di cui al D.M. 10 settembre 2010 hanno regolato in maniera dettagliata il procedimento di autorizzazione degli impianti di produzione di elettricità da fonti rinnovabili.

Queste linee guida prevedono anche che le Regioni indichino le aree ed i siti non idonei all'installazione di specifici tipi di impianti secondo criteri volti alla tutela dell'ambiente, del paesaggio, del patrimonio storico e artistico, delle tradizioni agroalimentari locali, della biodiversità e del paesaggio rurale.

In alcuni casi gli impianti prima di venire autorizzati sono soggetti al procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) o *screening* (ad esempio gli impianti fotovoltaici con potenza superiore a 1 MW, gli impianti a biomassa con potenza superiore a 50 MW, gli impianti idroelettrici con potenza superiore a 100 kW, gli impianti eolici con potenza superiore a 1 MW). Nell'ambito di questi procedimenti vengono effettuate delle valutazioni sui relativi impatti e viene analizzata la coerenza con il quadro programmatico e normativo di riferimento.

Nei casi in cui gli impianti non siano sottoposti alla VIA, le azioni preventive si limitano esclusivamente alla verifica del rispetto della normativa vigente in sede di autorizzazione.

Al fine di garantire una composizione del parco impianti correlata alle specifiche caratteristiche territoriali ed un inserimento degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili rispettoso dell'ambiente sarà necessario elaborare opportuni strumenti di pianificazione, quale il nuovo Piano Energetico Regionale (PER).

Si dovrà procedere all'indicazione delle aree e dei siti non idonei all'installazione di specifiche tipologie di impianti, come previsto dalle linee guida di cui al D.M. 10 settembre 2010.

Per la corretta ed uniforme valutazione degli impatti ambientali dei singoli impianti, anche nei casi in cui non viene effettuato un preventivo procedimento di VIA, sarà necessario disporre di apposite linee guida regionali o nazionali.

Con riferimento agli impianti a biomassa, si dovrà tenere conto dell'esigenza di realizzare impianti che abbiano un accettabile rendimento energetico a prescindere dai sistemi incentivanti, prevedendo adeguati sistemi di recupero del calore generato.

A livello normativo sarebbe utile introdurre l'obbligo di rinnovo delle autorizzazioni, come peraltro previsto per quasi tutte le altre autorizzazioni ambientali.

Sarà necessario un catasto degli impianti realizzati al fine di monitorare lo sviluppo del fenomeno, nonché di fornire tutte le informazioni necessarie ai vari soggetti interessati alla tematica.

Per quanto riguarda la rete di distribuzione dell'energia elettrica dovrà essere realizzato il catasto previsto dalla Legge Quadro n. 36/01 in materia di campi elettromagnetici.

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Numero di richieste di parere ad ARPA FVG per procedimenti di autorizzazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili
DPSIR	Pressione
UNITÀ DI MISURA	Numero di procedimenti
FONTE	Dipartimenti provinciali ARPA
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2008-2011

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Legge del 09 gennaio 1991, n. 10	Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo di fonti rinnovabili
D.lgs. del 16 marzo 1999, n. 79	Recepimento Direttiva 96/92 per la liberalizzazione del settore elettrico
D.M. 20 aprile 2005	Concessione delle attività di trasmissione e dispacciamento dell'energia elettrica nel territorio nazionale
Legge del 27 ottobre 2003, n. 290	Conversione in legge con modificazioni del decreto legge n. 329 del 29.08.03 recante disposizioni urgenti per la sicurezza del sistema elettrico nazionale
Legge del 23 agosto 2004, n. 239	Riordino del settore energetico, nonché delega al governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia
D.lgs. del 29 dicembre 2003, n. 387	Attuazione Direttiva 2001/77/CE relativa alle fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità
D.M. 10 settembre 2010	Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili
Direttiva 2009/28/CE del 23.04.09	Promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE
D.lgs. del 3 marzo 2011, n. 28	Attuazione della Direttiva 2009/28/CE del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE
L.R. del 19 novembre 2002, n. 30	Disposizioni in materia di energia
L.R. del 27 novembre 2006, n. 24	Conferimento di funzioni e compiti amministrativi agli enti locali in materia di agricoltura, foreste, ambiente, energia, pianificazione territoriale e urbanistica, mobilità, trasporto pubblico locale, cultura e sport
Decreto del Presidente della Regione n. 0137/Pres. del 21 maggio 2007	Approvazione del Piano Energetico Regionale

GLOSSARIO

AT (Alta tensione). Tensione nominale tra le fasi di un sistema elettrico superiore a 35 kV e non superiore a 220 kV.

AAT (Altissima tensione). Tensione nominale tra le fasi di un sistema elettrico superiore a 220 kV.

Biomasse. Definite dalla Direttiva europea 2009/28/CE, ovvero la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani.

Fonti di energia rinnovabile. Definite dalla Direttiva europea 2009/28/CE, ovvero solare, eolica, idraulica, geotermica, del moto ondoso, maremotrice (maree e correnti) e da biomasse.

GRTN. Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale.

GSE. Gestore dei Servizi Energetici.

GWh (Gigawattora). Unità di misura dell'energia.

MW (Megawatt). Unità di misura della potenza.

PER. Piano Energetico Regionale.

Potenza efficiente. Massima potenza elettrica che può essere prodotta con continuità durante un intervallo di tempo sufficientemente lungo, supponendo tutte le parti di impianto di produzione in funzione e in condizioni ottimali di portata e di salto nel caso degli impianti idroelettrici, di disponibilità di combustibile e di acqua di raffreddamento nel caso degli impianti termoelettrici.

Potenza efficiente lorda. La potenza efficiente misurata ai morsetti dei generatori elettrici dell'impianto.

Potenza efficiente netta. La potenza efficiente lorda depurata della potenza assorbita dai macchinari ausiliari necessari per il funzionamento dell'impianto stesso e di quella perduta nei trasformatori necessari per elevare la tensione.

Terna. Il principale proprietario della rete di trasmissione nazionale di energia elettrica ad alta ed altissima tensione.

BIBLIOGRAFIA

APAT (2010), *Annuario dati ambientali. Edizione 2010*, in http://annuario.apat.it/capitoli/Ver_8/versions_integrale/02_Energia.pdf.

ENEA (2009), *Rapporto energia ambiente. Analisi e scenari 2009*, in <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporto-energia-e-ambiente-1/rapporto-energia-e-ambiente.-analisi-e-scenari-2009>.

ENEA (2010), *Ricerca e innovazione per un futuro low carbon. Le fonti rinnovabili 2010*, in http://www.sede.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2010_07-FontiRinnovabili2010.html.

Gestore Servizi Energetici (2009a), *Gli impianti a fonti rinnovabili nelle regioni italiane - anno 2009*, in <http://www.gse.it/attivita/statistiche/Documents/Rinnovabili-nelle-regioni-2009-AD-HQ.pdf>.

Gestore Servizi Energetici (2009b), *Il bilancio elettrico e le fonti rinnovabili in Italia nel 2009*, in <http://www.gse.it/attivita/statistiche/Documents/Bilanciorinnovabili2009.pdf>.

Gestore Servizi Energetici (2009c), *Impianti a fonti rinnovabili. Rapporto statistico 2009*, in <http://www.gse.it/attivita/statistiche/Documents/STATISTICHE-2009-CD.pdf>.

Ministero dello Sviluppo Economico (2009), *Piano di azione per le fonti rinnovabili (direttiva 2009/28/CE)*, in http://www.governo.it/Governolnforma/Dossier/rinnovabili_incentivi/PAN_Energie_rinnovabili.pdf.

Regione Friuli Venezia Giulia (2010), *Regione in cifre 2010*, in http://www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAVFG/AT12/ARG2/Allegati/annuari/Regione_in_cifre_2010.pdf.



04

Gestione delle
risorse naturali
e dei rifiuti



GESTIONE DEI RIFIUTI

I rifiuti sono la conseguenza di produzione e consumo. La loro corretta intercettazione e il monitoraggio delle movimentazioni rappresentano la sfida per le diverse comunità. In regione ogni anno si generano 3 tonnellate di rifiuto per persona, di cui 485 kg sono quelli urbani. Nel 2010 è stato raggiunto il 52% di raccolta differenziata.

Antonella Damian
Beatrice Miorini
Elena Moretti
Cristina Sgubin
ARPA FVG
Sezione regionale
del catasto dei
rifiuti

L'economia europea necessita ogni anno di un'enorme quantità di risorse per poter funzionare. Oltre al grande consumo di minerali, metalli, cemento e legno, l'Europa brucia combustibili fossili e utilizza importanti porzioni di suolo per soddisfare le necessità dei suoi cittadini. La domanda di materiali è così intensa che tra il 20 e il 30% delle risorse che noi utilizziamo sono oggi importate. Dall'altro capo del processo di produzione e consumo l'economia dell'Unione Europea genera circa 6 tonnellate di rifiuti per persona ogni anno. Con il *boom* del commercio internazionale, inoltre, questo sistema economico può potenzialmente danneggiare non solo l'ecosistema e la salute umana in Europa, ma anche in Paesi molto lontani dai suoi confini. Tra il 1995 e il 2007 le spedizioni di rifiuti fuori dall'Unione Europea sono infatti

drasticamente aumentate. In questo contesto l'Europa si è posta l'obiettivo di migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse limitando al massimo, sulla base delle tecnologie disponibili, i rifiuti prodotti. Questo sforzo in ogni caso non basta: l'obiettivo dell'UE è di avvicinarsi il più possibile ad una 'società del riciclaggio' (Direttiva 2008/98/CE, considerando [28]), cercando di utilizzare i rifiuti, che è inevitabile produrre, come risorsa. Il *must* da perseguire, che gli Stati Membri devono internalizzare in norme nazionali e regolamenti locali, è quello di prevenire e riciclare i rifiuti. Per perseguire questi obiettivi l'UE ha lavorato per aggiornare il quadro normativo di riferimento cercando di chiarire, semplificare e razionalizzare la normativa quadro sui rifiuti. Nasce così la Direttiva 2008/98/CE, recepita in Italia con il D.lgs. 205/10 che, con l'obiettivo di ridurre al minimo le conseguenze negative della produzione e della gestione dei rifiuti, focalizza il suo intervento sulla definizione di ciò che è e ciò che non è rifiuto e sui rifiuti pericolosi, introduce il tema dei sottoprodotti e della cessazione della qualifica dei rifiuti, ribadisce la necessità di fondare l'operatività del sistema di gestione dei rifiuti sulla gerarchia delle priorità di intervento e interviene sulla definizione di recupero e smaltimento. Tutto ciò al fine di semplificare l'*acquis* in materia di rifiuti, come indicato dalla Strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio. Ciò che avviene in Europa non rimane un percorso isolato. Il Giappone durante il G8 del maggio 2008 si fa promotore dell'introduzione del tema della riduzione, del riutilizzo e del riciclaggio dei rifiuti ('3Rs' *Action Plan*), tra gli obiettivi del forum. Anche l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti evidenzia che tra le priorità nazionali la conservazione delle risorse e la riduzione, il riuso e il riciclaggio rappresentano obiettivi condivisi e da perseguire sia dal singolo cittadino che dalle imprese. La sfida pertanto è quella della costruzione di un nuovo modello di produzione e consumo che internalizzi il problema dei rifiuti attraverso la prevenzione e la loro giusta valorizzazione.

SISTRI, un nuovo sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti

Il 2010 è stato un anno particolare per coloro che producono, trasportano e gestiscono rifiuti in Italia. Con il D.M. 17 dicembre 2009 è stato istituito il SISTRI, un nuovo Sistema di Controllo della Tracciabilità dei Rifiuti che modifica le modalità di registrazione e rendicontazione.

Tale sistema ha coinvolto gli operatori del settore in un processo di cambiamento che ha richiesto una serie di ulteriori leggi, decreti, manuali e comunicazioni che si sono susseguiti, sovrapposti, integrati o sostituiti nell'arco degli ultimi anni e che hanno rinviato l'entrata in vigore più volte fino alla conversione in legge del D.L. 138/11 che sancisce la ripresa del SISTRI.

A ciò si aggiunge il recepimento della Direttiva 2008/98/CE attraverso il D.lgs. 205/10, che ha modificato il D.lgs. 152/06 introducendo nuove definizioni e nuovi ambiti di operatività.

In questo mutevole scenario normativo i rifiuti vengono comunque necessariamente prodotti e richiedono un'adeguata risposta gestionale il più vicino possibile al luogo di produzione, così come indicato dall'Unione Europea.

Quanti rifiuti si producono in Friuli Venezia Giulia

Ogni anno in Friuli Venezia Giulia vengono prodotte quasi 3 tonnellate di rifiuti per persona.

Nel 2010 – anno per cui sono disponibili i dati validati di produzione di rifiuti urbani – sono state prodotte circa 596.000 tonnellate di *rifiuti urbani* con un sensibile aumento rispetto all'anno precedente dopo due anni di diminuzione; i *rifiuti indifferenziati* mantengono il loro trend in diminuzione e nel 2010 ammontano a circa 286.300 tonnellate. Nello stesso anno la raccolta differenziata ha raggiunto il 52% grazie all'importante aumento nella provincia di Pordenone e all'aumento nella provincia di Udine. In diminuzione risulta invece la percentuale di raccolta differenziata nella provincia di Gorizia e stabile invece è quella di Trieste. Il *rifiuto pro capite* aumenta rispetto al 2009 e raggiunge i 482 kg/abitante*anno nel 2010, risultando in ogni caso inferiore alla media del Nord Italia che è di 530 kg/abitante*anno nell'anno 2009. In questo contesto gli obiettivi che il territorio si pone sono il raggiungimento delle percentuali di raccolta differenziata previste per legge, l'organizzazione della raccolta separata dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) capillarmente sul territorio e l'adeguamento o la nuova realizzazione dei centri di raccolta comunali.

Per quanto riguarda il settore produttivo regionale nel 2009 – anno per cui sono disponibili i dati validati di produzione di rifiuti speciali – sono state prodotte circa 1.863.000 tonnellate di *rifiuti speciali* (di cui quasi il 12% pericolosi) e circa 1.560.000 tonnellate di *rifiuti inerti* provenienti dall'attività di demolizione e costruzione.

Le tipologie di rifiuti speciali più significative dal punto di vista quantitativo sono quelle costituite da rifiuti derivanti da impianti di trattamento rifiuti, da processi termici dell'industria del ferro e dell'acciaio, dalla lavorazione del legno e produzione della carta, e dal trattamento superficiale di metalli e plastiche.

L'analisi della gestione mette in evidenza un'importante attività di recupero di ferro e acciaio, legata alla realtà industriale regionale, ed una carenza di impianti dedicati ai rifiuti che derivano dalle attività industriali e ai rifiuti prodotti dal trattamento di rifiuti urbani e speciali, che attualmente vengono destinati in gran parte fuori regione e, in alcuni casi, anche all'estero (*rifiuti transfrontalieri*).

La raccolta dei RAEE, una risposta possibile alla produzione dei rifiuti di un sistema ben organizzato

La raccolta e la corretta gestione dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, che ormai tutti siamo abituati a chiamare RAEE, rappresentano sicuramente un obiettivo prioritario dell'Unione

La raccolta e la corretta gestione dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) rappresentano un obiettivo prioritario dell'UE che punta a responsabilizzare gli utilizzatori (cittadini, enti e imprese), alla messa in sicurezza delle componenti pericolose e al massimo recupero dei materiali riciclabili.

Europea che punta alla loro capillare intercettazione cercando non solo di responsabilizzare gli utilizzatori (cittadini, enti ed imprese), ma anche di imporre regole finalizzate alla messa in sicurezza delle componenti pericolose e al massimo recupero dei materiali riciclabili. L'art. 6 del D.lgs. 151/05 impone la raccolta separata di tali rifiuti e l'intercettazione (entro il 2008) di una quantità pari ad almeno 4 kg/abitante*anno per quanto riguarda i RAEE provenienti dai nuclei domestici. Tale traguardo, insieme con le ben note percentuali di raccolta differenziata, rappresenta una delle possibili risposte alla pressione determinata dalla produzione totale dei rifiuti urbani del territorio.

Il principale punto di riferimento per la raccolta dei RAEE è rappresentato dai centri di raccolta comunali, che spesso risultano bersaglio di attività di 'cannibalizzazione dei RAEE' ovvero di attività illecite di sottrazione di componenti essenziali dagli apparecchi

(quali serpentine, compressori, motori...), soprattutto nel Nord Est dell'Italia, e che compromettono la corretta messa in sicurezza di tali rifiuti con conseguente impatto sull'ambiente.

Un'attenzione particolare, per avere un adeguato quadro di insieme e per comprendere le misure più corrette d'azione, deve essere data anche all'immesso al consumo e alle movimentazioni di apparecchi di 'seconda mano' attraverso le frontiere dell'UE.

Il confronto tra gli apparecchi elettrici ed elettronici venduti e quelli dismessi a livello nazionale elaborati dal Consorzio per la gestione di tutte le categorie di RAEE (REMEDIA) evidenzia che l'Italia registra uno dei tassi più bassi, a livello europeo, di raccolta dei piccoli apparecchi domestici (dedicati alla cura della persona e della casa, PC, stampanti, telefoni e cellulari, giochi elettronici, elettrodomestici e prodotti per l'homevideo e la riproduzione musicale) e che su tale fronte è necessario lavorare per incrementare l'intercettazione attraverso la realizzazione di adeguati e capillari punti di raccolta e la programmazione di una mirata attività di informazione ai cittadini, alle imprese ed agli enti.

Indicatore 1: La produzione totale di rifiuti urbani e i RAEE pro capite raccolti separatamente

La produzione totale di rifiuti urbani misura la pressione generata dalla popolazione residente in un territorio sul territorio stesso. Lo scopo dell'indicatore è valutare nel tempo i modelli di consumo della popolazione e la sostenibilità della gestione attuata o delle azioni intraprese per prevenire la produzione dei rifiuti. I RAEE pro capite raccolti separatamente mettono in evidenza la capacità del sistema di intercettare alcune peculiari frazioni merceologiche di rifiuto secondo gli obiettivi dettati dall'art. 6 del D.lgs. 151/05 e s.m.i.

Per quanto riguarda la produzione totale di rifiuti urbani i dati esposti in figura 1 e in tabella 1 mettono in evidenza che negli ultimi dieci anni la crescita dei quantitativi è stata contenuta grazie all'adozione, nei diversi territori provinciali, in tempi diversi, di politiche di gestione integrata dei rifiuti che hanno associato la raccolta differenziata a metodi di intercettazione puntuali, a campagne di informazione ed educazione ambientale e all'avvio di azioni di prevenzione. Probabilmente esistono anche correlazioni con le abitudini di consumo e le diverse congiunture economiche, difficilmente rappresentabili per mancanza di dati. Nella figura 2 il dato viene riportato a livello di singolo Comune al fine di evidenziare la diversa pressione dei rifiuti prodotti sul territorio regionale.

FIGURA 1. ANDAMENTO DELLA PRODUZIONE DI RIFIUTI URBANI NELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA.



TABELLA 1. PRODUZIONE TOTALE DI RIFIUTI URBANI NELLA REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA (TONNELLATE/ANNO).

	Udine	Pordenone	Gorizia	Trieste	FVG
1998	245.586	133.887	64.748	113.791	558.011
1999	252.779	133.989	75.275	113.655	575.698
2000	259.271	142.217	72.750	113.862	588.100
2001	258.373	142.059	73.407	115.537	589.376
2002	263.904	144.643	74.720	116.522	599.789
2003	252.971	127.957	73.062	116.801	570.792
2004	272.117	138.494	75.315	118.197	604.123
2005	270.045	135.455	72.483	120.220	598.203
2006	276.635	137.942	69.081	119.429	603.087
2007	280.952	140.574	68.114	116.565	606.205
2008	276.015	142.486	71.105	116.116	605.722
2009	266.737	136.907	71.574	113.758	588.979
2010	267.440	136.259	72.485	119.805	595.989

FIGURA 2. DISTRIBUZIONE A LIVELLO COMUNALE DELLA PRODUZIONE TOTALE IN TONNELLATE DI RIFIUTI URBANI (2010).

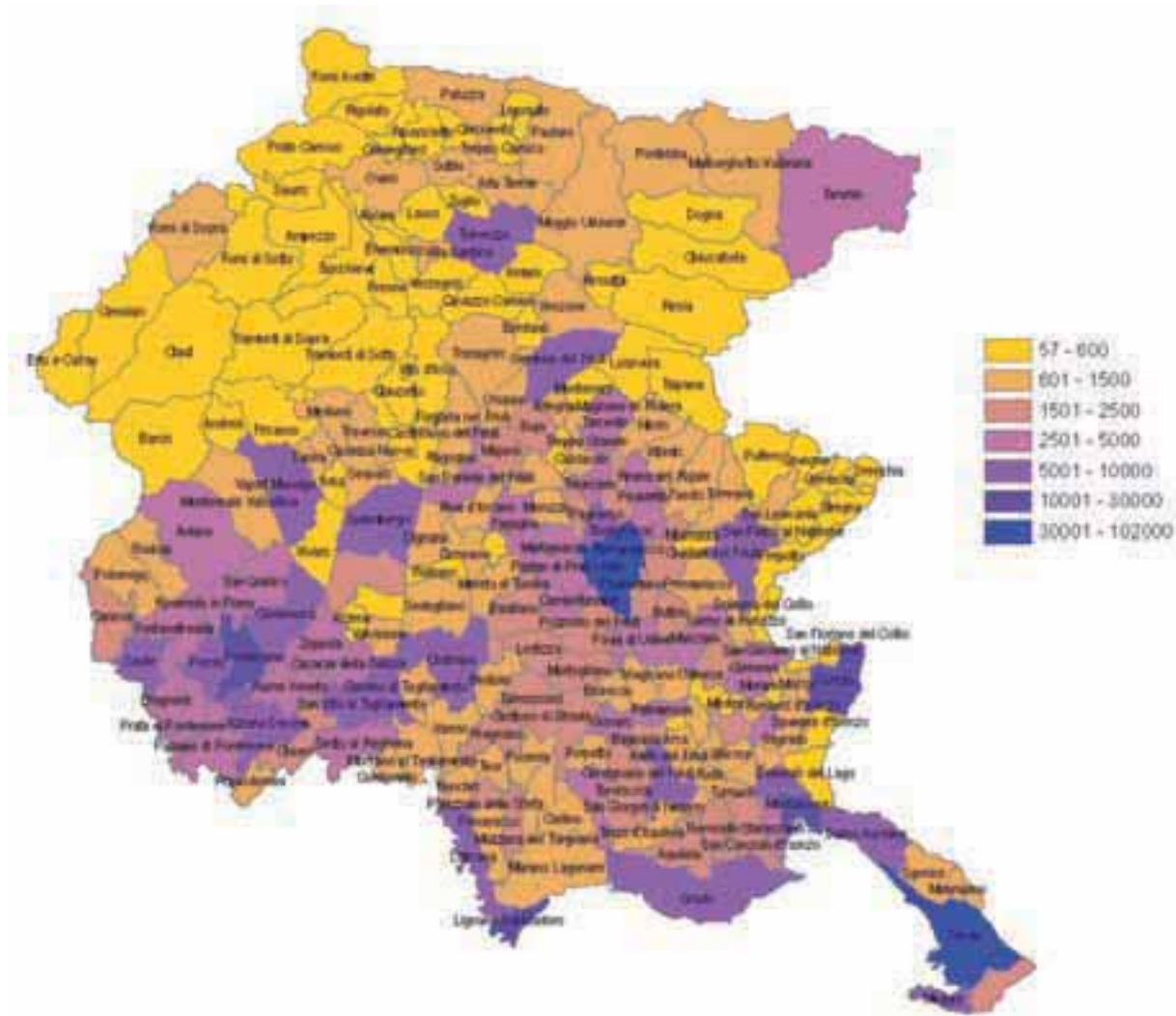


TABELLA 2. PRODUZIONE DI RAE PRO CAPITE (kg/ABITANTE*ANNO).

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Udine	3,38	3,57	3,66	3,91	5,49	7,12
Pordenone	2,34	2,28	2,41	3,65	4,56	5,54
Gorizia	2,84	3,52	3,73	4,91	7,05	8,10
Trieste	3,71	4,06	4,19	6,06	7,57	10,60
FVG	3,12	3,33	3,46	4,37	5,83	7,15
Obiettivo di Legge				4,00	4,00	4,00

FIGURA 3. ANDAMENTO DELLA PRODUZIONE PRO CAPITE DI RAEE (2005-2010).

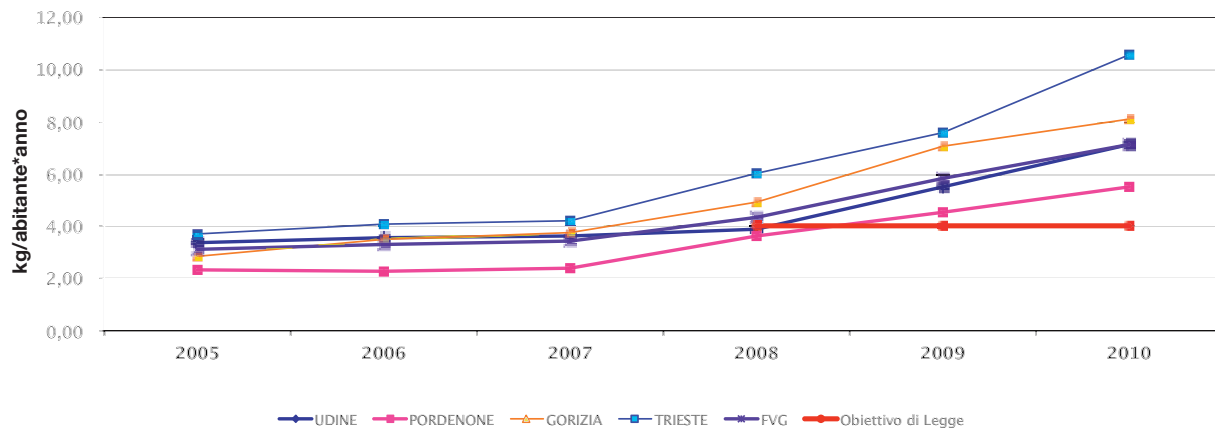
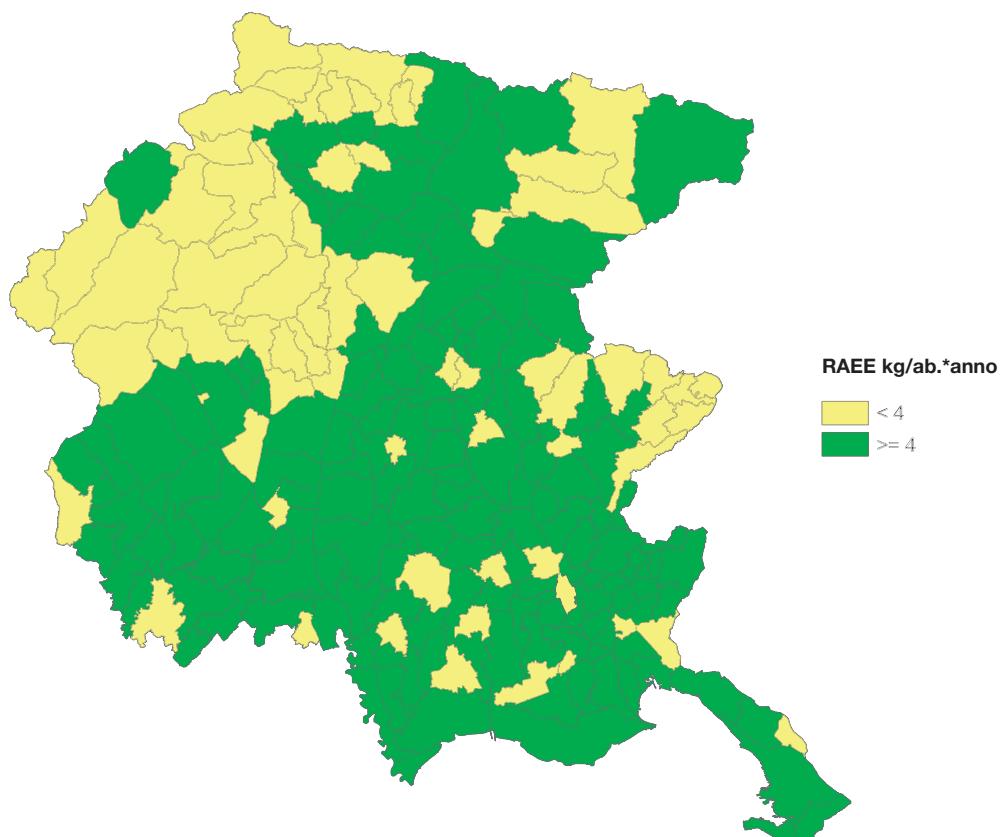


FIGURA 4. DISTRIBUZIONE A LIVELLO COMUNALE DELLA PRODUZIONE PRO CAPITE DI RAEE (2010).



Dall'analisi dei dati relativi alla raccolta separata dei RAEE è evidente che in regione era già presente e funzionante l'intercettazione di tali apparecchi prima del 2005. Negli anni successivi all'entrata in vigore del D.lgs. 151/05 tale raccolta è stata ulteriormente implementata ed oggi l'intercettazione soddisfa gli obiettivi di raccolta della Direttiva a livello regionale e provinciale (fig. 3 e tab. 2). Solo 57 Comuni non raggiungono gli obiettivi previsti di 4 kg/abitate*anno (fig. 4) e di questi 29 non hanno raccolto questa tipologia di rifiuto. Tale informazione dovrà essere valutata insieme con la presenza dei centri di raccolta o di altri servizi integrativi al fine di comprendere se la mancanza di una raccolta sia associabile alla carenza di un servizio adeguato sul territorio.

In questo contesto bisogna tener comunque conto che l'implementazione della tecnologia nei diversi settori di uso quotidiano, ha portato ad un incremento generalizzato dell'immissione al consumo di questa categoria di beni e che, nel prossimo futuro, rappresenterà una porzione importante rispetto alle diverse frazioni merceologiche di rifiuti differenziati gestiti finora dai Comuni.

Indicatore 2: Le spedizioni internazionali di rifiuti, un impatto della regione all'estero

Uno degli obiettivi principali dell'UE è che ogni Stato membro smaltisca i propri rifiuti a casa propria. Questo obiettivo però non è ancora stato raggiunto. I rifiuti transfrontalieri (fig. 5) pertanto rappresentano un indicatore importante per comprendere le necessità gestionali di un sistema di produzione e soprattutto di consumo e delle eventuali azioni da intraprendere per migliorare le risposte in termini di gestione. Le spedizioni transfrontaliere di rifiuti sono legate sia alla disponibilità tecnologica di trattamento, sia ai prezzi di mercato e alla necessità di materia prima soprattutto dei mercati emergenti. Tali due ultimi fattori, di carattere prevalentemente economico, incidono sui flussi dei rifiuti e necessitano di interventi non tanto di carattere tecnologico, ma piuttosto di accordi e politiche di tipo economico. Monitorare e comprendere quali sono i motivi che determinano le migrazioni di rifiuti rappresenta il punto di partenza per trovare le soluzioni per la gestione dei rifiuti il più vicino possibile al luogo di produzione.

Fermo restando che l'esportazione dei rifiuti all'estero rappresenta solo una parte dei movimenti di rifiuti in regione – in quanto molti rifiuti viaggiano sia all'interno del territorio regionale da una provincia all'altra, sia verso altre regioni italiane, *in primis* in Veneto – i dati riportati in tabella 3 mettono in evidenza che in provincia di Pordenone c'è stato un forte aumento dei rifiuti esportati e che questo è legato principalmente all'esportazione di carta, plastica e parti di RAEE verso Paesi asiatici (fig. 6). Tale fenomeno risulta in sintonia con quanto avviene in Europa ed è determinato principalmente da motivi economici e quindi da logiche di mercato che vanno oltre i problemi di disponibilità gestionale locale. In particolare si evidenzia l'esportazione di componenti di apparecchiature elettriche ed elettroniche, che risponde all'esigenza di trattamento della crescente quantità di RAEE che si vanno raccogliendo in regione. È importante sottolineare che, secondo i dati elaborati dall'Agenzia Dogane (dalla relazione del rappresentante dell'Ufficio Centrale Antifrode - Ufficio Intelligence Agenzia Dogane, Forum RAEE, *Il sistema RAEE tra presente e futuro*, Ecomondo 2011), molti sono anche gli Apparecchi Elettrici ed Elettronici (AEE) che vengono movimentati e destinati a Paesi esteri collocati spesso fuori dai confini dell'Unione Europea. Le attività investigative dell'Agenzia Dogane hanno messo in evidenza che tali movimentazioni possono nascondere flussi di rifiuti destinati a scorrette forme di smaltimento fuori dai nostri confini. Sono inoltre presenti significativi flussi in uscita relativi ai principali scarti di produzione dell'industria regionale e degli impianti di gestione dei rifiuti urbani e speciali, per mancanza di impianti in grado di smaltirli o recuperarli.

TABELLA 3. FLUSSI DI RIFIUTI TRANSFRONTALIERI IN USCITA DALLA REGIONE (TONNELLATE).

	2008	2009	Δ%
Gorizia	3.783,99	2.291,24	-39,45%
Pordenone	35.846,54	95.455,51	166,29%
Trieste	20.778,22	15.679,42	-24,50%
Udine	56.095,03	42.267,92	-24,65%
FVG	116.503,77	155.694,09	33,64%

FIGURA 5. RIFIUTI TRANSFRONTALIERI IN USCITA DAL FRIULI VENEZIA GIULIA (2009).

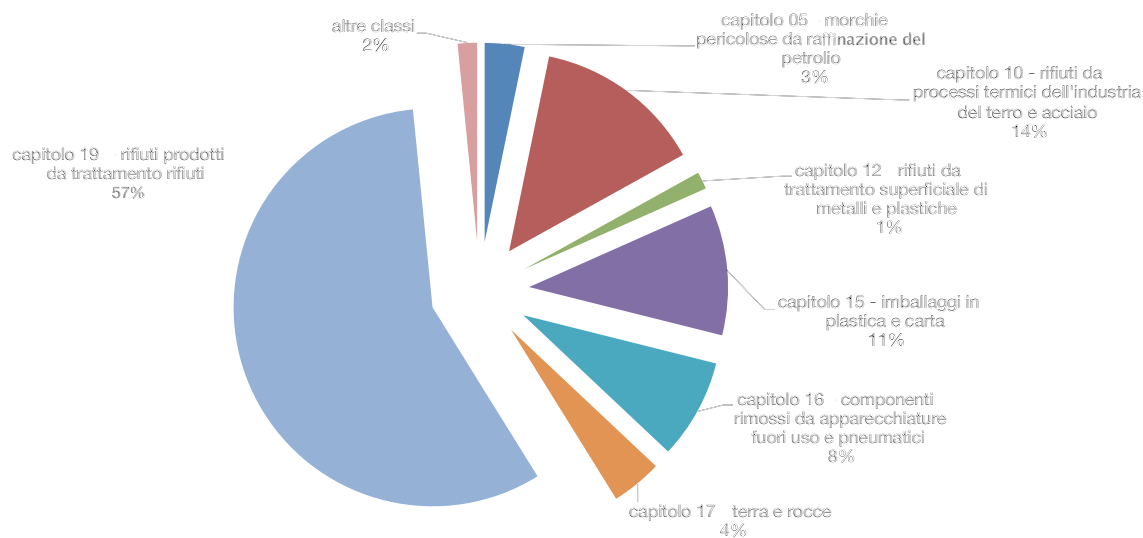
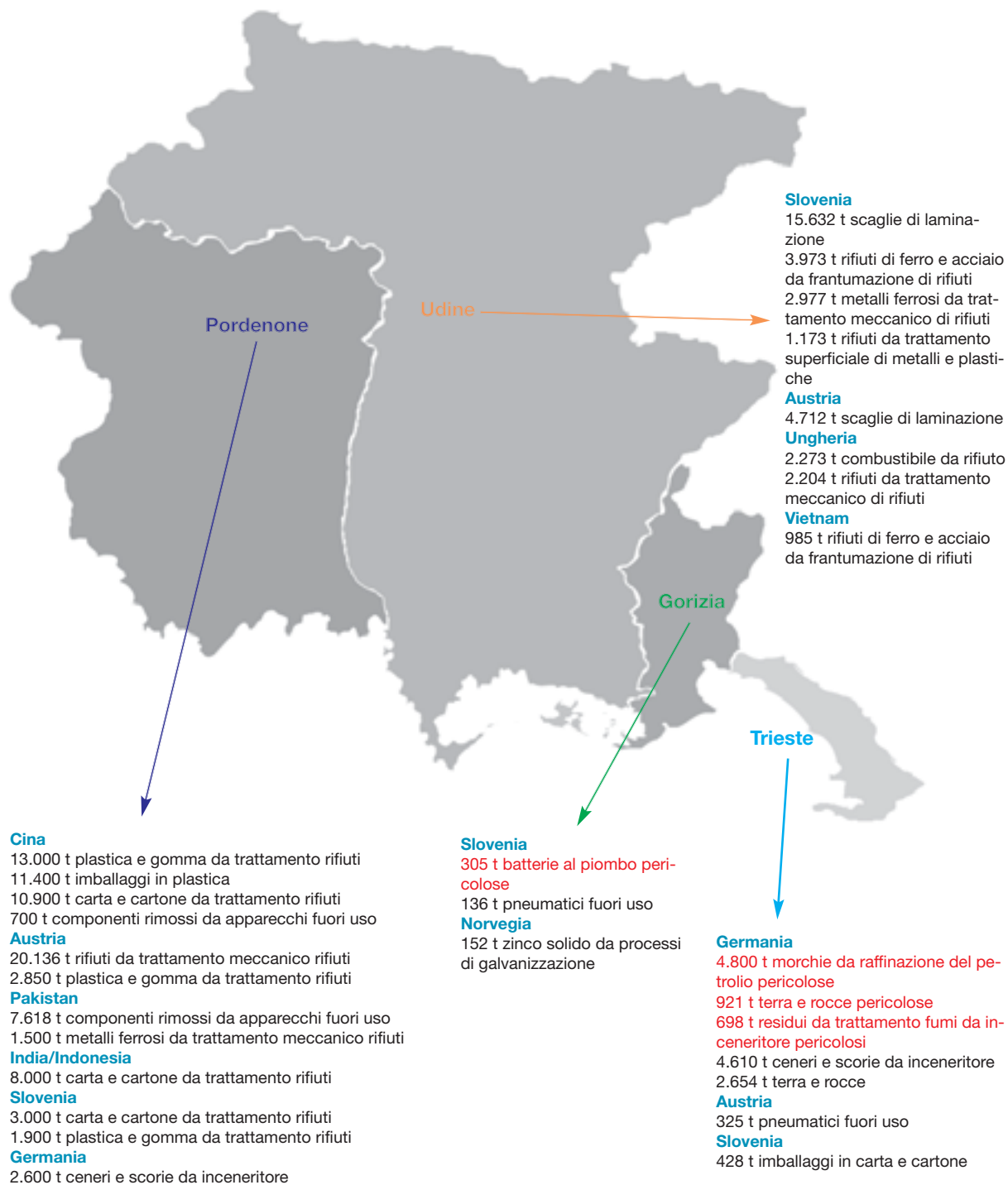


FIGURA 6. FLUSSI DI RIFIUTI IN USCITA DAL TERRITORIO REGIONALE VERSO PAESI ESTERI (2009).



A livello regionale sono stati adottati sistemi integrati di gestione dei rifiuti urbani che hanno aumentato le raccolte differenziate e avviato a recupero la metà dei rifiuti urbani prodotti.

Le criticità nella gestione dei rifiuti

La produzione di rifiuti registrata in Europa e la successiva migrazione verso altri territori sono strettamente collegate al paradigma socio-economico cui apparteniamo, che non ha saputo produrre risposte adeguate in termini di gestione integrata dei rifiuti e di equilibrio dei mercati. Inoltre, l'attività di gestione ha prodotto emissioni in atmosfera, nelle acque e nel suolo, ha provocato disagi tali da incidere sia sugli aspetti ambientali che su quelli collegati alla salute e al benessere della popolazione. Tutto ciò ha determinato l'esigenza di provvedere con norme di regolamentazione della gestione dei rifiuti. L'Unione Europea e i principali organismi internazionali hanno evidenziato le principali cause:

- nell'uso inefficiente delle risorse;
- nella mancanza di una responsabilità condivisa di produttori di beni, distributori e consumatori;
- nella necessità di spezzare lo stretto collegamento tra lo sviluppo economico e la produzione di rifiuto e quindi sulla necessità di creare un'economia più efficiente e meno legata al consumo di materia;
- nella difficile implementazione della normativa di riferimento.

A livello regionale i principali motivi che hanno nel passato determinato una crescita della produzione dei rifiuti sia speciali che urbani sono sicuramente ravvisabili in quelli evidenziati su scala europea e strettamente connessi ai processi di sviluppo che hanno caratterizzato l'Italia. Ciò premesso, i dati storici sulla produzione dei rifiuti mettono in evidenza un contenimento della produzione dei rifiuti negli ultimi anni, in parte riferibile a nuovi sistemi di intercettazione per i rifiuti urbani, ma anche strettamente connesso al periodo di recessione economica che ha comportato minore produzione e minore consumo.

Dal lato della gestione i dati relativi ai flussi dei rifiuti evidenziano la carenza di un sistema integrato di impianti di trattamento dei rifiuti che dia risposta alla produzione dei rifiuti delle nostre attività economiche e chiuda i cicli di trattamento dei rifiuti urbani. Ciò è dovuto alla difficoltà di realizzare nuovi impianti a fronte della chiusura di stabilimenti che hanno operato nel passato, alla convenienza economica di investire risorse e, per i rifiuti urbani, alla mancanza di un aggiornamento della pianificazione di settore, a seguito della modifica del quadro normativo e gestionale di riferimento. Ulteriori elementi di criticità sono determinati dai difficili percorsi di accettazione di nuovi impianti da parte dei portatori di interesse.

La pianificazione e la programmazione in Regione

A livello regionale dal 2000 ad oggi ha avuto luogo un lungo processo di pianificazione e successiva programmazione provinciale che ha portato ad una migliore conoscenza del territorio e dei rifiuti che vi si producono. Sono stati adottati sistemi integrati di gestione dei rifiuti urbani, che hanno aumentato le raccolte differenziate ed avviato a recupero la metà dei rifiuti urbani prodotti. Sul territorio sono 78 i Comuni su 218 che non raggiungono ancora l'obiettivo del 2008 in termini di raccolta differenziata (45%) anche se, tolto il Comune di Trieste che da solo rappresenta il 16% della popolazione regionale, questi Comuni rappresentano il 16% dei cittadini residenti in Regione e sono Comuni principalmente situati in ambienti montani o caratterizzati da forti afflussi di turisti. Il 43% della popolazione residente – ovvero 98 Comuni della Regione – raggiungono già gli obiettivi del 65% fissati per il 2012. La si-

tuazione fotografata presenta pertanto un buon grado di risposta del territorio agli obiettivi di legge. In Regione si è inoltre costruito un sistema integrato e condiviso di raccolta dei dati sui rifiuti urbani attraverso Internet, che ha accorciato le distanze tra gli enti e ha aumentato i flussi informativi. Sono state avviate campagne informative e formative per cittadini e studenti; tra queste il progetto 'Semplici Scelte Grandi Cambiamenti', finanziato dalla Regione e realizzato dall'ARPA. Il progetto, che durerà fino alla fine del 2012, ha l'obiettivo di promuovere la riduzione dei rifiuti urbani e la raccolta differenziata in Friuli Venezia Giulia. A tale scopo sono stati organizzati 450 laboratori didattici per le scuole ed una serie di altre iniziative (stand, mostre, percorsi teatrali, videointerviste e proiezioni cinematografiche). Tutte le informazioni sono divulgate anche attraverso Internet (www.ea.fvg.it).

La prevenzione e la corretta gestione dei rifiuti

Anche se il contesto nazionale ed internazionale influenza in maniera determinante produzioni e consumi, numerosi sono i contributi che un territorio può e deve implementare per perseguire gli obiettivi di prevenzione e corretta gestione dei rifiuti.

Sicuramente in questo momento in Regione diventa prioritario riprendere il processo di pianificazione con la conclusione del piano sulla gestione dei rifiuti urbani, adeguando strumenti ed azioni al nuovo contesto normativo e ai nuovi sistemi di raccolta.

Si dovrà valutare le esigenze in termini di gestione dei rifiuti al fine di ridurre le movimentazioni, in sintonia con gli obiettivi dell'UE e con il principio di prossimità. Sarà opportuno rendere disponibili i servizi più adeguati alla struttura socio-territoriale dei diversi Comuni diffondendo ad esempio *centri di raccolta comunali* anche condivisi tra più comuni o micro raccolte soprattutto per i rifiuti pericolosi e per quelli più diffusi. Si dovranno migliorare i processi di *conoscenza* a supporto di una più facile gestione dei rifiuti.

Ulteriori strumenti da promuovere ed incentivare – capaci di influire sui sistemi economici e sulla conseguente produzione e gestione dei rifiuti – sono sicuramente gli *acquisti verdi* (*Green Public Procurement*, GPP) e le *certificazioni ambientali*, che svolgono un importante ruolo di volano per la diffusione di beni e processi caratterizzati da alte prestazioni ambientali.

Se implementati presso gli enti locali, i GPP favoriscono l'utilizzo di prodotti realizzati con materiali recuperati o recuperabili e una maggiore efficienza nell'uso delle risorse e nella gestione dei rifiuti il più possibile vicino al luogo di produzione. Su questo tema la pubblica amministrazione può avere una forte capacità di 'orientamento del mercato' verso produzioni ecoefficienti con minor produzione di rifiuti.

A livello industriale le certificazioni ambientali (EMAS, ISO14001, Ecolabel e altri marchi ecologici) rappresentano gli strumenti di miglioramento continuo dell'efficienza nell'uso delle risorse e nella gestione dei rifiuti. A livello industriale le certificazioni ambientali (EMAS, ISO14001, Ecolabel e altri marchi ecologici) rappresentano gli strumenti di miglioramento continuo dell'efficienza nell'uso delle risorse e nella gestione dei rifiuti.

Possibili scenari futuri e trend previsti

L'aumento dei rifiuti dipende strettamente dall'uso di risorse e dalla gestione efficiente dei materiali e pertanto non si può non valutare i trend di utilizzo delle materie prime e dei beni per comprendere 'dove stiamo andando'.

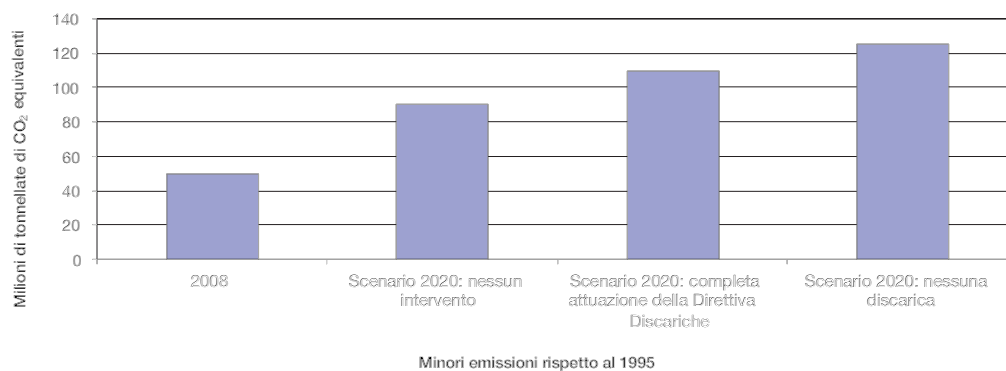
Ciò premesso, è difficile costruire uno scenario di medio-lungo periodo a seguito della recessione globale che è iniziata nel 2008 sia per mancanza di dati, sia per la difficoltà di valutare le variabili determinanti dei processi economici. Gli studi che proponevano i trend relativi all'estrazione e all'uso di materiali dovranno essere pertanto rivisti.

Si può evidenziare che, in contrasto con gli scenari globali che mettono in luce un incremento nell'uso delle risorse, la crescita economica dell'Europa durante le ultime decadi è stata accompagnata da un modesto aumento del totale delle risorse usate. A questo punto ci si trova davanti a diversi possibili percorsi alternativi: da una parte è auspicabile che le attuali turbolenze economiche conducano l'economia globale verso una maggiore efficienza nell'uso delle risorse, dall'altra la storia mette in luce che a seguito di una recessione i periodi successivi sono caratterizzati da un incremento nell'uso delle risorse. Tali diversi scenari comporteranno differenti situazioni in merito alla produzione dei rifiuti (ad esempio, si veda fig. 7), con la necessità probabilmente di rivedere le attuali previsioni di una crescita continua e sostenuta nei prossimi 10-20 anni.

Per quanto riguarda i RAEE, la produzione risulta in crescita e tra il 2008 e il 2014 è previsto un aumento dell'11% nei 27 Paesi dell'Unione Europea, Norvegia e Svizzera. Ciò è collegato al rapido processo tecnologico accompagnato dalla riduzione dei prezzi. Tale previsione è stata basata sulla correlazione tra crescita economica e produzione di RAEE e tiene in considerazione gli effetti della recessione e dello sviluppo demografico. Per tale motivo ed indipendentemente dalla capacità di intercettazione questa tipologia di rifiuti dovrà essere monitorata e la gestione dovrà comportare politiche integrate di prodotto, capacità di disassemblaggio e contenimento delle sostanze pericolose utilizzate. Il tema della gestione invece deve essere in ogni caso affrontato separatamente e dipenderà fondamentalmente dall'applicazione delle norme sulla gestione dei rifiuti. In particolare merita attenzione, secondo l'Agenzia Europea per la Protezione dell'Ambiente, l'implementazione della Direttiva sulle discariche, che dirotta risorse e materie verso il riciclaggio e il recupero in particolar modo della materia biodegradabile, contribuendo in questo modo anche alla riduzione dei gas serra.

La riduzione dei conferimenti in discarica comporterà la necessaria realizzazione di nuovi impianti o la ristrutturazione degli impianti esistenti al fine di renderli capaci di gestire i rifiuti prodotti e di limitare lunghi viaggi di rifiuti verso altri Paesi.

FIGURA 7. MINORI EMISSIONI DI GAS SERRA IN APPLICAZIONE DI DIVERSI SCENARI RELATIVI ALLA GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI NEI 27 STATI UE (PIÙ NORVEGIA E SVIZZERA, ESCLUSO CIPRO).



Fonte: EEA, 2010, 32.

STRUTTURA DEGLI INDICATORI

INDICATORE 1

NOME	Quantità totale di rifiuti urbani prodotti	Quantità pro capite di RAEE raccolti separatamente
DPSIR	Pressione	Risposta
UNITÀ DI MISURA	Tonnellate	kg/abitante*anno
FONTE	ARPA FVG - Sezione regionale del catasto dei rifiuti	ARPA FVG - Sezione regionale del catasto dei rifiuti
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale con dettaglio comunale	Regionale con dettaglio comunale
COPERTURA TEMPORALE DATI	1998-2010	2005-2010

INDICATORE 2

NOME	Quantità totale di rifiuti inviati all'estero per la gestione
DPSIR	Pressione
UNITÀ DI MISURA	Tonnellate
FONTE	Dichiarazioni MUD (L. 70/1994) - elaborazioni Sezione regionale del catasto dei rifiuti
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale con dettaglio provinciale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2008-2009

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Decisione 1600/2002/CE del 22 luglio 2002	Istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente
Regolamento (CE) n. 1013/2006 del 14 giugno 2006	Relativo alle spedizioni di rifiuti
Direttiva 2008/98/CE del 19 novembre 2008	Relativa ai rifiuti, abroga alcune direttive
Regolamento (CE) n. 1221/2009 del 25/11/2009	Sull'adesione volontaria delle organizzazioni ad un sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS)
Regolamento (CE) n. 66/2010 del 25 novembre 2009	Relativo al marchio di qualità ecologica dell'Unione Europea (Ecolabel UE)
D.lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 e s.m.i.	Norme in materia ambientale Parte IV, Norme in materia di gestione dei rifiuti
D.lgs. 36/2003 e s.m.i.	Attuazione della Direttiva 1999/31/CE - Discariche di rifiuti
D.lgs. n. 151 del 25 luglio 2005 e s.m.i.	Attuazione delle direttive 2002/95/CE, 2002/96/CE e 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti (RAEE)

Decreto n. 203 del 8 maggio 2003	Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo (GPP)
D.M. 8 aprile 2008	Disciplina dei centri di raccolta dei rifiuti urbani raccolti in modo differenziato, art. 183, comma 1, lettera cc) del D.lgs. 152/06
D.M. 11 aprile 2008	Approvazione del Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione (GPP)
D.M. n. 52 del 18 febbraio 2011	Regolamento recante istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti ai sensi dell'articolo 189 del D.lgs. n. 152 del 2006 e dell'art. 14bis del D.L. n. 78 del 2009 convertito con modificazioni, dalla Legge n. 102 del 2009

GLOSSARIO

Acquis comunitario. L'insieme dei diritti e degli obblighi giuridici e degli obiettivi politici che accomunano e vincolano gli stati membri dell'Unione Europea e che devono essere accolti senza riserve dai Paesi che vogliono entrare a farne parte.

Ecolabel. Marchio europeo di qualità ecologica che premia i prodotti e i servizi migliori dal punto di vista ambientale.

EMAS. Sistema di gestione ambientale a cui possono aderire volontariamente le imprese e le organizzazioni, sia pubbliche che private, aventi sede nel territorio della Comunità Europea o al di fuori di esso, che desiderano impegnarsi nel valutare e migliorare la propria efficienza ambientale.

GPP (Green Public Procurement) o Acquisti Verdi. È l'approccio in base al quale le amministrazioni pubbliche integrano i criteri ambientali in tutte le fasi del processo di acquisto, incoraggiando la diffusione di tecnologie ambientali e lo sviluppo di prodotti validi sotto il profilo ambientale, attraverso la ricerca e la scelta dei risultati e delle soluzioni che hanno il minore impatto possibile sull'ambiente, lungo l'intero ciclo di vita.

Prevenzione. Misure adottate prima che una sostanza, un materiale o un prodotto diventi rifiuto. Riduce la quantità dei rifiuti, gli impatti negativi e il contenuto di sostanze pericolose.

Riciclaggio. Qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i rifiuti sono trattati per ottenere prodotti,

materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini.

RAEE. Rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche.

3Rs (Reduce, Reuse, Recycle). Piani d'Azione finalizzati all'introduzione di politiche sulla riduzione, il riuso e il riciclo dei rifiuti in diverse parti del modo.

Rifiuti urbani. I rifiuti domestici, quelli assimilati ai rifiuti urbani per qualità e quantità, i rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade, i rifiuti abbandonati sulle strade ed aree pubbliche, i rifiuti vegetali provenienti dalle aree verdi, i rifiuti cimiteriali.

Rifiuti urbani indifferenziati. Rifiuti che i cittadini non possono conferire nelle raccolte differenziate.

Raccolta differenziata. La raccolta in cui un flusso di rifiuti è tenuto separato in base al tipo ed alla natura dei rifiuti al fine di facilitarne il trattamento specifico.

Rifiuti speciali. Tutti i rifiuti provenienti dall'attività agricola, industriale, artigianale, commerciale e di servizio compresi i rifiuti derivanti dall'attività di recupero e smaltimento rifiuti.

Rifiuti transfrontalieri. I rifiuti che vengono trasportati per il recupero e lo smaltimento fuori dei confini nazionali.

SISTRI. Sistema di Controllo della Tracciabilità dei Rifiuti.

BIBLIOGRAFIA

Banca d'Italia (2011), *Economie regionali. L'economia del Friuli Venezia Giulia*, 5-6.

Centro di Coordinamento RAEE (2011), *Il fenomeno della cannibalizzazione dei RAEE: indagine sulla qualità dei RAEE consegnati ai Sistemi Collettivi. Rapporto di ricerca 2011*, in www.cdcaee.it.

EEA (2009), *Segnali ambientali 2009*, 34-37.

EEA (2010), *The European Environment State and outlook 2010. Material resources and waste*, in <http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>.

EU (2003), *Verso una strategia tematica di prevenzione e riciclo dei rifiuti*, COM(2003) 301, in <http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>.

EU (2005), *Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti*, COM(2005) 666, in <http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>.

EU (2011), *Concernente la strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti*, COM(2011) 13, in <http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>.

G8 Environment Ministers Meeting (2008), *Kobe 3R Action Plan, 2008*, in <http://www.env.go.jp/recycle/3r/en>.

ISPRA (2009), *Rapporto Rifiuti 2009*, in <http://www.isprambiente.gov.it>.

OECD (2011), *OECD Work on environment 2011-2012*, in <http://www.oecd.org>.

Remedia - GFK Eurisko (2011), *Gli italiani e il riciclo dei piccoli apparecchi elettronici domestici: comportamenti dei cittadini, attività di raccolta e potenzialità di riciclo*, Studio di ricerca, in <http://www.consorzioremedia.it/media/55541/gfkeuriskoraee paed.pdf>.

SITOGRAFIA

<http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>

<http://www.cdcaee.it>

<http://www.consorzioremedia.it/media/55541/gfkeuriskoraee paed.pdf>

<http://www.eea.europa.eu/themes/waste>

<http://www.epa.gov/wastes/conservation/rrr/>

<http://www.env.go.jp/recycle/3r/en/>

<http://www.isprambiente.gov.it>

<http://www.oecd.org>

CONSUMO DI SUOLO

Il consumo di suolo, conseguente ai fenomeni di urbanizzazione e infrastrutturazione, porta all'impermeabilizzazione dei suoli stessi, che irreversibilmente perdono le loro capacità fisiche e biologiche. In Friuli Venezia Giulia, tale consumo registra un valore molto elevato, ponendo la regione ai vertici nazionali.

Paola Giacomich
ARPA FVG
Gestione attività centralizzate di rilievo regionale

Il suolo è una risorsa essenzialmente limitata e, visti i tempi estremamente lunghi necessari alla sua formazione, non rinnovabile. È un sistema molto dinamico, che svolge numerose funzioni e fornisce servizi essenziali per le attività umane e la sopravvivenza degli ecosistemi. Il suolo ci fornisce cibo, biomassa e materie prime; funge da piattaforma per lo svolgimento delle attività umane; è un elemento del paesaggio e del patrimonio culturale ed ha un ruolo fondamentale come habitat e *pool* genico. Nel suolo vengono stoccate, filtrate e trasformate molte sostanze, tra le quali l'acqua, i nutrienti e il carbonio: in effetti, con le 1500 gigatonnellate di carbonio che immagazzina, è il principale deposito del pianeta.

Il suolo subisce una serie di processi di degradazione e di minacce, causati od acuiti dalle attività umane, cioè dal modo con cui viene utilizzato (*land-use*). Le pratiche agricole e silvicolture, i trasporti, le attività industriali, il turismo, la proliferazione urbana e industriale e le opere di edificazione alterano lo stato naturale e le funzioni del suolo, in quanto comportano una modifica della copertura o un'intensificazione del suo uso. Il risultato è l'erosione, la diminuzione di materia organica, la contaminazione locale o diffusa, l'impermeabilizzazione (*sealing*), la compattazione, la salinizzazione, le alluvioni e gli smottamenti (EU, 2006a; EU, 2006b).

Differenti tipi di uso del suolo hanno diversi impatti sui cambiamenti climatici, sulla biodiversità, sulle funzioni degli ecosistemi, sulla sicurezza alimentare e sulla salute umana.

È infatti possibile assegnare ad ogni uso del suolo una propria caratteristica nel ciclo climatico. Ad esempio, aree industriali, residenziali ed aree assegnate al trasporto sono potenzialmente responsabili per la maggior quota di emissioni di anidride carbonica (CO₂), oltre che di metano ed altri ossidi. Le discariche di rifiuti urbani e le attività minerarie contribuiscono alle emissioni di metano (Lavalle, 2010). La biodiversità del suolo dipende da un elevato numero di fattori, tra cui l'areazione, l'umidità ed il contenuto di materia organica. Tutti questi aspetti sono pesantemente modificati dalla sua copertura con materiali che ne impediscono gli scambi con l'esterno: coprire un suolo per un lungo periodo con materiale impermeabilizzante, significa uccidere la componente biotica che lo compone. In assenza della sua parte 'viva', rimane solamente la parte minerale, morta, statica. Una volta che sono venute a mancare le caratteristiche che rendono il suolo un elemento così chiave degli ecosistemi, non è possibile recuperare facilmente quello che si è perso (Casiraghi, 2010).

I cambiamenti climatici, insieme ad un'urbanizzazione crescente, contribuiscono a ridurre la superficie agricola utile. Le rese colturali infatti sono influenzate dal clima, dal tipo di suolo ed in particolare dalla sua gestione (Acutis, 2010).

In Friuli Venezia Giulia le superfici artificiali sono incrementate di 3.783 ettari nel periodo 1990-2000 e di 1.255 ettari nel 2000-2006, occupando territori dediti prevalentemente a superfici agricole e in minor misura ad aree boscate e ambienti semi-naturali.

La conoscenza dell'uso e del consumo di suolo rappresenta, quindi, uno degli strumenti principali per la pianificazione e la gestione sostenibile del territorio.

La fonte principale di dati europei relativi al monitoraggio dei cambiamenti dell'uso e della copertura del suolo è costituito dal progetto CORINE Land Cover (CLC), realizzato per gli anni 1990 e 2000 e, più recentemente, nel 2006. Da questi dati emerge che in Europa il cambiamento più veloce relativo al suolo è associato alla sua copertura con superfici artificiali, che mostrano un aumento di 6258 km² tra il 2000 ed il 2006, principalmente dovuto all'espansione delle aree residenziali, industriali e commerciali (EU, 2006a; EU, 2006b; EEA, 2010; ISTAT, 2010).

Variazioni dell'uso del suolo in regione

La regione Friuli Venezia Giulia, sia durante il periodo 1990-2000 che tra il 2000 ed il 2006 (fig. 1), è stata soggetta a cambiamenti dell'uso e della copertura del suolo che coinvolgono principalmente le classi 1, 2 e 3. Più precisamente la classe 1 (superfici artificiali) è incrementata di 3783 ettari nel periodo 1990-2000 e di 1255 ettari nel periodo 2000-2006, occupando territori che precedentemente erano dediti principalmente a superfici agricole (classe 2) ed in minor misura a territori boscati ed ambienti semi-naturali (classe 3). Gli incrementi per la classe 1 riguardano principalmente le espansioni residenziali, le aree industriali e commerciali (ISPRA, 2010a; Sambucini, 2010) (tabb. 1-2).

La classe 'aree artificiali' del database CLC comprende:

- zone residenziali;
- zone industriali, commerciali ed infrastrutturali;
- zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati;
- zone verdi artificiali non agricole.

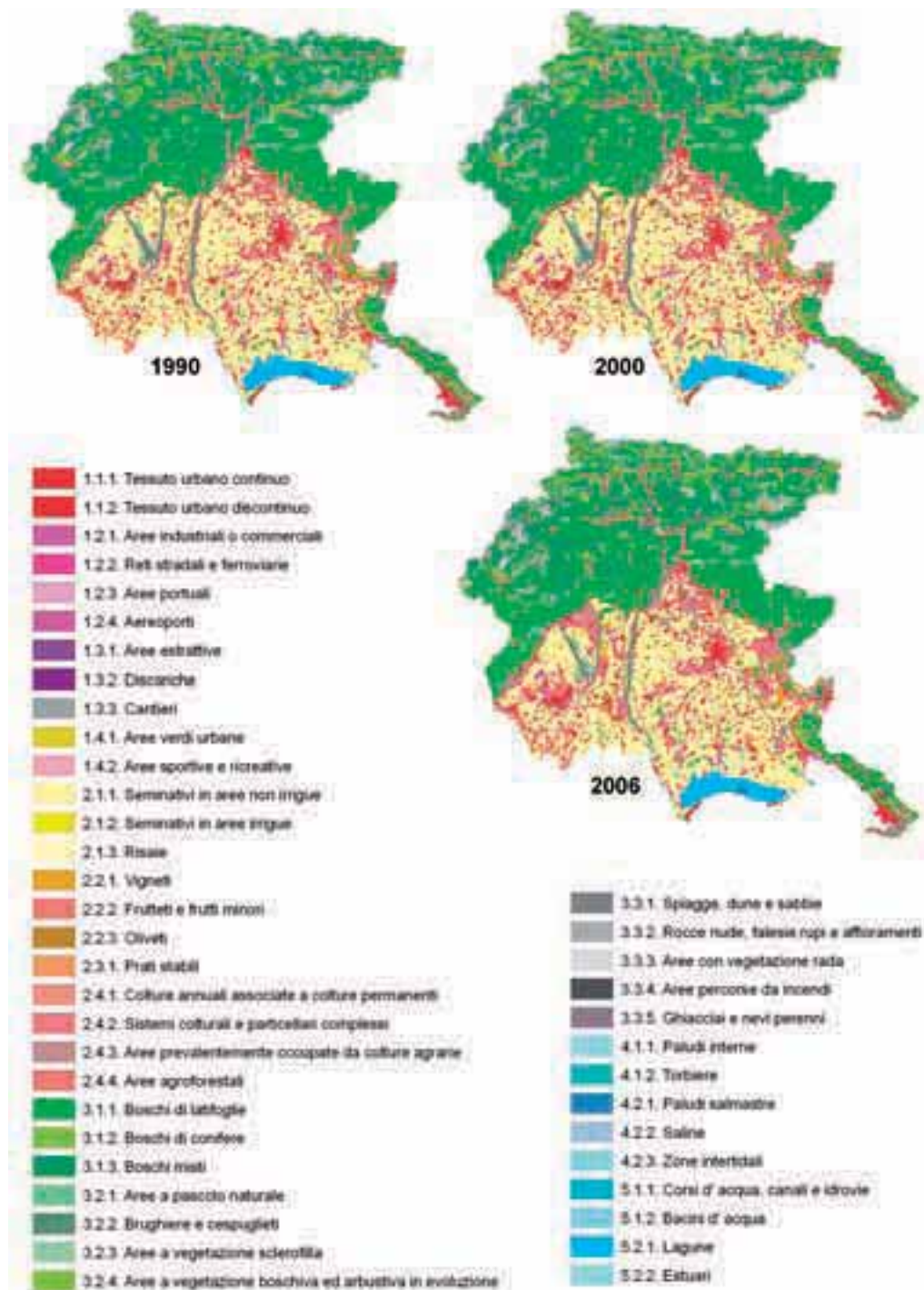
Per quanto riguarda le trasformazioni dell'uso del suolo in Italia tra il 2000 ed il 2006 viene utilizzato il database dei cambiamenti (CLCchanges2006). Questo prodotto dell'edizione 2006 del CLC è stato realizzato autonomamente e non derivato dalla intersezione delle coperture di uso/copertura del suolo degli anni 2000-2006. Per i cambiamenti, l'unità minima cartografabile è di 5 ettari. Questa scelta ha permesso di identificare, a differenza di quanto avvenuto precedentemente, anche quei cambiamenti compresi tra i 5 ed i 25 ettari non altrimenti rilevabili dall'intersezione delle cartografie di uso/copertura del suolo (Sambucini, 2010) (tab. 3).

Indicatore: Consumo di suolo - impermeabilizzazione

Il consumo di suolo causato dalla costruzione di nuove aree residenziali, industriali e commerciali nonché servizi, aree estrattive, strade, ferrovie eccetera, rappresenta un serio problema, sia a livello nazionale che europeo, che porta alla sigillatura (*Soil sealing*) o impermeabilizzazione dei suoli.

L'impermeabilizzazione compromette irrimediabilmente le funzioni biologiche del suolo. Si riduce la superficie disponibile per lo svolgimento delle funzioni del suolo, tra cui l'assorbimento di acqua piovana per l'infiltrazione – che porta all'aumento dei deflussi, con possibili inondazioni dagli effetti talvolta catastrofici – ed il filtraggio. Inoltre, il paesaggio appare frammentato, gli spazi vitali si restringono o sono troppo isolati per ospitare determinate specie, con la conseguente perdita di biodiversità, e la produzione agricola risulta inesorabilmente compromessa.

FIGURA 1. COPERTURA E USO DEL SUOLO IN FRIULI VENEZIA GIULIA PER IL 1990, IL 2000 E IL 2006.



Fonte: elaborazioni ARPA FVG su dati ISPRA (www.mais.sinanet.isprambiente.it).

TABELLA 1. VARIAZIONI DI USO/COPERTURA DEL SUOLO INTERCORSE TRA IL 1990 E IL 2000.

Cambiamenti		2000 (ettari)		
		1 - Aree artificiali	2 - Aree agricole	3 - Aree boscate
(1990) ettari	1 - Aree artificiali		0,0	0,0
	2 - Aree agricole	3.466,38		96,63
	3 - Aree boscate	316,75	36,60	
Totale		3.783,13	36,60	96,63

Fonte: ISPRA, 2010a.

TABELLA 2. VARIAZIONI DI USO/COPERTURA DEL SUOLO INTERCORSE TRA IL 2000 E IL 2006.

Cambiamenti		2006 (ettari)		
		1 - Aree artificiali	2 - Aree agricole	3 - Aree boscate
(2000) ettari	1 - Aree artificiali		29,06	66,86
	2 - Aree agricole	1.207,25		55,49
	3 - Aree boscate	47,92	39,36	
Totale		1.255,17	68,42	122,35

Fonte: elaborazioni ARPA FVG su dati CLCchange2006, ISPRA.

TABELLA 3. VARIAZIONI REGIONALI, IN km², DI USO/COPERTURA DEL SUOLO INTERCORSE TRA IL 2000 ED IL 2006.

	Aree artificiali	Aree agricole utilizzate	Aree boscate e ambienti seminaturali	Zone umide	Corpi idrici
Abruzzo	9,21	-8,31	-1,06	0	0,16
Basilicata	7,58	-6,77	-10,46	-1,27	10,91
Calabria	22,85	-12,73	-12,73	-0,41	3,03
Campania	19,65	-17,99	-1,65	-0,96	0,96
Emilia Romagna	53,37	-38,58	-18	-0,1	3,31
Friuli Venezia Giulia	11,85	-14,63	2,98	0	-0,2
Lazio	35,77	-33,54	-2,29	0	0,07
Liguria	1,67	-1,52	0	0	-0,14
Lombardia	62,52	-35,66	-26,04	-0,2	-0,62
Marche	19,78	-18,94	-0,85	0	0
Molise	3,87	-3,96	-0,03	-0,84	0,96
Piemonte	38,26	-27,37	-7,86	0	-3,03
Puglia	33,94	-30,02	-3,5	-1,99	1,56
Sardegna	16,38	-16,55	-10,44	0,18	10,42
Sicilia	17,46	-12,01	-7,36	-0,41	2,32
Toscana	40,61	-38,68	-3,26	0,11	1,22
Trentino Alto Adige	1,85	-1,02	-0,83	0	0
Umbria	6,81	-5,85	-0,96	0	0
Valle d'Aosta	0	0	0	0	0
Veneto	78,72	-78	-0,9	0	0,18

Fonte: Sambucini, 2010.

L'indicatore fornisce un quadro del consumo di suolo o impermeabilizzazione, causato dalla presenza e dall'evoluzione temporale delle aree artificiali (impermeabilizzate) nel territorio regionale. Essendo derivato dai dati del progetto CLC, sviluppato con metodologie riconosciute a livello internazionale e con i medesimi criteri per tutto il territorio dell'UE, permette di fare confronti con le altre regioni italiane (figg. 2-3) e con le aree confinanti (figg. 4-6).

La cartografia CLC è stata realizzata a livello europeo a scala 1:100.000 e con una minima unità cartografata pari a 25 ettari (per le banche dati CLC2006, CLC2000 e CLC90) e 5 ettari (per la banca dati dei cambiamenti CLCchange). A causa di tali caratteristiche, i dati riportati e riferiti all'urbanizzazione sono una *stima per difetto* che non tiene conto delle aree che occupano con continuità superfici inferiori a 25 ettari o che abbiano avuto un incremento negli anni inferiore ai 5 ettari come, ad esempio, le aree destinate ad infrastrutture o ad insediamento sparso (ISTAT, 2010). In ogni caso, come detto precedentemente, è comunque possibile produrre elaborazioni che mettano in evidenza i confronti significativi con le altre regioni italiane e con le aree confinanti.

Per quanto riguarda i confronti sullo stato del consumo di suolo tra il Friuli Venezia Giulia e le altre regioni italiane, dall'analisi della figura 1 emerge che la nostra regione, nel 2006, presentava una percentuale di aree artificiali o impermeabilizzate, rispetto alla superficie regionale, piuttosto rilevante per l'Italia (circa 7%), superata solo da Lombardia e Veneto. Mentre dalla figura 3 emerge che il Friuli Venezia Giulia è la regione italiana con più suolo urbanizzato pro-capite.

Il confronto, invece, con i territori confinanti di Veneto, Carinzia e Slovenia ovest mette in evidenza come Slovenia e Carinzia presentino una percentuale di aree artificiali minore sia rispetto al Veneto che al Friuli Venezia Giulia (fig. 4). La situazione cambia un po' se si considera l'estensione del suolo occupato da aree artificiali rispetto alla popolazione (figg. 5-6). In questo caso il valore più alto è presentato dalla Carinzia, che però ha anche un'elevatissima disponibilità pro-capite di aree boscate e seminaturali.

Principali cause del consumo di suolo

L'aumento del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo è in gran parte determinato da strategie di pianificazione del territorio che spesso, purtroppo, non tengono debitamente conto della perdita irreversibile di suolo, degli effetti ambientali collegati e della qualità della risorsa sacrificata (ISPRA, 2008).

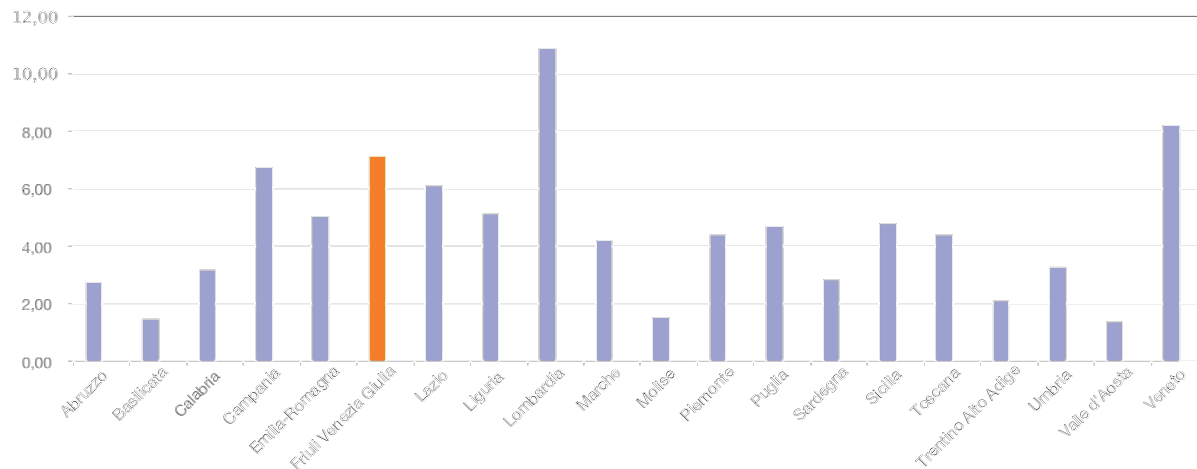
Le attuali dinamiche del processo insediativo e l'urbanizzazione diffusa (*sprawl urbano*), in assenza di una concreta gestione complessiva del patrimonio dei beni paesistici e ambientali, portano all'invasione di capannoni, di infrastrutture e di 'seconde case' e sono accompagnate dalla progressiva diminuzione della superficie dei suoli di elevata qualità e ad alto valore agricolo (particolarmente fertili).

L'agricoltura, a causa della debolezza strutturale, che si manifesta in modo ancora più evidente nelle aree di frangia urbana, non riesce ad essere un argine contro la 'voracità di suolo' degli altri settori economici e contro la richiesta di superfici per finalità residenziali e servizi.

Il fabbisogno abitativo, che in parte esiste, ha un ruolo meno determinante sul consumo di suolo e territorio rispetto ad altri fattori. In particolare:

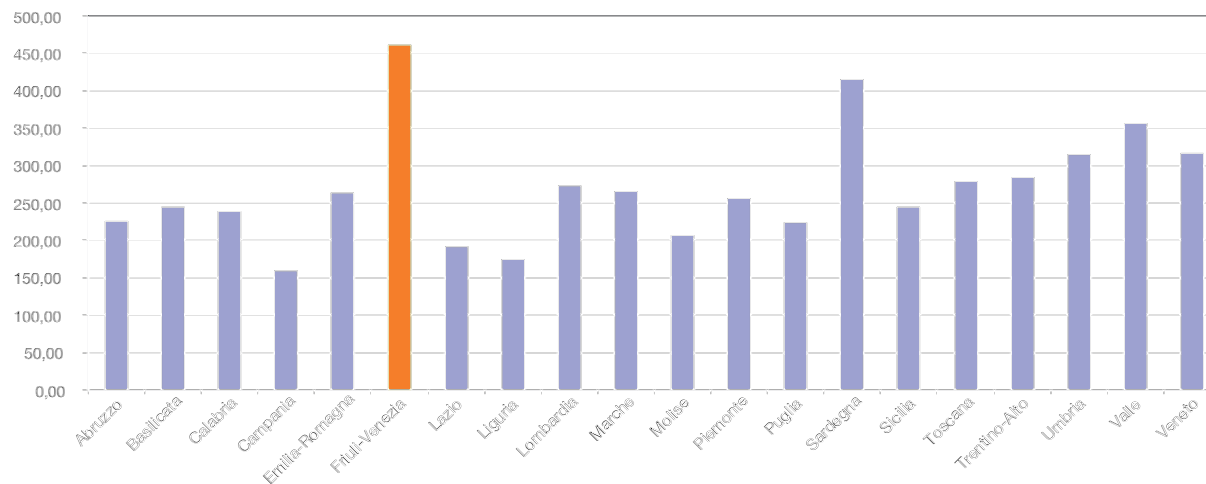
- il degrado dei principi di fiscalità urbana che avevano regolato gli equilibri pubblico-privato in Italia fino al 2004;
- gli strumenti urbanistici deregolatori come il PII o il recente piano casa;
- un clima culturale debole dove la questione ambientale è continuamente la 'cenerentola' delle questioni, l'ostacolo allo sviluppo.

FIGURA 2. SUPERFICIE IN m² DELLE 'AREE ARTIFICIALI' ESTRATTA DAL NUOVO CLC2006 RISPETTO ALLA SUPERFICIE REGIONALE (%).



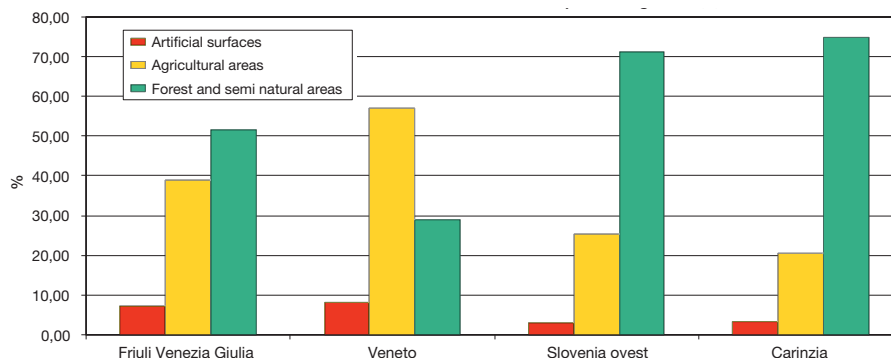
Fonte: elaborazioni ARPA FVG su dati ISPRA.

FIGURA 3. SUPERFICIE IN m² DELLE 'AREE ARTIFICIALI' ESTRATTA DAL NUOVO CLC2006 SUL TOTALE DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE AL 1 GENNAIO 2006 ESTRATTO DA ISTAT (m²/ab).



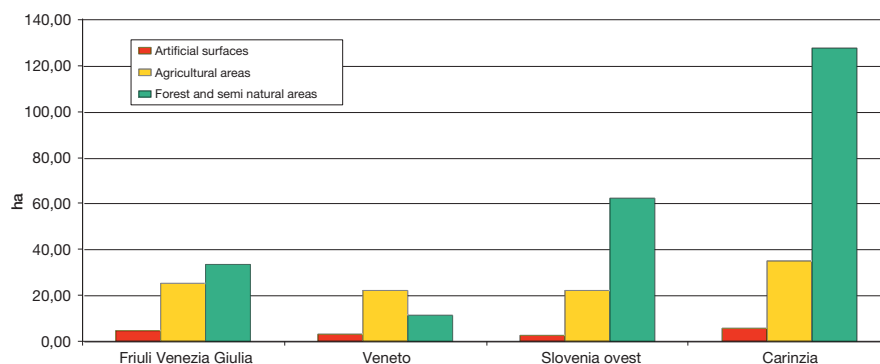
Fonte: elaborazioni ARPA FVG su dati ISPRA.

FIGURA 4. ESTENSIONE PERCENTUALE DELLE AREE ARTIFICIALI, DI QUELLE AGRICOLE E DELLE AREE BOScate O SEMI-NATURALI RISPETTO ALLA SUPERFICIE REGIONALE TOTALE. CLASSI DI USO DEL SUOLO SU SUPERFICIE REGIONALE (%).



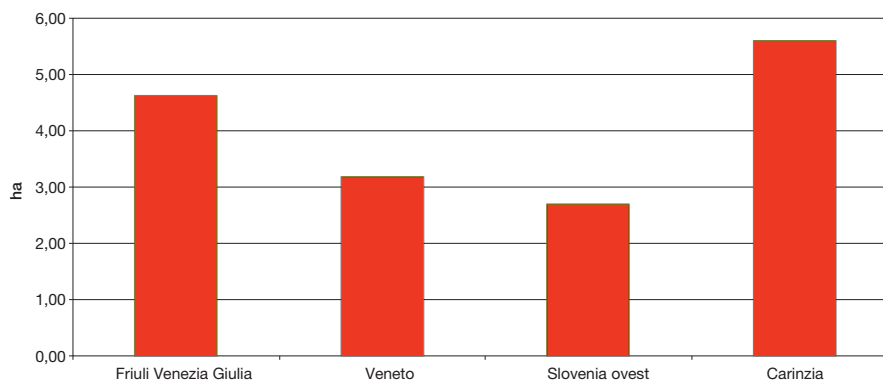
Fonte: elaborazioni ARPA FVG su dati CLC 2006 estratti da *Land accounts data viewer 2000-2006* (<http://dataservice.eea.europa.eu>).

FIGURA 5. ESTENSIONE IN ETTARI DELLE AREE ARTIFICIALI, DI QUELLE AGRICOLE E DELLE AREE BOScate O SEMI-NATURALI RISPETTO ALLA POPOLAZIONE RESIDENTE. CLASSI DI USO DEL SUOLO/POPOLAZIONE 2006 (ETTARI PER ABITANTE).



Fonte: elaborazioni ARPA FVG su dati CLC 2006 estratti da *Land accounts data viewer 2000-2006* (<http://dataservice.eea.europa.eu>) e su dati di popolazione di Eurostat estratti da *Population at 1st January by sex and age from 1990 onwards (demo_r_d2jan)* (<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu>).

FIGURA 6. ESTENSIONE IN ETTARI DELLE AREE ARTIFICIALI RISPETTO ALLA POPOLAZIONE RESIDENTE (ETTARI PER ABITANTE).



Fonte: elaborazioni ARPA FVG su dati CLC 2006 estratti da *Land accounts data viewer 2000-2006* (<http://dataservice.eea.europa.eu>) e su dati di popolazione di Eurostat estratti da *Population at 1st January by sex and age from 1990 onwards (demo_r_d2jan)* (<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu>).

I proventi derivanti dagli oneri di urbanizzazione e i contributi di costruzione sono divenuti la via più facile per fare fronte alla crisi della finanza pubblica locale, con una crescente attrazione dei Comuni verso lo sviluppo insediativo, allargatosi oltre le reali esigenze della domanda.

Tra questi, un peso relevantissimo è giocato dall'uso che i Comuni possono fare dei proventi derivanti dagli oneri di urbanizzazione ed i contributi di costruzione, che l'occupazione di suolo porta con sé. Sono rapidamente divenuti la via più facile per fare fronte alla crisi della finanza pubblica locale, con una sempre più fatale attrazione da parte dei Comuni verso lo sviluppo insediativo, spesso allargatosi al di là delle reali esigenze della domanda (ISTAT, 2010; Pileri, 2010).

Possibili azioni per contenere il consumo di suolo e prevenire l'impermeabilizzazione

Con le comunicazioni COM 2006/231 sulla 'Strategia tematica per la protezione del suolo e COM 2006/232 relativa alla Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo' la Commissione Europea ha dichiarato che il problema del consumo e del degrado del suolo impone un suo utilizzo più sostenibile. A tal fine gli Stati membri devono adottare misure opportune per limitare l'impermeabilizzazione o, per attenuarne gli effetti, qualora questa debba avvenire.

A livello nazionale però manca una legge che preveda limiti, o almeno un controllo, del consumo di suolo, sull'esempio di esperienze analoghe avviate in altri Paesi europei. Molto è lasciato nelle mani delle amministrazioni locali, che, tranne alcune, poche, eccezioni, non sentono purtroppo il bisogno di cambiare direzione né la responsabilità delle ricadute delle loro scelte sul patrimonio collettivo dell'ambiente, del suolo e dei beni paesistici e culturali. Una proposta di legge è stata presentata al Senato l'8 novembre 2006, con il titolo 'Principi fondamentali in materia di pianificazione del territorio'; tra gli obiettivi è indicato il contenimento dell'utilizzazione del territorio non urbanizzato, per realizzarvi nuovi insediamenti di tipo urbano o ampliamenti di quelli esistenti, ovvero nuovi elementi infrastrutturali (ISTAT, 2010).

Dal punto di vista tecnico-conoscitivo, nel corso degli ultimi anni, al fine di valutare le complesse dinamiche di utilizzo del territorio, sono state impiegate alcune tecniche e strumenti di lettura di processi spaziali e di analisi geografica.

A livello europeo sono state condotte diverse iniziative finalizzate alla valutazione dell'urbanizzazione e dell'impermeabilizzazione del territorio a diverse scale nell'ambito del programma *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES) o del progetto CLC.

Anche a livello nazionale e regionale sono state sperimentate metodologie basate su telerilevamento o fotointerpretazione allo scopo di derivare carte tematiche e banche dati relative alla copertura del suolo ed all'individuazione di aree urbanizzate (ISPRA, 2008).

Per l'analisi del consumo di suolo in Friuli Venezia Giulia sono disponibili i dati del progetto europeo 'MOLAND-FVG - Consumo ed uso del territorio del Friuli Venezia Giulia', avviato nel 1998 dal Centro Comune di Ricerca (CCR) della Commissione Europea, nel quale sono state sviluppate le mappe di uso e copertura del suolo per gli anni 1950, 1970, 1980 e 2000. Purtroppo, a differenza del progetto CLC, i dati si fermano appunto al 2000.

Per tentare di arginare il problema dell'impermeabilizzazione e del consumo di suolo uno studio della Commissione europea (EU, 2011) propone una soluzione articolata su tre livelli:

1. *prevenire* l'impermeabilizzazione del suolo tramite dei principi base che devono essere implementati a livello politico, tra i quali compaiono:



- l'inserimento del principio dello sviluppo sostenibile nella pianificazione territoriale;
 - la definizione di un obiettivo realistico di consumo di suolo a livello nazionale e regionale;
 - la ridefinizione dei sussidi che incentivano indirettamente l'impermeabilizzazione (ad esempio, gli impianti fotovoltaici su suolo agricolo fertile);
 - l'incentivazione al recupero di siti abbandonati e/o contaminati (i cosiddetti *brownfields*) ed al riutilizzo di aree già edificate (ad esempio, ristrutturazioni edilizie);
 - l'applicazione di restrizioni alle edificazioni su suoli agricoli ed in contesti paesaggistici di pregio.
2. *limitare* le conseguenze laddove l'impermeabilizzazione non può essere evitata, ad esempio attraverso:
- processi di pianificazione che indirizzino le nuove edificazioni su suoli di minor pregio;
 - sostituendo l'asfalto o il cemento con superfici permeabili (ad esempio, nei parcheggi) e costruendo 'tetti verdi';

3. *compensare* le perdite di suolo e la frammentazione del paesaggio attuando misure di recupero in altre aree, che possono concretizzarsi sotto forma di corrispettivi economici, oppure con una riqualificazione di terreni già impermeabilizzati.

Oltre a questo, l'Europa, rimarca l'importanza dell'utilizzo degli strumenti della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) e della Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA) per la valutazione di programmi e progetti che possono avere un impatto sulla risorsa suolo (EEA, 2010).

Infine, poiché attualmente a scala nazionale non esiste una misura certa sull'uso del suolo, che il governo del territorio possa utilizzare per guidare le proprie decisioni, sarebbe opportuno condividere e rendere esplicite le modalità di analisi e valutazione del fenomeno, i metodi, gli indicatori e le procedure di elaborazione dei dati per evitare risultati non in grado di rappresentare efficacemente il fenomeno e per garantire una possibilità di comparazione nel tempo e tra ambiti territoriali diversi (ISTAT, 2010).

STRUTTURA DELL'INDICATORE

NOME	Consumo di suolo (impermeabilizzazione)
DPSIR	Pressione
UNITÀ DI MISURA	%, m ² , ettari
FONTE	ISPRA, ISTAT, EU, EUROSTAT, EEA
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regionale, provinciale
COPERTURA TEMPORALE DATI	2000, 2006

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

DEC 1600/2002/CE	Decisione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 luglio 2002 che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente
COM 2006/231	Strategia tematica per la protezione del suolo
COM 2006/232	Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la direttiva 2004/35/CE

GLOSSARIO

CLC (CORINE Land Cover). Progetto nato a livello europeo per il rilevamento ed il monitoraggio delle caratteristiche di copertura ed uso del territorio, con particolare attenzione alle esigenze di tutela. La prima realizzazione del progetto CLC risale al 1990 (CLC90), mentre gli aggiornamenti successivi si riferiscono all'anno 2000 (CLC00) e all'anno 2006 (CLC2006). L'unità minima cartografata è pari a 25.

GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Programma firmato nel 2001 che rappresenta un'iniziativa comune europea (Commissione europea ed Agenzia Spaziale Europea [ESA]) sul monitoraggio globale, basato su dati satellitari. L'obiettivo principale è quello di fornire servizi precisi ed affidabili riguardanti gli aspetti ambientali e di sicurezza a supporto delle esigenze delle politiche pubbliche europee. Tra i servizi o progetti previsti si può citare: Soil-SAGE, che fornisce informazioni sul consumo di suolo

ed il grado d'impermeabilizzazione; GUS (Gmes Urban Services), che produce mappe relative all'uso del suolo, al controllo dello sviluppo urbano e dell'impermeabilizzazione dei suoli (www.gmes.info).

Sprawl urbano. Diffusione e dispersione insediativa accompagnate ad un uso sempre più estensivo dello spazio, alla perdita dei confini della città, alla progressiva formazione di un magma di costruzioni, infrastrutture e aree agricole relitte.

VAS (Valutazione Ambientale Strategica). È un processo sistematico che ha la finalità di garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente e contribuire all'integrazione di considerazioni ambientali all'atto dell'elaborazione, dell'adozione e approvazione di piani e programmi assicurando che siano coerenti e contribuiscano alle condizioni per uno sviluppo sostenibile.

BIBLIOGRAFIA

- Acutis M. (2010), *Produttività dei suoli e sicurezza alimentare: conservare il suolo, nutrire il pianeta*, Paper presentato al meeting interdisciplinare 'Terra. Conservare le superfici, tutelare la risorsa: il suolo, un bene comune', Milano, 22 aprile 2010.
- Casiraghi M. (2010), *Consumo di suolo e perdita di biodiversità*, Paper presentato al meeting interdisciplinare 'Terra. Conservare le superfici, tutelare la risorsa: il suolo, un bene comune', Milano, 22 aprile 2010.
- EEA (2010), *The European environment. State and outlook 2010: land use*.
- EU (2002), *Decisione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 luglio 2002 che istituisce il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente*, DEC 1600/2002/CE.
- EU (2006a), *Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la direttiva 2004/35/CE*, COM(2006) 232.
- EU (2006b), *Strategia tematica per la protezione del suolo*, COM(2006) 231.
- EU (2011), *Overview of best practices for limiting soil sealing or mitigating its effects in EU-27*, European Commission, DG Environment, Final Report, 2011.
- ISPRA (2008), *Valutazione della sostenibilità ambientale ed integrazione di dati ambientali e territoriali*, Rapporto 82/2008.
- ISPRA (2010a), *Analisi conclusive relative alla cartografia Corine Land Cover 2000*, Rapporto 130/2010.
- ISPRA (2010b), *Annuario dei dati ambientali*.
- ISTAT (2010), *Le interrelazioni del settore agricolo con l'ambiente*, in «Temi di ricerca - Argomenti», 39, 47-64.
- Lavalle C. (2010), *Usi del suolo e cambiamenti climatici*, Paper presentato al meeting interdisciplinare 'Terra. Conservare le superfici, tutelare la risorsa: il suolo, un bene comune', Milano, 22 aprile 2010.
- Pileri P. (2010), *Evoluzione del consumo di suolo e dei bisogni insediativi*, Paper presentato al meeting interdisciplinare 'Terra. Conservare le superfici, tutelare la risorsa: il suolo, un bene comune', Milano, 22 aprile 2010.
- Sambucini V., Marinosci I., Bonora N. (2010), *Analisi dei cambiamenti della copertura ed uso del suolo in Italia nel periodo 2000-2006*, ISPRA, 12-13.



05

Appfondimenti



EFFETTI DELLE ATTIVITÀ UMANE SULLA SALUTE

Fulvio Daris
ARPA FVG
Dipartimento
territoriale
provinciale
di Pordenone

I cambiamenti climatici

Le modificazioni climatiche a cui stiamo assistendo sono attribuibili in larga misura alle attività umane che producono emissioni di gas serra. Secondo l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) il riscaldamento globale è riconducibile ad alcuni principali agenti inquinanti di origine antropica: il biossido di carbonio (CO₂), che deriva dalla combustione di carburanti fossili per il riscaldamento e la produzione di elettricità; il metano, legato alle attività agricole, l'allevamento di bestiame e la combustione di carburanti

fossili e il monossido di azoto, la cui principale fonte di emissione è legata ai fertilizzanti usati nell'agricoltura intensiva. Per quanto riguarda l'Europa, gli scenari climatici prevedono un riscaldamento maggiore delle regioni settentrionali durante l'inverno e di quelle centro-meridionali durante l'estate. È previsto un incremento della media annuale delle precipitazioni nel settentrione, con un aumento delle inondazioni nelle aree costiere e un decremento delle precipitazioni nelle regioni meridionali.

Condizioni climatiche più calde e periodi di siccità prolungati, diventeranno sempre più frequenti, con un aumento del rischio di incendi, in particolare nelle aree mediterranee. È atteso inoltre un declino dei bacini idrici dell'Europa, più marcato nelle regioni mediterranee. Gli impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi biologici dipendono dalla loro vulnerabilità, che è funzione del tipo e della grandezza dei cambiamenti climatici a cui i sistemi sono esposti, della loro suscettibilità e della loro capacità di adattamento.

I cambiamenti climatici sono responsabili con alta probabilità di:

- variazioni di neve, ghiaccio e terreno ghiacciato, con conseguenti modifiche in alcuni ecosistemi artici e antartici;
- effetti sui sistemi idrologici, quale il riscaldamento di laghi e fiumi di molte regioni, con effetti sulla qualità delle acque interne;
- mutamenti dei sistemi biologici terrestri, quali l'anticipo degli eventi primaverili come la fioritura, la migrazione degli uccelli e la deposizione delle uova;
- alterazione dei sistemi biologici marini e acquatici associati a un aumento delle temperature dell'acqua.

In Europa la riduzione delle aree costiere causata dall'aumento del livello del mare avrà conseguenze sull'habitat di diverse specie che si riproducono o si nutrono in queste aree. Una grande percentuale della flora europea diventerà vulnerabile, in pericolo o destinata all'estinzione, come la vegetazione della tundra e delle Alpi. Per quanto riguarda le attività umane, aumenterà il fabbisogno idrico agricolo

nelle regioni meridionali, con incremento del rilascio nel suolo dei nitrati usati come fertilizzanti. Diversi studi hanno evidenziato che i sistemi naturali stanno già risentendo dei cambiamenti climatici, in particolare degli aumenti della temperatura. Tuttavia la loro intensità sarà eterogenea e alcune regioni saranno più colpite di altre, così come eterogeneo sarà l'impatto in termini ambientali e socioeconomici. Relativamente alla salute umana le variazioni climatiche stanno già producendo i loro effetti contribuendo al carico globale di malattie e decessi prematuri. Principalmente vanno ricordati:

- effetti del caldo e delle ondate di calore sulla salute, in particolare in alcuni sottogruppi di popolazione a maggior rischio (anziani, persone affette da malattie croniche, persone di basso livello socioeconomico o con condizioni abitative disagiate); aumento della popolazione suscettibile a causa dell'invecchiamento della popolazione;
- aumento dei decessi e delle malattie causate dagli eventi climatici estremi quali precipitazioni intense, inondazioni, uragani, incendi e siccità;
- anticipazione della stagione dei pollini nell'emisfero Nord, con concomitante incremento delle malattie allergiche causate dai pollini;
- aumento del numero di decessi e patologie attribuibili agli inquinanti;
- cambiamenti nella distribuzione spaziale, nell'intensità e stagionalità delle epidemie di malattie infettive (ad esempio, la meningite da meningococco) e delle malattie trasmesse da vettori (ad esempio, la malaria e la Dengue);
- aumento di tossinfezioni alimentari (ad esempio, la salmonellosi) e di tossine prodotte dall'aumento di 'fioriture' di alghe;
- aggravamento della malnutrizione della popolazione nei Paesi in via di sviluppo a causa dell'aumento della siccità e del decremento dei raccolti agricoli;
- maggiore vulnerabilità delle popolazioni che vivono nelle zone costiere a bassa altitudine a causa dell'infiltrazione di acqua salata nelle riserve di acqua dolce, di allagamenti con conseguenti spostamenti delle popolazioni, in particolare nelle regioni densamente abitate (ad esempio, in Bangladesh);
- maggiore vulnerabilità delle comunità che vivono nell'Artico a causa dei cambiamenti nella dieta legati alla migrazione e distribuzione degli animali, per il possibile incremento nella concentrazione di metilmercurio nei pesci e nei mammiferi marini con conseguente passaggio all'uomo.

In futuro, tenderanno ad amplificarsi i contrasti già esistenti in tema di disuguaglianze di salute all'interno di una stessa popolazione. Ci si attende, inoltre, che le emissioni di gas serra prodotte dai Paesi più ricchi avranno conseguenze più gravi in termini di impatto sulla salute nei Paesi più poveri. Si ritiene infatti che l'Africa sarà il continente più vulnerabile: l'innalzamento delle temperature sarà associato a un decremento dei raccolti agricoli, con il conseguente aggravamento della malnutrizione della popolazione. La crescente siccità, insieme all'aumento demografico della popolazione, esaspereranno la scarsità di risorse idriche. Alcune previsioni indicano che per le popolazioni africane la perdita in anni di vita, come conseguenza dei cambiamenti ambientali, sarà 500 volte quella attesa per le popolazioni europee.

Gli interventi di sanità pubblica per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici sono programmati oggi in condizioni di grande incertezza degli effetti attesi. Il ruolo della ricerca epidemiologica dovrà essere quello di produrre sempre maggiori prove dell'associazione tra esposizione a fattori climatici ed effetti sulla salute, analizzando gli ambiti ancora poco esplorati e identificando, all'interno di una popolazione, la quota di soggetti più vulnerabili. Inoltre, parte della ricerca dovrà utilizzare modelli complessi in grado di chiarire quale sarà l'impatto sulla salute di scenari climatici futuri, riducendo il grado

di incertezza. La risposta immediata per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici è quella dell'adattamento. Sistemi di allarme per prevedere in anticipo l'arrivo di condizioni di pericolo per la salute della popolazione, programmi di prevenzione mirati ai sottogruppi di popolazione a maggior rischio, una più vasta diffusione della climatizzazione nei luoghi pubblici e nelle abitazioni sono per esempio le risposte di adattamento messe in atto dalla maggior parte dei Paesi europei dopo l'ondata di calore del 2003. Tuttavia alcuni interventi di adattamento, come incentivare l'uso di aria condizionata nelle abitazioni, sono destinati a lungo termine ad aumentare il consumo energetico e le emissioni di CO₂ e ad accentuare le disuguaglianze nella salute della popolazione.

Un ruolo rilevante dovrà essere svolto dalla comunità scientifica e dagli operatori sanitari che hanno il compito di comunicare ai decisori politici gli interventi da adottare e sulla loro efficacia e di informare la popolazione su comportamenti e stili di vita da modificare. L'urgenza di avviare nuovi programmi di ricerca e strategie politiche innovative è proporzionale alla portata degli effetti dei cambiamenti climatici. Le sfide che si aprono coinvolgono la qualità igienico-sanitaria degli alimenti, così come la salute di piante e animali poiché i mutamenti climatici hanno le loro maggiori implicazioni nella produzione alimentare. Per garantire la disponibilità di cibo e acqua è necessario capire gli effetti del clima su ogni anello della catena alimentare e saper farvi fronte con un approccio multidisciplinare. Resta pertanto l'urgenza di un'azione forte e coordinata della comunità internazionale per ridurre il contributo antropico ai cambiamenti climatici migliorando l'efficienza degli usi energetici e aumentando il ricorso alle fonti energetiche rinnovabili.

Le acque potabili e superficiali

L'acqua rappresenta una necessità primaria per la vita dell'uomo. Tutte le acque naturali (acque meteoriche, acque superficiali e acque sotterranee) si possono considerare da un punto di vista strettamente fisico-chimico come delle soluzioni diluite di elettroliti che nel loro percorso attraverso il suolo e l'atmosfera si arricchiscono di gas, minerali, sali, raggiungendo un equilibrio caratteristico per ogni tipo di substrato e falda acquifera attraversati.

L'importanza di poter avere a disposizione e di poter bere acqua qualitativamente idonea ha sempre accompagnato la cultura e le conoscenze empiriche di tutte le grandi civiltà, sebbene le basi scientifiche della relazione tra acqua e salute possono essere considerate relativamente recenti in quanto risalgono al XIX secolo con la divulgazione degli studi dei padri della microbiologia.

Oggi, solo eccezionalmente, nei Paesi con buon livello di vita, si verificano grandi epidemie di origine idrica. Tuttavia, la morbosità dovuta alle malattie infettive idrotrasmissibili permane ancora elevata nel mondo: febbri tifoidi o paratifoidi, salmonellosi, shigellosi, leptospirosi, epatiti virali possono manifestarsi ovunque, anche se non a carattere esplosivo e ad alta mortalità.

Per essere utilizzata a scopo alimentare, l'acqua deve possedere caratteristiche che la definiscano 'potabile': essere cioè incolore, insapore, inodore, priva di particelle sospese, chimicamente pura (priva di sostanze tossiche in quantità nocive per l'organismo) e batteriologicamente pura (priva di batteri patogeni).

Le malattie microbiologiche correlate all'acqua sono comunemente classificate:

- *water borne*: causate direttamente dall'ingestione di acqua contaminata da virus, batteri o parassiti come il colera, l'epatite A, il tifo e l'amebiasi;
- *water washed*: determinate dalla scarsa igiene personale e dal contatto della pelle e delle mucose con acqua contaminata, come il tracoma e la scabbia;
- *water based*: legate a parassiti che hanno come ospite intermedio degli organismi che vivono nell'acqua, come la shistosomiasi;

- *water related*: causate da agenti infettivi che hanno dei vettori che trovano nell'acqua un elemento insostituibile del loro ciclo vitale, come la malaria.

Per quanto riguarda le problematiche sanitarie legate alle caratteristiche chimiche dell'acqua è piuttosto remota la possibilità di intossicazioni acute mentre hanno un grandissimo rilievo gli aspetti legati all'assunzione cronica di sostanze con attività tossica e/o cancerogena quali i metalli pesanti (mercurio, cadmio, piombo, arsenico), gas (cloro, ammoniaca), sostanze nutrienti (nitrati e fosfati), rifiuti tossici organici (formaldeide, fenoli), acidi e alcali, anioni (cianuro), pesticidi, radionuclidi e molti altri. Alcune di queste criticità sono strettamente correlate all'utilizzo dell'acqua come alimento e quindi al concetto di 'acqua potabile', sebbene risultino evidenti le interconnessioni con le problematiche ambientali in generale e quindi l'importanza di un corretto trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi e delle acque reflue, sia civili che industriali, per tutelare l'acqua presente nell'ambiente.

Attualmente nel mondo circa 1 miliardo di persone non hanno ancora accesso all'acqua pulita e circa 2,5 miliardi di persone vivono in assenza di impianti fognari adeguati; purtroppo questi numeri sono in costante aumento ed in assenza di adeguati interventi sono destinati a raddoppiare entro il 2025.

Nei Paesi in via di sviluppo il 90% delle acque di scarico e il 70% delle scorie industriali sono scaricate nelle acque senza alcun trattamento, andando ad inquinare i corpi idrici superficiali e le falde sotterranee; ogni giorno nel mondo muoiono 6.000 bambini per dissenteria e per altre malattie correlate all'ingestione di acque contaminate ed in generale il 19% delle malattie infettive è dovuta alla scarsità di acqua potabile. Nei Paesi in via di sviluppo più di 2 milioni di persone, in maggioranza bambini, muoiono ogni anno per malattie la cui insorgenza è associabile alla mancanza di acqua potabile, alla scarsa igiene per carenza di acqua pulita e per l'inadeguatezza degli impianti fognari.

L'entità di questi numeri richiede degli sforzi strategici, organizzativi ed economici enormi, non a caso negli ultimi anni si è assistito all'elaborazione di alcune strategie politiche a livello mondiale sull'acqua e sono stati creati organismi e progetti di respiro globalizzante come il World Water Assessment Programme (WWAP) coordinato dalle Nazioni Unite, l'Intergovernmental Scientific Cooperative Programme in Hydrology and Water Resources (IHP) coordinato dall'Unesco e il World Water Council. L'acqua è al secondo posto nell'elenco dei diritti umani, preceduta solo dalla pace.

Una gestione sostenibile ed attenta delle risorse idriche con particolare attenzione alla qualità delle acque risulta pertanto di fondamentale importanza per la prevenzione delle malattie microbiologiche acute e di quelle cronico-degenerative e per la vita stessa dell'uomo.

Si sottolinea inoltre la necessità di integrare le problematiche ambientali legate alla salute con quelle volte alla salvaguardia della risorsa idrica e l'interconnessione tra ambiente e salute, valorizzando l'approccio metodologico interdisciplinare delle strutture operative professionali, volte alla tutela ambientale e al controllo della qualità delle acque potabili.

La risorsa idrica, per i suoi risvolti e in particolare per le sue ripercussioni sulla salute pubblica, rappresenta un interesse collettivo ed è un diritto e un dovere di tutti far sì che sia adeguatamente salvaguardata e tutelata; il punto di vista più corretto per garantire la salvaguardia dei suoi aspetti qualitativi e quantitativi è quello di una visione integrata dei problemi in termini, ad esempio, di un suo corretto utilizzo, di un'oculata gestione del territorio, di un adeguato smaltimento dei rifiuti solidi e dei liquami fognari, civili ed industriali. L'approccio conseguente è di un'efficace integrazione delle strutture operative che devono affrontare i problemi, a livello nazionale e mondiale, attraverso la metodologia della progettazione per obiettivi con una pianificazione, programmazione, esecuzione e verifica degli interventi con indicatori di efficienza, di efficacia e di aspettativa in termini di salute.

L'elettromagnetismo

L'utilizzo crescente delle nuove tecnologie che sta caratterizzando gli ultimi decenni, ha determinato un aumento esponenziale sul territorio di sorgenti di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico e reso di estrema attualità la problematica delle conseguenze connesse all'esposizione dell'uomo a tali radiazioni.

Sebbene nella moderna società i potenziali effetti negativi sulla salute umana siano legati a forme di inquinamento ambientale numerose e assolutamente diversificate, nei confronti dei campi elettromagnetici sussiste un particolare allarmismo generato, verosimilmente, dal fatto che le indagini epidemiologiche ad oggi effettuate e concluse, hanno evidenziato risultati tutt'altro che univoci ed anzi, in taluni casi contraddittori.

La problematica sorge in quanto gli apparecchi elettrici producono onde elettromagnetiche ed ogni onda è caratterizzata da una particolare frequenza che viene misurata in Hertz (Hz). A partire da una certa frequenza le onde sono dette ionizzanti ed a queste frequenze possono alterare o danneggiare le cellule umane (raggi X, sostanze radioattive ecc.); a frequenze più basse si trovano le onde non ionizzanti, emesse da cellulari, elettrodomestici, antenne, ripetitori radio televisivi ecc. che di per sé non danneggiano la struttura della materia ma possono produrre, in relazione a frequenza ed intensità delle onde ed eventuali sinergie con altri fattori inquinanti, effetti diversi.

Nel campo della protezione dai campi elettromagnetici non ionizzanti si riscontra spesso un uso improprio, e forse talvolta voluto, dei termini interazione, effetto biologico e danno. È importante sottolineare che non necessariamente l'interazione di un'onda elettromagnetica con la materia vivente, pur perturbandone il suo stato di equilibrio, provoca un effetto biologico, e quest'ultimo non necessariamente determina un effetto sanitario. Secondo quanto definito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) si verifica:

- un effetto biologico quando l'esposizione alle onde elettromagnetiche provoca qualche variazione fisiologica notevole o rilevabile in un sistema biologico;
- un danno alla salute quando l'effetto biologico è al di fuori dell'intervallo in cui l'organismo può normalmente compensarlo, e ciò porta a qualche condizione di detrimento della salute.

I livelli presenti nell'ambiente in genere sono tali da non provocare nella popolazione esposta alle frequenze ELF (*Extremely Low Frequency*) – quelle correlate alla fornitura dell'energia elettrica – effetti diretti acuti, quali l'elettrostimolazione dei tessuti nervosi, o il riscaldamento dei tessuti generato dall'esposizione alle radiofrequenze.

Un'altra distinzione fondamentale da fare nel settore degli effetti biologici è quella relativa agli effetti immediati di natura acuta e deterministica (effetto con presenza di soglia) e quelli stocastici o a lungo termine, senza presenza di soglia (classico esempio l'insorgenza del cancro).

È evidente l'importanza di questa classificazione, in quanto, nel caso ci sia un effetto che si manifesta soltanto se si superano certi valori dell'entità fisica che li determina (valore di soglia), la protezione dallo stesso effetto è molto semplice, dal momento che basta limitare l'esposizione.

Nel caso invece di effetti stocastici l'assenza di un valore, sia pur minimo e al di sotto del quale l'effetto non si manifesta, fa sì che comunque si riduca il livello di esposizione, ma non si elimina la probabilità di accadimento dell'effetto stesso, che si annulla soltanto eliminando totalmente la causa.

Questo crea non pochi problemi nel settore protezionistico, in quanto si richiedono delle scelte di tipo politico ed amministrativo, basate sia sui risultati scientifici disponibili sia su valutazioni di natura economica e sociale e di livello di accettabilità del rischio. Nel settore delle onde elettromagnetiche non ionizzanti si ha certezza scientifica sugli effetti di natura deterministica, dovuti all'esposizione

elettromagnetica in ogni *range* di frequenza, ma non si hanno purtroppo dati certi sugli effetti di natura stocastica ed a lungo termine, almeno nel settore delle basse frequenze.

Alcuni ricercatori hanno segnalato altri effetti sul corpo dovuti a esposizioni a campi a radiofrequenza (RF) di bassa intensità presenti negli ambienti di vita. Tuttavia, questi effetti non sono stati confermati da altri studi di laboratorio, oppure le loro implicazioni per la salute sono sconosciute. Comunque, questi studi hanno destato notevoli preoccupazioni in relazione ad un aumento del rischio di cancro. Ma le attuali evidenze scientifiche, così come affermato dalla OMS, indicano come improbabile che i campi RF inducano o promuovano tumori.

Un effetto sicuramente accertato è l'interferenza elettromagnetica presentata dai campi RF. In particolare, questo è stato provato per i telefoni mobili, come molti altri dispositivi elettronici di uso comune, che possono provocare interferenze elettromagnetiche in altri apparati elettrici. Si deve quindi prestare molta attenzione quando si usano telefoni mobili in prossimità di dispositivi elettromedicali sensibili, utilizzati in unità ospedaliere di terapia intensiva. I telefoni mobili possono, in rari casi, provocare anche interferenze in altri apparati medicali, come i *pacemaker* cardiaci e gli apparecchi acustici.

In conclusione, si può sicuramente affermare che, in attesa di risposte più certe e numerose che potrebbero derivare da studi specifici di epidemiologia ambientale, conviene cautelarsi.

Come insegna l'esperienza, se il principio di precauzione fosse stato adottato anche per altre criticità ambientali (si pensi ad esempio all'amianto), si sarebbero ridotti enormemente rischi e problemi per l'ambiente e per l'uomo.

Il rumore

Il costante incremento delle attività antropiche ha determinato un rilevante aumento dei livelli di rumore ambientale, sia *indoor* che *outdoor*, la cui evidenza si manifesta con la continua sensazione di fastidio percepito dalla popolazione esposta e che viene evidenziata dai sempre più frequenti reclami che vengono inoltrati agli organi di controllo preposti.

Ma esistono anche ampie e documentate evidenze che non si tratta solamente di un semplice problema di fastidio: livelli elevati di rumore producono effetti avversi sulla comunicazione, sul sonno, sull'umore, sulle capacità di apprendimento a scuola dei bambini, sulla diminuzione dell'udito e sull'apparato cardiovascolare con patologie che diventano via via più gravi a seguito di tempi e livelli di esposizione crescenti.

Proprio per tali motivazioni l'Organizzazione Mondiale della Sanità e l'Unione Europea hanno definito dei valori guida specifici per ambienti diversi per limitare possibili effetti sulla salute.

A titolo esemplificativo, si riportano alcuni valori di riferimento: nelle stanze da letto, al fine di evitare disturbi del sonno, i valori suggeriti vanno da 30 dB LAeq fino ad un massimo di 45 dB LAm_{ax}; nelle aule scolastiche, durante le lezioni, per una corretta comprensione delle singole parole, il valore indicato è di 35 dB LAeq; nelle abitazioni civili, nelle terrazze ed esterni, per evitare grave molestia nella gran parte delle persone il livello di rumore ritenuto accettabile è di 55 dB LAeq.

È ragionevole ritenere che una significativa frazione della popolazione europea, sicuramente superiore al 50%, sia in realtà esposta a livelli di rumore di gran lunga superiori a quelli sopra indicati e verosimilmente compresi tra 55 e 65 dB LAeq, fascia alla quale vengono associati sensazioni di fastidio o malessere, difficoltà temporanea alla conversazione, disturbi del sonno.

Tra i diversi interventi per contenere il fenomeno si possono ricordare l'utilizzo di asfalti fonoassorbenti, la dotazione per gli autoveicoli di pneumatici a basse emissioni acustiche, velocità ridotte nei centri abitati anche mediante l'utilizzo di dissuasori nelle arterie ad elevato flusso di traffico, controlli

da parte degli organi di Polizia locale in caso di marmitte ritenute fuori norma, in particolare per motocicli e motorini, né va dimenticata l'adozione di tecniche di isolamento acustico nella costruzione e nella progettazione degli edifici.

Oltre a questi interventi, a valenza sostanzialmente preventiva, si ritiene comunque opportuno che gli stessi vengano accompagnati da indagini fonometriche per il monitoraggio dell'esposizione umana. Dati ambientali così acquisiti, unitamente agli effetti sanitari associati, devono essere presentati in formato chiaro e comprensibile sia ai decisori politici che alla popolazione attraverso idonee campagne di diffusione dell'informazione.

I rifiuti

La presenza di rifiuti è stata spesso indicata come un importante fattore di rischio per la salute della popolazione. Si tratta di un motivo ricorrente, universale, legato al termine stesso di 'rifiuto', che rinvia a qualcosa a noi estraneo e probabilmente dannoso.

Sono numerosi i rifiuti urbani e speciali che, se non correttamente smaltiti, possono pesantemente alterare le matrici ambientali e, quindi, la qualità dell'ambiente in cui viviamo. Ad esempio gli acidi delle batterie, gli oli ed i percolati di matrice organica, se dispersi nell'ambiente possono alterare le caratteristiche fisico-chimiche e la capacità di drenaggio dei suoli, oltre che inquinare pesantemente le acque superficiali e di falda penetrando nella catena trofica e danneggiando rapidamente interi ecosistemi. I rifiuti ingombranti, come elettrodomestici, televisori e frigoriferi possono dare origine a fenomeni d'inquinamento da metalli pesanti.

Da uno studio pilota condotto a partire dal 2005 in alcune zone della regione Campania dalla Protezione civile, l'Istituto superiore di sanità, il CNR, l'OMS, l'ARPA Campania e l'ESA, sono emerse alcune criticità sanitarie significative per le province maggiormente interessate dal fenomeno dello smaltimento abusivo dei rifiuti. In particolare, negli otto Comuni a maggiore esposizione, si è rilevata un'impennata dei tassi di mortalità generale pari al 12% per le donne ed al 9% per gli uomini; nello stesso gruppo di otto Comuni è emerso inoltre un aumento del rischio di malformazioni congenite dell'apparato uro-genitale e del sistema nervoso che supera l'80%. Anche la mortalità per tumori è risultata positivamente correlata al rischio ambientale; tra le varie cause analizzate è emersa con particolare rilievo la mortalità per tumore al fegato e ai dotti biliari (+ 19% negli uomini e + 29% nelle donne).

Anche lo smaltimento dei rifiuti attraverso le pratiche dell'incenerimento e del conferimento in discarica appare inevitabilmente connesso con rischi per la salute umana.

Le tecnologie di incenerimento dei rifiuti possono riguardare varie frazioni degli stessi con eventuale pre-selezione delle materie dotate di maggiore potere calorifico per la produzione di combustibile derivante da rifiuti. Il recupero energetico è prassi ormai consolidata rispetto all'incenerimento puro e semplice, cosa questa che ha fatto coniare il neologismo 'termovalorizzatore'. Tra le fonti di inquinamento derivanti dagli inceneritori vanno sicuramente ricordate le emissioni gassose (diossine, acido cloridrico, acido fluoridrico, ossidi di azoto, ossidi di zolfo e monossido di carbonio) ed il particolato fine ed ultrafine, emesso sotto forma di 'ceneri volanti', che può contenere metalli pesanti quali arsenico, cromo, piombo, mercurio e cadmio. I metalli pesanti possono, al pari delle altre sostanze emesse dal camino dell'inceneritore, combinarsi con il particolato fine ed ultrafine, che svolge così funzione di *carrier*, e formare composti particolarmente pericolosi per la salute umana. La pericolosità non è in rapporto unicamente all'inalazione delle suddette sostanze ma anche alla contaminazione delle catene alimentari e delle falde idriche.

La preoccupazione per gli effetti sulla salute degli inquinanti connessi agli impianti di incenerimento

dei rifiuti è diffusa e va assumendo dimensioni sempre maggiori. Anche se i risultati degli studi epidemiologici fino a oggi pubblicati sono ancora parziali e talvolta contraddittori, l'ampia varietà di segnalazioni in letteratura e le preoccupazioni delle popolazioni residenti nelle aree limitrofe agli inceneritori incentivano ulteriori approfondimenti.

Tre principali ordini di motivazioni sostengono l'opportunità di organizzare un sistema di sorveglianza ambientale e sanitario nelle aree circostanti gli inceneritori in esercizio:

- la consapevolezza che le emissioni degli inceneritori (non ancora tutte conosciute e misurabili, pur nella grande varietà delle tecnologie e delle tipologie e dei rifiuti bruciati) comportano per le popolazioni interessate l'esposizione ad una gamma di agenti dotati di un ampio spettro di attività tossicologica;
- la presenza nella letteratura scientifica di una serie di segnalazioni di effetti avversi, legati sia alla specifica problematica della diossina, sia in termini più generali, alla presenza di rischi cancerogeni o di altre patologie;
- l'esigenza, in una situazione caratterizzata da una duplice incertezza sulle cause e sugli effetti, di fornire elementi di riferimento alle autorità sanitarie e alle popolazioni per valutare, nei contesti specifici, la sussistenza di effetti avversi rilevabili.

Relativamente alle discariche, le possibili fonti di disagio o di veri e propri rischi per la salute sono sostanzialmente dovute alle esalazioni gassose, all'inquinamento delle falde acquifere e dei terreni circostanti alla sede della discarica dovuto al percolato prodotto dalla decomposizione della componente organica; all'interno del percolato sono frequentemente rilevati metalli pesanti e altre sostanze organiche tossiche.

Per minimizzare l'impatto delle discariche sull'ambiente (aria, acqua, suolo e sottosuolo) e i rischi per la salute, durante l'intero 'ciclo di vita' delle stesse è necessario limitare la quantità e la pericolosità dei rifiuti destinati alle discariche e attuare procedure adeguate di gestione e di controllo.

Nella scala delle priorità delle metodiche di smaltimento dei rifiuti, condivisa anche dalla letteratura scientifica e dalla Comunità Europea, l'incenerimento e le discariche sono agli ultimi posti, precedute dalle politiche di riduzione della produzione dei rifiuti e da quelle di recupero e riutilizzo dei materiali post-consumo.

Il perseguimento delle politiche di riduzione della produzione dei rifiuti, unitamente al riutilizzo e al recupero delle materie prime seconde e al trattamento della frazione residua, permetterà una migliore gestione della questione rifiuti, coerentemente con le indicazioni della Comunità Europea, con un conseguente beneficio complessivo per la salute umana, il risparmio economico e la sicurezza sociale.

ECOSYSTEM SERVICE: IMPATTI SULLE FUNZIONI DEI SISTEMI AMBIENTALI

Elena Giancesini
Fulvio Stel
ARPA FVG
Centro Regionale di Modellistica Ambientale
Laura Catalano
Nicola Skert
Antonella Zanello
Gestione attività centralizzate di rilievo regionale

L'atmosfera

Tra le molteplici funzioni sistemiche svolte dall'atmosfera terrestre, particolare rilevanza rivestono quelle relative al ruolo di 'coperta' del pianeta e alla chiusura del ciclo dell'acqua. Per quanto riguarda la prima, questa si manifesta nel mantenimento della temperatura media nei pressi del suolo di circa 14 °C, ideale per lo sviluppo della vita e soprattutto della società umana. Attualmente questo ruolo sistemico sta subendo una notevole pressione a causa delle emissioni di gas climalteranti e anche di materiale particolato. Le minuscole particelle che costituiscono il PM10, infatti, se sono composte da carbonio elementare, detto anche *black carbon*, contribuiscono ad aumentare la temperatura media terrestre, in maniera analoga all'anidride carbonica o al metano. Le emissioni associate alle biomasse, soprattutto se dovute ad impianti dove la combustione non è efficiente, sono in buona parte costituite da questi composti carboniosi, quindi favoriscono l'aumento della temperatura terrestre e i conseguenti cambiamenti climatici. Se invece i dispositivi di combustione delle biomasse sono efficienti, al-

lora le emissioni sono in massima parte costituite da sali che, a causa del basso rapporto tra massa e superficie, contribuiscono a diffondere la radiazione solare, riducendo quindi l'apporto solare e favorendo l'abbassamento delle temperature medie.

Per quanto riguarda la chiusura del ciclo dell'acqua, invece, questa avviene in atmosfera tramite la formazione delle nubi (condensazione del vapore acqueo) e delle precipitazioni. La condensazione del vapore acqueo non avviene naturalmente in atmosfera se non grazie alla presenza di minuscole particelle che favoriscono la formazione delle minuscole goccioline che costituiscono le nubi. Gli aerosol emessi dalle attività antropiche, in questo modo, entrano prepotentemente nel ciclo dell'acqua aumentando la densità di goccioline nelle nubi che, da un lato diventano più riflettenti, quindi favoriscono la diminuzione della temperatura media terrestre, dall'altro sfavoriscono l'efficienza nelle precipitazioni (il vapore acqueo si distribuisce su un numero maggiore di goccioline che, essendo molto piccole, non precipitano).

L'acqua

Il concetto di 'servizi ecosistemici' (dall'inglese *ecosystem services*) è stato ideato dal Millennium Ecosystem Assessment (MA), un progetto di ricerca finanziato nel 2001 dalle Nazioni Unite, il cui scopo è identificare i cambiamenti subiti dagli ecosistemi e di sviluppare, sulla base dei trend in corso, dei mo-

delli previsionali per il futuro. I servizi ecosistemici si definiscono come «i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano».

L'acqua offre i suoi servizi ecosistemici sostanzialmente attraverso quelle che si definiscono 'zone umide' interne (laghi, fiumi, paludi e falde acquifere poco profonde) e costiere (estuari, paludi, mangrovie, barriere coralline ecc.). I principali servizi ecosistemici sono i seguenti:

- *fornitura di cibo*: produzione di pesce, alghe, invertebrati, selvaggina, agricoltura ecc.;
- *fornitura di acqua fresca*: immagazzinamento e ritenzione di acqua, fornitura di acqua a uso irriguo e potabile;
- *fornitura di energia elettrica*: creazione di centrali idroelettriche e di invasi per lo stoccaggio dell'energia potenziale;
- *fornitura di materie prime*: produzione di legname, legna da ardere, torba, foraggio, sostanze biologicamente attive per l'industria farmaceutica ecc.;
- *regolazione biologica*: conservazione della biodiversità e regolazione dei livelli trofici, resistenza all'invasione di specie aliene;
- *regolazione climatica*: regolamentazione dei gas serra, temperatura, precipitazioni ecc.;
- *regolazione del regime idrologico*: reintegro delle acque sotterranee, stoccaggio di acqua per agricoltura o industria, protezione dall'erosione e dalle inondazioni;
- *regolazione dell'inquinamento e detossificazione*: processi autodepurativi da eccesso di nutrienti e inquinanti;
- *culturali*: benessere spirituale, attività educative, ricreative e turistiche;
- *supporto*: alla biodiversità autoctona e alle specie migratorie, alla formazione del suolo grazie alla ritenzione e accumulo di sostanza organica, al ciclo dei nutrienti.

I servizi ecosistemici forniti dall'acqua sono la risultante del sistema biota-abiota, costruito su milioni di anni di evoluzione della vita. Esso basa la propria stabilità su un equilibrio omeostatico, ovvero su una complessa rete di relazioni dinamiche biota-abiota che, grazie a meccanismi autoregolatori a feedback, garantisce da una parte al sistema una capacità di resistenza a un evento perturbante, dall'altra una resilienza, ovvero una capacità di ripristinare lo stato originario. Tuttavia se la pressione antropica eccede la capacità del sistema, allora si verificano fenomeni alterativi anche irrimediabili. Ad esempio, la cementificazione di un corso d'acqua provoca una diminuzione della biodiversità, una diminuzione dei suoi processi autodepurativi e l'aumento di velocità del flusso col rischio di esondazioni durante le piene; l'agricoltura apporta nutrienti e quindi fenomeni di eutrofizzazione nelle acque con conseguenti fenomeni di ipossia e destrutturazione delle catene trofiche ecc. Questi esempi testimoniano quanto i cambiamenti indotti nel biota si ripercuotano nel mondo fisico e viceversa, scardinando gli equilibri che ne garantiscono la stabilità.

È evidente che una degradazione dei servizi ecosistemici comporta inevitabilmente una riduzione delle risorse su cui si basa l'economia e il benessere umano.

Secondo gli scenari sviluppati dal progetto di ricerca MA, che si spingono fino all'anno 2050, la degradazione delle zone umide è inevitabilmente destinata ad aumentare. Se ne deduce che la disponibilità di acqua e dei servizi ecosistemici che conseguentemente derivano dalle zone umide, sarà uno degli argomenti più caldi che dovrà affrontare la società umana. La degradazione è sostanzialmente attribuibile alla crescita della popolazione mondiale e allo sviluppo economico, due fattori ad elevatissimo impatto sulla conservazione quali-quantitativa delle zone umide. Queste infatti sono alterate da numerosi fattori tra cui: sviluppo delle infrastrutture, uso del suolo, inquinamento, agricoltura, scopi energetici, introduzione di specie aliene che alterano gli equilibri (e i servizi) ecosistemici.

Il suolo

Gli ecosistemi della Terra forniscono a tutta l'umanità una serie di vantaggi che vanno sotto il nome di 'beni e servizi ecosistemici'. I beni prodotti dagli ecosistemi includono il cibo, l'acqua, i carburanti e il legname, mentre i servizi comprendono l'approvvigionamento di acqua e materiali, la formazione del suolo, la capacità di fornire nutrimento, i meccanismi regolatori di cui la natura si avvale per controllare le condizioni climatiche e le popolazioni di animali, insetti e altri organismi, la fruibilità del paesaggio e del patrimonio archeologico e culturale.

La perdita di biodiversità compromette o addirittura annulla le funzioni degli ecosistemi. Il cambiamento di destinazione del suolo, ivi comprese le forme di agricoltura intensiva e l'urbanizzazione, lo sfruttamento incontrollato, l'inquinamento, i cambiamenti climatici e la comparsa di specie che competono con la flora e la fauna autoctone, sono tutti fenomeni che danneggiano gli ecosistemi naturali, i quali, se distrutti, sono ripristinabili solo sostenendo costi elevati.

Il progetto 'Economia degli ecosistemi e della biodiversità' (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, TEEB) dell'Unione Europea, incentrato sui benefici economici globali della diversità biologica e sui costi derivanti dalla perdita di biodiversità e dalla mancata adozione di efficaci azioni di tutela, ricorda ai responsabili politici, alle imprese e ai cittadini l'urgente necessità di prestare attenzione a questi fattori nei comportamenti e nelle decisioni che adottano.

Non a caso l'obiettivo chiave della strategia europea sulla biodiversità riguarda proprio la necessità di garantire entro il 2020 la conservazione della biodiversità e assicurare la salvaguardia e il ripristino dei servizi ecosistemici.

In questo contesto il suolo, uno dei sistemi biologici più complessi della biosfera, svolge un ruolo fondamentale in numerosi cicli ecologici e, di conseguenza, nei servizi ecosistemici ad essi collegati. Fra i principali servizi ecosistemici riferiti al suolo si possono annoverare:

- *la produzione di materie prime*: il suolo rappresenta una fonte o una piattaforma per risorse naturali come legno, minerali, metalli, fibre, resine, combustibili fossili;
- *la fornitura di cibo*: la produzione agricola e alimentare e la silvicoltura dipendono interamente dal suolo che fornisce supporto fisico e nutrimento attraverso processi che regolano la mineralizzazione della sostanza organica e la disponibilità di micro e macronutrienti;
- *la capacità di attenuazione nei confronti di sostanze di origine antropica*: il suolo contrasta la diffusione degli inquinanti nelle acque superficiali e profonde e nella catena alimentare; in questo senso esplica una vera e propria azione protettiva di filtro e di barriera mediante processi di tipo chimico-fisico (assorbimento, precipitazione) e biologico (decomposizione, trasformazione);
- *il mantenimento degli habitat e della riserva genetica*: il suolo è un ambiente molto complesso che funziona da habitat per un elevatissimo numero di organismi, concentrati in prevalenza nei primi centimetri dalla superficie. Tali organismi danno vita ad un articolato sistema di attività biologiche e contribuiscono a loro volta attivamente a garantire altri servizi ecosistemici quali la formazione del suolo, la decomposizione della sostanza organica, la disponibilità di elementi nutritivi, la fissazione dell'azoto e il sequestro di carbonio, la soppressione o l'induzione di parassiti e malattie delle piante;
- *la formazione del suolo*: la disgregazione e l'alterazione del substrato roccioso sono processi governati da diversi fattori fra loro mutuamente interagenti quali il clima, il tempo, gli organismi viventi, la morfologia del territorio, il substrato d'origine, le attività antropiche;
- *la protezione e conservazione del patrimonio culturale*: il suolo è un patrimonio geologico e culturale che rappresenta una parte essenziale del paesaggio e una fonte di testimonianze paleontologiche e archeologiche importanti per la comprensione dell'evoluzione della Terra e della specie umana.

RIFERIMENTI

ARPA FVG

Sede centrale

Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)
Tel. 0432 922611
Fax 0432 922626
e-mail: urp@arpa.fvg.it
www.arpa.fvg.it

Settore tecnico-scientifico

Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)
Tel. 0432 922619
Fax 0432 922684
e-mail: dir.tec@arpa.fvg.it

Gestione attività centralizzate di rilievo regionale
(AIA, VIA, VAS)

Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)
Tel. 0432 922604
e-mail: attivita.centralizzate@arpa.fvg.it

Indirizzo tecnico-scientifico e Coordinamento
dei Dipartimenti provinciali

Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)
Tel. 0432 922613
e-mail: coordinamento.tecnico@arpa.fvg.it

Catasto Rifiuti - Sezione regionale
Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)
Tel. 0432 922621
e-mail: catasto.rifiuti@arpa.fvg.it

CRMA - Centro Regionale di Modellistica Ambientale
Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)
Tel. 0432 922638
e-mail: crma@arpa.fvg.it

LaREA - Laboratorio Regionale di Educazione
Ambientale

Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)
Tel. 0432 922653
e-mail: ea@arpa.fvg.it
www.ea.fvg.it

OAA - Osservatorio Alto Adriatico
Via Lamarmora, 13 - 34139 Trieste (TS)
Tel. 040 9494910-911
Fax 040 9494944
e-mail: oaa@arpa.fvg.it

OSMER FVG - Osservatorio Meteorologico Regionale

Via Oberdan, 18/a - 33040 Visco (UD)
Tel. 0432 934111
Fax 0432 934100
e-mail: info@meteo.fvg.it
www.osmer.fvg.it

Laboratorio Unico Multisito

Via Colugna, 42 - 33100 Udine
Tel. 0432 493711
Fax 0432 546776
e-mail: lab.unico@arpa.fvg.it

Laboratorio di Gorizia
Via III Armata, 69 - 34170 Gorizia
Tel. 0481 583811
Fax 0481 583814
e-mail: lab.go@arpa.fvg.it

Laboratorio di Pordenone
Via delle Acque, 28 - 33170 Pordenone
Tel. 0434 221811
Fax 0434 521872
e-mail: lab.pn@arpa.fvg.it

Laboratorio di Trieste
Via La Marmora, 13 - 34139 Trieste
Tel. 040 9494911
Fax 040 9494944
e-mail: lab.ts@arpa.fvg.it

Laboratorio di Udine
Via Colugna, 42 - 33100 Udine
Tel. 0432 493711
Fax 0432 546776
e-mail: lab.ud@arpa.fvg.it

Fisica ambientale
Via Tavagnacco, 91 - 33100 Udine
Tel. 0432 479291
Fax 0432 480857
e-mail: fisica.ambientale@arpa.fvg.it

Dipartimento provinciale di Gorizia

Via Gen. Cantore, 2 - 34170 Gorizia
Tel. 0481 581311
Fax 0481 581391
e-mail: dipgo@arpa.fvg.it

Dipartimento provinciale di Pordenone

Via delle Acque, 28 - 33170 Pordenone
Tel. 0434 221811
Fax 0434 521872
e-mail: dippn@arpa.fvg.it

Dipartimento provinciale di Trieste

Via La Marmora, 13 - 34139 Trieste
Tel. 040 9494911
Fax 040 9494944
e-mail: dipts@arpa.fvg.it

Dipartimento provinciale di Udine

Via Colugna, 42 - 33100 Udine
Tel. 0432 493711
Fax 0432 546776
e-mail: dipud@arpa.fvg.it