

Ambiente

Tra i numerosi fattori che influenzano la salute umana un ruolo di primo piano è, sicuramente, rivestito dall'ambiente. In questo Capitolo vengono descritti alcuni temi prioritari per la caratterizzazione del rapporto ambiente-salute attraverso l'impiego di indicatori, alcuni dei quali già adottati nelle precedenti Edizioni del Rapporto Osservasalute e di cui si riporta un aggiornamento.

I rifiuti rappresentano uno degli indicatori di maggiore pressione, non solo in termini ambientali, ma anche in termini sociali e sanitari. Relativamente ai rifiuti solidi urbani, nello specifico la quantità prodotta, il volume smaltito attraverso la discarica controllata e/o l'incenerimento e l'entità del ricorso alla raccolta differenziata, si fa riferimento ai dati presentati nel Rapporto Osservasalute 2015, mentre vengono qui presentati i dati relativi ai rifiuti speciali prodotti (comprendendo, in tale ambito, le diverse tipologie di rifiuto, ovvero rifiuti speciali pericolosi, rifiuti speciali non pericolosi e rifiuti da costruzione e demolizione) e alla quantità totale di rifiuti speciali gestiti attraverso le principali modalità (recupero di materia, smaltimento in discarica e incenerimento).

In Italia, nel 2014, la quantità totale di rifiuti speciali prodotta è stata pari a circa 130,6 milioni di tonnellate, quasi totalmente costituita da rifiuti speciali non pericolosi e, per la restante parte, da rifiuti speciali pericolosi. Rispetto all'anno precedente, la produzione totale mostra un modesto incremento dovuto quasi completamente alla produzione di rifiuti non pericolosi. Per quanto riguarda la gestione, la quantità totale di rifiuti trattati è pari a oltre 133 milioni di tonnellate (prevalentemente costituiti da rifiuti non pericolosi). La ripartizione percentuale delle diverse tipologie di recupero e smaltimento dei rifiuti pericolosi e non pericolosi evidenzia come il recupero di materia rappresenti la quota predominante, seguito dal trattamento chimico-fisico o biologico e ricondizionamento preliminare, dalla messa in riserva e deposito preliminare e dallo smaltimento in discarica. La principale forma di smaltimento continua, comunque, ad essere la discarica (1).

Riguardo alla presenza di pesticidi in acque, dalle indagini condotte in Italia, nel 2014, sugli oltre 3.500 punti di campionamento (con circa 14.000 determinazioni) in acque superficiali e profonde emerge un'ampia diffusione della contaminazione da pesticidi. Nello specifico, la loro maggiore presenza si riscontra nelle acque superficiali (63,9% rispetto al 31,7% delle acque profonde) e negli ultimi anni di rilevazione si registra anche un progressivo incremento.

Il Veneto, la Lombardia e l'Emilia-Romagna (Pianura Padana), ma anche le regioni centrali e le altre regioni settentrionali, fanno registrare le percentuali più elevate dei punti di monitoraggio contaminati tra le acque superficiali.

Rispetto alle indagini condotte negli anni precedenti, si rileva un incremento delle sostanze riscontrate sia negli acquiferi superficiali che profondi dove vengono rilevate, rispettivamente, tra il 52-58% delle sostanze ricercate.

L'entità della contaminazione mostra superamenti dello Standard di Qualità Ambientale nel 21,3% dei punti di monitoraggio delle acque superficiali e nel 6,9% di quelle sotterranee: in Lombardia, Lazio, Sicilia e Veneto si rilevano i livelli più elevati di non conformità per le acque superficiali, mentre, per le acque sotterranee le regioni più coinvolte sono, in ordine, la Sicilia, la Lombardia, il Friuli Venezia Giulia e l'Abruzzo (2).

Rispetto agli anni precedenti, verosimilmente anche grazie all'incremento dell'estensione territoriale indagata, così come all'efficacia del monitoraggio, si sta evidenziando una contaminazione significativa anche al Centro-Sud ed Isole.

Relativamente all'inquinamento da polveri fini, i dati inerenti il 2014 evidenziano che, sebbene vi sia un graduale miglioramento della rilevazione (incremento del numero e della localizzazione delle centraline di rilevazione) (3), si riscontra ancora una maggiore attenzione rivolta al dato ambientale più che al dato epidemiologico e sanitario. Infatti, non esiste, a tutt'oggi, un *network* di collegamento efficace ed efficiente tra i sistemi di rilevazione degli inquinanti ambientali ed i sistemi sanitari ed assistenziali. Di conseguenza, le azioni che sono attuate in caso di superamento dei limiti si limitano all'arresto del traffico autoveicolare o, nei casi più gravi, ad una variazione degli orari di attivazione dei sistemi di riscaldamento senza che sussistano altre azioni, a livello preventivo e sanitario/assistenziale, utili ad evitare l'aggravamento dello stato di salute di coloro che presentano patologie legate all'apparato respiratorio e/o cardiocircolatorio. Inoltre, da sottolineare è la disomogeneità delle scelte a livello territoriale nell'affrontare tale problematica dovuta alle differenze che esistono nei sistemi di *governance* di ogni singola regione.

Infine, particolare attenzione dovrà essere posta, nei prossimi anni, al potenziale aumento dell'inquinamento derivante dal traffico autoveicolare in relazione al potenziale rischio che nuovi sistemi tecnologici di motori a combustibile fossile (benzina) potrebbero comportare se non dotati di sistemi di filtro antiparticolato localizzato per le emissioni.

Riferimenti bibliografici

- (1) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ISPRA. Rapporto Rifiuti Speciali. Edizione 2016. Rapporti 247/2016, Giugno 2016.
- (2) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ISPRA. Rapporto nazionale pesticidi nelle acque. Dati 2013-2014. Edizione 2016. Rapporti 244/2016, Aprile 2016.
- (3) ISPRA-APAT, Annuario dei dati ambientali-Atmosfera, 2014-2015. Disponibile sul sito:
http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/statoambiente/annuario-2014-2015/7_Atmosfera.pdf.

Rifiuti speciali

Significato. I rifiuti speciali comprendono tutti i rifiuti non urbani prodotti da industrie e aziende; in particolare, vengono enumerate in tale ambito diverse tipologie di rifiuto, quali quelle derivanti da attività agricole, industriali, artigianali, commerciali, edilizie (demolizione e scavo) e sanitarie che possono essere di tipo pericoloso o non pericoloso e rispondono alle definizioni ed alle classi del Catalogo Europeo Rifiuti (CER) presenti nei dettami normativi dell'art. n. 183 del D. Lgs n. 152/2006 (cosiddetto Testo Unico Ambientale) (1) e della Direttiva europea 2008/98/CE del 19 novembre 2008 (2) attuata dal D. Lgs. n. 205/2010 (3). I rifiuti speciali, prodotti in Italia con un quantitativo oltre quattro volte superiore ai Rifiuti Solidi Urbani, unitamente a questi ultimi, possono generare un notevole impatto economico ed ambientale, sia per le quantità smaltite nel territorio che per la qualità dei rifiuti stessi che in modalità diverse agiscono sui ricettori idrici, sul terreno e sull'aria.

La classificazione dei rifiuti si basa sulla provenienza o sulla funzione che rivestiva il prodotto originario. Per diverse varietà di rifiuto, la distinzione in pericoloso o non pericoloso si ha già all'origine, mentre, per altre, è prevista una voce speculare, in funzione della concentrazione di sostanze pericolose che vengono determinate mediante opportuna verifica analitica.

Le conseguenze di una errata gestione dei rifiuti speciali, se non si utilizzano tecnologie più efficienti e sicure, possono essere molteplici, anche se non tutte della stessa criticità e/o priorità (inquinamento del suolo e delle acque o emissione nell'atmosfera di sostanze pericolose; deturpazione del paesaggio o emissioni di ceneri volatili e/o di diossina prodotte dagli inceneritori). Gli effetti sulla salute sono da valutarsi in modo differente, soprattutto se si considera che si tratta di una notevole varietà di agenti e di

condizioni di esposizione e di effetti sanitari anche molto diversi tra loro (diversa gravità, eziologia, meccanismo e latenza). Pertanto, non è facile stabilire il grado di solidità delle evidenze, considerando che gli esiti presi in esame dagli studi epidemiologici sono numerosi (sebbene molti non confrontabili per metodologia e modalità di conduzione). Fra questi ricordiamo l'aumento di incidenza e mortalità per diversi tipi di tumore (soprattutto un rischio maggiore di sviluppare il cancro del fegato, del polmone, del rene, del pancreas, il linfoma non-Hodgkin o il sarcoma dei tessuti molli) e gli effetti sulla riproduzione (difetti congeniti e basso peso alla nascita). Peraltro, le realtà epidemiologiche disponibili indicano che, in presenza di un efficace ed efficiente sistema di gestione dei rifiuti speciali, l'impatto negativo sulla salute è inesistente o, verosimilmente, molto contenuto, specialmente se sono impiegate tecnologie di ultima generazione.

Questo non può escludere l'esistenza di particolari situazioni di esposizione a rifiuti tossici, non correttamente o legalmente smaltiti, che possono colpire limitati gruppi di persone in situazioni particolari. Si tratta di casi che devono essere certamente identificati, caratterizzati e risolti, ma senza creare inutili generalizzazioni spesso solamente ansiogene per la popolazione generale (4).

Gli indicatori proposti misurano, relativamente ai rifiuti speciali in Italia nell'anno 2014, la quantità totale e pro capite di rifiuti prodotti (comprendendo in tale ambito, le diverse tipologie di rifiuto: rifiuti speciali pericolosi, rifiuti speciali non pericolosi e rifiuti da costruzione e demolizione) e, sempre nello stesso anno, la quantità totale di rifiuti speciali gestiti, analizzandone le principali modalità (recupero di materia, smaltimento in discarica e incenerimento).

Rifiuti speciali prodotti

Produzione pro capite di rifiuti speciali

Numeratore	Rifiuti speciali prodotti
Denominatore	Popolazione media residente

Rifiuti speciali gestiti

Rifiuti speciali gestiti con recupero di materia

Rifiuti speciali gestiti smaltiti in discarica

Rifiuti speciali gestiti inceneriti

Validità e limiti. La produzione dei rifiuti speciali è stata calcolata sulla base dei dati contenuti nelle dichiarazioni “Modello Unico di Dichiarazione” (MUD), presentate nel 2015 e riferite al 2014 (5); tale documento deve essere presentato dalle ditte e dagli altri soggetti produttori di rifiuti alla Camera di Commercio. Nonostante nella banca dati MUD siano effettuate le necessarie verifiche sugli errori di unità di misura, sulle doppie dichiarazioni e sulle incongruenze tra schede e moduli, l’accuratezza del dato non risulta sempre soddisfacente in quanto il D. Lgs. n. 152/2006 (1) riconosce svariate esenzioni all’obbligo di dichiarazione. In conseguenza di ciò, al fine di colmare le lacune informative, l’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha provveduto a integrare i dati raccolti con specifiche metodologie di stima, in particolare in quei settori della produzione per i quali si rilevano maggiori carenze informative (settore delle costruzioni e demolizioni per i rifiuti non pericolosi, settore sanitario, veicoli fuori uso, settore agroindustriale, industria tessile e settore conciario, settore cartario, industria del legno, parte del settore chimico e petrolchimico e industria metallurgica e della lavorazione di prodotti in metallo) (5). Inoltre, ulteriori criticità sono rappresentate dal fatto che, per alcune tipologie di rifiuti (ad esempio stoccati e messi in riserva), non è possibile operare un confronto tra il dato di produzione e quello di gestione nello stesso anno di riferimento, con rischi di sotto o sovrastime. Per avere un corretto quadro di gestione è, quindi, necessario considerare anche i quantitativi importati ed esportati, spesso di notevole entità. I dati sullo smaltimento in discarica sono stati elaborati tenendo conto dei risultati raccolti mediante appositi questionari inviati dall’ISPRA a tutti i soggetti competenti in materia di autorizzazioni e controlli e, successivamente, confrontati con le dichiarazioni MUD. Si auspica che l’entrata in vigore del Sistema di Controllo della Tracciabilità dei Rifiuti possa consentire in futuro di disporre di dati più precisi.

Valore di riferimento/Benchmark. La conoscenza dei dati di produzione in diversi ambiti territoriali (a livello europeo, nazionale e regionale), possibile grazie ad una complessa attività di raccolta, analisi ed elaborazione, consente di disporre di preziose informazioni utili per il confronto e la messa in opera di interventi e di misure correttive. I Paesi dell’Unione Europea (UE) riferita a 28 Stati membri, nel 2012, hanno fatto registrare una produzione annua di circa 2,5 miliardi di tonnellate di rifiuti speciali, con un valore medio di quasi 90 milioni di tonnellate, che varia da un minimo di 1,4 milioni di tonnellate di Malta ad un massimo di 368 milioni di tonnellate della Germania (5); l’Italia, nello stesso anno, presenta una produzione di circa 154 milioni di tonnellate (5).

Descrizione dei risultati

In Italia, nel 2014, la quantità totale di rifiuti speciali prodotta è pari a circa 130,6 milioni di tonnellate (Tabella 1): il 93,2% (121,7 milioni di tonnellate) è costituito da rifiuti speciali non pericolosi e il 6,8% (oltre 8,8 milioni di tonnellate) da rifiuti speciali pericolosi (5).

Rispetto al 2013 (Grafico 1), la produzione totale di rifiuti speciali mostra un incremento del 4,7% (quasi 6,1 milioni di tonnellate); tale crescita è dovuta, in prevalenza, alla produzione di rifiuti non pericolosi (+5,0%, pari a circa 6,1 milioni di tonnellate), essendo la produzione di rifiuti pericolosi incrementata in maniera assai modesta (0,3%, quasi 24.000 tonnellate). Nello specifico, più della metà dei rifiuti speciali deriva dal settore delle costruzioni e demolizioni (39,7%) e dalle attività manifatturiere (20,5%) (5).

La produzione media pro capite relativa al 2014 è pari a 2.148 kg/ab per anno (Tabella 1), di cui 2.002 kg/ab di rifiuti non pericolosi e 145 kg/ab di rifiuti pericolosi. Il Nord Italia, a motivo della maggior presenza di industrie nel territorio, mostra valori di produzione pro capite (2.813 kg/ab) superiori al dato nazionale. In particolare, la Lombardia con oltre 29 milioni di tonnellate (22,3%) è la maggiore produttrice di rifiuti speciali nel Paese, seguita dal Veneto (10,8%) con oltre 14 milioni di tonnellate, dall’Emilia-Romagna (10,4%) con oltre 13,6 milioni di tonnellate e dal Piemonte (8,4%) con oltre 10,9 milioni di tonnellate. I dati di produzione del Centro e del Meridione sono, invece, inferiori al valore nazionale: 1.939 kg/ab in media al Centro e 1.384 kg/ab in media al Sud ed Isole; nel dettaglio, nelle regioni del Centro spiccano la Toscana (7,7%) ed il Lazio (6,5%) (rispettivamente, circa 10 e oltre 8,5 milioni di tonnellate), mentre nel Sud e nelle Isole si evidenzia il contributo della Puglia (6,8%), della Campania (4,9%) e della Sicilia (4,1%) i cui valori si attestano tra i 5,3 e gli 8,9 milioni di tonnellate (Tabella 1) (5).

Relativamente alla gestione (Tabella 2), la quantità totale di rifiuti trattati è pari a oltre 133 milioni di tonnellate, di cui 125,4 milioni di tonnellate (94,0%) sono rifiuti non pericolosi e i restanti 8,3 milioni di tonnellate (6,0%) sono rifiuti pericolosi. Rispetto al 2013, si evidenzia un incremento del 3,3% sul totale gestito. In particolare, è al Sud e nelle Isole che si registra il maggior aumento, con oltre 2,1 milioni di tonnellate; anche il Nord è interessato da un lieve incremento, pari a 1,4 milioni di tonnellate, mentre al Centro si registra l’incremento più modesto (660 mila tonnellate). Escludendo le quantità stoccate in depositi preliminari e temporanei e messe in riserva (che ammontano a oltre 15,3 milioni di tonnellate), circa 85,5 milioni di tonnellate di rifiuti speciali sono avviate a recupero, mentre circa 21,4 milioni di tonnellate sono destinate ad attività di smaltimento (5).

Il Grafico 2 riporta la ripartizione percentuale delle

diverse tipologie di recupero e smaltimento dei rifiuti pericolosi e non: il recupero di materia rappresenta la quota predominante (62,4% del totale), seguito dal trattamento chimico-fisico o biologico e dal ricondizionamento preliminare (altre operazioni di smaltimento: 15,0%), dalla messa in riserva (10,6%) e deposito preliminare (0,9%), dallo smaltimento in discarica (8,0%) e dall'avviamento all'incenerimento (1,0%). Solo l'1,6% viene valorizzato energeticamente sia in impianti dedicati (impianti di recupero di biogas, impianti di valorizzazione di biomasse e gassificatori) che in impianti produttivi, quali cementifici, impianti per la produzione di energia ed altri impianti che utilizzano rifiuti come combustibile in luogo di quelli convenzionali.

Nel 2014, la principale forma di smaltimento continua ad essere la discarica con circa 11,4 milioni di tonnellate di rifiuti speciali smaltiti (Tabella 2): le regioni che vi conferiscono maggiori quantitativi sono la Lombardia (2.908.373 tonnellate), il Veneto (1.289.859 tonnellate), il Piemonte (1.022.580 tonnellate), la Puglia (1.003.339 tonnellate) e la Sardegna (911.141 tonnellate), seguite dalla Toscana (910.737 tonnellate) e dal Lazio (con 727.498 tonnellate). La

regione con minor entità di smaltimento in discarica è il Molise (7.600 tonnellate), seguita, a maggior distanza, dall'Abruzzo (26.774 tonnellate) e dalla Basilicata (58.461 tonnellate). In Campania, dal 2005, non sono più presenti discariche per rifiuti speciali. Pertanto, i rifiuti speciali prodotti in tale regione vengono smaltiti sia in altre regioni che in Paesi esteri con quantitativi che, secondo stime fornite dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania, già dal 2010 si attestavano sul milione di tonnellate.

Per quanto riguarda lo smaltimento dei rifiuti speciali attraverso gli inceneritori (in numero di 85, di cui 51 localizzati al Nord), il quantitativo totale è di quasi 1,4 milioni di tonnellate; rispetto al 2013 si registra un incremento di circa 541 mila tonnellate (5). Le regioni con la maggiore quantità di rifiuti smaltiti sono la Lombardia (784.340 tonnellate), l'Emilia-Romagna (238.978 tonnellate) e il Veneto (66.189 tonnellate), al contrario, modesti quantitativi vengono inceneriti in Puglia (6.259 tonnellate) e in Piemonte (11.631 tonnellate), mentre in alcune regioni (Valle d'Aosta, Liguria, Umbria e Marche) non risultano attivi impianti di incenerimento per rifiuti speciali.

Tabella 1 - Produzione (valori assoluti in tonnellate, valori pro capite in kg/ab e valori percentuali) di rifiuti speciali per regione - Anno 2014

Regioni	Produzione totale	Produzione pro capite	Produzione %
Piemonte	10.950.763	2.472	8,4
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	410.154	3.193	0,3
Lombardia	29.164.680	2.920	22,3
Trentino-Alto Adige*	4.039.483	3.833	3,1
Veneto	14.114.743	2.865	10,8
Friuli Venezia Giulia	3.221.203	2.623	2,5
Liguria	2.658.540	1.675	2,0
Emilia-Romagna	13.623.971	3.063	10,4
Toscana	9.996.336	2.665	7,7
Umbria	2.204.168	2.461	1,7
Marche	2.717.275	1.751	2,1
Lazio	8.509.060	1.447	6,5
Abruzzo	2.434.098	1.826	1,9
Molise	355.505	1.132	0,3
Campania	6.456.396	1.101	4,9
Puglia	8.933.236	2.184	6,8
Basilicata	1.233.739	2.136	0,9
Calabria	1.606.596	812	1,2
Sicilia	5.310.242	1.043	4,1
Sardegna	2.610.330	1.569	2,0
Italia	130.550.518	2.148	100,0

*I dati disaggregati per le PA di Bolzano e Trento non sono disponibili.

Fonte dei dati: ISPRA. Rapporto Rifiuti Speciali. Edizione 2016.

Produzione pro capite (valori in kg/ab) di rifiuti speciali per regione. Anno 2014

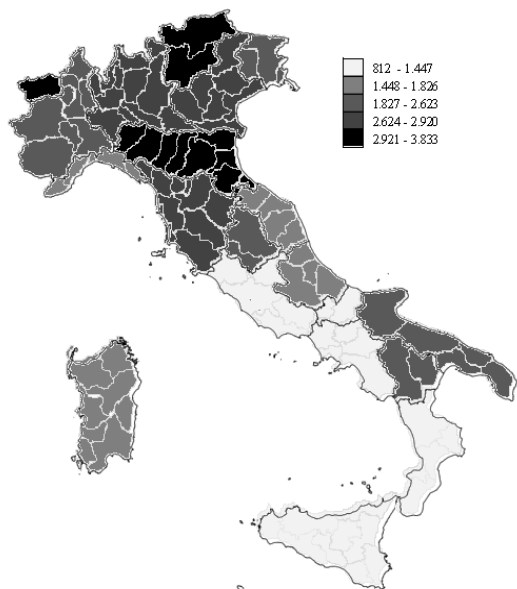
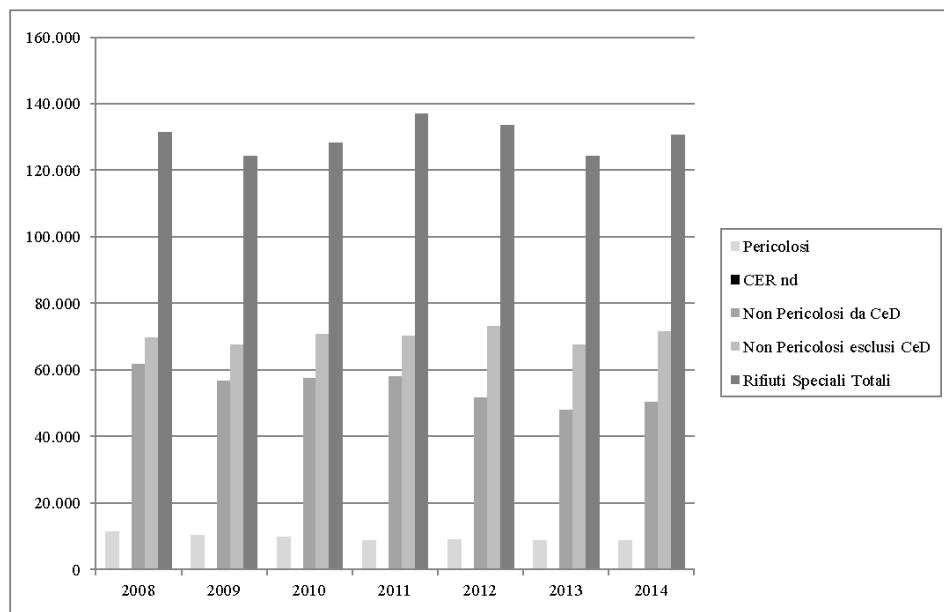


Grafico 1 - Produzione (valori assoluti in tonnellate) di rifiuti speciali per tipologia - Anni 2008-2014



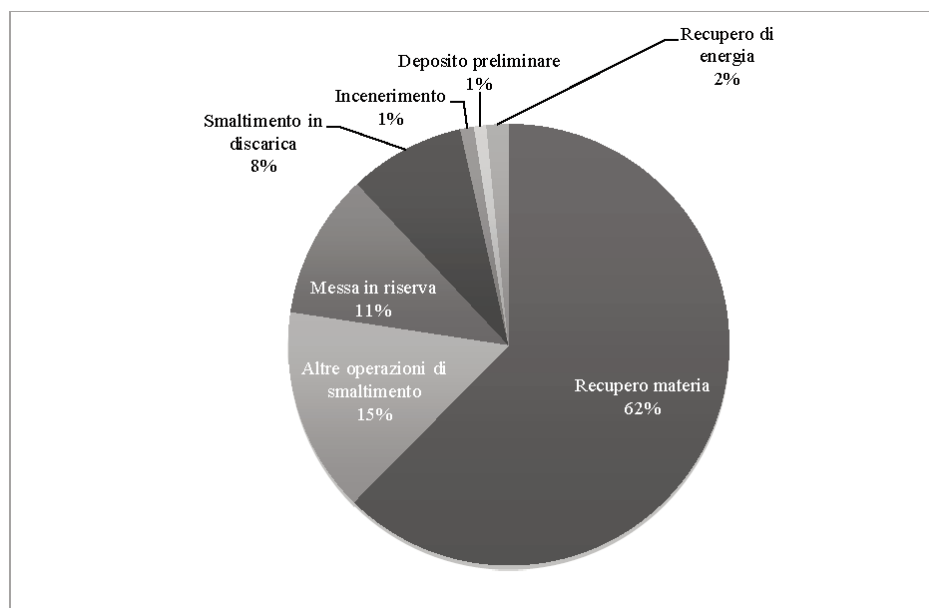
Fonte dei dati: ISPRA. Rapporto Rifiuti Speciali. Anno 2016.

Tabella 2 - Rifiuti speciali (valori assoluti in tonnellate) gestiti, recuperati, smaltiti in discarica e inceneriti per regione - Anno 2014

Regioni	Rifiuti speciali gestiti	Rifiuti speciali recuperati		Rifiuti speciali smaltiti in discarica		Rifiuti speciali inceneriti
		Totali	Pericolosi	Totali	Pericolosi	
Piemonte	11.108.490	7.970.405	150.690	1.022.580	174.992	11.631
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	401.986	271.877	547	120.230	1.474	n.d.
Lombardia	34.793.591	27.802.950	1.093.764	2.908.373	229.578	784.340
Trentino-Alto Adige*	4.206.545	3.605.426	8.011	88.032	126	20.947
Veneto	14.838.780	11.709.780	161.032	1.289.859	155.281	66.189
Friuli Venezia Giulia	4.922.285	4.560.135	35.592	115.589	11.452	15.636
Liguria	3.367.485	2.591.012	49.359	415.037	n.d.	n.d.
Emilia-Romagna	12.691.516	9.306.400	159.579	666.583	116.797	238.978
Toscana	10.350.276	6.661.540	120.790	910.737	118.469	33.322
Umbria	2.395.431	1.757.210	3.578	431.264	73.564	n.d.
Marche	3.141.041	2.000.600	15.401	257.075	47.979	n.d.
Lazio	6.578.704	4.907.923	66.463	727.498	n.d.	24.070
Abruzzo	2.141.634	1.662.006	9.546	26.774	20.211	14.364
Molise	557.575	301.788	2.724	7.600	n.d.	34.165
Campania	4.595.707	3.766.010	116.217	n.d.	n.d.	22.057
Puglia	8.341.316	5.609.720	58.226	1.003.339	8.853	6.259
Basilicata	1.526.830	695.964	28.657	58.461	6.311	29.101
Calabria	1.795.282	665.729	31.313	110.326	39.818	45.040
Sicilia	3.487.651	2.680.810	50.935	342.732	127.246	33.776
Sardegna	2.521.987	1.214.635	66.927	911.141	136.766	15.223
Italia	133.764.113	99.741.921	2.229.351	11.413.230	1.268.917	1.395.097

*I dati disaggregati per le PA di Bolzano e Trento non sono disponibili.
n.d. = non disponibile.

Fonte dei dati: Elaborazione modificata da ISPRA. Rapporto Rifiuti Speciali. Anno 2016.

Grafico 2 - Rifiuti speciali (valori percentuali) per tipologia di recupero e smaltimento - Anno 2014

Fonte dei dati: ISPRA. Rapporto Rifiuti Speciali. Anno 2016.

Confronto internazionale

Nel 2012, in Europa a 28 Paesi membri (UE-28) sono stati prodotti, complessivamente, circa 2,5 miliardi di tonnellate di rifiuti (Tabella 3), di cui circa 99 milioni di tonnellate di rifiuti pericolosi. I maggiori Paesi produttori sono la Germania (oltre 368 milioni di tonnellate)

e la Francia (oltre 344 milioni di tonnellate), seguite da Romania (oltre 266 milioni di tonnellate), Regno Unito (oltre 241 milioni di tonnellate), Polonia (oltre 163 milioni di tonnellate), Bulgaria (oltre 161 milioni di tonnellate), Svezia (oltre 156 milioni di tonnellate) e Italia (oltre 154 milioni di tonnellate).

In particolare, la Germania con quasi 22 milioni di tonnellate è il principale Paese produttore di rifiuti pericolosi, seguito dalla Bulgaria (circa 13,4 milioni di tonnellate), dalla Francia (oltre 11,3 milioni di tonnellate) e dall'Estonia (oltre 9,1 milioni di tonnellate); l'Italia presenta una posizione di rilievo con un quantitativo prodotto di 8,9 milioni di tonnellate. Per contro, particolarmente ridotti (al di sotto del milione di tonnellate) i quantitativi prodotti in Portogallo, Romania, Ungheria, Slovacchia, Lussemburgo, Grecia, Slovenia, Lituania, Croazia, Lettonia, Cipro e Malta (5). Rispetto al 2004 si notano ampie differenze: infatti, a fronte di un modesto calo medio del 4,5%, particolarmente evidente è il raddoppio della produzione di rifiuti speciali riscontrato in Grecia (+106,9%), ma anche in Lettonia e Svezia (rispettivamente, +83,7% e +70,3%); per contro, cali di produzione intorno al 50% si sono rilevati a Malta e in Croazia. In generale, per quanto riguarda la produzione di rifiuti pericolosi pro capite negli stati membri dell'UE, nel 2012, si osservano variazioni da un minimo di 27 kg/ab in Grecia ad un massimo di 593 kg/ab in Lussemburgo (6).

Relativamente alla problematica di una corretta

gestione, il Sesto Programma d'Azione sull'Ambiente dell'Unione Europea (2002-2012) (7) ha inserito tra le priorità la corretta gestione e il monitoraggio dei rifiuti; in questo contesto, il 42,3% dei rifiuti totali gestiti nei 28 Stati membri, nel 2012, è smaltito in discarica, il 6,0% è avviato a trattamento in ambiente idrico terrestre/scarico, l'1,6% è incenerito, mentre il 4,4% e il 45,7% sono avviati, rispettivamente, a recupero energetico e ad altre forme di recupero diverse da quello energetico (recupero di materia incluso il *backfilling*). Si rileva, inoltre, un'ampia variabilità di approccio alla gestione dei rifiuti totali tra i diversi Stati membri: infatti, per quanto riguarda lo smaltimento in discarica si passa da percentuali <10% nei Paesi Bassi (3,3%) e in Belgio (7,6%) al 98,6% in Bulgaria; lo smaltimento in discarica si attesta su percentuali relativamente contenute (<20%) in Slovenia (12,6%), Italia (17,7%), Germania (18,0%), Danimarca (19,0%) e Repubblica Ceca (19,9%); per contro, oltre che in Bulgaria, percentuali molto elevate di smaltimento in discarica (>60%) si registrano in Croazia (63,9%), Cipro (68,8%), Lituania (71,8%), Grecia (85,4%) e Romania (90,7%) (5).

Tabella 3 - Produzione (valori assoluti in tonnellate) e variazione percentuale di rifiuti speciali per Paese dell'Unione Europea-28 - Anni 2004, 2012

Paesi	2004	2012	Δ % (2004-2012)
Austria	53.020.950	34.047.465	-35,8
Belgio	52.809.345	67.630.317	28,1
Bulgaria	201.020.467	161.252.166	-19,8
Cipro	2.241.520	2.086.469	-6,9
Croazia	7.208.688	3.378.638	-53,1
Danimarca	12.588.952	16.332.249	29,7
Estonia	20.860.680	21.992.343	5,4
Finlandia	69.708.476	91.824.193	31,7
Francia	296.580.889	344.731.922	16,2
Germania	364.021.937	368.022.172	1,1
Grecia	34.952.676	72.328.280	106,9
Irlanda	24.499.142	13.421.334	-45,2
Italia	108.444.544	154.427.046	10,5
Lettonia	1.257.225	2.309.581	83,7
Lituania	7.010.178	5.678.751	-19,0
Lussemburgo	8.315.766	8.397.228	1,0
Malta	3.146.062	1.452.496	-53,8
Olanda	92.448.121	123.612.767	33,7
Polonia	154.713.242	163.377.949	5,6
Portogallo	29.317.295	14.184.456	-51,6
Regno Unito	357.543.601	241.100.639	-32,6
Repubblica Ceca	29.275.743	23.171.358	-20,9
Romania	369.300.408	266.975.602	-27,7
Slovacchia	10.668.411	8.425.384	-21,0
Slovenia	5.770.505	4.546.506	-21,2
Spagna	160.668.134	118.561.669	-26,2
Svezia	91.759.469	156.306.504	70,3
Ungheria	24.660.920	16.310.151	-33,9
UE-28	2.625.170.000	2.505.885.635	-4,5

Fonte dei dati: Eurostat Database. Anno 2016.

Raccomandazioni di Osservasalute

L'analisi dei dati, relativi al 2014, rileva un complessivo incremento della produzione di rifiuti speciali, soprattutto dei rifiuti non pericolosi. I rifiuti non pericolosi derivano, prevalentemente, dai settori delle costruzioni e demolizioni e dal manifatturiero.

Le attività economiche relative alle costruzioni e demolizioni (39,7%), al trattamento dei rifiuti e al risanamento ambientale (27,4%) e il settore manifatturiero (20,5%) sono tra quelle che producono le maggiori quantità di rifiuti totali nell'ambito dei quali, circa l'81%, è riconducibile a rifiuti speciali, mentre il restante 19,0% deriva dalle attività domestiche (rifiuti urbani).

Come precedentemente accennato, occorre sottolineare che l'utilizzo della banca dati MUD per la quantificazione della produzione dei rifiuti speciali, per le ragioni già esposte, porta ad una sottostima della produzione complessiva dei rifiuti, peraltro compensata dalle stime effettuate dall'ISPRA; quindi, per giungere ad una quantificazione più realistica della produzione, è auspicabile pervenire ad un maggiore controllo dei flussi dei rifiuti (dal produttore iniziale del rifiuto all'impianto di trattamento e all'impianto di smalti-

mento finale) e ad una maggiore precisione nella classificazione non solo per quanto riguarda la pericolosità o meno del rifiuto stesso, ma anche per ciò che riguarda il diverso stato fisico/chimico, con conseguente modifica del codice di identificazione.

Riferimenti bibliografici

- (1) Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale. Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 - Suppl. Ordinario n. 96.
- (2) Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. G.U. della UE 22.11.2008 L312/3.
- (3) Decreto Legislativo 3 dicembre 2010, n. 205. Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. G.U. n. 288 del 10.12.2010 - S.G. n. 269/L.
- (4) Azara A., Moscato U., Mura I., Poscia A., Cerabona V. Rifiuti speciali (gestione) in Osservasalute 2010, 146-151, Prex S.p.A., Milano 2010.
- (5) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ISPRA. Rapporto Rifiuti Speciali. Edizione 2016. Rapporti 247/2016, Giugno 2016.
- (6) Eurostat, Statistic Explained. Waste statistics - 2015 edition. Disponibile sul sito: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/it.
- (7) The Sixth Environment Action Programme of the European Community 2002-2012.

Pesticidi in acque

Significato. I pesticidi comprendono un'ampia gamma di sostanze chimiche impiegate per combattere o controllare gli organismi nocivi; da un punto di vista normativo, si distinguono in prodotti fitosanitari (1) (sostanze attive utilizzate nel settore agricolo, in silvicoltura, orticoltura, aree ricreative e giardini destinate, principalmente, a proteggere i vegetali dagli organismi nocivi o a prevenirne gli effetti) e biocidi (2), impiegati in vari campi di attività (disinfettanti, preservanti, pesticidi per uso non agricolo etc.). Spesso, i due tipi di prodotti utilizzano gli stessi principi attivi e, pertanto, il termine pesticidi comprende i due gruppi di sostanze (3).

Essi trovano un largo impiego in agricoltura dove vengono usati per difendere le colture da parassiti (soprattutto insetti e acari) e patogeni (batteri, virus e funghi), per controllare lo sviluppo di piante infestanti e per assicurare l'ottenimento di elevati standard di qualità dei prodotti agricoli.

La distribuzione dei pesticidi e delle relative sostanze o principi attivi in essi contenuti, assume sempre più rilievo per la crescente attenzione da parte dell'opinione pubblica verso la salute, la salubrità del cibo e dell'acqua, la salvaguardia dell'ambiente e, più in generale, verso la qualità della vita. Infatti, i principi attivi presenti nei prodotti fitosanitari sono, per definizione, biologicamente attivi e contengono sostanze tossiche (in alcuni casi cancerogene) che, soprattutto per un uso improprio, non sperimentato e non autorizzato, determinano rischi e pericoli per la salute umana (in particolare operatori ed altri gruppi di popolazione esposti) e animale. Il loro impiego ha un impatto ormai largamente confermato sulle proprietà fisiche e chimiche dei suoli e sulla micro-, meso- e macro-fauna. Alcuni residui, inoltre, possono contaminare le acque superficiali e sotterranee, con ulteriori effetti pericolosi sulla salute umana e sull'ambiente (4).

In particolare, dal punto di vista chimico, i pesticidi inorganici risultano, in genere e alle dosi richieste per la loro efficacia d'uso, fortemente tossici per l'uomo e per alcuni animali; i metalli, inoltre, come l'arsenico, non sono biodegradabili e possono permanere nei diversi comparti dell'ambiente (acqua, suolo, sedimenti e biota).

Negli anni Quaranta e Cinquanta, lo sviluppo e l'ampia diffusione dei pesticidi organici di sintesi ha soppiantato l'uso dei composti inorganici; la prima grande "famiglia" ad essere stata sviluppata fu quella degli insetticidi organoclorurati, di cui fanno parte il paradidrodifeniltricloroetano o DDT e suoi analoghi (DDD e metossicloro), il toxafene, il lindano (gammaesaclorocicloesano) e i ciclopentadieni clorurati (aldrin, dieldrin, endrin, eptacloro, clordano e endosulfan). Gli insetticidi organoclorurati agiscono inter-

ferendo sul sistema nervoso centrale dell'insetto a livello della trasmissione dell'impulso nervoso (ad esempio DDT e analoghi) o attraverso l'inibizione del mesoinositolo, fattore vitaminico essenziale delle fibre nervose (ad esempio ciclodieni e lindano); alla stessa famiglia chimica appartengono i fungicidi esaclorobenzene e pentaclorofenolo. Per le loro proprietà (elevata resistenza alla degradazione biologica, chimica e fotolitica e elevata solubilità nei lipidi contrapposta a una bassa idrosolubilità e tossicità acuta relativamente elevata negli insetti, ma bassa per l'uomo) sono stati ritenuti a lungo pesticidi ideali; tuttavia, tali caratteristiche li rendono degli inquinanti ambientali persistenti con una elevata capacità di bioaccumulare nella catena alimentare e con effetti tossici ben documentati. Infatti, la maggior parte di questi pesticidi sono stati banditi, con la parziale eccezione del DDT, utilizzato ancora in alcuni Paesi per la lotta alla malaria (3).

Un'altra classe di composti chimici, quella degli esteri dell'acido fosforico, caratterizzati da una ridotta persistenza, ha trovato impiego soprattutto come insetticidi; i pesticidi organofosforici, sotto questo aspetto, costituiscono un progresso rispetto agli organoclorurati, ma presentano una tossicità acuta molto maggiore per l'uomo e per gli altri mammiferi; infatti, come i pesticidi organoclorurati, anche gli organofosforici hanno affinità per i tessuti adiposi, ma, al contrario di essi, si decompongono abbastanza rapidamente per cui non si accumulano nelle catene alimentari. Fanno parte di questa famiglia il diclorvos, il parathion, il malathion, il dimethoato e l'azinphos-methyl.

Tra gli erbicidi, il più noto è l'atrazina, utilizzata prevalentemente nelle coltivazioni di mais, sorgo e canna da zucchero. Nonostante la sua solubilità non sia molto elevata, l'atrazina ha dimostrato avere una elevata persistenza ambientale con conseguente inquinamento sia di acque superficiali che di falda. Pur essendo vietato il suo impiego su tutto il territorio nazionale dal 1992, è ancora largamente rinvenuta insieme ai suoi metaboliti nelle acque superficiali e sotterranee. Gli anni Settanta e Ottanta, inoltre, hanno visto l'immissione sul mercato dell'erbicida sistemico glifosate, che attualmente è il più utilizzato a livello mondiale. Fa parte della famiglia degli organofosforici che agiscono interferendo con la biosintesi delle proteine (3). Sussistono, pertanto, limiti assai restrittivi (soprattutto per erbicidi e insetticidi) sulla presenza di pesticidi nelle acque destinate a fini potabili. Quindi, la limitazione al minimo necessario dell'uso di questi mezzi tecnici in agricoltura dovrebbe essere una delle politiche per progredire verso forme più evolute di agricoltura sostenibile.

Infatti, gli orientamenti agronomici più recenti e gli attuali indirizzi di politica comunitaria tendono a non

incrementare le quantità di prodotti fitosanitari distribuite e impiegate nelle coltivazioni, dando priorità sia alla difesa delle piante mediante metodi di lotta inte-

grata e biologica che al mantenimento delle caratteristiche qualitative delle produzioni agricole (4).

Pesticidi nelle acque superficiali e profonde

Percentuale di punti di monitoraggio con residui di pesticidi

Percentuale di campioni di acque con residui di pesticidi

Percentuale di sostanze rilevate su sostanze ricercate

Percentuale di campioni che superano gli Standard di Qualità Ambientale

Validità e limiti. I dati riportati riassumono i risultati del monitoraggio nazionale dei residui di pesticidi nelle acque interne superficiali e sotterranee, in termini di frequenza di ritrovamento e distribuzione dei valori delle concentrazioni, svolto nel 2014 dal Settore Sostanze Pericolose del Servizio Rischio Tecnologico del Dipartimento Nucleare Rischio Tecnologico e Industriale dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) (3) nell'ambito delle attività del Piano di Azione Nazionale (PAN) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (5) sulla base dei dati di monitoraggio trasmessi dalle Regioni e PA che hanno svolto le indagini sul territorio previste dal D. Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 (6). Il piano, riorientando le indagini sulle sostanze effettivamente utilizzate nel territorio e individuando le priorità in relazione ai potenziali rischi ambientali, ha posto le premesse per una razionalizzazione e armonizzazione dei programmi regionali di monitoraggio e ha consentito di avviare la realizzazione di un sistema nazionale di controllo e di gestione dell'informazione sulla presenza di residui dei prodotti fitosanitari nelle acque. Tuttavia, il monitoraggio dei residui di prodotti fitosanitari nelle acque è reso particolarmente difficoltoso da una serie di ragioni:

- per la vasta estensione delle aree interessate e per le specificità dell'inquinamento di origine agricola;
 - per gli inquinanti che seguono percorsi poco identificabili, dipendenti dagli eventi idrologici e dalle vie di drenaggio;
 - per l'elevato numero di sostanze utilizzate: infatti, in Italia, solo in agricoltura si utilizzano circa 118 mila tonnellate all'anno di prodotti fitosanitari (7) che contengono circa 400 sostanze con diverse formulazioni in alcune migliaia di prodotti commerciali.
- Inoltre, il quadro della contaminazione delle acque superficiali è ancora largamente incompleto in quanto solo un limitato numero di sostanze ha uno specifico valore di Standard di Qualità Ambientale (SQA), mentre la maggior parte ha un limite generico. Sussistono, infine, difficoltà a causa delle disomogeneità dei programmi di monitoraggio regionali, con differenze nella rete e nelle frequenze di campiona-

mento, ma anche nel numero delle sostanze controllate e nei limiti di quantificazione analitici. Con la consapevolezza di queste difficoltà, che rendono poco agevole l'interpretazione dei risultati, sono stati applicati gli indicatori previsti dal PAN (3).

Si comprende, quindi, la difficoltà di pianificare adeguatamente un monitoraggio che richieda la predisposizione di una rete che copra gran parte del territorio nazionale, il controllo di un grande numero di sostanze e un continuo aggiornamento reso necessario dall'uso di sostanze nuove (3).

Valore di riferimento/Benchmark. Le concentrazioni rilevate sono confrontate con i limiti di qualità ambientale stabiliti a livello europeo e nazionale: gli SQA per le acque superficiali (6, 8, 9) e le norme di qualità ambientale per la protezione delle acque sotterranee (10).

A livello nazionale, il Decreto n. 56 del 14 aprile 2009 (9) sui criteri tecnici per il monitoraggio, stabilisce che gli SQA vengano espressi come concentrazioni medie annue: per tutti i singoli pesticidi si applica il limite di 0,1 µg/l e per la somma dei pesticidi il limite di 1,0 µg/l (fatta eccezione per le risorse idriche destinate ad uso potabile per le quali il limite è 0,5 µg/l). Per le acque sotterranee, i limiti sono i medesimi delle acque potabili (11-12) (0,1 µg/l e 0,5 µg/l, rispettivamente per la singola sostanza e per i pesticidi totali) e il loro stato di qualità viene stabilito confrontando le concentrazioni medie annue con i suddetti limiti.

Per alcune sostanze la contaminazione per frequenza, diffusione territoriale e superamento dei limiti di legge costituisce un vero e proprio problema, in alcuni casi di dimensione nazionale (3).

Descrizione dei risultati

In Italia, nel 2014, sono state condotte indagini su 3.747 punti di campionamento e effettuate analisi su 14.718 campioni nei quali sono state ricercate, complessivamente, 365 sostanze.

Il risultato complessivo indica un'ampia diffusione della contaminazione.

Suddividendo i risultati per tipologia di acquifero emerge che, nelle acque superficiali, sono stati trovati pesticidi nel 63,9% (Tabella 1) dei 1.284 punti di monitoraggio controllati (nel 2013 la percentuale era del 58,0% e nel 2012 del 56,9%). Nelle acque sotterranee, invece, sono risultati contaminati il 31,7% (Tabella 1) dei 2.463 punti (34,7% nel 2013 e 31,0% nel 2012).

In alcune regioni la contaminazione dei punti di monitoraggio è molto più diffusa del dato nazionale, arrivando a interessare oltre il 70% dei punti delle acque superficiali in Veneto, Lombardia, Emilia-Romagna e Lazio, oltre il 90% in Toscana, oltre il 95% in Umbria e del 100% nella PA di Bolzano; nelle acque sotterranee la diffusione della contaminazione è meno evidente ma, comunque, elevata in Sicilia (76,6%), Friuli Venezia Giulia (68,6%) e Lombardia (41,3%).

Sono state trovate 224 sostanze diverse, un numero sensibilmente più elevato degli anni precedenti (erano 175 nel 2012); indice, questo, di una maggiore efficacia complessiva delle indagini. Più in particolare, si rileva che nelle acque superficiali sono state ritrovate 205 sostanze su 354 ricercate (57,9%), mentre nelle acque sotterranee sono state ritrovate 171 sostanze su 331 ricercate (51,7%) (Tabella 1).

Relativamente ai livelli di contaminazione riscontrati (Tabella 2) in ambito nazionale, nel 2014, su 1.284 punti di monitoraggio delle acque superficiali, 274 (21,3%) hanno livelli di concentrazione superiore agli SQA. La Lombardia, superando gli SQA di 168 punti su 303 determinazioni eseguite (corrispondenti al 55,4%), ha il livello più elevato di non conformità.

Tuttavia, è opportuno precisare che le sostanze che determinano il maggior numero di casi di superamento dei limiti sono sostanze glifosate e il metabolita

AMPA (acido aminometilfosfonico) la cui ricerca viene effettuata esclusivamente in Lombardia e, solo dal 2014, anche in Toscana; essendo l'erbicida largamente impiegato, è probabile che il suo inserimento nei programmi di monitoraggio possa determinare un sensibile aumento dei casi di non conformità nelle regioni dove ora non viene cercato. Inoltre, la percentuale dei punti con livelli di contaminazione superiori ai limiti è elevata nel Lazio (40,0% dei casi, sebbene ci si riferisca ad un esiguo numero di siti monitorati), in Sicilia (25,6% dei casi), in Veneto (23,9% dei casi) e nella PA di Trento (18,6% dei casi) (Tabella 2). Per contro, in alcune regioni (Abruzzo, Friuli Venezia Giulia, Sardegna, Umbria e PA di Bolzano), nonostante si siano rilevate concentrazioni inferiori agli SQA, nessuna determinazione ha superato il limite previsto. Inoltre, apparentemente migliore è la situazione riscontrata in un altro gruppo di regioni (Basilicata, Liguria e Valle d'Aosta) dove i riscontri analitici ottenuti sono inferiori al Limite strumentale di Quantificazione (LQ).

In linea generale, nelle acque sotterranee si rileva, nel 2014, una minore contaminazione rispetto alle acque superficiali: infatti, su 2.463 punti, solo 170 (6,9%) hanno una contaminazione superiore agli SQA. La Sicilia, con il 22,3% dei punti di monitoraggio sopra i limiti, è la regione con la più elevata frequenza di casi di non conformità; d'altra parte, il monitoraggio della regione riguarda, essenzialmente, la provincia di Ragusa dove esiste una rete capillare e il monitoraggio copre uno spettro di sostanze molto ampio.

Seguono la Lombardia con il 13,2%, il Friuli Venezia Giulia con il 9,5% e l'Abruzzo con l'8,4% dei punti di monitoraggio sopra i limiti.

Tabella 1 - Pesticidi (valori percentuali) in punti di monitoraggio ed in campioni con residui e sostanze (valori assoluti) trovate e cercate in acque superficiali e sotterranee per regione - Anno 2014

Regioni	Acque superficiali				Acque sotterranee		
	Punti di monitoraggio con residui	Campioni con residui	Sostanze trovate	Sostanze cercate	Punti di monitoraggio con residui	Campioni con residui	Sostanze cercate
Piemonte	69,9	22,9	45	27	28,2	18,3	39
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	0,0	0,0	49	0	0,0	0,0	63
Lombardia	78,5	38,6	95	43	41,3	32,0	46
Bolzano-Bozen	100,0	40,3	165	35	0,0	0,0	144
Trento	54,3	15,0	102	33	0,0	0,0	102
Veneto	74,8	53,4	95	42	29,7	22,2	85
Friuli Venezia Giulia	46,7	54,2	53	7	68,6	70,4	59
Liguria	23,1	9,8	52	1	0,0	0,0	21
Emilia-Romagna	84,4	57,3	89	66	22,4	21,2	100
Toscana	90,6	51,9	81	63	38,2	23,1	82
Umbria	95,0	37,6	99	18	4,6	4,6	96
Marche	46,7	20,5	22	4	2,2	1,0	5
Lazio	80,0	40,4	57	12	38,1	11,1	57
Abruzzo	4,6	1,6	55	4	23,2	9,0	52
Molise	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Campania	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Puglia	6,9	0,8	28	3	n.d.	n.d.	n.d.
Basilicata	0,0	0,0	34	0	n.d.	n.d.	n.d.
Calabria	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sicilia	69,8	76,8	180	121	76,6	59,4	180
Sardegna	16,4	2,2	36	5	12,3	7,4	38
Italia	63,9	34,0	354	205	31,7	25,5	331

n.d. = non disponibile.

Fonte dei dati: ISPRA. Rapporto nazionale pesticidi nelle acque. Anno 2016.

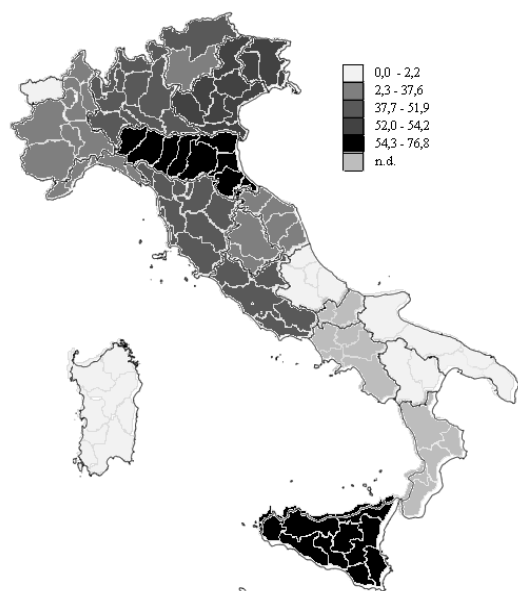
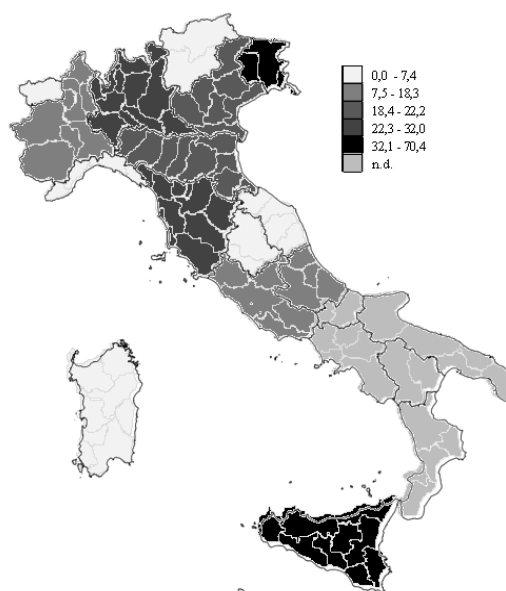
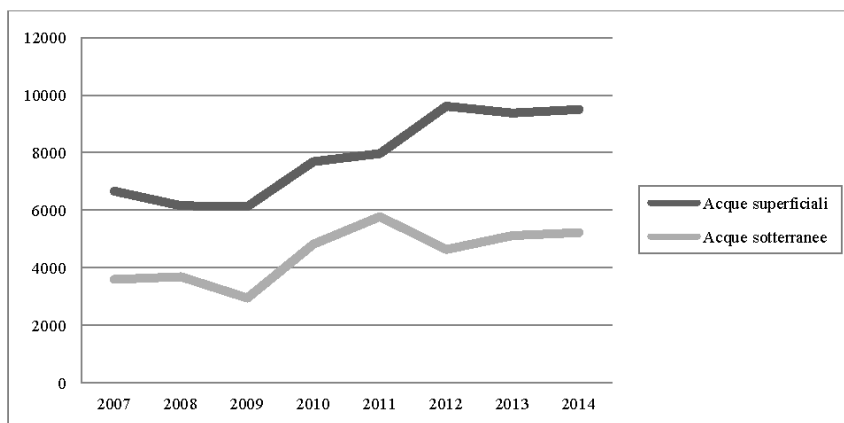
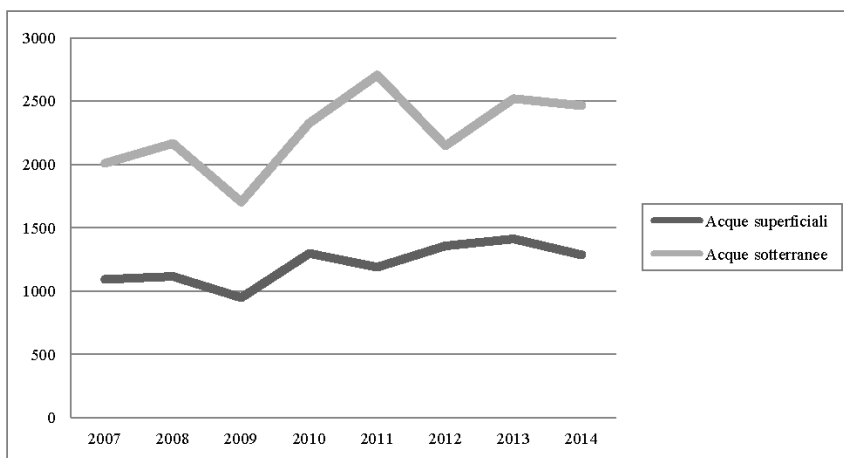
Pesticidi (valori percentuali) in campioni con residui nelle acque superficiali. Anno 2014**Pesticidi (valori percentuali) in campioni con residui nelle acque sotterranee. Anno 2014**

Grafico 1 - Campioni e punti di monitoraggio (valori assoluti) di acque superficiali e sotterranee - Anni 2007-2014

Campioni



Punti di monitoraggio



Fonte dei dati: ISPRA. Rapporto Pesticidi. Anno 2016.

Tabella 2 - Pesticidi (valori assoluti) cercati, Livelli analitici di Quantificazione (valori in μl) e punti di monitoraggio (valori assoluti e valori percentuali) con concentrazioni superiori o inferiori allo Standard di Qualità Ambientale in acque superficiali e sotterranee per regione - Anno 2014

Regioni	Sostanze cercate	Livelli analitici di Quantificazione		Acque superficiali Punti di monitoraggio			Acque sotterranee Punti di monitoraggio			
		Min	Max	>SQA	<SQA	%>SQA	Totali	>SQA	<SQA	%>SQA
Piemonte	45	0,002	0,02	10	61	7,0	143	15	79	4,5
Valle d'Aosta	84	0,01	0,02	0	0	0,0	15	0	0	0,0
Lombardia	102	0,005	1	168	63	55,4	303	69	146	13,2
Bolzano-Bozen	167	0,0025	0,5	0	1	0,0	6	0	0	0,0
Trento	102	0,03	0,05	13	9	18,6	70	0	0	0,0
Veneto	102	0,003	0,5	37	70	23,9	155	3	66	1,3
Friuli Venezia Giulia	53	0,01	0,05	0	7	0,0	15	13	81	9,5
Liguria	56	0,0001	2	0	0	0,0	13	0	0	0,0
Emilia-Romagna	10	0,01	0,05	17	102	11,0	154	11	40	4,8
Toscana	82	0,001	0,027	14	70	13,1	107	2	66	1,1
Umbria	101	0,005	0,05	0	17	0,0	20	4	3	2,6
Marche	25	0,003	0,5	1	12	3,3	30	1	0	2,2
Lazio	59	0,005	0,1	2	2	40,0	5	1	7	4,8
Abruzzo	56	0,0005	2	0	2	0,0	65	8	14	8,4
Molise	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Campania	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Puglia	28	0,0005	10	1	0	1,7	58	n.d.	n.d.	n.d.
Basilicata	34	0,003	0,01	0	0	0,0	15	n.d.	n.d.	n.d.
Calabria	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sicilia	185	0,0005	0,25	11	18	25,6	43	41	100	22,3
Sardegna	68	0,001	1	0	6	0,0	67	2	8	2,5
Italia	365	0,0001	10	274	440	21,3	1.284	170	610	6,9

n.d. = non disponibile.

Fonte dei dati: ISPRA. Rapporto nazionale pesticidi nelle acque. Anno 2016.

Confronto internazionale

Per quanto riguarda il contesto dell'Unione Europea i dati disponibili della banca dati Eurostat (13), non sempre affidabili e comparabili, riportano che in diversi Paesi, soprattutto nelle aree caratterizzate da agricoltura intensiva, si rilevano nelle acque sotterranee concentrazioni di pesticidi che superano gli SQA. Infatti, relativamente al periodo 2010-2011, circa il 7% delle 7.669 stazioni di monitoraggio di acque sotterranee riportano livelli eccessivi per uno o più pesticidi; atrazina ed il suo metabolita desethylatrazine sono tra i pesticidi più frequentemente rilevati al di sopra del livello di qualità in tutta Europa.

Relativamente alle acque superficiali, si rilevano concentrazioni medie annue di alaclor e atrazina inferiori allo SQA in tutte le stazioni; in particolare, le concentrazioni medie annuali di atrazina sono state costantemente al di sotto degli SQA in molti Paesi dal 2006, anche in Paesi come la Francia e il Belgio noti per la produzione agricola intensiva. Per il resto dei pesticidi monitorati, ad eccezione del gruppo del ciclodiene e Endosulfan, gli SQA sono stati superati in meno del 5% delle stazioni monitorate; tuttavia, il gruppo del ciclodiene ha superato gli SQA nel 43% delle stazioni di monitoraggio, mentre l'endosulfan nel 35% dei casi valutati. Le concentrazioni di clorfenvinfos, clorpirifos, ciclodiene, diuron, isoproturon e trifluralin sono state sempre al di sotto dei SQA in tutti i Paesi (13).

Raccomandazioni di Osservasalute

Nonostante le misure messe in atto per una riduzione dei rischi derivanti dall'uso dei pesticidi, i risultati ottenuti dal confronto dei dati di monitoraggio con i limiti di concentrazione stabiliti dalle varie normative evidenziano un livello di contaminazione "importante" in gran parte del territorio nazionale.

In particolare, la contaminazione è più diffusa nella pianura padano-veneta anche se questo dipende non solo dal suo intenso utilizzo agricolo, ma anche dal fatto che le indagini sono, generalmente, più complete e più rappresentative nelle regioni del Nord dove si concentra circa il 60% dei punti di monitoraggio dell'intera rete nazionale. Nel resto del Paese la situazione è ancora abbastanza disomogenea, non sono pervenute informazioni da alcune regioni (Molise, Campania e Calabria) e, in altre, la copertura territoriale è limitata, o del tutto assente, specialmente per le acque sotterranee (Basilicata e Puglia) così come è limitato il numero delle sostanze cercate; rispetto al passato, peraltro, l'aumentata copertura territoriale e la migliore efficacia del monitoraggio sta portando alla luce una contaminazione significativa anche al Centro ed al Sud ed Isole (3).

Pertanto, anche per allocare al meglio le risorse disponibili, è auspicabile che i programmi regionali di monitoraggio vengano aggiornati in relazione alle sostanze immesse sul mercato in tempi più recenti,

escludendo quelle per cui non ci sono evidenze in termini di residui nelle acque, specialmente quando queste non sono più in commercio in quanto revocate nell'ambito del processo di revisione europeo. Si rende, inoltre, evidente la necessità di procedere ad una migliore armonizzazione sia delle metodiche analitiche per alcune sostanze che delle prestazioni dei laboratori regionali, in particolare per quanto riguarda i limiti di rivelabilità che in qualche caso risultano ancora largamente inadeguati (3).

Infine, per quanto i dati di monitoraggio rappresentino preziosi strumenti di valutazione retrospettiva della qualità ambientale, verosimilmente, non appaiono ancora sufficientemente rappresentativi per stimare alcuni aspetti critici.

Riferimenti bibliografici

- (1) Regolamento (CE) N. 1107/2009 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 relativo all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari e che abroga le direttive del Consiglio 79/117/CEE e 91/4141/CEE. G.U. dell'Unione Europea L 309/1 del 24.11.2009.
- (2) Regolamento (CE) N. 528/2012 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 maggio 2012 relativo alla messa a disposizione sul mercato e all'uso dei biocidi. G.U. dell'Unione Europea L 167/1 del 27.6.2012.
- (3) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ISPRA. Rapporto nazionale pesticidi nelle acque. Dati 2013-2014. Edizione 2016. Rapporti 244/2016, Aprile 2016.
- (4) Azara A. Residui di prodotti fitosanitari nelle acque. In: Rapporto Osservasalute 2009. Stato di salute e qualità dell'assistenza nelle regioni italiane. (Approfondimenti, Versione on line) Prex S.p. A., Milano, 2010, 20-26.
- (5) Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali. Decreto 22 gennaio 2014. Adozione del Piano di azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, ai sensi dell'articolo 6 del decreto legislativo 14 agosto 2012,

n. 150 recante: "Attuazione della direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi". (14A00732) (G.U. Serie Generale n. 35 del 12-2-2014).

(6) Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale. Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006, Supplemento Ordinario n. 96.

(7) Istat. Statistiche report, Anno 2013. La distribuzione per uso agricolo dei fertilizzanti e dei fitosanitari. 20 Gennaio 2015.

(8) Direttiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2008 relativa a 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. G.U. dell'Unione Europea L 348/84 del 24.12.2008.

(9) Decreto 14 aprile 2009, n. 56 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare. 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".

(10) Decreto Legislativo 16 Marzo 2009, N. 30. Attuazione della Direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento. G.U. 4 Aprile 2009, N. 79.

(11) Direttiva 98/83/CE del Consiglio del 3 novembre 1998 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano.

(12) Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 Attuazione della Direttiva 98/83/ce relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano. Gazzetta Ufficiale 3 marzo 2001, n. 52, S.O.

(13) Eurostat, Statistic Explained, Agri-environmental indicator - pesticide pollution of water. Data from September 2013. Disponibile sul sito: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_pesticide_pollution_of_water#Further_information.

Inquinamento da polveri fini (PM₁₀ e PM_{2,5})

Significato. Il Materiale Particolato (*Particulate Matter* o PM) è formato da elementi che costituiscono la frazione particellare fine di componenti aerosoliche ed aerotrasportate. Il PM, in funzione del diametro medio delle particelle ed in riferimento alla rilevanza che ha a livello sanitario per la capacità di penetrazione nell'apparato respiratorio, può essere suddiviso in differenti classi. Attualmente, la comunità scientifica è molto interessata a valutare sia gli aspetti di vantaggio e l'impiego che gli elementi nanomolecolari possono avere in ambito tecnico e scientifico, comprese le applicazioni farmaceutiche e mediche, sia gli aspetti di svantaggio che questi elementi, presenti come prodotti primari nei processi industriali e come componenti di degradazione secondari in molti oggetti di largo consumo (vernici, materiali da costruzione, utensili domestici, materiali per impianti aereali o idrici, derivati da attività di cucina o pulizia e disinfezione etc.), potrebbero presentare e a livello globale sull'ambiente.

Le classi di PM, ad oggi maggiormente valutate e monitorate a livello ambientale per gli effetti sulla salute, sono:

- PM₁₀ (diametro medio $\leq 10 \mu\text{m}$) che costituisce la cosiddetta frazione inalabile, ma che si arresta a livello tracheo-bronchiale;
- PM_{2,5} (diametro medio $\leq 2,5 \mu\text{m}$) che costituisce la frazione respirabile, in grado di raggiungere gli alveoli polmonari.

Il PM₁₀ deriva da meccanismi di erosione e trasporto dovuti ad agenti meteorologici (tipo: il trasporto di polvere dai deserti per meccanismi eolici, il trasporto degli aerosol marini, il trasporto di polveri da scavi o grandi cave e miniere etc.), incendi ed eruzioni vulcaniche; una frazione di esso è, inoltre, riconducibile a processi di trasformazione chimica e di condensazione con altri inquinanti atmosferici. Con questo processo si creano differenti inquinanti secondari.

Il PM_{2,5} è generato dal traffico veicolare, dal riscaldamento domestico da combustibili fossili (in particolare il carbone) e da alcune emissioni industriali (raffinerie, cementifici, centrali termoelettriche a combustibile fossile, inceneritori, industrie siderurgiche etc.).

Differenti studi epidemiologici, condotti anche in Europa, hanno evidenziato una relazione lineare fra l'esposizione a particelle ed effetti sulla salute a concentrazioni che sono correntemente osservabili nelle città europee e che possono essere sintetizzate, principalmente, in danni di tipo acuto (fenomeni irritativi ed infiammatori) e di tipo cronico-degenerativo (infiammatori cronici, mutageni e carcinogenetici) sull'apparato cardiorespiratorio. Tra gli effetti principali a breve termine, sia per azione diretta del PM che indiretta in funzione delle altre sostanze inquinanti da questo trasportate, si possono citare i seguenti aumenti: mor-

talità giornaliera per tutte le cause; accessi ospedalieri specialistici ed ambulatoriali per patologie respiratorie e cardiovascolari; utilizzo o impiego di farmaci cardiovascolari o respiratori; assenteismo dal lavoro e dalla scuola; sintomi e segni acuti quali irritazione delle mucose oculari, nasali e respiratorie, tosse secca e stizzosa, produzione di muco ed infezioni respiratorie; riduzione della funzionalità polmonare; atopie ed allergie. Inoltre, tra gli effetti a medio-lungo termine si riscontrano: aumento del tasso di mortalità dovuta a patologie respiratorie e cardiovascolari; aumento dell'incidenza e prevalenza delle patologie croniche respiratorie (asma, broncopneumopatia cronico ostruttiva, variazioni croniche delle funzionalità polmonari etc.); aumento delle neoplasie polmonari. Naturalmente, i soggetti più vulnerabili ai rischi connessi all'esposizione sono gli anziani, i bambini e i soggetti con malattie cardiache, cardiovascolari o polmonari per i quali l'inalazione del particolato può aggravare i sintomi. Gli anziani sono a maggior rischio in relazione, prevalentemente, alla maggiore probabilità di avere patologie cardio-polmonari non diagnosticate, anche in rapporto all'età. Per i bambini, invece, l'aumento del rischio è dovuto a diversi motivi; ad esempio, un apparato respiratorio non ancora completamente sviluppato, ovvero livelli di attività più elevati e maggiore frequenza di respirazione oltre che maggiore probabilità di avere l'asma, andare incontro a fenomeni atopici o allergici o a malattie respiratorie acute (1-4). Diversi studi suggeriscono che l'esposizione a lungo termine al particolato può anche essere associata con il rischio di parto pre-terminale e basso peso dei neonati alla nascita. È, comunque, d'obbligo ricordare che il PM, così come il particolato atmosferico *outdoor*, è stato ufficialmente inserito dall'*International Agency for Research on Cancer* (IARC) nei composti cancerogeni (Gruppo 1) per gli esseri umani. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stima che, a partire dagli anni Settanta dello scorso secolo, approssimativamente 700 morti/anno per infezioni respiratorie acute nei bambini di età compresa tra 0-4 anni potrebbero essere attribuite all'esposizione a PM₁₀. Si stima, inoltre, che una riduzione della concentrazione ambientale di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o multipli incrementali di questa, comporterebbe, in bambini di età compresa in un range 5-14 anni, la riduzione di 1,9 giorni/anno in cui questi soffrono la presenza di sintomi delle basse vie respiratorie correlabili (sibili respiratori, senso di oppressione toracica, dispnea e tosse), ovvero una riduzione del 18,0% dei giorni di utilizzo di broncodilatatori in soggetti asmatici, migliorando nettamente la qualità della vita.

Negli adulti gli effetti prevalenti si riferiscono, altresì, al

PM_{2,5}, associati alla mortalità per esposizioni a lungo termine. Sempre l'OMS ha determinato, in differenti studi, che in Europa, per esposizione cronica dell'adulto al PM_{2,5}, si avrebbe una perdita di 8,6 mesi/persona nell'aspettativa di vita, potendo variare da circa 3 mesi in Finlandia ad oltre 13 mesi in Belgio. Il numero di morti totali stimate annualmente in Europa a 27 Stati membri (UE-27) attribuibili al PM è in assoluto di circa 348 mila unità.

Al fine di "evitare, prevenire e ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso" l'UE, circa 20 anni fa, emanava la Direttiva 96/62/CE. Purtroppo, era già evidente che, per mitigare ed addirittura ridurre l'inquinamento atmosferico entro i limiti imposti ed entro i tempi previsti, occorreva ridurre in modo significativo (in molti casi ben oltre il 50%) le emissioni degli inquinanti primari e

dei precursori degli inquinanti che si formano parzialmente (tra cui il materiale particolato) o totalmente in atmosfera. L'evoluzione della qualità dell'aria nelle città italiane è stata determinata attraverso la riduzione delle emissioni indotte da azioni implementate a livello nazionale, regionale e locale.

Gli indicatori proposti sono atti a valutare lo stato della qualità dell'aria delle polveri fini (PM₁₀ e PM_{2,5}) (indicatori di pressione o di esposizione della popolazione) attraverso lo stato dell'ambiente atmosferico (indicatori di stato) ed hanno come finalità l'ottemperanza di quanto previsto dalla normativa comunitaria, oltre che la verifica del rispetto dei valori limite richiesti dalla normativa attualmente in vigore in Italia in recepimento delle Direttive UE e la verifica degli interventi attuati ai diversi livelli di *governance* ambientale¹.

PM₁₀: Numero e tipo di stazioni di rilevamento

PM₁₀: Numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 50 µg/m³ (valore limite giornaliero 50 µg/m³; massimo 35 giorni di superamento in 1 anno)

PM₁₀: Valore Medio Annuo (valore limite 40 µg/m³)

PM_{2,5}: Numero e tipo di stazioni di rilevamento

PM_{2,5}: Valore Medio Annuo (valore limite 25 µg/m³)

Validità e limiti. I dati relativi agli indicatori "Numero di giorni con concentrazione media giornaliera >50 µg/m³" per il PM₁₀ e "Valore Medio Annuo" per il PM₁₀ e per il PM_{2,5} sono sufficientemente affidabili ed esprimono l'entità del rischio per la salute delle polveri fini PM₁₀ e PM_{2,5} descrivendo il quadro della situazione nazionale. I dati relativi all'indicatore "Numero e tipo delle stazioni di rilevamento" (sia per il PM₁₀ che per il PM_{2,5}), invece, sebbene quasi omogeneamente in costante aumento, possono risultare insufficienti in conseguenza dell'indisponibilità delle stazioni o dei dati stessi per tutte le province e regioni; ciò anche in considerazione della complessità dei processi di garanzia e controllo di qualità necessari per la certificazione delle reti di rilevamento, oltre che della disomogeneità di distribuzione delle stazioni per numero, tipo o metodo di rilevazione delle polveri fini (che influenza fortemente il dato di concentrazione rilevato nelle regioni). In particolare, le stazioni di rilevamento sono ancora, in alcuni casi, gestite da Enti differenti (Ente Nazionale Energia Elettrica, Regioni, Province, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale etc.) e, per quanto siano state rese parte integrante del sistema locale di analisi del livello di emissioni atmosferiche, sono il più delle volte posizio-

nate nel centro urbano (nelle aree maggiormente trafficate dove è maggiore la densità della popolazione), piuttosto che nelle zone periferiche e/o rurali. Ciò potrebbe introdurre un limite per le considerazioni igienico-sanitarie che potrebbero essere effettuate, non potendo in molti casi riuscire ad eseguire una correlazione valida, in funzione di parametri spazio-temporali, tra picchi di concentrazione di particolato ed il verificarsi di effetti acuti nella popolazione residente nella zona in cui si è misurato il picco.

In base al DM n. 60 del 2 aprile 2002, in conformità alla Direttiva 99/30/CE, il metodo di riferimento per il campionamento del PM₁₀ è considerato il "gravimetrico" per cui, a partire dall'anno 2005, tutte le centraline di monitoraggio o sono state dotate di questo sistema di misura oppure, utilizzando metodi differenti, devono essere state dotate di certificazione di equivalenza al metodo "gravimetrico". Ciò, ha indubbiamente comportato difficoltà per i vari Enti regionali che hanno dovuto adeguare o sostituire le loro reti di campionamento del PM₁₀, introducendo il "Sistema di Misura 2005" (SM 2005). Nell'adottare il nuovo sistema di misura e/o nel procedere all'adeguamento delle reti di rilevazione con i nuovi analizzatori, le Regioni, che già rilevavano in modo automatico e continuo il PM₁₀ (per

¹Decisioni 97/101/CE e 2001/752/CE; Raccomandazione 2003/47/02; Direttiva LCP 2001/80/CE (*Large Combustion Plant*) e Direttiva del 21 maggio 2008 n. 2008/50/Ce "Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" D. Lgs. n. 351/99; DM n. 60/2002; D. Lgs. n. 155/2010.

esempio la Lombardia), hanno continuato ad utilizzare in parallelo anche il Sistema di Misura Classico adottando un apposito fattore di equivalenza certificato, al fine di permettere il mantenimento di un archivio storico ed una comparazione con i dati ottenuti dal 2005 in poi. I dati ottenuti dall'introduzione della nuova strumentazione e del fattore di equivalenza mostrano che, con il SM 2005, si verifica un apparente incremento delle concentrazioni poiché nella misura, a parità di qualità dell'aria, viene inglobata anche la parte semivolatile (costituita da nitrato di ammonio, sale inorganico e da sostanze organiche basso-bollenti). Questo darebbe evidenza delle difficoltà incontrate negli anni 2005-2006 nella misura del PM₁₀. D'altra parte, negli ultimi anni si sta assistendo, in generale, ad una diminuzione dei valori di concentrazione media del PM₁₀ mano a mano che le centraline di rilevamento ed i *software* di gestione, elaborazione e calcolo vengono adeguati. È utile, in ultimo, ricordare che i campionatori gravimetrici, che ancora potrebbero affiancare la rete automatica, permettono di valutare la composizione del particolato che, per circa il 15%, risulta di origine naturale, dovuto al sollevamento di polvere dal terreno, e che, pertanto, tale componente presenta scarsa reattività ed una limitata azione tossicologica.

Valore di riferimento/Benchmark. La Direttiva Quadro 96/62/CE, dalla Direttiva figlia 1999/30/EC, recepita dall'Italia con il DM n. 60/2002 e dalla Direttiva 2008/50/CE, recepita dall'Italia con il D. Lgs. n. 155/2010 esprimono il valore limite della media annua, per il PM₁₀, delle concentrazioni medie giornaliere (40 µg/m³) ed il numero massimo di giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere per la protezione della salute (50 µg/m³, che non deve essere superato più di 35 volte in un anno). Il superamento del margine di tolleranza del limite (che deve decrescere di anno in anno fino al raggiungimento del valore limite stesso), è indicativo della necessità di attuare un piano o un programma di risanamento nell'area interessata. A proposito della regolamentazione del PM_{2,5}, il D. Lgs. n. 155 ha fissato il valore obiettivo a 25 µg/m³, che doveva essere raggiunto, obbligatoriamente, entro il 2015 ed ipotizza per il 1 gennaio 2020, in accordo con le indicazioni della Direttiva Europea, il raggiungimento di un limite di media annua (valore obiettivo) di 20 µg/m³, riservandosi tuttavia di stabilire tale valore limite con successivo decreto (ai sensi dell'art. 22, comma 6) sulla base delle verifiche effettuate dalla Commissione Europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri. La verifica, svolta da parte della Commissione Europea nel 2013, dell'opportunità di mantenere o rivedere tali limiti, per ora non ha determinato una modifica di questa previsione.

A. AZARA, U. MOSCATO

D'altra parte l'OMS, rispettivamente per il PM₁₀ e per il PM_{2,5}, ha stabilito, in relazione ai valori soglia per gli effetti sulla salute umana, che non si dovrebbero superare i valori di esposizione della popolazione a 20 µg/m³ (PM₁₀) e 10 µg/m³ (PM_{2,5}), sempre in funzione del calcolo del numero di giorni con concentrazione media giornaliera e dei valori massimi annui, con limiti, quindi, inferiori al minimo e alla metà, rispettivamente, a quelli stabiliti dalle Direttive Europee e Nazionali per i valori attuali (non considerando, cioè, quelli che si dovrebbero raggiungere entro il 2020, maggiori rispetto alle indicazioni dell'OMS).

Descrizione dei risultati

I dati riportati nella Tabella 1 e trasmessi dai *network* di monitoraggio della qualità dell'aria, sulla base della *Exchange of Information decision* (EoI) - 97/101/EC, sono relativi al "Numero di giorni con concentrazione media giornaliera del PM₁₀ superiore ai 50 µg/m³, con superamento del suddetto valore limite per un massimo di 35 giorni in un anno", riferito all'anno 2014 e primo semestre del 2015 (anche se i dati per l'anno 2015 sono ancora provvisori). Inoltre, è espresso, sempre per il PM₁₀, il dato del "Valore medio annuo" con valore limite di 40 µg/m³, riferito all'anno 2014.

Il primo indicatore mostra un trend di rispetto del valore limite di PM₁₀ a livello globale nazionale nel 2014 in relazione al periodo storico 2010-2013, sebbene si siano rilevati superamenti del valore limite giornaliero in 29 aree cittadine nel 2014 (su circa 76/77 aree urbane, considerando insieme gli agglomerati urbani), dato apparentemente confermato in circa 18 delle stesse aree cittadine anche nei primi mesi del 2015, avendo queste già superato il valore limite giornaliero. In particolare, presentano apprezzabili superamenti del limite il Piemonte (per i centri di Torino, Asti ed Alessandria), la Lombardia (tutti i grandi centri urbani ad eccezione di Varese), il Veneto (tutti i centri urbani), l'Emilia-Romagna (Piacenza, Parma, Reggio-Emilia, Modena e Rimini), l'Umbria con Terni, il Lazio con Roma e l'Abruzzo con Pescara, oltre alla Campania (Benevento, Napoli e Avellino), alla Sicilia (Palermo e Siracusa) e alla Sardegna con l'agglomerato di Cagliari. Nella gran parte delle restanti città (47) entrambi i limiti sono rispettati: sono in questa situazione, oltre alla gran parte delle città del Centro, del Sud e le Isole, anche un discreto numero di città del Nord (Novara, Cuneo, Aosta, Savona, Genova, La Spezia, Varese, Bolzano, Trento, Pordenone, Udine, Trieste, Bologna, Ferrara, Ravenna e Forlì). Sempre in Tabella 1, i dati relativi al Valore Medio Annuo per il PM₁₀, ricordiamo con valore limite di 40 µg/m³, indicano che l'unico centro urbano che abbia un risultato superiore a tale limite, nel 2014, è presente in Campania nel Centro di Benevento (con valore medio della centralina relativa al traffico urbano variabile tra 40-43 µg/m³), non con-

siderando le due stazioni di Traffico Urbano di Torino (con valori variabili nel *range* 35-40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi alla soglia superiore del limite). Rispetto agli anni precedenti, pertanto, nel 2014 si osserva fondamentalmente un numero di superamenti soglia apparentemente inferiore, in particolare al Nord ed al Centro. Inoltre, sussistono situazioni apparentemente molto favorevoli in alcune aree urbane (nello specifico Bolzano, Viterbo, Campobasso, Andria e Sassari) in cui i valori di PM_{10} rilevati (valore annuale $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superamenti del valore limite giornaliero pari a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), oltre che rispettare ampiamente i limiti normativi del D. Lgs. n. 155/2010, appaiono rispettosi dei valori limite proposti dall'OMS (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale; meno di tre superamenti del valore giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Differenti potrebbero essere le ipotesi relative ai fattori che abbiano inciso su questo relativo miglioramento del parametro, potendo aver avuto importanza le particolari condizioni meteo climatiche che hanno caratterizzato il 2014 e che hanno contribuito ad una generalizzata riduzione dei livelli osservati, sia attraverso un'azione diretta (riduzione dell'intensità e della frequenza dei fenomeni di inversione termica e conseguente stabilità atmosferica), che indiretta (riduzione del consumo di combustibili per il riscaldamento dovuto alla stagione invernale particolarmente mite, con relativa e conseguente diminuzione delle emissioni in atmosfera derivanti dal settore del riscaldamento civile, condizione di rischio che rappresenta una delle principali sorgenti di particolato primario e di precursori secondari rilevati dagli indicatori di pressione/stato dell'ambiente). Per l'anno 2015, sono riportati il numero dei giorni di superamento dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrati dal 1 gennaio al 30 giugno (I semestre) in 78 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano). I dati sono provvisori per singola città, distinti per tipo di stazione (stazioni di fondo urbano e suburbano e stazioni di traffico e industriali) ed espressi dal valore minimo e massimo.

I 35 giorni di superamento dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ giornalieri previsti nel valore limite giornaliero del PM_{10} , nel I semestre del 2015 risultano già uguagliati o superati in 18 città del Nord con prevalenza di una gran parte delle città del bacino padano (valore massimo di 55 giorni registrato a Brescia agglomerato), a Benevento e Palermo per quanto riguarda il Sud e le Isole e senza, per ora, manifestazione in alcuna area urbana del Centro. Tale dato conferma il trend già osservato nel 2014, in quanto, nelle stesse città, era stato registrato un livello di inquinamento altrettanto severo, indice di una combinazione sfavorevole tra condizioni meteorologiche e insufficienza della *governance* di controllo delle emissioni inquinanti. In 27 aree urbane, nel I semestre è stato registrato, altresì, un numero di giorni di superamento dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tra 10-35 giorni, rendendo elevato il rischio di superare il limite giornaliero entro la fine dell'anno

2015, in particolare per quelle città che sono molto vicine alla soglia dei 35 superamenti giornalieri come, ad esempio, Rovigo, Piacenza, Modena, Terni, Caserta e Avellino, anche in questo caso confermando il trend del 2014.

D'altra parte, pur in relazione all'azione delle componenti meteorologiche (la cui variabilità, accanto alle misure che verranno prese nei rispettivi centri urbani, è difficile da prevedere), si può essere ragionevolmente portati ad ipotizzare che, nelle restanti 33 città, dove i superamenti nei primi 6 mesi del 2015 non vanno oltre i 10 giorni, il valore limite giornaliero non dovrebbe essere superato.

Con il D. Lgs. n. 155/2010, la valutazione della qualità dell'aria è divenuta d'obbligo anche con riferimento alla frazione fine o respirabile del materiale particolato ($\text{PM}_{2,5}$), in considerazione fondamentalmente alle evidenze sanitarie citate, che attribuiscono un ruolo determinante per gli effetti sulla salute alle particelle più piccole, date le ridotte dimensioni (insieme delle particelle aerodisperse aventi diametro aerodinamico $\leq 2,5 \mu\text{m}$). Le particelle, infatti, a minori dimensioni ($\text{PM}_{2,5}$ vs PM_{10}) raggiungono più agevolmente la zona alveolare.

Analizzando i dati della Tabella 2, si può notare come i dati disponibili per il 2014, per il $\text{PM}_{2,5}$, siano relativi a circa 63 aree urbane. Nella tabella, oltre al numero e al tipo di stazioni, sono riportati i valori relativi alle singole aree urbane, espressi come media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) attraverso l'indicatore "Valore Medio Annuo" con valore limite di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Per ciascuna area urbana, sono riportati il valore minimo e massimo dei dati registrati distintamente in stazioni di fondo urbano e suburbano e in stazioni di traffico e industriali.

Tramite i dati è possibile rilevare che sussiste, in pressoché tutti i Comuni/centri urbani e regioni, un fondamentale rispetto del valore limite annuale, considerandolo pur aumentato del margine di tolleranza (26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Per meglio precisare, con una analisi disaggregata per singole regioni e centri urbani, si può notare che i centri urbani che hanno nel 2014 superato il limite indicato sono unicamente situati in Lombardia nei centri di Como, Monza e Milano (compreso agglomerato) oltre a Brescia (compreso agglomerato).

Ciò potrebbe derivare sia da un'effettiva presenza di concentrazioni di particolato $\text{PM}_{2,5}$ maggiore rispetto ad altri centri urbani/regioni, ma anche da una sovrastima dovuta ad una maggiore capillarità delle stazioni di monitoraggio e copertura del territorio.

D'altra parte, la Valle d'Aosta, le PA di Bolzano e Trento, il Friuli Venezia Giulia, la Liguria, l'Emilia-Romagna, la Toscana, l'Umbria (con un limite di un valore massimo registrato oltre livello a Terni), le Marche, il Lazio, l'Abruzzo, la Campania, la Puglia, la Calabria e la Sardegna sarebbero già entro gli "stan-

“dard-goals” proposti per il 2020 (Molise, Basilicata e Sicilia non presentano disponibilità di dati). Pertanto, pressoché tutti i valori considerati ai fini dell’esposizione media annua, relativi al PM_{10} ed al $PM_{2,5}$, sono inferiori ai limiti dettati dalla norma e, nella gran parte delle aree urbane, già oggi, gli obiettivi della seconda fase previsti dalla Direttiva 2008/50/CE, da raggiungere nel 2020, sarebbero rispettati ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annua o valore massimo annuo). Valori $>20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono stati registrati a Torino, Alessandria, agglomerato di Milano, Bergamo, Brescia, Pavia, Verona, Vicenza, Venezia, Padova, Rovigo e Terni. Se si eccettuasse Terni, tutte le aree urbane con media annua $>20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sarebbero localizzate nel bacino padano nel Nord (senza distinzione tra versante occidentale od orientale). Se, però, si considerano i valori guida dell’OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale), in tutti i casi sono stati rilevati valori medi annuali superiori, con le sole eccezioni di Sassari e Catanzaro ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore registrato in entrambi i casi in stazioni di fondo urbano) considerando, tra l’altro, i limiti della misura derivanti dall’esiguità statistica del campione (ovvero numero delle centraline che hanno registrato tali valori inferiori al limite). Si può complessivamente notare che, tanto per il PM_{10} quanto per il $PM_{2,5}$, le concentrazioni più alte si registrano durante i mesi invernali, considerando non solo le condizioni di inversione termica serale e notturna che caratterizzano un effetto “Hot Hat” o “Hot Island” sulle emissioni da traffico e da riscaldamento domestico, ma anche le prevalenti e sfavorevoli condizioni meteo-climatiche che determinano un aumento dei valori in relazione alla correlazione negativa temperatura/umidità/velocità dell’aria che mantiene allo stato “solido” il particolato. Nei mesi caldi, al contrario, la componente semivolatile si trova allo stato “gassoso” anche negli strati esterni dell’aria consentendo una maggiore dispersione in atmosfera dell’inquinante. Di fatto, sebbene si possa osservare una riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico in modo oggettivo negli ultimi 10 anni in Italia, bisogna pur sempre considerare che l’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) conferma come i livelli di inquinamento atmosferico possano essere soggetti ad oscillazioni interannuali, dovute fondamentalmente alla naturale oscillazione degli ecosistemi complessi, con alternanza di condizioni più o meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti. Comunque, qualsiasi “miglioramento” dovrebbe essere sempre considerato, nell’ambito della Sanità Pubblica, in relazione al limite rappresentato dal contenuto in Arsenico, Cadmio, Nichel e Benzo(a)pirene presenti sul particolato PM_{10} , ovvero in relazione alla presenza di composti cancerogeni, per i quali non è ad oggi possibile individuare una soglia di concentrazione al di sotto della quale l’esposizione possa o debba essere considerata priva di rischi.

Visto in tal senso, considerando quanto espresso nella Tabella 3 ovvero la “Popolazione esposta agli inquinanti in atmosfera nei centri urbani nell’anno 2014” (con riferimento anche al 2013), calcolata attraverso algoritmi dall’ISPRA, lo scenario assume aspetti più variegati e complessi. Di fatto, tenendo in considerazione il valore limite annuale per la protezione della salute umana (D. Lgs n.155/2010 e s.m.i.), per il PM_{10} è uno solo il Comune nel 2014, ovvero il 3% dei Comuni monitorati, in cui è presente popolazione esposta a concentrazioni $>40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM_{10} , calcolata in 60.770 unità ovvero lo 0,3% della popolazione nello stesso anno potenzialmente esposta, con una riduzione dello 0,7% rispetto al 2013 (valore rilevato 1,0% della popolazione). Altresì, se lo stesso indicatore del PM_{10} è riferito al valore guida dell’OMS citato (ovvero popolazione esposta a concentrazioni $>20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM_{10}), il numero di Comuni che supera tale valore diventa 52 su 69 con centraline di monitoraggio, ovvero il 75% dei Comuni in totale, con una popolazione residente che sale al valore di 16.523.854 (86,1% della popolazione generale esposta). Sebbene anche in questo caso sia dimostrabile una riduzione del -6,9% del valore percentuale degli esposti tra il 2013 (93,0%) vs il 2014, confermando il trend in diminuzione a livello nazionale, solo il 13,9% della popolazione esposta non sarebbe a rischio, rivelando come, una frazione considerevole della popolazione urbana sembrerebbe essere tuttora esposta a livelli superiori ai valori guida fissati dall’OMS, con l’aggravante di essere esposta, con elevata probabilità, a fattori di rischio tossici, nocivi e cancerogeni ancora a livelli elevati e con ampia diffusione.

Analizzando, sempre in Tabella 3, il $PM_{2,5}$ e avendo come riferimento i limiti del D. Lgs. n.155/2010 e s.m.i., la popolazione esposta a concentrazioni $>25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ appare essere dello 0%, ovvero nessun Comune tra quelli che hanno rilevato il valore (53) ha registrato superamenti del limite. Ciò comporta un trend, rispetto al 2013, in diminuzione di ben -28,2%, tenendo, però, sempre in considerazione che non vi è disponibilità di dati per la Sicilia, la Basilicata e il Molise.

Comunque, anche in questo caso, se si prendono come riferimento i valori limiti indicati dall’OMS per il $PM_{2,5}$ (ovvero concentrazioni $>10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), è facile notare come il numero dei Comuni o centri urbani in cui il valore di esposizione della popolazione verrebbe superato, salga vertiginosamente a 49 Comuni su 53 che hanno rilevato i valori, ovvero il 92% dei Comuni, con una popolazione esposta del 78,2%, cioè 15.020.440 residenti, sebbene a fronte di una consistente riduzione del trend a confronto con il 2013 (88,8%) di ben 10,6 punti percentuali.

Tabella 1 - Stazioni, tipo di stazioni e giorni (valori assoluti) con concentrazione media giornaliera e valore medio annuo (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) di PM_{10} per regione e Comune - Anni 2014, 2015*

Regioni	Comuni	Stazioni	Tipo di stazioni (a)	Giorni con concentrazioni medie giornaliere 2014 (b)	Valori medi annui 2014 (c)	Giorni con concentrazioni medie giornaliere 2015-I semestre (b)
Piemonte	Torino	2	TU	75-94	35-40	44
		2	FU	58-59	31-32	35
	Novara	1	TU	17	23	12
		1	FU	26	24	n.d.
	Cuneo	1	FU	12	20	7
	Asti	1	TU	66	35	42
	Alessandria	1	FU	n.d.	n.d.	13
1		TU	86	38	34	
Valle d'Aosta		1	FU	55	32	38
		2	FU	14	19-20	7
Lombardia	Varese	1	TU	27	25	23
	Milano, Como, Monza	6	TU	24-88	25-37	24-46
		4; 2	FU; FS	37-69	27-36	27-49
	Milano agglomerato	3	TU	39-56	30-32	30-40
		1; 1	FU; FS	34-39	26-29	20-29
	Bergamo agglomerato	1; 1	TU; IS	44-90	30-37	31-55
		2	FU	45-50	30-33	26-42
	Brescia agglomerato	1	TU	64	36	53
1		FU	53	33	34	
Bolzano-Bozen		2	TU	0-1	14	0-1
		2	FU	0-3	13-15	0-3
Trento		2	TU	8	22	12
		2	FU	3	19	5
Veneto	Verona	1	TU	43	27	29
		1	FS	40	29	39
		1	TU	53	31	47
	Vicenza	1	FU	77	36	55
		1	FU	58	30	40
	Treviso	1; 1	TU; IS	44-66	28-37	34-43
		2	FU	42-46	28	25-34
	Padova	1; 1	TU; IU	57-59	32	41
		1	FU	57	32	40
	Rovigo	1	TU	47	31	32
1		FU	32	27	35	
Friuli Venezia Giulia	Pordenone	1	TU	26	24	11
		1	FS	33	24	17
	Udine	1; 1	FU; FS	16-22	17-22	8-10
	Trieste	1; 1	FU; FS	16-18	20-22	7
Liguria	Savona	1	TU	9	23	7
		1	FU	1	16	2
	Genova	1	TU	1	22	0-20
		2	FU	0-22	14-25	0-10
	La Spezia	2; 1	TU; IU	1-3	19-24	0
1		FU	0	19	0	
Emilia-Romagna	Piacenza	1	TU	38	29	32
		1	FU	23	26	19
	Parma	1	TU	61	35	40
		1	FU	44	30	31
	Reggio Emilia	1	TU	50	33	39
		1	FU	22	24	17
	Modena	1	TU	36	28	29
		1	FU	29	26	22

Tabella 1 - (segue) Stazioni, tipo di stazioni e giorni (valori assoluti) con concentrazione media giornaliera e valore medio annuo (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) di PM_{10} per regione e Comune - Anni 2014, 2015*

Regioni	Comuni	Stazioni	Tipo di stazioni (a)	Giorni con concentrazioni medie giornaliere 2014 (b)	Valori medi annui 2014 (c)	Giorni con concentrazioni medie giornaliere 2015-I semestre (b)
Toscana	Bologna	1	TU	23	25	21
		1	FU	n.d.	n.d.	10
	Ferrara	1	TU	33	28	22
		1	FU	25	32	20
	Ravenna	1	TU	26	25	20
		1	FU	27	25	19
	Forlì	1	TU	19	23	18
		1	FU	12	20	10
	Rimini	1	TU	52	31	26
		1	FU	30	27	21
	Lucca	1	TU	34	28	23
	Pistoia	1	FU	12	21	3
	Firenze agglomerato	2	TU	11-19	23-29	4-10
		4	FU	3-26	18-25	2-8
Prato	1	TU	28	25	10	
	1	FU	30	25	11	
Livorno	1	TU	0	23	1	
	1	FU	0	17	0	
Pisa	1	TU	18	25	11	
	1	FU	10	21	8	
Arezzo	1	TU	31	27	9	
	1	FU	9	21	4	
Umbria	Perugia	2	TU	14-21	20-33	2-8
		1	FU	12	21	5
	Terni	2	TU	32-57	27-32	14-30
	1	FU	39	27	18	
Marche	Pesaro	1	FU	21	27	17
	Ancona	1	FU	10	25	6
	Ascoli Piceno	1	FU	28	22	2
Lazio	Viterbo	1	TU	7	20	0
	Rieti	1	TU	12	20	3
		4	TU	32-43	29-31	10-16
	Roma	6	FU	14-40	24-31	2-20
	Latina	3	TU	11-26	23-27	2-3
Abruzzo	Pescara	1; 1	TU; TS	38-42	27	9
		1	FS	21	26	9-20
Molise	Campobasso	1	TU	5	18	0
		1	FU	2	17	0
Campania	Caserta	1; 2	TU TS	12-45	26-38	1-29
	Benevento	2	TU	75-77	40-43	37
	Napoli	6; 1	TU; TS	8-40	21-36	0-18
		1	FU	18	26	12
	Avellino	1; 1	TU; TS	39-69	29-39	16-31
	Salerno	2	TU	15-23	23-29	7
Puglia	Foggia	1	FU	9	22	3
	Andria	1	TU	6	15	1
	Barletta	1	FU	13	23	2
		2; 1	TU; TS	3-13	19-25	2-3
	Bari	1; 1	FU; FS	9-28	22-32	2
		1; 2; 1	TU; IS; IR	1-13	16-27	2-6
	Taranto	2	FS	3-5	20-22	3

Tabella 1 - (segue) *Stazioni, tipo di stazioni e giorni (valori assoluti) con concentrazione media giornaliera e valore medio annuo (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) di PM_{10} per regione e Comune - Anni 2014, 2015**

Regioni	Comuni	Stazioni	Tipo di stazioni (a)	Giorni con concentrazioni medie giornaliere 2014 (b)	Valori medi annui 2014 (c)	Giorni con concentrazioni medie giornaliere 2015-I semestre (b)
	Brindisi	2; 2	TU; IS	3-9	18-23	1-5
	Lecce	1; 1	FU; FS	8-19	19-21	1-8
	Lecce	2	TU	9-11	22-23	4-5
Basilicata	Potenza	2	TU	11-12	19-20	0-4
Calabria	Cosenza	1	FU	10	21	1
	Crotone	1	n.d.	n.d.	n.d.	9
	Crotone	1	FU	35	35	8
	Catanzaro	1	TU	4	32	3
	Catanzaro	1	FU	6	19	4
	Reggio Calabria	1	TU	0	20	8
	Reggio Calabria	1	FU	0	23	4
Sicilia	Palermo	3-6 (d)	TU	26-50	30-35	28-39
	Palermo	1	FU	n.d.	n.d.	16
	Catania	1-3 (e)	TU	17	27	3-4
	Catania	1	FS	n.d.	n.d.	8
	Siracusa	3;1 (f)	TU; IS	14-53	24-38	5-21
	Siracusa	1;1	FU; FS	17-23	21-24	5-7
	Trapani	1	FU	n.d.	n.d.	1
Sardegna	Sassari	1	TU	6	20	0
	Sassari	1	FU	7	19	1
	Cagliari agglomerato	1	TU	40	34	11
	Cagliari agglomerato	2	FU	33-40	29-30	10-11
	Olbia	1	TU	20-17	24	2
	Olbia	1	FU		22	0

*Dati provvisori.

n.d. = non disponibile.

(a) Le stazioni hanno serie di dati con raccolta minima dei dati del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria, secondo quanto stabilito nel D. Lgs. n. 155/2010: TU=Traffico Urbano; TS=Traffico Suburbano; IU=Industriale Urbano; IS=Industriale Suburbano; FU=Fondo Urbano; FS=Fondo Suburbano).

(b) Sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di giorni con concentrazione $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Quando è disponibile il dato relativo a 1 sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore.

(c) Sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) delle medie annuali. Quando è disponibile il dato relativo alla media annuale di 1 sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore.

(d) Le stazioni di Palermo hanno avuto un rendimento $<90\%$ (76% e 87%).(e) La stazione di Catania ha avuto un rendimento $<90\%$ (78%).(f) Le stazioni "Ciapi", "Bixio" e "Specchi" di Siracusa hanno avuto un rendimento $<90\%$ (87%, 89% e 82%, rispettivamente).**Fonte dei dati:** Elaborazione modificata da ISPRA. Annuario dei dati ambientali. Anno 2015 su dati APAT/APPA. Edizione 2016.

Tabella 2 - Stazioni (valori assoluti), tipo di stazioni e valore medio annuo (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) di $\text{PM}_{2,5}$ per regione e Comune - Anno 2014

Regioni	Comuni	Stazioni	Tipo di stazioni (a)	Valori medi annui 2014 (b)
Piemonte	Torino	1	FU	24
	Cuneo	1	FU	15
	Alessandria	1	FU	22
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste		1	FU	13
Lombardia	Varese	1	TU	19
	Milano, Como, Monza	3	TU	18-25
	Milano agglomerato	3	FU	22-26
	Bergamo agglomerato	1	TU	24
		1	FU	20
	Brescia agglomerato	1	FU	25
	Pavia	1	FU	23
<i>Bolzano-Bozen</i>		<i>1; 1</i>	<i>FU; FS</i>	<i>13</i>
<i>Trento</i>		<i>2</i>	<i>FU</i>	<i>14</i>
Veneto	Verona	1	FS	21
	Vicenza	1	FU	22
	Treviso	1	FU	18
	Venezia	1	IS	23
		1	FU	21
	Padova	1	FU	24
	Rovigo	1	TU	21
Friuli Venezia Giulia	Pordenone	1	TU	16
	Udine	1	FU	15
	Trieste	n.d.	n.d.	n.d.
Liguria	Savona	1	TU	15
		1	FU	12
	Genova	1	FU	9
		1	IU	13
	La Spezia	1	FU	10
Emilia-Romagna	Piacenza	1	FU	19
	Parma	1	FU	17
	Reggio Emilia	1	FU	17
	Modena	1	FU	15
		1	TU	18
	Bologna	1	FU	15
	Ferrara	1	FU	17
	Ravenna	1	FU	16
	Forlì	1	FU	14
	Rimini	1	FU	19
Toscana	Lucca	n.d.	n.d.	n.d.
	Pistoia	n.d.	n.d.	n.d.
	Firenze agglomerato	1	TU	16
		1	FU	12
	Prato	1	FU	17
		1	TU	13
	Livorno	1	FU	9
	Pisa	1	FU	14
Arezzo	1	FU	14	
Umbria	Perugia	2	TU	14-15
		1	FU	14
		2	TU	18-21
	Terni	1	FU	20
		1	FU	20

Tabella 2 - (segue) *Stazioni (valori assoluti), tipo di stazioni e valore medio annuo (valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) di $\text{PM}_{2,5}$ per regione e Comune - Anno 2014*

Regioni	Comuni	Stazioni	Tipo di stazioni (a)	Valori medi annui 2014 (b)
Marche	Pesaro	1	FU	14
	Ancona	1	FU	12
	Ascoli Piceno	1	FU	12
Lazio	Viterbo	1	TU	11
	Rieti	1	TU	14
	Roma	1	TU	19
	Roma	4	FU	14-17
	Latina	1	TU	15
Abruzzo	Pescara	1	TU	18
		1	FU	17
Molise	Campobasso	n.d.	n.d.	n.d.
Campania	Caserta	1	TU	19
	Benevento	1	TU	19
	Benevento	1	TU	16
	Napoli	1	FU	13
	Avellino	1	TS	20
	Salerno	1	TU	15
Puglia	Foggia	n.d.	n.d.	n.d.
	Andria	n.d.	n.d.	n.d.
	Barletta	1	FU	19
	Bari	n.d.	n.d.	n.d.
	Taranto	1; 1	TU; IS	12-14
	Brindisi	1	IS	11
	Lecce	1	TU	11
	Lecce	1	TU	11
Basilicata	Potenza	n.d.	n.d.	n.d.
Calabria	Cosenza	1	FU	13
	Crotone	1	FU	15
	Catanzaro	1	FU	7
	Reggio Calabria	1	FU	12
Sicilia	Palermo	n.d.	n.d.	n.d.
	Catania	n.d.	n.d.	n.d.
	Siracusa	n.d.	n.d.	n.d.
	Trapani	n.d.	n.d.	n.d.
Sardegna	Sassari	1	FU	7
	Sassari	1	TU	16
	Cagliari agglomerato	1	FU	14
	Olbia	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.= non disponibile.

(a) Le stazioni hanno serie di dati con raccolta minima dei dati del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria, secondo quanto stabilito nel D. Lgs. n. 155/2010: TU=Traffico Urbano; TS=Traffico Suburbano; IU=Industriale Urbano; IS=Industriale Suburbano; FU=Fondo Urbano; FS=Fondo Suburbano).

(b) Sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di giorni con concentrazione $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Quando è disponibile il dato relativo a 1 sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore.

Fonte dei dati: Elaborazione modificata da ISPRA. Annuario dei dati ambientali. Anno 2015 su dati APAT/APPA. Edizione 2016.

Tabella 3 - Comune o agglomerato e popolazione residente (valori assoluti e valori percentuali) e variazione percentuale della popolazione residente per Comune o agglomerato e popolazione esposta agli inquinanti atmosferici - Anni 2013, 2014

Comuni o agglomerati e popolazione esposta agli inquinanti atmosferici	Comuni o agglomerati	Totale Comuni	Comuni (%)	Popolazione residente	Popolazione (%) 2014°	Popolazione (%) 2013°	Δ %° (2013-2014)
Comuni o agglomerati per cui non è presente alcun dato	13	86	15	1.177.547	5,9	5,8	0,1
PM ₁₀ : Comuni e popolazione esposta a concentrazione >40 µg/m ³ *	1	69	3	60.770	0,3	1,0	-0,7
PM ₁₀ : Comuni e popolazione esposta a concentrazione >20 µg/m ³ **	52	69	75	16.523.854	86,1	93,0	-6,9
PM _{2,5} : Comuni e popolazione esposta a concentrazione >25 µg/m ³ *	0	53	0	0	0,0	28,2	-28,2
PM _{2,5} : Comuni e popolazione esposta a concentrazione >10 µg/m ³ **	49	53	92	15.020.440	78,2	88,8	-10,6

°Percentuale sul totale della popolazione delle città coinvolte nell'indagine e con almeno un dato.

*Concentrazione maggiore del valore limite annuale per la protezione della salute umana (D. Lgs n. 155 del 13 agosto 2010 e s.m.i.).

**Concentrazione maggiore del valore consigliato dall'OMS per la protezione della salute umana.

Fonte dei dati: Elaborazione modificata da ISPRA. Annuario dei dati ambientali. Anno 2015 su dati APAT/APPA. Edizione 2016.

Confronto internazionale

I limiti ed i valori *target* previsti per il PM (sia 10 che 2,5) in Europa continuano ad essere superati dalla maggior parte delle nazioni, considerando l'UE a 28 Stati membri (UE-28), ma avendo presente che i dati sono da riferirsi all'anno 2013 e, quindi, non direttamente confrontabili con i dati esposti in questo Capitolo, riferiti al 2014 ed al I semestre 2015. Il limite giornaliero di PM₁₀ o diametro inferiore sino al 2,5, è stato superato nell'anno in 22 dei 28 Stati membri dell'UE nell'anno 2013; mentre il valore *target* del PM_{2,5}, o inferiore ad esso, è stato superato in 7 stati membri. Pertanto, un totale assimilabile al 17% della popolazione europea a UE-28 è stata esposta, nel 2013, a livelli di PM₁₀ superiori al limite (a fronte, in Italia, dell'1,0% nel 2013 e dello 0,3% nel 2014) e, approssimativamente, il 61% di essa è stata esposta a valori eccedenti i limiti previsti dall'OMS per i valori Guida della Qualità dell'Aria. Per quanto riguarda il PM_{2,5}, il 9% della popolazione urbana nell'UE-28 è stata esposta a livelli *target* superiori al normale (rispetto in Italia al 28,2% nel 2013, che confermerebbe le analisi del *Report European Environment Agency* qui analizzato, ma anche allo 0% nel 2014, con trend assimilabile nel 2015 I semestre) e approssimativamente l'87% della popolazione è stata esposta oltre i limiti previsti dall'OMS per i valori Guida della Qualità dell'Aria. Tra le nazioni che maggiormente risultavano, nel 2013, superare detti limiti per il PM₁₀ vi erano la Bulgaria, la Polonia, la Slovacchia, gli Stati della Regione Balcanica e l'Italia, sebbene differenti picchi si siano registrati anche tra le nazioni del Nord-Europa. Questa diversità è stata associata sia alla maggiore produzione agricola che si è avuta in relazione a ottimali condizioni meteorologiche (sollevamento di polveri PM₁₀ nelle centraline prevalentemente delle aree rurali) sia alla diluizione che nelle

regioni del Nord-Europa si è avuta per i venti dominanti. Per l'Italia, come è stato descritto, già nel 2014 si è avuta una evidente riduzione in assoluto ed in percentuale dei valori, con notevole differenza rispetto ai valori percentuali sopra evidenziati per l'Europa nell'ambito del 2013. Il trend per il 2015 sembrerebbe confermare tale indicazione, così come nell'analisi di riferimento europeo, si può notare come la maggior parte dei valori di superamento in Italia si concentri nelle regioni che si affacciano nella Pianura Padana, ciò anche a confermare non solo il ruolo del traffico autoveicolare e del riscaldamento con combustibili fossili che si ha, quanto dal sollevamento di polveri associabile all'attività agricola ed all'allevamento.

Raccomandazioni di Osservasalute

Dall'analisi dei dati riportati in questo Capitolo si evidenzia che permangono, a tutt'oggi, alcune lacune nella copertura e, quindi, nella disponibilità di informazioni sul territorio nazionale, in particolare nell'area meridionale ed insulare sia per il PM₁₀ che per il PM_{2,5}. Pur tenendo conto del fatto che, sebbene in pochi casi, sia ancora in corso il processo di adeguamento delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria alla normativa europea, con un ulteriore aumento del numero delle centraline a livello nazionale, rispetto agli anni precedenti, non variano di molto i criteri di distribuzione delle stesse. Per questo i dati rispondono più ad una logica di verifica e controllo delle emissioni dalle fonti che non di rilevazione dell'impatto sulla salute umana. In tal senso, quindi, la distribuzione delle stazioni di monitoraggio non risulta essere ancora omogenea per diffusione regionale territoriale e tipologica, in particolare se confrontata con i benchmark europei UE ed extra UE.

Pertanto, la disomogeneità della distribuzione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria presente sul

territorio e la solo parziale esistenza di un sistema armonizzato di produzione, raccolta e diffusione delle informazioni, insieme alla persistente assenza di un sistema strutturato di rilevazione dell'impatto sulla salute delle emissioni di PM_{10} e $PM_{2,5}$, configurano gli indicatori che rilevano il numero e la tipologia delle stazioni di monitoraggio per il PM (10 e 2,5) come un indicatore di carenza, rispetto alle finalità di Sanità Pubblica, ovvero di insufficienza di rappresentatività del dato nella sua correlabilità con lo stato di salute della popolazione residente nel territorio dove si trovano le stazioni di monitoraggio. Ciò esprime l'esigenza di un maggiore e più appropriato intervento coordinato degli Enti preposti alla salvaguardia dell'ambiente e della salute della popolazione. Tale intervento dovrebbe configurarsi non solo o, comunque, non esclusivamente, come una azione preventiva che impegni soltanto risorse economiche, strutturali e/o impiantistiche (spesso carenti o insufficienti e per questo non stanziati e/o impiegati) quanto come un intervento teso a definire, organizzare, gestire ed attivare i sistemi di sorveglianza ambientali e sanitari (epidemiologici, territoriali e preventivi). Laddove questi sistemi già esistano oppure generandone di nuovi ed integrati, devono avere come "goal-target" primari il miglioramento dell'"accessibilità" per la popolazione alle informazioni sullo Stato dell'Ambiente e della Salute e l'innalzamento del livello di "empowerment" della cittadinanza, permettendo di motivare le strategie politiche, economiche, ambientali e sanitarie su basi oggettive di programmazione, fondate, quindi, sull'"evidence" scientifica e sulle "best practice" attuate a livello nazionale ed europeo.

L'esposizione della popolazione agli inquinanti presenti in atmosfera in ambito urbano è stimata mediante una serie di indicatori, sviluppati originariamente nell'ambito del Progetto "EU/OMS-ECOEHIS" ed impiegati anche dall'Agenzia Europea per l'Ambiente e dalla banca dati Eurostat per le statistiche di Sviluppo sostenibile-*Public Health*. L'ISPRA, annualmente, elabora questi indicatori al fine di adattarli e valutarli nell'ambito delle *policy* ambientali. Secondo i criteri adottati a livello UE, per gli indicatori relativi al particolato atmosferico (PM_{10} e $PM_{2,5}$), sono utilizzati i valori di concentrazione media annua di inquinante come *proxy* di esposizione per la popolazione in ambito urbano ed i dati scelti per rappresentare l'indicatore sono valori provenienti, quando possibile, da stazioni di fondo urbano. I dati ambientali utilizzati sono stati forniti direttamente dalle Agenzie Regionali o Provinciali (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale e Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente) e sono, generalmente, riferibili al Comune di appartenenza, mentre in pochi casi essi sono relativi all'agglomerato urbano. Per il 2014, rispetto all'anno precedente, si può notare una tenden-

za generale alla riduzione della percentuale di popolazione esposta, sia rispetto ai valori del dettato normativo europeo e italiano che ai valori di riferimento dell'OMS sebbene, in questo caso, i valori rimangano elevati in assoluto. È da considerare che la riduzione può dipendere, verosimilmente, anche da condizioni meteorologiche favorevoli.

Infine, un problema per le emissioni di particolato originato dal traffico autoveicolare (una delle maggiori cause di emissioni di polveri ultrafini insieme al riscaldamento domestico) potrebbe derivare, paradossalmente, dall'impiego di motori sempre più avanzati tecnologicamente, per rispondere alla richiesta di diminuire le emissioni di gas serra, tra cui l'anidride carbonica e gli NOx (tutti gli ossidi di azoto e le loro miscele). Di fatto, l'attuale normativa a livello europeo, definita Euro 6B, che i modelli di nuova omologazione devono rispettare a partire dal 2014, ha fortemente ridotto le emissioni, adottando spesso, per i motori a benzina, la tecnica di iniezione diretta nei cilindri delle miscele aria-benzina.

Ma, come molte riviste di settore recitano, la normativa Euro 6C, che entrerà a breve in vigore, comporta che le auto a benzina a iniezione diretta non riusciranno a rispettare i limiti normativi previsti. E tutto ciò sarà ancora più evidente con la prevista adozione del nuovo ciclo di omologazione *Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures (WLTP)*, più vicino all'uso normale delle vetture rispetto all'attuale ciclo europeo, che le prevede prevalentemente testate su sistemi "di banco" (ed in ciò si veda l'ampia letteratura relativa al problema denominato "dieselgate" che ha colpito i motori Volkswagen e derivati). Pertanto, è, verosimilmente, da prevedersi che mentre i motori diesel, con l'adozione del "filtro anti-particolato o FAP (DPF)", come confermato da recenti studi del Consiglio Nazionale delle Ricerche, riescono con efficacia, indipendentemente dal ciclo dell'autovettura, a ridurre notevolmente la concentrazione delle particelle ultrafini rispetto ai valori in uscita dai cilindri, comprese quelle aerodinamicamente $<0,1 \mu m$, sia durante la rigenerazione che all'uscita della marmitta catalitica, i motori a benzina delle prossime generazioni Euro potrebbero non riuscirci, potendo ribaltare i problemi che sino ad ora hanno riguardato le emissioni in atmosfera degli autoveicoli. Ovviamente, si dovrebbe immediatamente perseguire una *policy* di prevenzione, sia da parte delle Autorità istituzionali italiane che europee, adottando anche per i motori a benzina quanto già fatto per i motori diesel, ovvero un filtro anti-particolato, e ciò modificando le norme anti-emissioni per renderlo obbligatorio.

Chiaramente, ordinate sia economiche che organizzative e produttive (i motori potrebbero, non essendo stati progettati per tale funzione, rendere meno di quanto previsto con un paradossale aumento dei consumi; cambiare le linee di produzione rappresenta un

costo non facilmente affrontabile per tutte le case costruttrici etc.) potrebbero rendere tali azioni non sollecite e, quindi, non attuabili a breve-medio termine, con un prevedibile nuovo aumento delle concentrazioni di particolato presenti nei centri urbani e sul territorio, con conseguenti prevedibili gravi effetti e danni sulla salute.

Riferimenti bibliografici

- (1) Rocha TL, Mestre NC, Sabóia-Morais SM, Bebianno MJ. Environmental behaviour and ecotoxicity of quantum dots at various trophic levels: A review. *Environ Int.* 2016 Oct 13. pii: S0160-4120(16)30486-X. doi: 10.1016/j.envint.2016.09.021.
- (2) J Hazard Mater, Johnson DR. Nanometer-sized emissions from municipal waste incinerators: A qualitative risk assessment. 2016 Dec 15; 320: 67-79. doi: 10.1016/j.jhazmat.2016.08.016.
- (3) Heusinkveld HJ, Wahle T, Campbell A, Westerink RH, Tran L, Johnston H, Stone V, Cassee FR, Schins RP. Neurodegenerative and neurological disorders by small inhaled particles. *Neurotoxicology.* 2016 Sep; 56: 94-106. doi: 10.1016/j.neuro.2016.07.007.
- (4) Bakand S, Hayes A. Toxicological Considerations, Toxicity Assessment, and Risk Management of Inhaled Nanoparticles. *Int J Mol Sci.* 2016 Jun 14; 17 (6). pii: E929. doi: 10.3390/ijms17060929.
- (5) Schikowski T, Ranft U, Sugiri D et al. Decline in air pollution and change in prevalence in respiratory symptoms and chronic obstructive pulmonary disease in elderly women. *Respir Res.* 2010 Aug 22; 11: 113.
- (6) Schwela D. Air pollution and health in urban areas. *Rev Environ Health.* 2000 Jan-Jun; 15 (1-2): 13-42.
- (7) Hart JE, Garshick E, Dockery DW, Smith TJ, Ryan L, Laden F. Long-term Ambient Multi-pollutant Exposures and Mortality. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011 Jan 1; 183 (1): 73-8.
- (8) Bai N., Khazaei M., van Eeden S.F., Laher I.. The pharmacology of particulate matter air pollution-induced cardiovascular dysfunction. *Pharmacol Ther.* 2007 Jan; 113 (1): 16-29.
- (9) Mills NL, Donaldson K, Hadoke PW, et al. Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med.* 2009 Jan; 6 (1): 36-44.
- (10) Brook RD. Cardiovascular effects of air pollution. *Clin Sci (Lond).* 2008 Sep; 115 (6): 175-87.
- (11) Stafoggia M, Faustini A, Rognoni M, et al. [Air pollution and mortality in ten Italian cities. Results of the EpiAir Project]. *Epidemiol Prev.* 2009 Nov Dec; 33 (6 Suppl 1): 65-76.
- (12) Pelucchi C, Negri E, Gallus S, Boffetta P, Tramacere I, La Vecchia C. Long-term particulate matter exposure and mortality: a review of European epidemiological studies. *BMC Public Health.* 2009 Dec 8 ;9: 453.
- (13) Moscato U, Poscia A, Cerabona V, Wachocka M, Del Cimmuto A, Dalla Torre F, Giannetti G, Grieco G. Igiene Ambientale. In "Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica" (Eds. Ricciardi G et al.). Idelson-Gnocchi, Napoli, 2012.
- (14) Ricciardi W, Angelillo IF, Brusaferrò S, De Giusti M, De Vito E, Moscato U, Pavia M, Siliquini R, Villari P. Igiene per le Professioni Sanitarie. Casa Editrice Idelson-Gnocchi, Napoli, 2014.
- (15) Azara A e Moscato U. Rapporto Osservasalute Ambiente, 2008. Prex, Milano, 2009.
- (16) Azara A, Moscato U, Mura I, Poscia A, Cerabona V. (2010). Inquinamento da polveri fini (PM₁₀ e PM_{2.5}). In: Osservatorio Nazionale sulla Salute nelle Regioni Italiane. Rapporto Osservasalute 2010. p. 152-158, MILANO: Prex.
- (17) Richard W. Atkinson, Inga C. Mills, Heather A. Walton, H. Ross Anderson, 2015. Fine particle components and health - a systematic review and meta analysis of epidemiological time series studies of daily mortality and hospital admissions. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* (2015) 25, 208-214.
- (18) Jessie A. Gleason, Leonard Bielory, Jerald A. Fagliano, 2014 Associations between ozone, PM 2.5, and four pollen types on emergency department pediatric asthma events during the warm season in New Jersey: A case-crossover study. *Environmental Research* 132 (2014) 421-429.
- (19) Pedersen, et al. 2013. Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE) *Lancet Resp Med* 2013; 1: 695-704.
- (20) Alessandrini et al., 2013 Inquinamento atmosferico e mortalità in venticinque città italiane: risultati del progetto EpiAir2. *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5): 220-229. Disponibile sul sito: www.epiprev.it/, ultimo accesso 01.11.2016.
- (21) REVIHAAP Project. Technical report. World Health Organization 2013. Disponibile sul sito: www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Finaltechnical-report-final-version.pdf.
- (22) Scarinzi et al. 2013. Inquinamento atmosferico e ricoveri ospedalieri urgenti in 25 città italiane: risultati del progetto EpiAir2. *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4 5): 230-241. Disponibile sul sito: www.epiprev.it.
- (23) HEI Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution. 2010. Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects. HEI Special Report 17. Health Effects Institute, Boston, MA.
- (24) WHO/Europe, 2006. Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution - Joint WHO / Convention Task Force on the Health Aspects of Air Pollution. WHO/Europe, 2006. Disponibile sul sito: www.euro.who.int/document/E88189.pdf.
- (25) IARC, 2005. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Industrial Exposures, v 92.
- (26) WHO-Euro, 2006. Health impact of PM10 and Ozone in 13 Italian cities.
- (27) Eurostat, Sustainable development in the European Union - 2011 monitoring report of the EU sustainable development strategy, European Union, 2011. Disponibile sul sito: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5731501/KS-31-11-224-EN.PDF/64cc1345-62ca-458c-bac3-1b30622079e4> (ultimo accesso 02.11.2016).
- (28) Krzyzanowski M and Gapp C. Exposure To Air Pollution (Particulate Matter) In Outdoor Air. Fact Sheet 3.3, July 2011, Code: Rpg3AirEx WHO European Centre for Environment and Health. Bonn, Germany, 2011.
- (29) European exchange of monitoring information and state of the air quality in 2010. ETC/ACM Technical Paper 2012/1 Disponibile sui siti: http://acm.eionet.europa.eu/reports/ETCACMTP20121EoIAQme_tainfo2010; <http://acm.eionet.europa.eu/databases/airbase/eoitable/coi2011/indexhtml>.
- (30) WHO/Europe, 2004. Environmental Health Indicators for Europe - a pilot indicator-based report. WHO/Europe.
- (31) Moscato U e Poscia A. Urban Public Health in S. Boccia, P. Villari e W. Ricciardi (Eds): A Systematic Review of Key Issues in Public Health. Springer, 2015. DOI:10.1007/978-3-319-13620-213, ISBN: 978-3-319-13619-6.
- (32) D. D'Alessandro, S. Capolongo, R. Amoruso, L. Appolloni, S. Bassi, F. Battisti, M. Buffoli, L. Capasso, A. D'Amico, L. Diana, A. Faggioli, U. Moscato, I. Oberti, C. Patrizio, M. G. Petronio, M. Raffo, G. Settimo, C. Signorelli. Edilizia - "Ambiente costruito e salute: linee d'indirizzo di igiene e sicurezza in ambito residenziale" FrancoAngeli. ISBN: 9788891725783. Milano 2015.
- (33) WHO. Preventing disease through healthy environments. Geneva, Switzerland, 2011.
- (34) Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Baan R, Mattock H, Straif K, 2013; on behalf of the International Agency for

- Research on Cancer Monograph Working Group IARC, Lyon, France. The carcinogenicity of outdoor air pollution. *The Lancet Oncology*. 2013; 14 (13): 1262-1263.
- (35) J.E. Andrews et al. (2004) An introduction to environmental chemistry/-2nd ed. Blackwell Science Ltd ISBN 0-632-05905-2. Disponibile sul sito: <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/benzoapyrene#section=Top> , ultimo accesso 02.11.2016.
- (36) European Environment Agency "EEA Report". "Air quality in Europe - 2015 Report", N. 5/2015. Luxembourg, 2015. ISBN 978-92-9213-702-1. ISSN 1977-8449. doi:10.2800/62459. Disponibile sul sito: <http://europa.eu>, ultimo accesso 03.11.2016.
- (37) Saffaripour M, Chan TW, Liu F, Thomson KA, Smallwood GJ, Kubsh J, Brezny R. Effect of Drive Cycle and Gasoline Particulate Filter on the Size and Morphology of Soot Particles Emitted from a Gasoline-Direct-Injection Vehicle. *Environ Sci Technol*. 2015 Oct 6; 49 (19): 11.950-8. doi: 10.1021/acs.est.5b02185.
- (38) Al Volante.It "Troppo particolato dalle auto a iniezione diretta di benzina". Disponibile sul sito: www.alvolante.it/news/troppo-particolato-auto-iniezione-diretta-benzina-332299, ultimo accesso 03.11.2016.
- (39) Quattroruote, "Filtri antiparticolato, sempre efficaci contro le polveri". Editoriale Domus, Maggio 2016, pag.18.
- (40) Zimmerman N, Wang JM, Jeong CH, Ramos M, Hilker N, Healy RM, Sabaliauskas K, Wallace JS, Evans GJ. Field Measurements of Gasoline Direct Injection Emission Factors: Spatial and Seasonal Variability. *Environ Sci Technol*. 2016 Feb 16; 50 (4): 2.035-43. doi: 10.1021/acs.est.5b04444.
- (41) Transport&Environment, "New petrol engines cause more air pollution than dirty diesels". November 28, 2013 - 10:55. Disponibile sul sito: www.transportenvironment.org/press/new-petrol-engines-cause-more-air-pollution-dirty-diesels, ultimo accesso 03.11.2016.
- (42) Chan TW, Meloche E, Kubsh J, Brezny R. Black carbon emissions in gasoline exhaust and a reduction alternative with a gasoline particulate filter. *Environ Sci Technol*. 2014 May 20; 48 (10): 6.027-34. doi: 10.1021/es501791b.
- (43) Oeder S, Kanashova T, Sippula O, Sapcariu SC, Streibel T, Arteaga-Salas JM, Passig J, Dilger M, Paur HR, Schlager C, Mülhopt S, Diabaté S, Weiss C, Stengel B, Rabe R, Harndorf H, Torvela T, Jokiniemi JK, Hirvonen MR, Schmidt-Weber C, Traidl-Hoffmann C, Bérubé KA, Włodarczyk AJ, Prytherch Z, Michalke B, Krebs T, Prévôt AS, Kelbg M, Tiggesbäumker J, Karg E, Jakobi G, Scholtes S, Schnelle-Kreis J, Lintelmann J, Matuschek G, Sklorz M, Klingbeil S, Orasche J, Richthammer P, Müller L, Elsasser M, Reda A, Gröger T, Weggler B, Schwemer T, Czech H, Rieger CP, Abbaszade G, Radischat C, Hiller K, Buters JT, Dittmar G, Zimmermann R. Particulate matter from both heavy fuel oil and diesel fuel shipping emissions show strong biological effects on human lung cells at realistic and comparable in vitro exposure conditions. *PLoS One*. 2015 Jun 3;10 (6): e0126536. doi: 10.1371/journal.pone.0126536.
- (44) ISPRA-APAT, Annuario dei dati ambientali-Atmosfera, 2014-2015. Disponibile sul sito: www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/statoambiente/annuario-2014-2015/7_Atmosfera.pdf.