

## 1.1. Aria atmosferica

---

### 1.1.1. Introduzione

L'inquinamento atmosferico rappresenta un problema importante a livello locale, nazionale e transfrontaliero ed è uno dei principali fattori di rischio ambientale e sanitario di origine antropica.

Le tematiche associate alle emissioni di gas serra, al riscaldamento globale e all'impatto del cambiamento climatico – e delle politiche connesse – sulla salute e sull'ambiente sono state discusse durante la 5<sup>a</sup> Conferenza Ministeriale su Ambiente e Salute, tenutasi a Parma nel 2010, che ha visto riuniti i Ministri della Salute e dell'Ambiente dei 53 Stati della Regione Europea dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS). Nella dichiarazione finale i Governi si sono impegnati a ridurre entro i prossimi dieci anni gli impatti dell'ambiente sulla salute, anche attraverso la realizzazione di programmi nazionali che offrano pari opportunità entro il 2020 di accedere a una migliore qualità dell'aria e a un ambiente libero da agenti chimici tossici. Tra le diverse sfide sulle quali i Ministri si sono impegnati ad agire vi è lo sviluppo di politiche adeguate in settori quali, per esempio, lo sviluppo urbano e i trasporti. La quota della popolazione mondiale che vive nelle aree urbane è infatti in continua crescita ed è in queste zone che si concentrano elevati livelli di inquinanti atmosferici associati soprattutto alle emissioni veicolari, ma anche alle emissioni industriali. Tuttavia, il grado di conoscenza riguardo alle problematiche poste dall'inquinamento atmosferico è ancora inadeguato, ritardando la corretta

pianificazione e implementazione di misure a tutela della salute pubblica.

Tra i principali contaminanti, anche per le elevate concentrazioni nell'aria urbana, vi sono il particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), il monossido di carbonio (CO), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e l'ozono (O<sub>3</sub>). Il PM<sub>10</sub> e il PM<sub>2,5</sub>, in particolare, rappresentano gli indicatori sintetici maggiormente impiegati per la stima dell'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico, e sono tuttora tra gli inquinanti più frequentemente associati a una lunga serie di esiti sanitari, che vanno dai sintomi respiratori acuti a effetti cronici quali la mortalità per patologie cardiologiche e respiratorie, tra cui anche il tumore al polmone. Queste associazioni sono verosimilmente dovute anche alla specifica composizione chimica del particolato, che può contenere sostanze sia organiche sia inorganiche, quali idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e metalli, le cui proprietà chimico-fisiche, tossicologiche e, in alcuni casi, cancerogene, le rendono particolarmente pericolose per la salute umana. In aggiunta, pollini e allergeni possono interagire con gli inquinanti atmosferici e amplificare le risposte infiammatorie alla base di molti disturbi respiratori.

Molteplici studi epidemiologici, condotti anche sul territorio nazionale, hanno fornito conoscenze sulla rilevanza dell'inquinamento atmosferico quale determinante ambientale dello stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree urbane.

Alla fine del 2010 si è concluso il Programma Strategico Nazionale Ambiente e Salute (finanziato dal Ministero della Salute), fina-

lizzato a valutare l'“impatto sanitario associato alla residenza in siti inquinati, in territori interessati da impianti di smaltimento/incenerimento rifiuti e all'esposizione a inquinamento atmosferico in aree urbane”. Il Programma ha rappresentato il primo esempio di approcci di ricerca multidisciplinare a livello nazionale nel campo dei determinanti ambientali della salute. Tra i sei progetti di ricerca afferenti al Programma Strategico tre hanno riguardato in modo specifico il tema degli effetti sanitari correlati all'inquinamento atmosferico.

I risultati di alcuni progetti di ricerca europei resi pubblici recentemente [Aphekom (*Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe*) ed EBoDE (*Environmental Burden of Disease in European Region*)], alla cui realizzazione l'Italia ha partecipato, direttamente hanno messo in luce l'elevato impatto economico e sanitario dell'esposizione umana ai contaminanti emessi nell'atmosfera.

La necessità di contenere la contaminazione dell'ambiente e dell'aria ha indotto le istituzioni sovranazionali e nazionali a un continuo aggiornamento della normativa di regolamentazione delle attività antropiche e di mantenimento di accettabili standard di qualità. In particolare, con il recepimento delle Direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE attuato negli ultimi anni con i D.Lgs. 152/2007 e 155/2010 sono state accolte, sebbene con ritardo, le indicazioni del mondo scientifico introducendo importanti innovazioni di interesse. Il D.Lgs. 155/2010, in particolare, ha ripreso tutta la normativa inerente la qualità dell'aria ambiente:

- inserisce per la prima volta un valore limite annuale per il materiale particolato PM<sub>2,5</sub>;
- introduce un “indicatore di esposizione media” (IEM), calcolato su stazioni di fondo urbano, la cui distribuzione in zone e agglomerati deve riflettere le variazioni geografiche, l'andamento a lungo termine del PM<sub>2,5</sub> e l'esposizione della popolazione;
- conferma l'attenzione su specifici microinquinanti, quali arsenico, cadmio, mercurio,

niel e idrocarburi policiclici aromatici, e sulle loro deposizioni al suolo, intese come indicatori di esposizione umana diversi dalla semplice inalazione.

### 1.1.2. Rappresentazione dei dati

**Rete di misura degli inquinanti atmosferici.** In Italia, la fonte di informazioni sullo stato della qualità dell'aria è costituita da 708 stazioni di monitoraggio, 411 collocate in ambiente urbano, 205 in aree suburbane e 92 in zone rurali, che controllano i principali contaminanti sul territorio nazionale secondo la distribuzione della *Tabella 1.1*. Nonostante l'elevato numero di stazioni dislocate sul territorio e sebbene il loro numero sia notevolmente aumentato negli anni, rimangono ancora porzioni del territorio nazionale scarsamente monitorate, che quindi necessitano di un potenziamento delle attività di misura. In particolare, sono le Regioni del Sud (Molise, Campania, Puglia, Basilicata e Calabria) a mostrare le maggiori carenze, possedendo soltanto l'11% delle stazioni totali, mentre il Nord Italia possiede oltre il 50% di tutte le stazioni di monitoraggio.

**La qualità dell'aria.** L'analisi dei dati disponibili per gli inquinanti di maggiore interesse mostra nel nostro Paese una situazione dell'inquinamento atmosferico piuttosto stazionaria, che conferma, rispetto agli anni precedenti, le criticità rilevate per il materiale particolato PM<sub>10</sub>, gli ossidi di azoto e l'ozono.

Il PM<sub>10</sub>, per il quale la normativa conferma valori limiti per la media annuale e giornaliera, rispettivamente, di 40 µg/m<sup>3</sup> e 50 µg/m<sup>3</sup> e un numero massimo di 35 superamenti giornalieri per anno, è stato rilevato in 381 stazioni di monitoraggio (83% del totale), che hanno garantito una copertura temporale minima del 75%. Il limite più stringente giornaliero è stato rispettato dal 52% delle stazioni di monitoraggio, mentre il valore limite annuale dall'87% delle stazioni. L'analisi evidenzia la ben nota criticità delle grandi aree urbane, in particolare

**Tabella 1.1.** Distribuzione geografica delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale distinte per tipologia e analizzatori (ISPRA, Annuario dei dati ambientali, 2009)

Area geografica	Tipologia stazione per collocazione															
	Urbana					Suburbana					Rurale					Totale
	T	I	F	NC	Totale	T	I	F	NC	Totale	T	I	F	NC	Totale	
Nord-Occidentale	49	3	45	0	<b>97</b>	8	12	27	0	<b>47</b>	0	7	20	0	<b>27</b>	<b>171</b>
Nord-Orientale	66	4	44	0	<b>114</b>	9	21	21	2	<b>53</b>	0	5	25	0	<b>30</b>	<b>197</b>
Centro	65	3	27	1	<b>96</b>	7	19	13	1	<b>40</b>	0	2	12	0	<b>14</b>	<b>150</b>
Sud e Isole	77	6	7	14	<b>104</b>	13	37	14	1	<b>65</b>	0	14	7	0	<b>21</b>	<b>190</b>
<b>Italia</b>	<b>257</b>	<b>16</b>	<b>123</b>	<b>15</b>	<b>411</b>	<b>37</b>	<b>89</b>	<b>75</b>	<b>4</b>	<b>205</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>64</b>	<b>0</b>	<b>92</b>	<b>708</b>

Area geografica	Numero di analizzatori									
	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pb	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Nord-Occidentale	72	112	80	159	158	97	33	43	26	17
Nord-Orientale	81	108	113	174	161	117	0	29	14	23
Centro	54	112	73	135	136	87	0	45	24	30
Sud e Isole	132	125	82	169	114	117	0	62	46	6
<b>Italia</b>	<b>339</b>	<b>457</b>	<b>348</b>	<b>637</b>	<b>569</b>	<b>418</b>	<b>33</b>	<b>179</b>	<b>110</b>	<b>76</b>

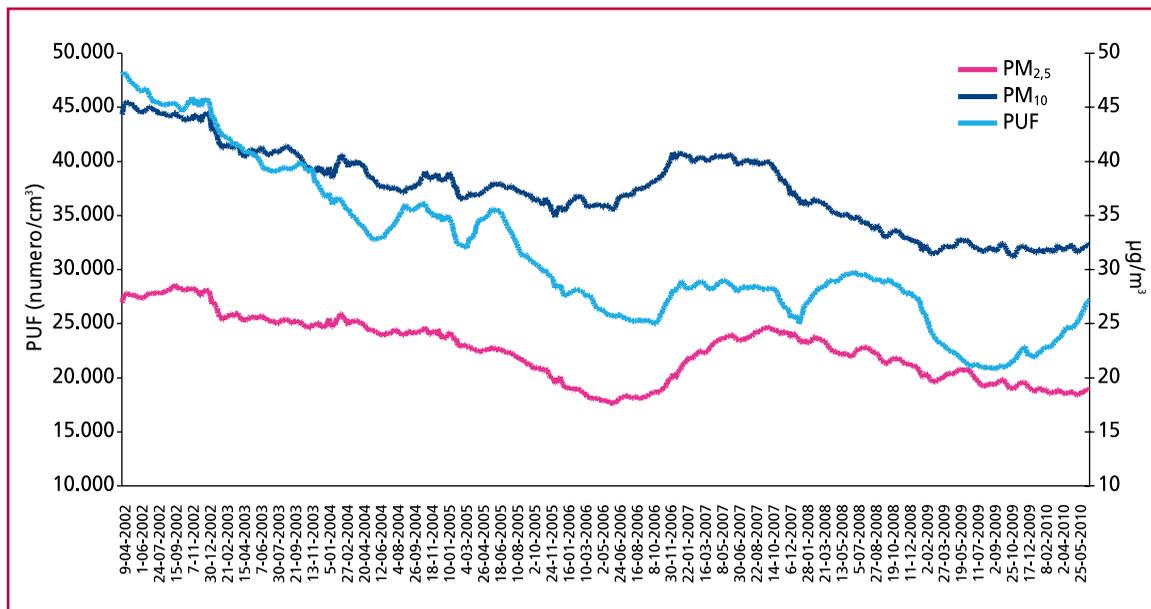
F, fondo; I, industriale; NC, non classificato; T, traffico.

dell'area padana, dove le concentrazioni in aria raggiungono più frequentemente i valori maggiori. Focalizzando l'attenzione sulle macro Regioni, si osserva che il limite dei 35 superamenti non è rispettato dal 73%, 62%, 45% e 20% delle stazioni di monitoraggio rispettivamente localizzate nell'Italia Nord-Occidentale, Nord-Orientale, Centrale, Meridionale e Isole. La distribuzione per collocazione delle stazioni che registrano i superamenti del limite giornaliero fornisce suggerimenti relativamente ai determinanti di tale contaminazione. Nel Nord Italia, per esempio, la distribuzione di dette stazioni non mostra una collocazione fortemente prevalente sulle altre e solo il 42% di esse è collocato in aree urbane; ciò evidenzia un problema di inquinamento su vasta area, determinato dall'azione congiunta dell'alta emissione antropica e delle avverse condizioni meteorologiche che contrastano la dispersione e la diluizione degli inquinanti su larga scala. Diversamente, nel Centro e Sud Italia la collocazione del 77% delle stazioni che registrano superamenti in area urbana testimonia che il principale determinante della contaminazione è identificabile nelle emissioni antropiche.

La stazione di monitoraggio dell'aria dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS), impostata per attività di ricerca e di valutazione di metodiche di prelievo e analisi, operante dal 1978 in zona semicentrale e in prossimità di una strada in cui sono stimati circa 25.000 passaggi al giorno tra mezzi leggeri e pesanti, concentrati nei giorni feriali e nel periodo ottobre-giugno. La serie storica dei dati mostra una tendenza della concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub> in progressiva diminuzione, registrando una riduzione del 15% circa tra il 2005 e il 2009. Nella stessa stazione, dal 2002 viene rilevata la concentrazione numerica di particelle ultrafini (PUF), una variabile non ancora inserita fra i parametri soggetti a controllo sistematico dalla normativa per la qualità dell'aria. Il legame della concentrazione numerica di PUF con le dimensioni delle particelle, invece che con il loro peso, conferisce a questo parametro un'estrema importanza igienico-sanitaria. La *Figura 1.1*, che confronta le serie storiche delle medie mobili delle concentrazioni numeriche di PUF, del PM<sub>10</sub> e del PM<sub>2,5</sub> tra il 2002 e il 2010, mostra una similitudine generale degli andamenti delle tre variabili.

La concentrazione di NO<sub>2</sub>, rilevata dall'87%

**Figura 1.1.** Medie mobili delle concentrazioni di PUF, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> misurate presso la stazione di monitoraggio dell'aria dell'Istituto Superiore di Sanità dal 2002.



delle stazioni del Nord e Centro Italia e dal 72% di quelle del Sud che hanno garantito una copertura temporale minima del 75%, non fa registrare particolari allarmi. La concentrazione limite oraria di 200 µg/m<sup>3</sup> è stata rispettata quasi ovunque e solo il 4% delle stazioni ha complessivamente superato il limite orario. Sull'intero territorio nazionale, 33 stazioni eccedono i 18 superamenti annuali della concentrazione limite oraria di 200 µg/m<sup>3</sup>, consentiti dalla normativa. La concentrazione media annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>, che costituisce il limite suggerito dalla normativa, è stato rispettato dal 71% delle stazioni.

Per l'O<sub>3</sub>, 296 stazioni delle 349 forniscono dati con copertura temporale minima del 75% nel periodo di riferimento (aprile-settembre). Il 68% delle stazioni del Nord Italia registra superamenti della soglia di informazione (180 µg/m<sup>3</sup>), mentre al Centro e al Sud Italia, rispettivamente, il 31% e il 25% delle stazioni superano questo limite.

Le stazioni che registrano superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup>, media massima giornaliera calcolata su 8 h) sono 258 (87%), di cui 165 al Nord, 52 al Centro e 41 nel Sud e Isole. La soglia di allarme (240 µg/m<sup>3</sup> 1 h) è superata da 17 stazioni

(5,7%), di cui 12 al Nord, 1 al Centro e 4 nel Sud e Isole.

In questo rapporto si introduce per la prima volta anche una valutazione sulle concentrazioni di materiale particolato PM<sub>2,5</sub>, il cui monitoraggio sul territorio nazionale, ancora limitato, si dovrà estendere per l'entrata in vigore del già citato D.Lgs. 155/2010. Lo stesso Decreto introduce per la prima volta uno IEM basato sulle misurazioni del materiale particolato fine PM<sub>2,5</sub>, riconoscendo a questo inquinante un ruolo importante per gli effetti sanitari associati alla sua esposizione. Tale indicatore sarà determinato sulla base della concentrazione media su tre anni civili di misurazioni effettuate su stazioni di fondo urbane. A tal fine, le Regioni si stanno adeguando alla normativa per il monitoraggio e, per il 2008, 67 stazioni distribuite in 10 Regioni hanno trasmesso i dati. Tutte le Regioni del Sud, con esclusione della Campania, non hanno prodotto dati relativamente al PM<sub>2,5</sub>. Tuttavia, la copertura temporale minima del 75% è garantita da 51 stazioni sulle quali è stata effettuata un'analisi dei livelli di concentrazione. Il limite annuale di 25 µg/m<sup>3</sup>, che deve essere raggiunto entro l'1 gennaio 2015, al 2008 è stato rispettato dal 73% delle stazioni, mentre il limite aumentato del margine di tolle-

ranza ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stato superato da 5 stazioni collocate in Piemonte e Lombardia. Ai fini di una prima valutazione dello IEM, l'analisi delle medie annuali delle concentrazioni rilevate dalle stazioni di fondo urbano evidenzia un superamento del limite in 7 stazioni, equivalenti al 35% delle stazioni di fondo urbano della rete nazionale e pari al 41% delle stazioni attualmente utili a tale stima. A livello europeo è stata effettuata una stima dello IEM, sulla base dei dati riferiti al 2008, che pone l'Italia sopra il valore di  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che diventerà vincolante nel 2015. Il benzene è monitorato da 179 stazioni sul territorio italiano; di queste, 129 hanno prodotto dati con una copertura temporale minima del 75%, utile per la valutazione della qualità dell'aria. Al 2008, il limite annuo di riferimento era  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed è stato superato solo da 1 stazione di traffico urbano. Il limite di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che è diventato effettivo dall'1 gennaio 2010, è stato rispettato dal 97% delle stazioni di misura. Per gli ossidi di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) si registra una situazione entro la norma su tutto il territorio italiano, a eccezione di alcune aree a elevato rischio di crisi ambientale in Sicilia e Sardegna. Le stazioni che superano il limite orario di  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sono 5 in Sicilia e 6 in Sardegna, tutte appartenenti alla rete di misura dell'area industriale di riferimento, a eccezione di una, a Siracusa, posizionata in un'area di fondo suburbano. Il numero di superamenti è, comunque, inferiore ai 24 annui consentiti dalla normativa. Il limite giornaliero ( $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è superato solo da 3 stazioni in Sardegna, anche in questo caso appartenenti a una rete industriale di misura; il numero di superamenti è inferiore ai 3 annui consentiti.

Lo studio degli andamenti degli inquinanti "convenzionali" misurati nella stazione ISS suggerisce che, per poter raggiungere i limiti richiesti dalla legge, l'adozione di una strategia che contempla una serie di azioni integrate, quali la regolamentazione della circolazione, lo sviluppo tecnologico dei motori e dei carburanti e l'utilizzo di combustibili meno inquinanti per riscaldamento, può in parte portare a un miglioramento della qualità dell'aria.

**Microinquinanti.** Accanto agli inquinanti "convenzionali" emerge l'importanza igienico-sanitaria di altri contaminanti, nella maggior parte dei casi ancora non regolati dalla normativa nazionale, le cui proprietà chimico-fisiche e tossicologiche conferiscono loro una significativa pericolosità per la salute umana, nonostante siano presenti in aria in concentrazioni estremamente basse. Tali contaminanti denominati "microinquinanti" includono alcuni metalli, i composti organici volatili (COV), gli IPA, le policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani (PCDD/F) e i policlorobifenili (PCB). L'attenzione dedicata a detti microinquinanti induce un crescente numero di iniziative di ricerca e di controllo che, per alcuni di essi, ha prodotto l'identificazione di limiti e "obiettivi di qualità" recepiti nella normativa comunitaria e italiana. Il recente D.Lgs. 155/2010 stabilisce valori da raggiungere come obiettivo entro il 31 dicembre 2012 per arsenico, cadmio, nichel, piombo e benzo(a)pirene, inteso come indicatore degli IPA, riferiti al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione  $\text{PM}_{10}$  del materiale particolato. Il monitoraggio di questi inquinanti, che richiede campagne *ad hoc* e specifiche tecniche di prelievo e analisi, è attualmente effettuato in un ridotto numero di stazioni di misura e una stima della loro concentrazione in aria, a livello italiano, non è al momento possibile. Per ovviare a questa carenza e fornire un parziale riferimento al lettore sulla presenza in aria di detti inquinanti si riportano nella **Tabella 1.2** le concentrazioni dei microinquinanti di maggiore interesse igienico-sanitario, nella definizione della qualità dell'aria ambiente, misurate nella stazione di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico dell'ISS. La stazione è localizzata a Roma, in una zona a elevato traffico veicolare privato, concentrato nei giorni feriali e nei periodi scolastici per la presenza di ospedali, enti di ricerca, Università. I mezzi pubblici circolanti nella zona sono prevalentemente su rotaia e ad alimentazione elettrica. Sebbene il rilevamento sia stato effettuato in una stazione di ricerca, e conseguentemente non rispondente ai requisiti

**Tabella 1.2.** Concentrazioni di alcuni microinquinanti misurati presso la stazione di monitoraggio dell'aria dell'Istituto Superiore di Sanità dal 2005 al 2009 (limiti presenti nel D.Lgs. 155/2010)

Inquinante	Concentrazione media annuale PM <sub>10</sub> (ng/m <sup>3</sup> )					Limite annuale/ valore guida	Riferimento
	2005	2006	2007	2008	2009		
Arsenico	0,78	0,78	0,45	0,45	0,61	6,0 ng/m <sup>3</sup>	D.Lgs. 155/2010
Cadmio	0,26	0,44	0,24	0,27	0,12	5,0 ng/m <sup>3</sup>	D.Lgs. 155/2010
Piombo*	9,5	27	13	8,4	7,0	0,5 µg/m <sup>3</sup>	D.Lgs. 155/2010
Nichel	5,1	6,2	8,0	3,7	6,8	20,0 ng/m <sup>3</sup>	D.Lgs. 155/2010
Benzo[a]pirene	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4	1,0 ng/m <sup>3</sup>	D.Lgs. 155/2010
<b>COV µg/m<sup>3</sup></b>							
Benzene	3,0	2,7	2,5	2,9	2,7	5,0 µg/m <sup>3</sup>	D.Lgs. 155/2010
Toluene	12	11	10	10	8,5	260 µg/m <sup>3</sup>	OMS
Xileni	4,5	4,0	4,0	4	3,5	-	OMS

\* In µg/m<sup>3</sup>.

COV, *composti organici volatili*.

normativi per le stazioni di controllo, le osservazioni riportate possono essere considerate una stima delle condizioni di un'area urbana a elevato traffico. Il quadro che emerge è di una sostanziale stabilità nel tempo delle concentrazioni di questi inquinanti che, nella situazione specifica, restano abbondantemente al di sotto dei valori di riferimento per la protezione della salute suggeriti dalla normativa e/o dalle *Air Quality Guidelines* dell'OMS.

**I dati epidemiologici.** La ricerca epidemiologica sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico è in continua evoluzione. Anche in Italia, negli anni recenti, sono stati pubblicati numerosi lavori scientifici che presentano aspetti innovativi sulla caratterizzazione dell'impatto sanitario soprattutto nelle aree urbane. Nell'analisi degli effetti a breve termine, per esempio, il disegno *case-crossover*, applicato alle analisi di serie storiche, consente di valutare l'associazione fra gli incrementi dei decessi e dei ricoveri causa-specifici e le variazioni nei livelli ambientali di inquinanti atmosferici, tenendo conto dei fattori di suscettibilità della popolazione studiata agli effetti degli inquinanti stessi e di altri fattori di rischio. Un aspetto critico negli studi epidemiologici dell'inquinamento atmosferico è rappresentato dai metodi di stima dell'esposizione, soprattutto di medio e lungo perio-

do. Rispetto all'uso tradizionale di indicatori basati sulle concentrazioni rilevate da stazioni fisse di monitoraggio, vengono recentemente proposti metodi di valutazione basati su modelli spaziali che integrano diverse fonti informative. Appare molto promettente lo sviluppo di modelli di stima su scala sub-urbana per l'assegnazione di livelli di esposizione alle popolazioni di adulti e bambini inclusi in studi di coorte, mirati a valutare gli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute. Fra i principali risultati delle più recenti attività di ricerca epidemiologica in Italia si ricordano, innanzitutto, quelli riferiti alla mortalità.

Un'analisi sulla suscettibilità alla mortalità legata all'inquinamento atmosferico (Programma Strategico, Gruppo di lavoro EpiAir), effettuata in 10 città italiane sul periodo 2001-2005, evidenzia una maggiore vulnerabilità delle persone anziane, delle donne e dei diabetici (specialmente fra i soggetti deceduti in casa) ai livelli ambientali di ozono; gli effetti sulla mortalità totale, per cause cardiovascolari e respiratorie, risultano prolungati fino a 5 giorni. Per quanto riguarda il particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>), esso risulta associato a un aumento della mortalità respiratoria, particolarmente nel periodo estivo (7,6% per aumenti di 10 µg/m<sup>3</sup> nei livelli di particolato). L'effetto risulta più forte e più persistente (di durata

fino a tre giorni) rispetto a quello sulla mortalità naturale, in particolare fra le donne e i soggetti con patologie croniche. Vivere vicino a strade ad alto traffico è associato a una maggiore probabilità di ammalarsi e di morire per patologie associate all'inquinamento atmosferico, sebbene pochi studi abbiano descritto le principali caratteristiche sociodemografiche delle persone esposte a situazioni ad alto traffico. Un recente studio condotto su circa 1.900.000 residenti nella città di Roma ha rilevato che il 17% delle persone risiede nel raggio di 50 metri da una strada ad alto traffico (> 10.000 veicoli/giorno) e il 14% a una distanza compresa tra 50 e 100 metri. Tali percentuali sono inoltre maggiori quando si considerano le sole persone con età maggiore di 75 anni. Lo studio ha evidenziato una maggiore probabilità di vivere vicino a strade ad alto traffico per le persone con condizioni socioeconomiche medio-elevate o con elevato livello di istruzione. Tale caratteristica è peculiare per la città di Roma a causa della distribuzione spaziale dell'inquinamento (maggiore nelle aree centrali) e delle caratteristiche sociali in varie aree della città.

Uno studio condotto in 8 città italiane sul periodo 1997-2004 ha valutato l'effetto dell'inquinamento sulla morte cardiaca improvvisa. Lo studio condotto su circa 17.000 decessi di persone adulte avvenuti all'esterno dell'ospedale ha mostrato un aumento significativo della mortalità associato al particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>). L'effetto è risultato particolarmente evidente fra i soggetti anziani e socioeconomicamente disagiati.

Un altro studio condotto in 9 città italiane nel periodo 1997-2004 ha analizzato gli effetti dell'esposizione a particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>) sulla mortalità, evidenziando un ruolo della stagione e della temperatura come modificatori di effetto dell'esposizione a polveri fini: per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> nei livelli di PM<sub>10</sub> è stato stimato un incremento del 2,5% nella mortalità in estate, a fronte dello 0,2% in inverno (con un effetto più elevato nei giorni più caldi).

Un'indagine multicentrica europea condotta in 5 città, dal 1992 al 2002, su 25.000

soggetti sopravvissuti a episodi di infarto del miocardio ha evidenziato che l'esposizione a inquinanti atmosferici di origine veicolare è significativamente associata alla mortalità giornaliera tra questi soggetti, con un effetto più forte rispetto alla popolazione generale. In particolare, l'effetto è più precoce in relazione al PM<sub>10</sub> e alla conta del numero di particelle (1-2 giorni) e più ritardato per il CO e l'NO<sub>2</sub> (5 e 15 giorni). Per quanto riguarda gli effetti sanitari diversi dalla mortalità, un recente studio condotto su 33.000 ragazzi tra i 13 e i 14 anni, residenti in 12 aree italiane distribuite nel Nord, Centro e Sud del Paese, ha evidenziato che i bambini che vivono in aree con intenso traffico sono a più alto rischio di presentare sintomi respiratori. Questo risultato è rafforzato dal fatto che le risposte al questionario sono state validate attraverso fonti informative esterne e controlli di coerenza interna. In generale, i risultati mostrano che l'intensità del traffico, sia di autoveicoli sia di mezzi pesanti, è fortemente associata a sintomi respiratori quali tosse e catarro, e meno ai sintomi asmatici.

Un'indagine condotta a Roma tra circa 2.000 bambini di età compresa tra 9 e 14 anni, selezionati in 40 scuole, ha evidenziato un'associazione fra indicatori di esposizione a NO<sub>2</sub>, distanza da strade trafficate ed entità del traffico vicino alla residenza con la funzionalità respiratoria. I risultati rafforzano le evidenze che l'esposizione a inquinanti atmosferici di origine veicolare è associata a un effetto di riduzione dei movimenti respiratori nell'infanzia.

Si ricorda, infine, un recente studio sugli effetti delle polveri fini e ultrafini nella città di Roma, condotto nell'ambito del Programma Strategico Ambiente e Salute. La ricerca effettuata ha evidenziato un effetto immediato (stesso giorno, lag 0) del PM<sub>2,5</sub> sui ricoveri per sindrome coronarica acuta (compreso infarto del miocardio) e per scompenso cardiaco (incrementi di circa il 2% per un aumento nella concentrazione di 10 µg/m<sup>3</sup>), mentre l'effetto sulle infezioni delle basse vie respiratorie (2,8%) è risultato ritardato (due giorni, lag 2). La concentrazione del numero di particelle è apparsa

associata con i ricoveri per scompenso cardiaco e per broncopneumopatie croniche ostruttive (BPCO). Gli effetti sono stati in genere più forti nelle persone anziane e durante l'inverno.

***Esposizione e valutazione critica dei dati, con eventuali confronti territoriali (regionali o europei).*** I valori limite della concentrazione di particolato PM<sub>10</sub> in vigore nel 2005 sono stati superati in diversi Stati membri dell'Unione Europea (UE), compresa l'Italia, soprattutto nelle grandi città, ove risiede la maggior parte della popolazione. I governi nazionali si trovano oggi nella condizione di dover attuare la regolamentazione vigente in materia di inquinamento atmosferico e a riesaminare la legislazione corrente nell'UE nel prossimo 2013. L'inquinamento atmosferico continua dunque a rappresentare una minaccia per la salute in Europa e la comunità scientifica che opera in istituzioni di sanità pubblica concordemente riconosce che ulteriori misure per ridurre il particolato atmosferico si tradurrebbero in guadagni significativi da un punto di vista sia sanitario sia economico. In questo quadro, i risultati dei recenti progetti multicentrici europei forniscono nuovi e importanti strumenti di valutazione. Lo studio Aphekom, che ha interessato circa 39 milioni di persone residenti in 25 grandi città europee, è incentrato sulla valutazione dell'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico e fornisce stime sui costi sanitari e sociali di una mancata riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico nei Paesi dell'UE. Utilizzando i tradizionali metodi di valutazione di impatto sulla salute (VIS), Aphekom ha mostrato che la diminuzione fino a 10 µg/m<sup>3</sup> nella concentrazione del particolato PM<sub>2,5</sub> (livello annuale stabilito dalle Linee guida sulla qualità dell'aria dell'OMS), può comportare un aumento fino a 22 mesi di aspettativa di vita nelle persone di età > 35 anni residenti nelle 25 grandi città studiate, evitando circa 19.000 decessi per anno, di cui più di 15.000 dovuti a malattie cardiovascolari. I benefici economici risultanti dalla conformità ai valori guida dell'OMS ammon-

terebbero a circa 31,5 miliardi di euro annui, compresi i risparmi sulle spese sanitarie, le assenze sul lavoro e i costi intangibili quali il benessere, l'aspettativa e la qualità della vita. Se a Roma, per esempio, la concentrazione media annuale di PM<sub>2,5</sub> si riducesse a 10 µg/m<sup>3</sup>, sarebbe possibile evitare 1278 morti (997 per cause cardiovascolari) e la popolazione di età pari a 30 anni guadagnerebbe un anno di vita, con un beneficio economico superiore ai 2 miliardi di euro. Aphekom ha evidenziato, inoltre, l'impatto a lungo termine sulle patologie croniche derivanti dal risiedere in prossimità di strade ad alta densità di traffico. In particolare, secondo la stima effettuata per 10 città europee, risiedere in prossimità di strade ad alta densità di traffico potrebbe essere responsabile del 15% di asma nei bambini e, verosimilmente, della stessa percentuale, o più alta, di altre patologie croniche comuni negli adulti di 65 anni e oltre, quali le malattie coronariche e polmonari. A Roma, il 23% dei residenti vive a una distanza < 75 metri da una strada ad alto traffico. I risultati dello studio mostrano che l'11% dei casi di aggravamento di asma nei bambini, il 18% di problemi acuti negli anziani affetti da BPCO e il 23% dei problemi acuti negli anziani malati di malattie coronariche possono essere attribuiti al forte inquinamento dell'area di residenza. Questi importanti risultati evidenziano i benefici economici e sanitari derivanti dalla possibile politica sull'inquinamento atmosferico. Tale politica deve essere orientata a quei benefici che potrebbero derivare dalla regolamentazione dell'inquinamento in prossimità di strade ad alta densità di traffico. L'altro progetto europeo che ha fornito stime di impatto sanitario è l'EBoDE, i cui obiettivi hanno riguardato: i) l'aggiornamento dei precedenti studi volti a stimare il carico di malattie dovuto all'esposizione a inquinanti ambientali, individuando alcuni contaminanti più rilevanti per la Regione europea, ii) l'impiego di una metodologia per la stima del carico di patologie armonizzata nei Paesi partecipanti, per renderla disponibile e quindi favorire la futura inclusione di altre Nazioni. Il progetto ha

considerato 9 fattori di rischio ambientale, selezionati in base alla loro rilevanza per la salute pubblica, al potenziale elevato rischio a essi associato, al grado di attenzione nei loro confronti e/o all'elevato impatto in termini economici. Tra questi agenti, il particolato atmosferico (PM<sub>2,5</sub>) e l'ozono sono stati inclusi considerando i livelli atmosferici come principale fonte di esposizione. Le esposizioni sono state stimate dallo *European Topic Centre on Air and Climate Change* (ETC/ACC) sulla base dei dati *Airbase* e mappe di qualità dell'aria (SOMO35 per l'ozono). La scelta degli esiti sanitari sui quali effettuare le stime è stata guidata dall'analisi costi-benefici effettuata nel progetto europeo CAFE (*Clean Air For Europe*). Il carico ambientale di malattie associate a ciascun fattore di rischio è espresso in *Disability-Adjusted Life Years* (DALY), che è una misura sintetica della salute della popolazione che unisce due indicatori: gli anni di vita persi a causa di morte prematura e gli anni vissuti con disabilità. Un DALY è equivalente a un anno di *vita sana* perso. Questa misura permette di confrontare il carico di malattia tra popolazioni e fattori di rischio diversi. I risultati del progetto mostrano che il particolato atmosferico (usando il PM<sub>2,5</sub> come indicatore) causa tra 6.000 e 10.000 anni di *vita sana* persi per milione di abitanti l'anno nei sei Paesi partecipanti, con una stima di più di 9.000 anni per l'Italia. Il carico di malattia riguarda effetti quali la mortalità cardiopolmonare, la mortalità per cancro del polmone, la mortalità totale (escluse cause violente), la bronchite cronica (BPCO) e i giorni di attività limitata (*restricted activity day*, Rad). Per quanto riguarda l'ozono, gli effetti sulla salute presi in considerazione nel progetto sono mortalità totale (escluse le cause violente), giorni di attività ristretta (Mrad), tosse e sintomi delle basse vie respiratorie (*lower respiratory symptoms*, LRS) nei bambini di età compresa tra 5 e 14 anni. Nella stima del carico ambientale di effetti sanitari per l'ozono, esso risulta responsabile di una quota compresa tra 40 e 200 anni di *vita sana* persi per milione di abitanti nei 6 Paesi, dei quali circa 140 anni nella popo-

lazione italiana. Le stime del carico sanitario associato all'esposizione ad agenti ambientali rappresenta un utile sostegno nell'allocazione delle risorse disponibili, ma anche nella valutazione dell'efficacia degli interventi di risanamento ambientale e delle politiche di sanità pubblica.

**Indicazioni per la programmazione.** La revisione 2009 del rapporto delle Nazioni Unite sull'urbanizzazione stima in Italia una percentuale di popolazione residente in aree urbane circa del 68%, con una previsione di crescita annua dello 0,49%; diversamente, per la popolazione rurale il trend sembra essere in diminuzione di circa lo 0,55% l'anno. Le prospettive indicano, quindi, per il 2050 una stima dell'81,2% di popolazione in area urbana. Le città sono pertanto diventate il luogo di maggiore richiesta e uso di energia per i tre specifici settori: elettricità, riscaldamento e trasporto. Il fenomeno dell'intensa urbanizzazione in Italia ha determinato una concentrazione delle attività produttive nelle aree urbane (circa il 70%) e una crescente mobilità della popolazione in tali aree; si stima, infatti, che circa il 60% di tutti gli spostamenti giornalieri venga effettuato in aree urbane. In Europa si stima che la mobilità nelle aree urbane contribuisca con il 40% all'emissione totale di CO<sub>2</sub> e con il 70% per quello che riguarda gli altri inquinanti. Per l'Italia, l'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) ha stimato che il trasporto è responsabile del 31% di tutte le emissioni di CO<sub>2</sub>, con il contributo predominante del trasporto su strada (82%).

Anche la Commissione Europea nell'ambito del programma "Verso una strategia tematica sull'ambiente urbano" ha proposto una serie di azioni sul trasporto urbano, tra cui le nuove norme sui veicoli (Euro 5 ed Euro 6), la diffusione di una tassazione differenziata nelle zone ecologicamente sensibili, l'individuazione di aree a emissioni ridotte in cui si applicheranno limitazioni ai trasporti inquinanti.

È quindi indubbio che il problema dell'inquinamento atmosferico interessi principalmente le aree urbane, sia per la defini-

zione di politiche e strategie per la sua riduzione, sia per gli effetti sanitari connessi all'esposizione della popolazione. Tali risultati potranno essere raggiunti e rispettati se integrati nell'ambito di una gestione strategica locale e di lungo termine.

I risultati del progetto Aphekom evidenziano i benefici economici e sanitari derivanti dalla possibile implementazione di politiche di contenimento dell'inquinamento atmosferico. La programmazione dei piani di intervento deve essere orientata, per esempio, a raggiungere i benefici che potrebbero derivare dalla regolamentazione dell'inquinamento in prossimità di strade ad alta densità di traffico. Il progetto Aphekom indirizza verso una maggiore interazione dei diversi attori che partecipano al processo di identificazione delle politiche ambientali e sanitarie; inoltre, sottolinea la necessità di una più efficace comunicazione dei rischi alla popolazione, fornendo informazioni e strumenti nuovi, affidabili e realizzabili, affinché il legislatore possa adottare provvedimenti ancora più adeguati, a livello sia europeo sia locale. Il progetto dimostra che se i livelli di polveri sottili nelle città europee si riducessero ai livelli raccomandati dall'OMS migliorerebbe la speranza di vita e vi sarebbero grandi benefici economici; i risultati mostrano che vivere in prossimità di strade molto trafficate aumenta notevolmente la possibilità di avere malattie attribuibili all'inquinamento atmosferico ed evidenza che i vantaggi nel ridurre l'inquinamento sarebbero superiori a quelli già conseguiti dall'attuale legislazione dell'UE. Da un punto di vista della programmazione, è importante sottolineare che Aphekom ha valutato che l'efficace applicazione della legislazione UE per la riduzione del contenuto in NO<sub>2</sub> nelle emissioni (soprattutto dai veicoli diesel e dal riscaldamento domestico) in 20 città europee ha consentito di prevenire 2.200 morti premature, con un beneficio di circa 192 milioni di euro.

Un recente studio sulle politiche di mobilità attuate dalle amministrazioni locali che partecipano al Progetto EpiAir nel periodo 2001-2007 ha dimostrato che in Italia, nel complesso, le attuali politiche sul trasporto

non sono molto in sintonia con il concetto di mobilità sostenibile. Ciò è dovuto sia all'elevato numero di veicoli per abitanti, sia a diversi elementi che attualmente ostacolano l'attuazione di politiche adeguate. Queste ultime riguardano, per esempio, la mancanza di un approccio integrato per affrontare problemi di mobilità, l'imprecisione e la confusione delle norme che regolano la realizzazione di interventi e, soprattutto, la mancanza di misure di controllo efficaci. Come risultato, gli effetti benefici delle normative del trasporto locale sulla qualità dell'aria nei centri urbani hanno di fatto un effetto ancora limitato.

Le reti di istituzioni e di ricercatori che si sono costituite, a livello nazionale, intorno al Programma Strategico "Ambiente e Salute" e, a livello europeo, intorno ai Progetti Multicentrici costituiscono, al momento attuale, l'esempio dell'approccio collaborativo da percorrere nel prossimo futuro per affrontare al meglio la valutazione dell'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico. Tale sinergia rappresenta, infatti, una risorsa rilevante per lo sviluppo di metodologie e applicazioni innovative nel processo multidisciplinare della valutazione e gestione dei rischi associati alla contaminazione dell'aria atmosferica. Questo approccio analitico potrà fornire un contributo sostanziale allo sviluppo della ricerca in Italia e in Europa e un'adeguata definizione e implementazione di politiche di risanamento ambientale, di contenimento dei fenomeni emissivi di origine antropica e di riduzione dei rischi sanitari a essi associati.

Le stime di impatto sanitario dell'esposizione ad agenti ambientali rappresentano uno strumento importante sia nell'allocazione delle risorse, sia nel processo di valutazione dell'efficacia delle politiche di intervento. In un quadro complessivo, il processo di gestione dei rischi sanitari attribuibili all'inquinamento atmosferico deve tenere conto, oltre che dei benefici provenienti dalla riduzione delle esposizioni (compresi i risparmi sulle spese sanitarie), anche di altri fattori come i costi delle misure di intervento e delle misure che garantiscano l'equità sociale legata a uno sviluppo sostenibile.

## Bibliografia essenziale

- Berti G, Galassi C, Faustini A, Forastiere F; Gruppo EpiAir. Progetto EPIAIR promosso dal Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie (CCM) Ministero del Lavoro, della Salute e delle Politiche Sociali. Inquinamento Atmosferico e Salute: Sorveglianza Epidemiologica ed Interventi di Prevenzione. *Epidemiol Prev* 2009; 33 (6 Suppl. 1): 1-143
- Cattani G, Di Menno di Bucchianico A, Dina D, et al. Evaluation of the temporal variation of air quality in Rome, Italy from 1999 to 2008. *Ann Ist Super Sanità* 2010; 46: 242-53
- European Topic Centre on Air and Climate Change. The state of the air quality in 2008. Technical paper 2010/1. The Netherlands: Bilthoven 2010
- Hänninen O, Knol A. European Perspectives on Environmental Burden of Disease (EBoDE). Estimates for nine stressors in six countries. Reports 1/2011. <http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/b75f6999-e7c44550-a939-3bccb19e41c1>. Ultima consultazione: settembre 2011
- ISPRA. Annuario dei dati ambientali 2009
- Progetto Aphekom – Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe. [http://www.aphekom.org/c/document\\_library/get\\_file?uuid=80d9dfde021d-4674-837e-7960830339cd&groupId=10347](http://www.aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=80d9dfde021d-4674-837e-7960830339cd&groupId=10347). Ultima consultazione: settembre 2011
- Progetto EBoDE – Opasnet. Ranking of environmental stressors by health impact in Europe (EBoDE pilot). Environmental Burden of Disease in European Region. <http://en.opasnet.org/w/Ebode>. Ultima consultazione: settembre 2011
- Summary report of the Aphekom project 2008-2011. [http://www.invs.sante.fr/presse/2011/communiqués/cp\\_aphekom\\_010311/Aphekom\\_summary\\_report.pdf](http://www.invs.sante.fr/presse/2011/communiqués/cp_aphekom_010311/Aphekom_summary_report.pdf). Ultima consultazione: settembre 2011

## 1.2. Aria indoor

### 1.2.1. Introduzione

L'inquinamento dell'aria degli ambienti confinati (indoor), non industriali, in particolare quelli adibiti a dimora, svago, lavoro (es. uffici) e trasporto, rappresenta un importante problema di sanità pubblica, con grandi implicazioni sociali ed economiche, per molteplici motivi. In primo luogo, per la prolungata permanenza della popolazione all'interno di tali ambienti; in secondo luogo, i livelli di inquinamento dell'aria indoor sono maggiori rispetto a quelli outdoor per numerose classi di inquinanti e perché il rischio espositivo non è limitato a categorie ben definite (come per il rischio esclusivamente professionale o occupazionale), ma, oltre a interessare una parte estesa della popolazione, risulta di particolare gravità per alcuni gruppi più vulnerabili, che trascorrono negli ambienti chiusi una percentuale di tempo più elevata rispetto al resto della popolazione. Alcuni inquinanti indoor possono provenire dall'esterno e sono legati all'inquinamento atmosferico, ma la maggior parte di essi è prodotta all'interno degli edifici.

In generale, negli ambienti confinati gli

agenti inquinanti sono presenti in concentrazioni tali che, pur non determinando effetti acuti, sono tuttavia causa di effetti negativi sul benessere e sulla salute dell'uomo, soprattutto se legati a un elevato tempo di esposizione. Il rischio di danni per la salute è correlato all'esposizione, ovvero alla concentrazione integrata per il tempo e alla suscettibilità delle persone esposte e molte malattie croniche sono correlate a diversi aspetti dell'*indoor air quality* (IAQ). In Italia, il danno economico e sociale attribuibile all'inquinamento indoor è verosimilmente elevato (Commissione Nazionale per la prevenzione dell'inquinamento indoor DM 8 aprile 1998).

### 1.2.2. Rappresentazione dei dati

Le principali patologie associate a inquinamento indoor, identificate sulla base dei risultati ottenuti dagli studi condotti a livello europeo negli ultimi venti anni sono: malattie allergiche, asma e disturbi respiratori nell'infanzia, BPCO, infezioni respiratorie (es. legionellosi), tumore del polmone, malattia cardiovascolare, disturbi irritativi e

alterazione del comfort (es. sindrome dell'edificio malato). Le miscele complesse di inquinanti indoor, anche a basse concentrazioni, possono provocare nel tempo effetti nocivi sulla salute delle persone suscettibili: bambini, donne in gravidanza, persone anziane, persone sofferenti di asma, malattie respiratorie e cardiovascolari. Nei bambini l'esposizione ad alcuni inquinanti indoor si associa a un maggiore rischio di irritazioni, sintomi respiratori acuti, iper-reattività bronchiale, infezioni respiratorie e sensibilizzazione allergica. Si stima che in Europa l'inquinamento indoor sia responsabile del 4,6% delle morti per tutte le cause e del 31% delle inabilità DALY nei bambini da 0 a 4 anni di età.

È stato dimostrato che le caratteristiche genetiche, lo stato nutrizionale e gli stili di vita possono contribuire a rendere la popolazione più suscettibile. Una gamma di determinanti sociali quali bassa fascia di reddito e livello di educazione, appartenenza a famiglie di disoccupati, di emigranti o di genitori single determina il livello e la frequenza dell'inquinamento indoor e di conseguenza il livello di esposizione. Differenze nella concentrazione degli inquinanti indoor sono a oggi i migliori marcatori delle disuguaglianze sociali nell'esposizione. L'Ufficio Europeo dell'OMS stima che 10.000 bambini, da 0 a 4 anni, muoiono ogni anno in Europa per l'uso domestico di combustibile solido. Le famiglie a basso reddito, per contenere i consumi energetici a causa delle ristrettezze economiche, sono costrette a utilizzare combustibile a basso costo per la cottura dei cibi o per il riscaldamento, con gravi rischi di esposizione a ossido di carbonio e ad altri inquinanti tossici e un maggiore rischio di incidenti domestici. Gli studi europei hanno concluso che nei quartieri dei ceti più bassi le famiglie con problemi di umidità o infiltrazioni sono rispettivamente il doppio o il triplo rispetto ai quartieri dei ceti sociali alti. Coloro che occupano palazzi umidi o con muffe corrono fino al 75% di rischio in più di contrarre sintomi respiratori e asma. Circa il 13% dei casi di asma dei bambini europei è correlabile a un eccesso di umidità negli

edifici. Nelle abitazioni, più della metà dei bambini europei è regolarmente esposta al fumo passivo (*environmental tobacco smoke*, ETS); i bambini provenienti da famiglie a basso reddito sono esposti circa il doppio rispetto ai loro coetanei più ricchi, e ancora di più in automobile.

In Italia, l' $\text{NO}_2$ , tipico inquinante outdoor originato prevalentemente dal traffico veicolare, è uno degli inquinanti più comuni nelle abitazioni, per l'uso pressoché esclusivo di gas, sia per riscaldamento sia per cucinare. Le esposizioni indoor in alcune situazioni possono essere superiori a quelle esterne, con importanti conseguenze sulla salute respiratoria, specialmente dei bambini. La concentrazione media italiana di radon nell'aria è di circa  $70 \text{ Bq/m}^3$ . È stato stimato che sui 31.000 casi di tumore ai polmoni che si registrano in Italia ogni anno il 10% circa è attribuibile al radon (questo dato comprende per la maggior parte fumatori, a causa della sinergia tra radon e fumo, che ne moltiplica gli effetti).

L'esposizione a fumo di tabacco ambientale, formaldeide e altri composti organici volatili, singolarmente o in miscele, è stata associata a un'aumentata prevalenza di sintomi respiratori, suggestivi di asma o diagnosi di asma, in ambito sia domiciliare sia lavorativo. Gli acari della polvere, i derivati di animali domestici e alcuni microrganismi, quali funghi e spore, rappresentano le principali fonti di allergeni indoor. L'inalazione di tali allergeni può indurre, in soggetti sensibilizzati, una rapida risposta infiammatoria, mentre ripetute esposizioni nel tempo possono causare l'insorgenza di asma bronchiale. Un'indagine condotta nel 2002 sulla salute respiratoria di bambini e adolescenti italiani (SIDRIA-2) ha evidenziato che un bambino italiano su dieci soffre d'asma, una frequenza simile o comunque di poco aumentata rispetto ai risultati di un'analoga indagine condotta sette anni prima (SIDRIA-1); per contro, la frequenza di disturbi allergici come la rinite o la dermatite allergica è risultata in preoccupante aumento. L'indagine evidenzia che ancora troppi bambini italiani sono esposti a condizioni ambientali che favoriscono le ma-

lattie respiratorie. Più della metà dei bambini italiani vive in famiglie in cui almeno uno dei genitori è fumatore. Si stima che il 15% dei casi di asma tra i bambini e i ragazzi sia attribuibile proprio al fumo dei genitori. Inoltre, lo studio ha rilevato che la presenza di macchie di umidità o di muffa nella camera in cui il bambino dorme aumenta il rischio di sintomi asmatici. Un piccolo aumento di rischio di malattie respiratorie è stato riscontrato in bambini la cui abitazione è riscaldata con combustibili ad alto potenziale inquinante (legna, carbone, gas in bombole). È emersa, infine, una differenza di frequenza della malattia respiratoria tra i bambini che vivono in strade ad alto traffico di mezzi pesanti e quelli che vivono, invece, in strade lontane dal traffico. Coloro che vivono in prossimità di scarichi diesel hanno una maggiore frequenza di sintomi respiratori e di asma.

A fronte della maggiore suscettibilità dei bambini alle esposizioni indoor, la qualità dell'aria degli ambienti di vita dove i bambini trascorrono più tempo – la casa e la scuola, percepiti come ambienti tra i più “sicuri” – spesso risulta scadente, con gravi rischi per la salute.

Alcuni Paesi europei, in particolare Svezia, Finlandia, Norvegia e Olanda, hanno condotto numerosi studi sulla qualità dell'aria nelle scuole e sulle relative implicazioni sulla salute degli studenti. Già dagli anni Novanta, studi condotti in scuole svedesi hanno dimostrato l'esistenza di una relazione stretta fra asma corrente in bambini e adolescenti ed esposizione a numerosi fattori di rischio indoor negli ambienti scolastici, fra cui presenza di umidità, scarsa ventilazione, elevate concentrazioni di composti organici volatili (inclusa la formaldeide), muffe, batteri e allergeni. Successivamente, altre indagini condotte in scuole del Nord Europa hanno confermato che nelle aule scolastiche possono essere presenti numerosi inquinanti, con conseguenze negative sulla salute degli studenti. In particolare, in diversi edifici scolastici è stata dimostrata la presenza di elevate concentrazioni indoor di CO<sub>2</sub>, che è risultato un fattore di rischio per sintomi irritativi delle prime vie respi-

раторie e per la sindrome da edificio malato; la presenza di muffe o umidità negli edifici è risultata associata a sintomi respiratori e allergici negli alunni esposti. In alcune scuole sono state rilevate concentrazioni significative anche di allergeni indoor del cavallo o del cane, che sono state associate a un aumento della frequenza di fischi respiratori, difficoltà di respiro, asma corrente e allergie. Indagini più recenti hanno evidenziato nell'aria indoor la presenza di concentrazioni significative di composti organici volatili di origine microbica (MVOC) e, specialmente in edifici scolastici di nuova costruzione, anche di elevate concentrazioni di composti come il TMPD-MIB (2,2,4-trimetil-1,3-pentanediol monoisobutirato) e il TMPD-DIB (2,2,4-trimetil-1,3-pentanediol diisobutirato), rilasciati dai materiali plastici in PVC, utilizzati più frequentemente per il rivestimento dei pavimenti. Negli studenti esposti a questi composti è stata riscontrata la presenza di sintomatologia respiratoria.

In Italia, a oggi, è disponibile un certo numero di informazioni relative alla sicurezza strutturale degli edifici scolastici, grazie ad alcune iniziative istituzionali come il monitoraggio sulla sicurezza nelle scuole, promosso nel 2001 dal Ministero dell'Istruzione, mentre non vi sono indagini nazionali di rilievo che analizzano gli aspetti igienico-sanitari e di qualità dell'aria degli edifici scolastici e i possibili rischi per la salute degli studenti. Le evidenze più significative derivano da indagini condotte nell'ambito di studi europei, a cui hanno partecipato anche ricercatori italiani. Utilizzando procedure standardizzate comuni, lo studio HESE (*Health Effects of School Environment*) [2004-2005] ha raccolto per la prima volta, su un campione di 21 scuole europee (Italia, Francia, Svezia, Danimarca, Norvegia), informazioni comparabili sull'IAQ (*indoor air quality*), e sulla salute respiratoria di più di 600 scolari. La qualità dell'aria all'interno delle scuole esaminate risultava scadente, in relazione agli inquinanti considerati (PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, muffe e allergeni) e l'alterazione dell'IAQ si associava alla presenza di effetti sulla salute respiratoria dei bambini.

Nel 2008, un altro progetto multicentrico europeo SEARCH (*School Environment And Respiratory Health of Children*), che ha coinvolto Italia, Albania, Bosnia, Erzegovina, Serbia e Slovacchia, ha raccolto i dati relativi a 13 scuole italiane (55 classi frequentate da 939 alunni). Lo studio ha rilevato che più del 50% delle scuole italiane esaminate era antecedente al 1970 e in condizioni igienico-sanitarie non ottimali. Quasi tutte le scuole erano situate in aree con traffico autoveicolare moderato. Nel 70% dei prelievi, le concentrazioni di PM<sub>10</sub> all'interno delle aule sono risultate superiori a quelle misurate all'esterno, con valori sempre superiori ai limiti ambientali per esposizioni a breve e a lungo termine in più della metà delle aule monitorate. Nel 94% delle aule si utilizzavano i gessi per scrivere sulla lavagna. In poco più del 50% delle aule si aprivano le finestre durante tutti gli intervalli e nell'11% dei casi soltanto una volta al giorno. All'interno degli edifici scolastici sono stati rilevati livelli di formaldeide più elevati rispetto ai livelli medi riscontrati nelle altre scuole europee (oggetto dell'indagine), sebbene risultassero lontani dai livelli di pericolosità indicati dall'OMS. Il riscontro di condizioni microclimatiche non ottimali rispetto ai parametri relativi a umidità, temperatura e ventilazione era associato a un'elevata concentrazione ambientale di allergeni (acari, muffe, pollini) e di alcuni inquinanti chimici volatili. A fronte di questo quadro, i risultati dell'indagine effettuata su oltre 1000 bambini intervistati hanno evidenziato che quasi il 30% degli scolari soffriva di rinite allergica e il 20% tossiva frequentemente, spesso anche durante la notte (14%). Un'altra delle conseguenze della cattiva qualità dell'aria indoor era l'aumento dei giorni di assenza a scuola.

### 1.2.3. Esposizione e valutazione critica dei dati

Le scuole, le abitazioni e gli altri ambienti confinati influenzano la salute e il benessere della popolazione più di quanto sia co-

munemente considerato. L'inquinamento dell'aria indoor può causare effetti sulla salute a partire da raffreddore e tosse, problemi respiratori, cardiaci, per arrivare fino a cancro, o causare incidenti per esposizioni acute (es. avvelenamenti da CO).

Rispetto agli adulti, i bambini respirano una maggiore quantità di aria, specialmente nei primi anni di vita, con conseguente aumento dell'esposizione a inquinanti inalabili. Vi è evidenza che l'esposizione a elevate concentrazioni di allergeni negli ambienti interni contribuisce alla persistenza dei sintomi in bambini con asma allergico. Sebbene sia ancora in discussione il ruolo dell'esposizione ad allergeni ambientali nei primi anni di vita nell'indurre lo sviluppo di asma bronchiale, vi è un generale consenso sul fatto che le condizioni ambientali siano cruciali per l'orientamento del sistema immunitario verso una risposta di tipo allergico o meno.

Il riscontro di disturbi respiratori associati a elevati livelli di inquinamento, specialmente da VOC e PVC, sottolinea la necessità di valutare con attenzione le procedure costruttive degli edifici per limitare l'utilizzo estensivo di materiali di costruzione che possono divenire una continua e incontrollata fonte emittente di inquinanti (PVC) e l'utilizzo di prodotti che rilasciano nell'ambiente composti volatili come benzene, toluene, xilene, stirene, terpeni ( $\alpha$ -pinene, limonene ecc.), formaldeide e acetaldeide; tali composti possono derivare dall'uso di solventi, detersivi e prodotti utilizzati comunemente per la pulizia delle aule o durante l'uso di fotocopiatrici e stampanti. In tutti i casi segnalati nella letteratura, la sintomatologia descritta può compromettere in modo significativo la qualità della vita dei bambini e la loro performance scolastica. Le indagini in scuole italiane effettuate nell'ambito di progetti europei hanno rilevato un'associazione fra sintomatologia asmatica e alcuni inquinanti indoor più comuni. La riduzione delle esposizioni indoor negli ambienti frequentati dai bambini può quindi contribuire a ridurre la frequenza di questa malattia e la sua evoluzione verso forme gravi. In Italia l'asma, insieme all'obe-

sità, è la patologia cronica più diffusa nell'infanzia e rappresenta una causa importante di mortalità e di ospedalizzazione, nonostante i miglioramenti terapeutici di questi ultimi anni. L'asma infantile può influire negativamente sullo sviluppo psicologico del bambino che ne è affetto, rallenta il processo di apprendimento scolastico e le relazioni con i coetanei, causa la perdita di giorni di scuola ed è causa di assenze dal lavoro per i genitori. L'asma bronchiale nel 1999 è stata riconosciuta come malattia sociale. L'impatto della patologia asmatica sulle attività quotidiane e sulle famiglie è considerevole: i costi indiretti rappresentano il 60% dei costi complessivi, a cui vanno aggiunti i costi "intangibili", in termini di disagio e qualità della vita del paziente. Nel contesto della spesa sanitaria totale, in Italia i costi complessivi dell'impatto economico dell'asma in età pediatrica sono imputabili al 31% a costi diretti derivanti dalle visite di urgenza e dagli accessi al pronto soccorso e nel 19% ai ricoveri, mentre nei costi indiretti rientra il 31% delle assenze scolastiche associate ad asma.

La prevenzione primaria e il controllo dell'asma e delle allergie nell'infanzia si configurano come obiettivi prioritari della *Strategia della Comunità Europea in tema di sanità*. Tale strategia, denominata SCALE [COM(2000)285 def. del 16 maggio 2000] e sviluppata in parte anche nel piano europeo d'azione per l'ambiente e la salute 2004-2010, trova riscontri tangibili nel nuovo Programma d'azione Comunitario nel campo della sanità pubblica (2008-2013). La strategia europea raccomanda misure più ampie volte a migliorare la qualità dell'aria indoor nelle zone residenziali, nei luoghi pubblici (in particolare asili nido e scuole) e sui posti di lavoro e sostiene l'importanza di proteggere la salute dei bambini dalle minacce dell'ambiente, quale investimento essenziale per assicurare un adeguato sviluppo umano ed economico. In occasione della 5ª Conferenza Paneuropea "Ambiente e Salute" (Parma 10-12 marzo 2010), i Ministri della Salute e dell'Ambiente dei Paesi dell'OMS Euro hanno sottoscritto una dichiarazione con

la quale si sono impegnati a sviluppare e promuovere politiche e interventi intersettoriali per ridurre i rischi per la salute da esposizioni negli ambienti indoor, con particolare attenzione alle scuole e a tutti gli ambienti frequentati dai bambini.

Per facilitare la definizione da parte dei Governi europei di Linee guida per migliorare l'IAQ, con particolare attenzione a scuole e abitazioni, e ridurre i rischi per la salute, recentemente l'OMS ha pubblicato due importanti rapporti:

- Linee guida del 2009 "*WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould*", che offrono una descrizione generale dei rischi per la salute correlati alla presenza di umidità e muffe negli edifici e forniscono una serie di indicazioni fondamentali per la loro individuazione e prevenzione;
- Linee guida del 2010 "*WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*", che definiscono i limiti per alcuni inquinanti indoor per i quali le conoscenze scientifiche relative agli effetti dannosi sull'uomo sono state giudicate sufficientemente accettabili. Le sostanze considerate sono benzene, biossido di azoto, formaldeide, idrocarburi policiclici aromatici (soprattutto benzo[a]pirene), monossido di carbonio, naftalene, radon, tricloroetilene e tetracloroetilene. Per ogni sostanza sono considerati le sorgenti, i dati tossicologici epidemiologici e i livelli di esposizione che causano effetti sanitari. Il documento è rivolto agli operatori sanitari e alle Autorità coinvolti nella progettazione di edifici e nell'utilizzo di materiali.

**Indicazioni per la programmazione.** Il Progetto Europeo INDEX (*Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure. Limits in the EU*), promosso dalla *European Commission's Directorate General for Health and Consumer Policy* (DG SANCO), che ha fornito un contributo sostanziale per l'elaborazione delle recenti Linee guida dell'OMS sui principali inquinanti indoor, sottolinea la necessità di colmare il vuoto legislativo esi-

stente in materia di IAQ e di fornire in breve tempo all'Europa un'efficace strategia di prevenzione e un quadro legislativo di riferimento. Gli ambiti prioritari di intervento devono riguardare politiche generali e politiche concernenti alcuni aspetti specifici relativi a costruzione degli edifici, ventilazione, prodotti di consumo, manutenzione degli edifici e comportamenti degli occupanti.

In considerazione dell'evidenza che l'aria outdoor condiziona la qualità dell'aria interna, occorre integrare le politiche sulla qualità dell'aria indoor con quelle dello sviluppo urbano per ridurre l'inquinamento ambientale e progettare edifici a basso consumo energetico. Occorre preferire l'utilizzo di prodotti e materiali da costruzione sicuri per l'ambiente e la salute umana, procedere alla regolamentazione della produzione e utilizzo dei prodotti di consumo, rispettando le regole fissate a livello comunitario di protocolli standardizzati per testare la qualità dell'aria indoor, sviluppare campagne di comunicazione per sensibilizzare l'opinione pubblica nei confronti dei comportamenti volontari corretti e sensibilizzare le famiglie e le istituzioni sull'importanza di proteggere la salute dei bambini.

Per realizzare tale strategia intersettoriale occorre avviare nel Paese un vero e proprio "patto", che impegni le Istituzioni e una pluralità di soggetti a livello centrale e periferico. Il miglioramento della qualità della vita e della salute negli ambienti confinati dipende dalla responsabilizzazione di tutti i soggetti coinvolti e dalla loro capacità di collaborare, in particolare dei cittadini, progettisti, costruttori, ditte interessate alla produzione di materiali e di attrezzature, coloro che sovrintendono alla manutenzione e gestione degli stabili, nonché promuovere il coordinamento di soggetti e realtà operative interne ed esterne al Servizio Sanitario Nazionale (SSN).

A livello nazionale esistono importanti provvedimenti e documenti di indirizzo tecnico elaborati dal Ministero della Salute con il consenso delle Regioni, che forniscono indicazioni valide per attuare un effica-

ce programma di prevenzione negli ambienti indoor. In particolare:

- l'Accordo Stato-Regioni del 27 settembre 2001, recante "Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 27 novembre 2001, n. 276 SG, SO n. 252, che rappresenta a tutt'oggi un valido riferimento per realizzare un programma nazionale di prevenzione dei rischi indoor, in linea con le recenti indicazioni europee;
- l'Accordo Stato-Regioni del 5 ottobre 2006, recante "Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 3 novembre 2006, n. 256;
- l'Accordo del 18 ottobre 2010, tra Governo, Regioni, Province Autonome (PA) di Trento e Bolzano, Province, Comuni e Comunità montane, concernente "Linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie e asma", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 13 novembre 2011, SG n. 9, focalizza l'attenzione sull'importanza, per la salute dei bambini, delle condizioni di igiene e di qualità dell'aria negli ambienti scolastici. Gli indirizzi proposti delineano un quadro integrato di interventi di prevenzione da realizzare nelle scuole (compresi gli spazi esterni e le mense), volti a limitare il più possibile il contatto dei bambini allergici con i fattori di rischio indoor maggiormente implicati nell'induzione e nell'aggravamento delle allergie e promuovere la realizzazione di ambienti scolastici sani e sicuri per tutta la popolazione scolastica;
- il Piano Nazionale Radon (PNR) per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia da esposizione a radon, avviato dal Centro di prevenzione e controllo delle malattie (CCM) ed elaborato nel 2002, nell'ambito di un sottogruppo della commissione nazionale sull'inquinamento indoor e coordinato dall'ISS, rappresenta un insieme organico e coordinato di azioni volte alla riduzione del rischio radon in Italia (incluse normative,

mappature, informazione, formazione) e ha acquisito il parere favorevole del Consiglio Superiore di Sanità e della Conferenza Stato-Regioni.

### Bibliografia essenziale

Galassi C, De Sario M, Forastiere F. Studi Italiani sui Disturbi Respiratori nell'Infanzia e l'Ambiente. Seconda Fase. *Epidemiol Prev* 2005; 29 (2 Suppl.): 1-96

Kim JL, Elfman L, Mi Y, et al. Indoor molds, bacteria, microbial volatile organic compounds and plasticizers in schools-associations with asthma and respiratory symptoms in pupils. *Indoor Air*

2007; 17: 153-63

Wargoocki P, Wyon DP. The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children. *HVAC & R Research* 2007; 13: 193-220

World Health Organization. Environment and health risks: a review of the influence and effects of social inequalities. 2010. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0003/78069/E93670.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/78069/E93670.pdf). Ultima consultazione: settembre 2011

Zauli Sajani S, Colaiacomo E, De Maio F, et al. School environment and children respiratory health: the SEARCH project. *Epidemiol Prev* 2009; 33: 239-41

## 1.3. Acqua

### 1.3.1. Introduzione

Il biennio 2009-2010, in continuità con quanto evidenziato negli anni più recenti, ha determinato un ulteriore progresso nell'attuazione della Legge 36/94, cosiddetta Legge Galli, con la conclusione dell'insediamento degli Ambiti Territoriali Ottimali (ATO) e lo sviluppo nella loro funzionalità. Questo ha contribuito in termini di efficienza, efficacia ed economicità, all'evoluzione nell'assetto dei Servizi Idrici Integrati (SII), costituiti dall'insieme dei servizi pubblici di captazione, adduzione e distribuzione di acqua a usi civili, smaltimenti e depurazione delle acque reflue.

Rilevanti sono gli avanzamenti nella predisposizione dei Piani d'Ambito che, seppure a oggi non finalizzati per la totalità degli ambiti, presiedono a un miglioramento sostanziale nella gestione dei costi e degli investimenti a livello infrastrutturale.

Gli investimenti realizzati in questi ultimi anni hanno riguardato, per la maggior parte, i servizi di acquedotto, e in minor misura il servizio di fognatura e la depurazione, consentendo interventi essenziali per fare fronte alle problematiche connesse all'applicazione delle norme comunitarie in materia di tutela delle risorse idriche e qualità delle acque destinate al consumo umano.

### 1.3.2. Qualità dell'acqua destinata al consumo umano

Attualmente in Italia la gestione dei servizi idrici è garantita da prassi rigorose e consolidate, tali da rendere possibile la fornitura di acqua qualitativamente idonea. Inoltre, il sistema di vigilanza pubblica, gestito dai Servizi di Prevenzione delle Aziende Sanitarie Locali, è ormai più che collaudato, e opera con sistematica efficienza, notevole estensione e capillarità.

Il sistema dei controlli è regolato dal D.Lgs. 31 del 2 febbraio 2001, e s.m.i., di recepimento della Direttiva 98/83/CE relativa alle acque destinate al consumo umano, che fissa le frequenze, le tipologie analitiche, le modalità e le metodiche di controllo.

Le caratteristiche di qualità essenziali per tutte le acque destinate al consumo umano, potabile o per la preparazione di alimenti, hanno come criterio base il controllo dell'osservanza di parametri, microbiologici e chimici, di rilevanza sanitaria e di altri parametri "indicatori" di variazioni anomale della qualità dell'acqua.

Il valore parametrico per i parametri chimici e microbiologici è adeguato a garantire che le acque possano essere consumate in condizioni di totale sicurezza nell'intero arco della vita, mentre il valore dei parametri "indicatori" rappresenta il limite oltre il

quale sono necessari interventi per correggere le anomalie che hanno determinato il loro superamento, ma con bassissimo rischio di tipo sanitario.

I risultati dei monitoraggi sul Piano Nazionale mostrano una sostanziale conformità ai requisiti di cui al D.Lgs. 31/2001 delle acque distribuite, e questo per effetto sia della buona qualità della risorsa di origine sia, in generale, della corretta gestione della filiera di potabilizzazione e distribuzione.

Superamenti limitati e circostanziati si sono ritrovati, nel biennio in esame, per lo più per sottoprodotti di disinfezione (tra i quali i trialometani, per i quali tuttavia l'Italia assume un valore parametrico notevolmente più restrittivo di quanto indicato nella Direttiva), o inquinanti di origine antropica, tra cui nitrati e pesticidi, presenti nel corpo idrico di origine.

Superamenti sistematici dei valori di parametro si registrano in alcune aree geografiche per parametri di origine geologica, tra cui arsenico e fluoro. La presenza di questi elementi nell'acqua è determinata dal dilavamento delle rocce adiacenti gli acquiferi e, spesso, ne sono più ricche naturalmente le captazioni più profonde. Attualmente le non conformità relative ad acque naturalmente arricchite di elementi minerali sono gestite in regime di deroga, con piani di rientro in fase di attuazione e finalizzazione.

Altri tipi di contaminazioni delle acque sono determinati per cessione da materiali non adeguati utilizzati in passato negli impianti, come nel caso del piombo.

Nell'agosto 2007, l'entrata in vigore del D.Lgs. 174 del 6 aprile 2004, che regola le condizioni alle quali devono rispondere i materiali e gli oggetti utilizzati negli impianti fissi di captazione, di trattamento e di distribuzione delle acque destinate al consumo umano, ha determinato un significativo miglioramento qualitativo per tutti gli impianti nuovi, o gli impianti sui quali vengono effettuate riparazioni, riducendo considerevolmente le contaminazioni, ormai sporadiche e in graduale scomparsa.

### 1.3.3. Valutazione critica dei dati

È da sottolineare che proprio il rilevamento puntuale di non conformità, gestite secondo quanto prescritto dalla vigente normativa, sotto il rigoroso controllo delle Autorità sanitarie, seguendo criteri di massima precauzione, indica l'efficacia dei sistemi di vigilanza e consente di elaborare strategie e procedure per una più efficiente prevenzione e sorveglianza sui rischi sanitari correlati al consumo delle acque.

In questo ambito, particolare attenzione della sorveglianza deve riguardare le zone di piccola fornitura idrica, con aree di utenza limitate a 50-5000 persone.

Indicazioni recentemente diffuse dalla Commissione Europea rilevano, infatti, per tale tipologia di sistemi, una suscettibilità a rischi chimici e microbiologici più elevata rispetto a sistemi idrici più grandi. Un'indagine è stata coordinata dalle Autorità sanitarie centrali nel 2010, focalizzata sulla situazione dei sistemi di piccola fornitura idrica in Italia, come azione funzionale a un programma di valutazione e gestione dei rischi per tali sistemi condiviso con la Commissione Europea.

Peraltro, attenzione costante è anche rivolta a composti chimici contaminanti del suolo che rilasciano residui nei corpi idrici, come nel caso di solventi organo-alogenati, e soprattutto a composti chimici emergenti, come nel caso delle cianotossine prodotte da alghe tossiche suscettibili di proliferare in corpi idrici superficiali.

Sulle cianotossine e i loro metaboliti è stata condotta, nel 2009 e nel 2010, una vasta attività finalizzata alla predisposizione di misure di gestione adeguate al controllo della loro presenza nella filiera produttiva delle acque destinate al consumo umano. Il progetto ha previsto l'acquisizione di maggiori informazioni sulla diffusione dei fenomeni correlati a cianobatteri tossici e al relativo impatto sanitario nel territorio nazionale e l'incremento della capacità di sorveglianza sanitaria e di risposta rispetto al rischio da parte dei vari Enti preposti.

### 1.3.4. Deroghe

Similmente a quanto avvenuto in molti Stati membri, in Italia l'introduzione della Direttiva 98/83/CE, in vigore dal 2003 con l'attuazione del D.Lgs. 31/2001, ha avuto un consistente impatto sui sistemi di distribuzione delle acque per effetto dell'introduzione di valori di parametro sensibilmente più restrittivi rispetto alla preesistente legislazione. Si sono pertanto verificate diverse situazioni di non conformità delle acque destinate al consumo umano alle prescrizioni della Direttiva vigente, attribuibili non a un deterioramento della qualità dell'acqua di origine, che risulta pressoché costante nel tempo, ma all'evoluzione normativa che, per esempio nel caso dell'arsenico, ha ridotto il precedente limite di 50 µg/L a 10 µg/L. Proprio al fine di gestire in sicurezza circostanze di non conformità sistematiche per parametri chimici, la stessa Direttiva ha previsto, e rigorosamente normato, l'istituto della deroga.

Il ricorso a questo istituto, in Italia, è stato fondamentale per gestire situazioni di non conformità ascrivibili a particolari condizioni geologiche sussistenti negli acquiferi. Il procedimento di autorizzazione delle deroghe, sia nel primo triennio (2003-2006) sia nel secondo (2007-2009), ha seguito criteri scientifici e iter procedurali rigorosi in ottemperanza ai dettami della Direttiva 98/83/CE (art. 9), secondo quanto previsto all'art. 13 del D.Lgs. 31/2001. I criteri decisionali sono improntati a garantire assenza di potenziali pericoli per la salute umana; la deroga deve inoltre rappresentare l'unico mezzo congruo per assicurare l'approvvigionamento idro-potabile e ristabilire la conformità ai valori di parametro secondo un piano di interventi adeguato per modalità, tempistica e disponibilità di risorse.

Il periodo 2003-2009 è stato caratterizzato da investimenti massivi nel settore delle acque destinate al consumo umano per l'adeguamento di parti ingenti dei sistemi di distribuzione, ricerca, ridefinizione delle aree di captazione delle acque, rinnovamento delle opere di presa, adozione di sistemi di trattamento generalizzati o locali. Le azio-

ni intraprese hanno consentito una progressiva, sostanziale diminuzione dei provvedimenti di deroga, sia in termini di riduzione delle concentrazioni di parametro sia della popolazione interessata, anche se non completamente. Infatti, negli anni precedenti, l'approccio generale per definire le azioni correttive, in merito ai parametri che naturalmente e sistematicamente superano i valori di parametro in vaste aree di approvvigionamento idrico, è consistito prioritariamente nella ricerca sia di fonti alternative a lungo termine, sia di strategie correttive sostenibili e durature, dal punto di vista sanitario, ambientale, strutturale e gestionale. Ciò ha implicato la scelta, in molti territori, di una completa ripianificazione del sistema di approvvigionamento idrico, con soluzioni tecniche di ampio respiro, in luogo di azioni correttive a breve termine come i trattamenti localizzati.

Tutti gli interventi strutturali, con il necessario superamento di problemi legati alla complessa geomorfologia del territorio italiano, all'abbandono ed eliminazione di sistemi di approvvigionamento e captazione esistenti che devono essere rimpiazzati con nuove reti di distribuzione, nonché alla progressiva riduzione delle risorse di buona qualità, hanno richiesto tempi lunghi di realizzazione, superando la scadenza del 31 dicembre 2009. Pertanto, in conformità a quanto previsto dalla Direttiva, è stato necessario ricorrere al parere della CE, che si è espressa con la Decisione CE7605 del 28 ottobre 2010.

Nell'anno 2010 la popolazione residente in territori ancora coinvolti in provvedimenti di deroga ammonta ancora a circa 900.000 abitanti e l'entità dei superamenti ai quali sono esposti non rappresenta alcun rischio sanitario.

### 1.3.5. Indicazioni per la programmazione

L'applicazione del D.Lgs. 152/2006 e dell'acquis comunitario in materia di tutela delle acque presiede alla definizione e al mantenimento degli standard di qualità delle risorse

idriche, particolarmente quelle destinabili a consumo umano, con positive ricadute attese sul sistema di gestione e controllo della qualità delle acque potabili.

Con specifico riferimento alla qualità delle acque destinate al consumo umano, nel registrare positivi indicatori sull'efficienza del sistema basato sugli attuali piani di monitoraggio, si identifica la necessità di sostenere la strutturazione di sistemi integrati di prevenzione e gestione dei rischi da parte dei servizi idrici e delle autorità sanitarie, basati sui criteri dei *Water Safety Plans*. Questi sistemi, indicati dall'OMS, hanno come fine quello di aumentare il livello di protezione dei sistemi idrici e dei consumatori, di garantire un'ottimale allocazione delle risorse (inclusa un'opportuna rimodulazione delle azioni di monitoraggio, già prevista dal D.Lgs. 31/2001) e di gestire in sicurezza emergenze idro-potabili.

L'attuazione di tali sistemi organizzativi, similmente a quanto avvenuto nel settore alimentare con l'introduzione dei principi di *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP), ha il fine di aumentare il livello di protezione dei sistemi idrici e dei consumatori, di garantire un'ottimale allo-

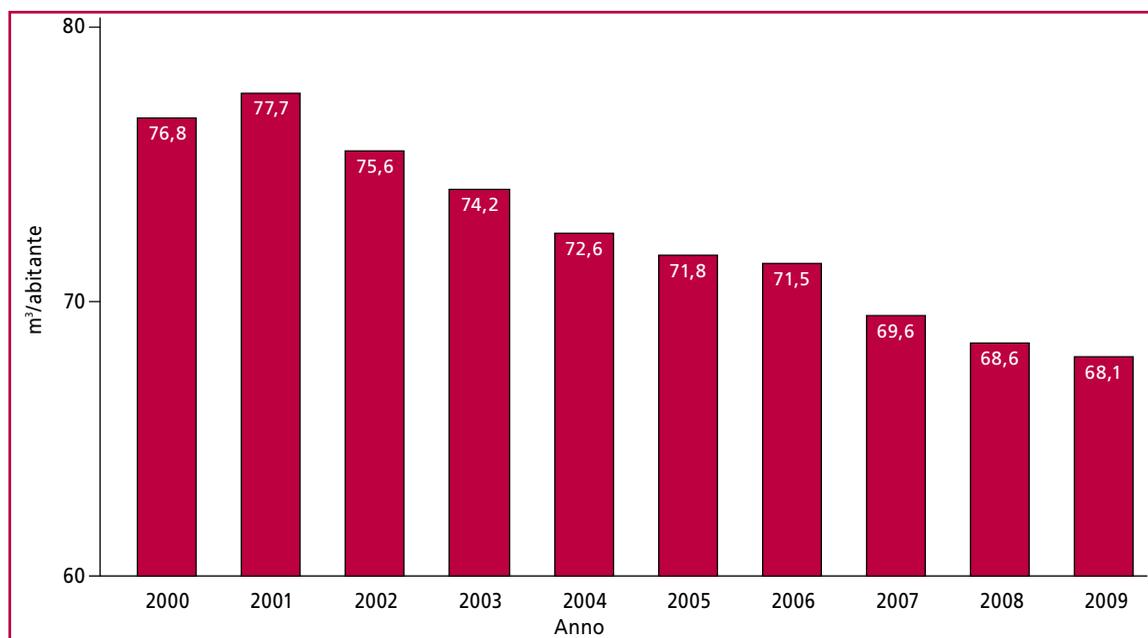
cazione delle risorse vigilando su fattori di rischio prioritari ed emergenti.

L'introduzione dei *Water Safety Plans* dovrebbe realizzarsi parallelamente al costante progresso nell'attuazione della Legge Galli e del D.Lgs. 152/2006 per la realizzazione dei SII, determinando il miglioramento dell'approvvigionamento idrico in termini di quantità, qualità e continuità, e nella risoluzione dei fenomeni di non conformità, anche al fine di rientrare dal regime di deroga.

Ma, sebbene sia confermata anche la progressiva diminuzione nei consumi idrici, risultato anche di utilizzi più consapevoli e sostenibili, si registra comunque la necessità di rafforzare la protezione delle acque e delle risorse di buona qualità a fronte dello sfruttamento generalizzato degli acquiferi, dei fenomeni relativi ai cambiamenti climatici e dell'impovertimento delle fonti di approvvigionamento. Questi fenomeni sono spesso sinergici, con un impatto rilevante sulla quantità e sulla qualità delle acque distribuite (*Figura 1.2*).

L'erogazione di acqua potabile per abitante, comprensiva dei consumi misurati al contatore e della stima per altri utilizzi (fontane, usi municipali ecc.), si attesta sui 92 m<sup>3</sup> per

**Figura 1.2.** Consumi giornalieri di acqua per uso domestico (m<sup>3</sup>/abitante) nel complesso dei Comuni Capoluogo di Provincia (Anni 2000-2009).



Fonte: Dati Istat.

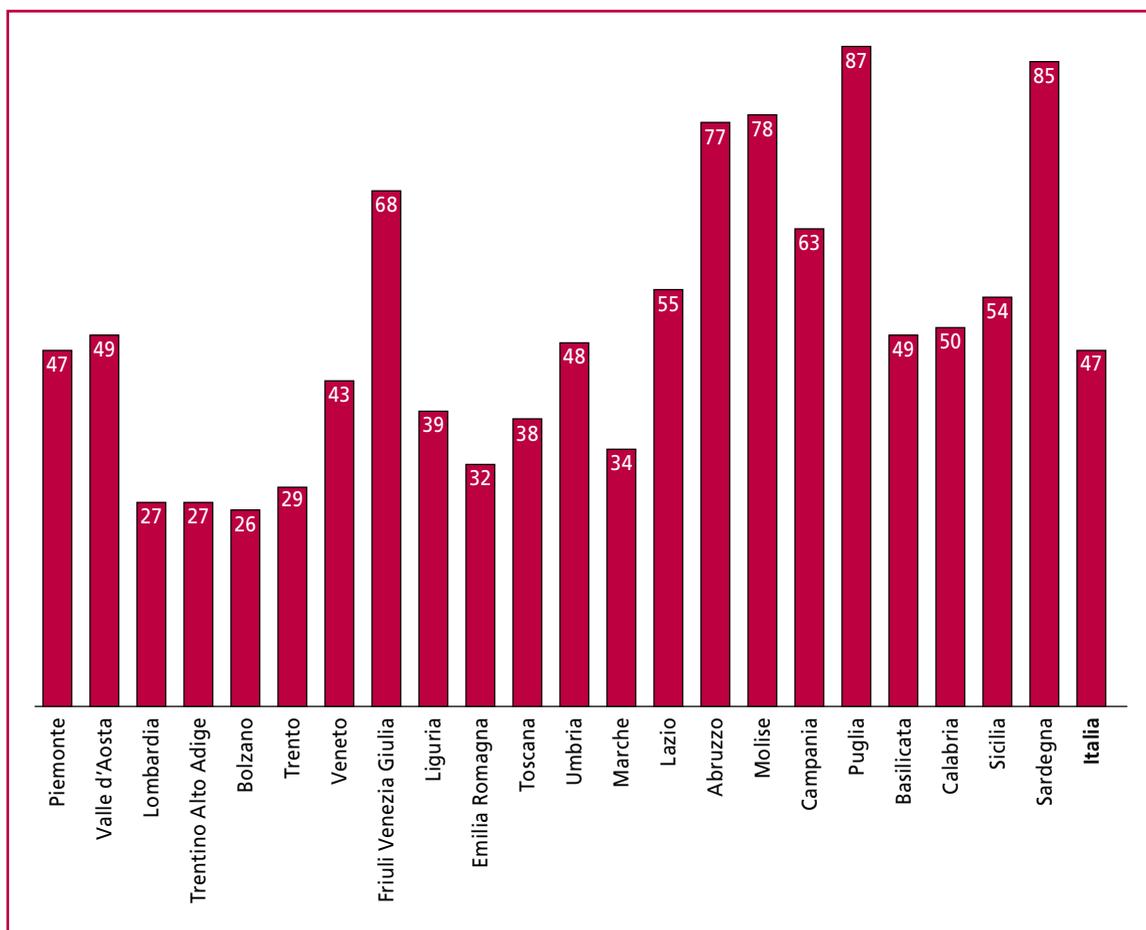
abitante per l'anno 2008, valore di poco superiore al dato medio europeo di 85 m<sup>3</sup> per abitante, riferito al periodo 1996-2007. Nel 2009 il consumo procapite di acqua per uso domestico, dato dalla media dei Comuni Capoluogo di Provincia, è pari a circa 187 litri al giorno per abitante, in calo dello 0,7% rispetto al valore del 2008.

È tuttavia da registrare l'indicatore sulle dispersione di acqua potabile in rete (*Figura*

1.3), che a livello nazionale risulta nell'ordine del 47%, con notevoli differenze sul territorio.

L'attività di informazione per i consumatori sulla qualità dell'acqua e circa il livello di protezione della salute è certamente un settore da ottimizzare, in termini di appropriatezza e tempestività, parallelamente a tutte le suddette attività, per utilizzi che risultino sempre più consapevoli e sostenibili.

**Figura 1.3.** Dispersione di rete di acqua potabile (acqua immessa su acqua erogata, valori in percentuale) per Regione (Anno 2008).



Fonte: Dati Istat.

### Bibliografia essenziale

Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31, "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano". GU n. 52 del 3 marzo 2001 – SO n. 41

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale". GU n. 88 del 14 aprile 2006 – SO n. 96

Istat. Giornata Mondiale dell'Acqua – Le statistiche

dell'ISTAT. 21 marzo 2011

Ottaviani M, Lucentini L, Bonadonna L, Ferretti E. Valutazione e gestione del rischio nella filiera delle acque destinate al consumo umano: i Water Safety Plan nella revisione della Direttiva 98/83/CE. Not Istisan 2009; 22: 3-8

World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. Third edition incorporating the first and second addenda. Volume 1 Recommendations 2008

## 1.4. Radiazioni

### 1.4.1. Radiazioni ionizzanti

**Gas radon – Esposizione dei dati.** L'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento rappresenta un fattore di rischio accertato per il tumore polmonare [gruppo 1 della IARC (*International Agency for Research on Cancer*). Le stime del rischio di detto tumore sono state basate fino a pochi anni fa sugli studi epidemiologici relativi a coorti di minatori di miniere sotterranee di uranio, caratterizzate da valori molto alti di concentrazione di radon. I risultati così ottenuti, estrapolati ai valori più bassi di concentrazione di radon riscontrabili nelle abitazioni e nei normali luoghi di lavoro, hanno costituito la base sulla quale molti Stati e Organismi Internazionali hanno emanato norme o raccomandazioni per limitare l'esposizione al radon. In Italia, il D.Lgs. 241/00, che ha recepito la Direttiva 29/96/Euratom modificando e integrando il D.Lgs. 230/95, ha introdotto la regolamentazione dell'esposizione al radon nei luoghi di lavoro.

Le incertezze connesse all'estrapolazione dei risultati degli studi epidemiologici sui minatori hanno spinto a effettuare studi epidemiologici (di tipo caso-controllo) per valutare direttamente il rischio di tumore polmonare connesso all'esposizione al radon nelle abitazioni. Dati i valori di esposizione generalmente più bassi rispetto alle miniere, è stato necessario analizzare in modo combinato i dati di molti studi per aumentarne la potenza statistica. Negli ultimi anni sono stati pubblicati i risultati delle analisi combinate di tutti i principali studi epidemiologici di tipo caso-controllo condotti in Europa (13 studi, incluso uno effettuato in Italia), nel Nord America (7 studi) e in Cina (2 studi).

Tali risultati hanno dimostrato che l'esposizione prolungata al radon nelle abitazioni aumenta in modo statisticamente significativo il rischio di tumore polmonare e che tale aumento è proporzionale al livello di esposizione. In particolare, l'analisi combinata degli studi europei ha permesso di sti-

mare che a ogni incremento di 100 Bq/m<sup>3</sup> di concentrazione di radon (media su 30 anni) corrisponde un incremento di rischio del 16% circa. Inoltre, è stata evidenziata una forte sinergia tra radon e fumo di sigaretta, tale che il rischio dovuto all'esposizione al radon è molto più alto (circa 25 volte) per i fumatori che per i non fumatori. Anche per i non fumatori, comunque, vi è un aumento di rischio significativo. Una delle principali novità di tali analisi è che il rischio aumenta in modo statisticamente significativo anche per esposizioni prolungate a concentrazioni di radon medio-basse, che non superano i 200 Bq/m<sup>3</sup>.

Sulla base di questi studi, ci sono stati notevoli cambiamenti normativi in questi ultimi due anni. In particolare, l'OMS ha emanato nel 2009 delle raccomandazioni più restrittive (proponendo un livello di riferimento di 100 Bq/m<sup>3</sup> e comunque non superiore a 300 Bq/m<sup>3</sup>), cui sono seguite analoghe raccomandazioni da parte dell'*International Commission on Radiological Protection* (con un dimezzamento del livello massimo di riferimento da 600 a 300 Bq/m<sup>3</sup>). Anche la nuova Direttiva Europea in materia di radioprotezione, in avanzata fase di messa a punto, estenderà alle abitazioni l'obbligo per i Paesi membri di regolamentazione e pianificazione per ridurre i rischi connessi all'esposizione al radon e ridurrà il livello di riferimento.

Nell'ambito delle attività del progetto CCM "Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia" (vedi paragrafo seguente), l'ISS ha stimato che i casi di morte per cancro polmonare attribuibili al radon in Italia sono circa 3.200 [intervallo di confidenza (IC) 95% 1.100-5.700] l'anno, la maggioranza dei quali tra i fumatori, a causa degli effetti sinergici di radon e fumo.

**Gas radon – Indicazioni per la programmazione.** Sulla base di questi risultati si stanno sviluppando nuovi approcci finalizzati a ridurre i rischi connessi all'esposizio-

ne al radon. Tali approcci non sono più incentrati esclusivamente sulla riduzione dei valori più elevati di concentrazione di radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro, ma considerano giustificati anche interventi (inclusi quelli normativi) finalizzati alla riduzione di concentrazioni di radon medio-basse, tenendo conto anche del rapporto costo-efficacia.

Una delle strategie d'intervento con migliore rapporto efficacia-costi consiste nell'introdurre in fase di costruzione per i nuovi edifici (e non solo per quelli situati in zone a maggiore presenza di radon) semplici accorgimenti costruttivi che riducano l'ingresso del radon e che facilitino (e rendano più efficace) la successiva installazione di sistemi attivi di riduzione della concentrazione di radon. L'adozione di tali accorgimenti in fase di cantiere ha un costo generalmente molto limitato, sostanzialmente trascurabile rispetto al costo complessivo dell'edificio, e ha solitamente un effetto positivo anche in relazione all'isolamento dall'umidità del terreno. Questa strategia, in parte già adottata da qualche anno in alcuni Paesi quali l'Irlanda, si sta ora diffondendo come uno dei sistemi con migliore rapporto efficacia-costi per ridurre il numero complessivo di effetti sanitari attribuibili al radon. Per esempio, nel maggio 2008 l'*Health Protection Agency* (UK) ha raccomandato l'estensione a tutti gli edifici di nuova costruzione del livello base di protezione (cioè la posa di una membrana impermeabile al radon), prima non richiesto nelle zone a bassa probabilità di alte concentrazioni di radon.

Una tale strategia di prevenzione è stata raccomandata a fine 2008 anche in Italia da parte dell'ISS e del sottocomitato scientifico del progetto CCM "Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia". In particolare, negli strumenti urbanistici (piani di coordinamento, PRG, regolamenti edilizi ecc.) di tutti gli Enti preposti alla pianificazione e al controllo del territorio (in particolare le Amministrazioni comunali) andrebbe introdotta la prescrizione per i nuovi edifici di adottare semplici ed

economici accorgimenti costruttivi finalizzati alla riduzione dell'ingresso di radon e a facilitare l'installazione di sistemi di rimozione del radon che si rendessero necessari successivamente alla costruzione dell'edificio. Analoghe prescrizioni dovrebbero essere adottate per quegli edifici soggetti a lavori di ristrutturazione o manutenzione straordinaria che coinvolgono in modo significativo le parti a contatto con il terreno (attacco a terra).

Per ridurre il rischio di tumore polmonare in Italia, il Ministero della Salute/CCM ha affidato all'ISS la realizzazione del Piano Nazionale Radon, predisposto nel 2002 da un'apposita commissione del Ministero della Salute con esperti di diverse Enti e Amministrazioni, nazionali e regionali. Il progetto CCM "Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia", terminato il 31 dicembre 2010, ha incluso alcune delle azioni previste dal Piano Nazionale, selezionate in modo da permettere l'avvio complessivo del piano medesimo, in particolare:

- avvio della realizzazione dell'Archivio Nazionale Radon;
- sviluppo della mappatura delle concentrazioni di radon negli edifici sia tramite alcune indagini regionali sia tramite una nuova indagine nazionale in corso;
- definizione delle Linee guida per le prossime indagini territoriali;
- prima valutazione dei rischi associati all'esposizione nelle Regioni;
- preparazione delle Linee guida sulle modalità costruttive dei nuovi edifici per ridurre in essi l'ingresso del radon.

La prosecuzione della realizzazione ed eventuale aggiornamento del Piano Nazionale Radon è comunque indispensabile al fine di realizzare l'elevato numero di azioni che concorrono alla riduzione dei rischi sanitari associati. Tale necessità è aumentata alla luce delle recenti rivalutazioni dei rischi e dei conseguenti adeguamenti delle normative internazionali, inclusa la citata imminente nuova Direttiva Euratom, che richiederà a tutti i Paesi membri l'adozione e il periodico aggiornamento di un Piano Nazionale Radon.

### 1.4.2. Radiazioni non ionizzanti

**Radiazione ultravioletta – Esposizione dei dati.** L'esposizione eccessiva alle radiazioni ultraviolette (UV) è in grado di indurre molti processi patologici a carico sia della cute (eritemi, melanomi, carcinomi spinocellulari e basaliomi, nonché invecchiamento precoce del tessuto cutaneo), sia dell'occhio (fotocheratite, cataratta). Il sole rappresenta la fonte naturale più significativa di esposizione agli UV, anche se negli ultimi anni sono andate notevolmente aumentando sorgenti artificiali di radiazione UV, come le lampade abbronzanti. La IARC ha aggiornato nel 2009 la sua precedente classificazione, che vedeva la sola radiazione solare inclusa fra i cancerogeni per l'uomo (gruppo 1), includendo nel gruppo 1 anche le radiazioni UVA, B e C in quanto tali (cioè non solo in quanto componenti della radiazione solare), così come l'esposizione alle lampade e ai lettini solari per l'abbronzatura artificiale, che precedentemente erano considerati probabili cancerogeni per l'uomo (gruppo 2A). I danni da esposizione agli UV sono documentati, anche se in misura incompleta o parziale, soltanto per le neoplasie cutanee correlate o correlabili con l'esposizione a queste radiazioni. Il numero di individui che si ammala di melanoma cutaneo è purtroppo in crescita, anche se non si può escludere una componente legata a possibile sovradiagnosi. In Italia ogni anno muoiono circa 1.500 persone a causa di questa neoplasia della cute e circa 7.000 persone ne ricevono una prima diagnosi. Fonti Istat (2005-2006) rivelano che la mortalità per melanoma aumenta circa dell'1-2% annuo e l'incidenza dello stesso aumenta circa del 10% annuo. Le stesse fonti definiscono il melanoma cutaneo il tumore con la più alta dinamica oggi conosciuta. La velocità di crescita corrisponde a quasi un raddoppio (100%) del tasso ogni dieci anni. Purtroppo non si riscontra alcuna flessione in questa tendenza alla crescita sistematica dell'incidenza del melanoma. Come nella maggior parte dei Paesi europei, le norme italiane non prevedono il rispetto di limiti di esposizione specifici.

Nell'esercizio pratico della protezione, i limiti raccomandati dall'*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) sono, di norma, i riferimenti d'obbligo. Per quanto riguarda l'esposizione professionale, si tratta di un problema sottovalutato, nonostante le attività occupazionali outdoor possano implicare esposizioni significative, soprattutto in particolari periodi dell'anno.

**Radiazione ultravioletta - Indicazioni per la programmazione.** I programmi di informazione ed educazione sanitaria già avviati dovrebbero essere integrati tenendo conto della necessità di modificare concetti radicati nella popolazione, che collegano l'esposizione al sole al benessere e l'abbronzatura alla buona salute, rendendola consapevole che l'esposizione al sole può costituire un rischio per la salute, e informare sui rischi che comporta l'utilizzo abituale delle lampade abbronzanti. Tale progetto potrebbe concretizzarsi obbligando i gestori dei "solarium", con apposita legge, a inserire in tutti i centri abbronzanti un manifesto che evidenzia i rischi connessi all'esposizione dei raggi UVA e UVB delle lampade abbronzanti e un manifesto in cui siano visibili quali tipologie di nei sono pericolose e devono essere soggette a regolare controllo specialistico.

È necessario fornire informazioni riguardanti le caratteristiche fenotipiche dei soggetti a maggiore rischio; chi presenta caratteristiche come carnagione, capelli e occhi chiari presenta infatti un'incidenza di melanoma più elevata. È altresì indispensabile informare sui tempi di una corretta esposizione solare in relazione alle proprie caratteristiche fenotipiche e sulle caratteristiche delle protezioni solari contenenti soli filtri UVB (che riducendo il rischio delle scottature favoriscono esposizioni prolungate agli UVA che potrebbero, sia pure con minore efficacia degli UVB, aumentare il rischio di tumori cutanei) in attinenza alla Raccomandazione 2006/647/CE e informare altresì che il fattore di protezione dei prodotti solari è inefficace se inferiore a 20. Si deve incrementare l'informazione rivolta

ai genitori riguardo la pericolosità di esporre alle radiazioni solari UV i bambini (0-14 anni) nelle fasce orarie 11-16. Le frequenti scottature solari, soprattutto nel periodo infantile, aumentano infatti le possibilità di sviluppare il melanoma e nei bambini è cruciale la necessità di utilizzare creme solari ad altissima protezione.

La familiarità, cioè la presenza della stessa malattia in altri membri della famiglia, è un ulteriore criterio significativo per una più adeguata prevenzione. Lo studio e l'analisi della storia clinica in ogni singola famiglia permetterebbero di definire il rischio di ricorrenza per melanoma tra i diversi membri della famiglia e l'attuazione di test genetici mirati consentirebbe l'identificazione degli individui predisposti alla comparsa di questo particolare tumore.

Sul versante della prevenzione occupazionale, è necessario che il "sistema istituzionale" di cui al Titolo I del D.Lgs. 81/2008 trasferisca ai datori di lavoro il concetto che l'esposizione alla radiazione solare deve essere considerata un rischio per i lavoratori outdoor e come tale deve rientrare nella valutazione dei rischi: vanno quindi messe in atto le misure di prevenzione disponibili per ridurre il rischio da UV, inclusa l'informazione ai lavoratori e la formazione sui comportamenti corretti per ridurre l'esposizione.

**Campi elettromagnetici – Esposizione dei dati.** Esiste una diffusa preoccupazione nel pubblico per i possibili effetti nocivi per la salute dell'esposizione a campi elettromagnetici, sia a frequenze estremamente basse (ELF, in primo luogo la frequenza di 50 Hz della rete elettrica), sia a frequenze più elevate (radiofrequenze, RF). Peraltro, lo sviluppo di nuove tecnologie e la conseguente moltiplicazione delle sorgenti pongono continuamente nel pubblico nuovi interrogativi, che richiederebbero risposte chiare e tempestive. Un possibile ruolo cancerogeno dei campi magnetici ELF è stato suggerito solo in relazione alla leucemia infantile. Per questa patologia alcuni studi epidemiologici hanno evidenziato un'associazione statisticamente significativa. Ai bambini in stu-

dio esposti a livelli di campo magnetico superiori a 0,4  $\mu\text{T}$  era associato un rischio doppio di contrarre la leucemia rispetto a quelli esposti a meno di 0,1  $\mu\text{T}$ . In contrasto con i risultati epidemiologici, la ricerca di laboratorio su animali esposti in condizioni controllate o su sistemi cellulari non ha fornito elementi a sostegno della cancerogenicità dei campi magnetici ELF, né ha permesso di individuare dei meccanismi biofisici che possano spiegare un ruolo dei campi magnetici ELF nella cancerogenesi. Nel 2001, la IARC ha classificato i campi magnetici ELF nel gruppo 2B dei possibilmente cancerogeni per l'uomo. Nel 2007, l'OMS ha pubblicato la monografia "*Extremely Low Frequency Fields*" relativa a tutte le possibili conseguenze sanitarie delle esposizioni a campi elettrici e magnetici ELF. In merito ai tumori, l'OMS ha confermato le valutazioni già espresse dalla IARC e ha concluso che per i tumori infantili diversi dalla leucemia e per i tumori negli adulti le evidenze scientifiche a favore dell'ipotesi di un'associazione con l'esposizione a campi magnetici ELF sono molto più deboli che per la leucemia infantile. Per quanto riguarda le conoscenze relative a patologie quali depressione, suicidi, malattie cardiovascolari, disfunzioni riproduttive, malattie dello sviluppo, modificazioni immunologiche, effetti neurocomportamentali e malattie neurodegenerative, l'OMS ha concluso che le evidenze scientifiche a favore di un'associazione con l'esposizione a campi magnetici ELF sono di nuovo molto più deboli che per la leucemia infantile. Volendo quantificare la dimensione dell'ipotetico rischio, se veramente i campi magnetici ELF fossero cancerogeni, su 49.000 nuovi casi di leucemia infantile stimati nel 2000 in tutto il mondo, da 100 a 2.400 casi potrebbero essere attribuibili ai campi magnetici a 50/60 Hz. Secondo stime relative alla situazione italiana, non più di 1 caso di leucemia infantile, su circa 400 che si verificano ogni anno, potrebbe essere attribuito all'esposizione ai campi magnetici generati dalle linee elettriche.

Sul versante delle RF, sulla base di vari studi epidemiologici condotti su utilizzatori di

telefoni cellulari (in particolare lo studio internazionale Interphone finanziato dalla IARC), su soggetti esposti in ambito lavorativo, o su popolazioni residenti in prossimità di impianti trasmettitori, non vi sono evidenze convincenti di incremento del rischio di tumori. Inoltre, numerosi studi condotti su animali non hanno accertato alcun ruolo dei campi a radiofrequenza nello sviluppo del cancro, né da soli né in associazione a cancerogeni noti.

Esiste infine il tema della cosiddetta ipersensibilità elettromagnetica. Esistono soggetti che presentano o lamentano sintomi soggettivi, attribuiti all'esposizione sia a ELF sia a RF, come disturbi del sonno, affaticamento, stress, formicolii sul viso, sensazione di bruciore della pelle, eruzioni cutanee, dolori muscolari, bruciore agli occhi, disordini dell'apparato digerente. Sono stati effettuati numerosi esperimenti in condizioni controllate ed è emerso chiaramente che, fatte salve poche eccezioni, questi sintomi sono reali, ma in nessun caso vi è correlazione fra la sintomatologia accusata e l'esposizione a campi elettromagnetici, ma piuttosto con la percezione che il soggetto ha della loro sussistenza o meno. Coerentemente, l'OMS, data l'assenza di specifici criteri diagnostici e di qualsiasi evidenza scientifica di una relazione causa-effetto, ha raccomandato di indicare il fenomeno non come ipersensibilità ai campi elettromagnetici, ma come intolleranza idiopatica ambientale attribuita (da chi ne soffre) ai campi elettromagnetici, inserendolo nel contesto più ampio dell'intolleranza idiopatica ambientale, una sindrome che comprende diverse condizioni come la sensibilità ad agenti chimici e la stanchezza cronica.

**Campi elettromagnetici – Indicazioni per la programmazione.** La diffusa preoccupazione sui rischi attribuiti ai campi elettromagnetici, che in alcune situazioni assume livello di vero e proprio allarme, ha contribuito a creare notevoli tensioni sociali, con importanti conseguenze politiche, economiche e sanitarie, queste ultime legate alla considerazione che l'ansia, tanto più se in-

giustificata o esagerata, costituisce un attacco alla salute. È quindi di nuovo cruciale il ruolo della comunicazione. Il Ministero della Salute, riconoscendo l'importanza di una corretta informazione e comunicazione nel settore della tutela dagli effetti sulla salute dei campi elettromagnetici, ha completato il progetto CCM "Salute e campi elettromagnetici (CAMELET)". Il progetto, di durata triennale, è stato sviluppato e ha avuto come obiettivo la creazione presso il CCM di una struttura di riconosciuta competenza per la valutazione dei dati scientifici, la stima dei rischi sanitari e la relativa comunicazione al pubblico. Tra i principali risultati figurano la raccolta e la traduzione di documenti internazionali, la predisposizione di opuscoli e fogli informativi e la realizzazione del sito web [www.iss.it/elet](http://www.iss.it/elet). Molto rimane da fare, però, in termini di campagne attive di comunicazione.

Per quanto riguarda l'intolleranza idiopatica ambientale attribuita ai campi elettromagnetici, l'OMS raccomanda ai medici di concentrarsi sul quadro clinico e non sul bisogno che la persona avverte di ridurre o eliminare i campi elettromagnetici dal luogo di lavoro o dall'abitazione. In particolare, l'OMS raccomanda una valutazione medica e psicologica al fine di identificare e curare eventuali condizioni specifiche che potrebbero essere responsabili dei sintomi e un esame dei fattori ambientali ed ergonomici che potrebbero contribuire. Alle istituzioni governative l'OMS raccomanda di fornire un'informazione mirata ed equilibrata sui potenziali rischi sanitari dei campi elettromagnetici che, tra l'altro, chiarisca nettamente la mancanza di qualunque base scientifica per un collegamento tra il manifestarsi dei sintomi e la reale esposizione ai campi elettromagnetici.

Va infine segnalato che diversi studi epidemiologici hanno concordemente indicato un significativo aumento (fino a 4) di incidenti stradali legato all'utilizzo del telefono cellulare durante la guida. Gli stessi studi non indicano differenze tra l'uso del telefono in mano e quello a mani libere (in viva voce o con l'auricolare) e numerosi ricercatori ed enti protezionistici raccomandano

di scoraggiare fortemente l'utilizzo del telefono cellulare alla guida, in qualunque condizione. L'introduzione di restrizioni nei confronti dell'uso del cellulare durante la guida in qualsiasi condizione, incluso l'utilizzo di sistemi in viva voce, porterebbe quindi un beneficio certo in termini di sanità pubblica.

### Bibliografia essenziale

International Commission on Radiological Protection. Statement on radon. ICRP Ref. 00/902/09. Novembre 2009  
Istituto Superiore di Sanità. "Buon senso al sole". <http://www.iss.it/site/sole>. Ultima consultazione: settembre 2011

World Health Organization. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Ginevra 21 settembre 2009

World Health Organization. Promemoria n. 296. Dicembre 2005. Campi Elettromagnetici e Salute Pubblica - Ipersensibilità ai Campi Elettromagnetici. [www.who.int/peh-emf/publications](http://www.who.int/peh-emf/publications). Ultima consultazione: settembre 2011

World Health Organization. Extremely Low Frequency Fields. Environmental Health Criteria Monograph No. 238. [http://www.who.int/peh-emf/publications/elf\\_ehc/en/index.html](http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/index.html). Ultima consultazione: settembre 2011

World Health Organization. Extremely Low Frequency Fields. Environmental Health Criteria Monograph No. 238. [http://www.who.int/peh-emf/publications/elf\\_ehc/en/index.html](http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/index.html). Ultima consultazione: settembre 2011

## 1.5. Rumore

### 1.5.1. Introduzione

Le fonti principali di rumore ambientale includono il traffico aereo, il traffico stradale, il traffico ferroviario, le industrie, i lavori pubblici, i lavori di edilizia e il quartiere. Le fonti principali di rumore negli ambienti interni sono i sistemi di ventilazione, le macchine da lavoro, gli elettrodomestici.

Il rumore ambientale è definito come il rumore emesso da tutte le fonti, eccetto quello emesso sul luogo di lavoro industriale.

Il rumore rappresenta un forte rischio per la salute; ciononostante, non esiste una concordanza di tipo culturale nel riconoscere il rumore come fonte di rischio e quindi come possibile causa di danni alla salute in funzione dei livelli di esposizione, alla stregua di altri inquinanti fisici ambientali, come polveri, radiazioni UV ecc.

Nell'UE, circa il 40% della popolazione è esposto a traffico stradale, che equivale a un livello di esposizione che supera i 55 dBA. Il 20% della popolazione è esposto a livelli che superano i 65 dBA.

Contrariamente ad altre polluzioni ambientali, l'esposizione al rumore tende ad aumentare.

Riguardo all'esposizione lavorativa, già nel 1986 l'UE ha regolamentato la materia con la prima Direttiva Europea sul rumore

86/188/CEE, che stabiliva valori limite di esposizione e una serie di obblighi per i datori di lavoro a essi correlati. Recentemente, con l'emanazione della seconda Direttiva Europea sul rumore 2003/10/CE, sono stati abbassati i valori limite di esposizione e sono stati ridefiniti gli obblighi dei datori di lavoro, vista la persistenza del problema a livello comunitario.

In materia di rumore ambientale, nel 1993 il Quinto Programma d'Azione per l'Ambiente della Comunità Europea affrontava per la prima volta tale problema e stabiliva una serie di azioni da realizzare entro il 2000, al fine di limitare l'esposizione al rumore dei cittadini dell'UE. Recentemente, è stata varata la prima Direttiva Comunitaria sul rumore ambientale, la "Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale". Tale Direttiva è stata recepita in Italia dal D.Lgs. 195/2005.

### 1.5.2. Presentazione dei dati

*Esposizione al rumore negli ambienti di lavoro.* Dal punto di vista degli effetti sulla salute, il rumore è ancora oggi fra le tecnologie denunciate all'INAIL con maggiore

frequenza. Da notare, inoltre, che il dato delle ipoacusie non tabellate denunciate negli ultimi anni sopravanza quello delle ipoacusie gabellate.

Per quanto riguarda gli effetti cosiddetti extrauditivi del rumore, non esistono al momento dati attendibili sull'esposizione dei lavoratori e sui relativi effetti sulla salute intesa nella sua accezione più ampia di benessere psicofisico. Tuttavia, è certo che il rumore è una delle cause maggiori di discomfort e di stress sul lavoro, in particolare in termini di ridotta efficienza, di perdita di concentrazione, di conflittualità e di aggressività nei rapporti interpersonali nel luogo di lavoro.

A dimostrazione della pericolosità del rumore anche in Europa, nel 2005 la Commissione Europea ha dedicato la settimana europea sulla salute e sicurezza nei luoghi di lavoro al rumore, sviluppando numerose iniziative di informazione e di comunicazione, volte a sensibilizzare l'opinione pubblica nei confronti di questo agente di rischio.

**Esposizione al rumore della popolazione generale.** L'inquinamento acustico è stato inizialmente trascurato in ambito comunitario, in quanto giudicato meno importante di altre problematiche ambientali, quali l'inquinamento atmosferico, l'inquinamento delle acque, la gestione dei rifiuti; tale percezione è stata certamente favorita dalla natura degli effetti dell'inquinamento da rumore, che sono poco evidenti, subdoli, non eclatanti, come invece accade per le conseguenze di altre forme di inquinamento ambientale.

L'eccessiva esposizione al rumore provoca numerosi effetti sulla salute.

Nei primi mesi del 2011 è stato pubblicato il rapporto WHO *“Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe”*.

Tale studio ha valutato il peso dei danni da rumore sulla salute come DALY's.

Il lavoro condotto da esperti del settore sottolinea come il rumore ambientale stia diventando un problema sempre più serio sia di salute pubblica sia di salute ambientale.

**Effetti del rumore sulla salute.** Importanti studi epidemiologici sottolineano come il rumore non provochi solo danni uditivi, ma anche extrauditivi di notevole portata. Per quanto riguarda le malattie cardiovascolari, sempre con maggiore evidenza emerge l'associazione tra esposizione al traffico stradale e aereo e malattia ipertensiva e cardiopatia ischemica.

In particolare, il traffico stradale ha notevole influenza sull'insorgenza di malattia ischemica, incluso l'infarto del miocardio, laddove si registra un incremento di malattia ipertensiva a causa sia del traffico stradale sia di quello aereo.

Riguardo agli effetti del traffico ferroviario sulle malattie cardiovascolari, gli studi in merito sono poco numerosi e non consentono di giungere a conclusioni attendibili.

Per la malattia ischemica cardiaca è stato quantificato un DALY's di 61.000 anni nell'Ue-15.

**Riduzione delle abilità cognitive nei bambini.** Per molti anni si è sospettato che il rumore influisse negativamente sulle abilità cognitive del bambino. Numerosi studi hanno dimostrato gli effetti sulla capacità di apprendimento e memorizzazione. L'esposizione a rumore importante durante il periodo critico dell'apprendimento scolastico può causare un effetto a lungo termine sulle abilità cognitive del bambino.

I danni da esposizione al rumore persistono anche dopo che il rumore è cessato.

**Disturbi del sonno.** I disturbi del sonno sono quelli maggiormente riferiti come complicanza dell'esposizione al rumore e che hanno il maggiore impatto sulla salute e sulla qualità della vita. Numerosi studi hanno mostrato che gli effetti del rumore sul sonno possono essere distinti in:

- immediati: insonnia, alterazione delle fasi del sonno;
- tardivi: sonnolenza diurna, deterioramento delle funzioni cognitive;
- a lungo termine: cronicizzazione dei disturbi del sonno.

L'organismo umano, anche durante il sonno, reagisce agli stimoli sonori: il rumore

ambientale continuo riduce il potere ristorativo del sonno.

Privazioni acute o croniche del sonno interferiscono con le capacità mnemoniche, sulla creatività e sulla capacità di attenzione.

**Tinnitus.** Il tinnitus è definito come la sensazione di rumore in assenza di una reale fonte di rumore esterna.

Tra i soggetti che hanno subito un trauma acustico, il 50-90% riferisce un tinnitus.

In alcuni soggetti il tinnitus causa disturbi del sonno, ansietà, depressione, disturbi di comunicazione, irritabilità, tensione, inabilità al lavoro e ridotta partecipazione alla vita sociale.

Il peso di questa patologia è stato stimato in DALY's 22.000 anni per la popolazione adulta Ue-15.

### **Annoyance ed effetti comportamentali.**

Con il termine *annoyance* si intende il fastidio causato dall'esposizione a rumore.

Il fastidio è il più studiato effetto del rumore. Il fastidio del rumore può essere considerato come un problema di salute. Normalmente è misurato tramite *survey* ed esistono curve di risposta all'esposizione internazionalmente riconosciute.

Tra gli effetti della sovraesposizione al rumore, oltre a quelli già menzionati, si identificano:

- interferenze con il comportamento sociale (comportamenti di aggressività, di protesta e di impotenza);

- modifica del discorso di comunicazione.

L'interferenza con il comportamento sociale e con le modalità di comunicazione è un segnale molto importante del disturbo che provoca il rumore.

L'eloquio parlato è normalmente intelligibile in un ambiente con rumore di fondo di circa 35 dBA e può essere compreso discretamente in un ambiente con rumore di fondo di circa 50-55 dBA. I problemi insorgono quando il rumore ambientale è uguale o maggiore di 60 dBA (ciò corrisponde al rumore da traffico che giunge dalle finestre lievemente aperte). Come menzionato in precedenza, effetti ultimi di questa esposizione sono un anomalo sviluppo delle capa-

cià linguistiche, dell'acquisizione delle capacità di lettura, sia nella prima infanzia sia nella scuola primaria. Questi effetti sono maggiori nei bambini che hanno già di base problemi di udito o che vivono in famiglia problemi nella lingua parlata (es. famiglie di migranti).

A livello europeo è stata posta particolare attenzione agli effetti del rumore sulla salute dei bambini.

Nel 2001 è stato pubblicato il documento dal titolo "*Health effects of noise on children and perception of the risk of noise*". Tale studio evidenzia come i bambini siano le prime vittime dell'esposizione a rumore e come i disturbi dell'apprendimento e del linguaggio compromettano le performance future dei bambini.

**Effetti sulle prestazioni.** Il rumore interagisce con lo svolgimento di attività, sulla produttività, sul rendimento, sull'attenzione e sull'apprendimento. L'esposizione a rumore interferisce, in particolare, con i compiti di tipo cognitivo, o che richiedono attenzione ai dettagli o a molteplici fattori. Questi effetti si riscontrano in modo particolare in alcuni contesti quali le scuole, colpendo in particolare i docenti e gli studenti. Una menzione particolare meritano i locali danzanti, oggetto di specifica attività di normazione per quanto riguarda i livelli di rumore all'interno.

I rischi da eccessiva esposizione al rumore all'interno dei locali danzanti hanno indotto il legislatore a emanare norme sia per la tutela del lavoratore sia per la tutela del frequentatore.

Per i frequentatori i limiti stabiliti dal DPCM 215/99 corrispondono a 95 dB.

I livelli massimi riscontrati all'interno dei locali oggetto dell'indagine (oltre 20 su tutto il territorio nazionale, diversi per dimensione e tipologia) sono sempre stati superiori a 106 dBA, con valori che hanno raggiunto anche i 120 dBA. La più recente indagine sul tema è stata realizzata nel 2008 dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL) e ha dimostrato come siano ampiamente superati sia i limiti di esposizione di legge dei fre-

quentatori sia quelli dei lavoratori delle discoteche.

Sebbene la normativa vigente risulti ben costruita, sul piano applicativo vi sono problemi in merito a:

- livelli sonori delle discoteche che rimangono eccessivamente elevati;
- carenza di controlli all'interno dei locali;
- mancanza di progettazione mirata delle strutture per un contenimento dell'esposizione dei frequentatori.

Si è proposto, pertanto, di effettuare una più attenta verifica preliminare in fase di autorizzazione nel controllo delle valutazioni di impatto acustico rispetto alla scelta e installazione degli impianti in relazione alla struttura dei locali stessi, prevedendo la necessità di zone di "compensazione", al fine di garantire periodi di "riposo acustico" per gli utenti e per i dipendenti, utili a mitigare gli effetti dell'esposizione a livelli sonori elevati.

Una seconda azione potrebbe essere costituita dall'obbligo per il gestore di installazione di sistemi automatici di controllo e regolazione degli impianti, tarati in maniera tale da non consentire il superamento dei limiti prefissati dotati di protezione contro le manomissioni.

Con tale soluzione, in qualsiasi momento, anche in orario diverso rispetto all'attività notturna, l'organo di vigilanza sarebbe in grado di effettuare controlli utilizzando fonometri per verificare direttamente in loco che la diffusione al massimo degli impianti non ecceda i limiti di taratura, ovvero più semplicemente di verificare l'integrità delle protezioni antimanomissioni.

Per quanto riguarda il rumore urbano, numerosi studi condotti alla fine degli anni Novanta su un campione di 10 città hanno dimostrato che durante le ore notturne il 27% della popolazione è esposto a rumore superiore ai 55 dBA, invece durante le ore diurne il 34% della popolazione è esposto a valori di rumore superiori ai 65 dBA.

In occasione della "Giornata europea: in città senza la mia auto", che si svolge il 22 settembre di ogni anno, vengono effettuati controlli a campione sull'esposizione al ru-

more nelle città. Da queste campagne di misurazione di rumore sono emersi valori, nel tessuto urbano, compresi tra 64 e 72 dBA.

### 1.5.3. Indicazioni per la programmazione

**Popolazione generale.** Nell'ambito del Piano Nazionale della Prevenzione (PNP) 2010-2012 sono previste linee di intervento in materia di prevenzione dell'ipoacusia e della sordità con la finalità di:

- individuare protocolli diagnostici per le diverse età target, per l'individuazione precoce di tali patologie secondo criteri e caratteristiche di appropriatezza;
- definire percorsi diagnostico-terapeutico-riabilitativi con particolare riguardo all'appropriatezza del ricovero o trattamento ambulatoriale della fornitura di protesi, dei controlli di follow-up.

Dai dati epidemiologici dovrebbero trarsi indicazioni per l'edilizia delle città, per esempio sulla localizzazione delle scuole o di luoghi dedicati all'infanzia.

È fondamentale che le istituzioni tengano in conto, tra i danni uditivi da rumore, gli effetti sull'apprendimento in età scolare.

Finalizzato allo studio anche dei danni extrauditivi da rumore è il progetto del CCM/Ministero della Salute affidato all'UO 1 del Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale della Regione Lazio "Impatto dell'inquinamento ambientale prodotto dagli aeroporti sulla salute dei residenti". Scopo generale del progetto è fornire metodologie e strumenti operativi per l'avvio di sistemi di sorveglianza in materia di inquinamento acustico e atmosferico e relativi effetti sui residenti nei pressi dei principali aeroporti italiani.

Al fine di ridurre il rischio di esposizione al rumore della popolazione e le relative conseguenze economiche, sanitarie e ambientali che ne derivano, andrebbero messe in atto le seguenti azioni.

- Riorganizzare le informazioni in materia di controllo dei livelli di rumore nell'ambiente, al fine di caratterizzare le diverse

sorgenti inquinanti per costruire le conoscenze sullo stato dell'ambiente.

- Stimolare le Amministrazioni a procedere, secondo quanto previsto dalla norma, in materia di classificazione acustica del territorio.
- Obbligare i soggetti interessati, sia pubblici sia privati, a programmare e attuare le azioni di risanamento previste e imposte dalle norme.
- Sviluppare programmi di informazione e sensibilizzazione della cittadinanza, sin dalle fasi della formazione scolastica, attraverso strumenti di comunicazione semplici e immediati.
- Potenziare l'attività di ricerca finalizzata all'individuazione e alla messa a punto di soluzioni mitigative/migliorative sia di

tipo tecnologico sia urbanistica, sia di pianificazione del territorio.

### Bibliografia essenziale

- ISPESL. Atti del Convegno "Acustica e ambienti scolastici – La fatica di imparare e insegnare". Roma 2008
- ISPESL. Linee guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti lavorativi. Roma 2000
- Ministero dell'Ambiente. Relazione sullo Stato dell'Ambiente. Roma 2001
- National Institute of Public Health-Denmark. Health effects of noise on children and perception of the risk of noise. Copenhagen 2001
- World Health Organization. Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe. Ginevra 2011
- World Health Organization. Guidelines for noise exposure. Ginevra 2000
- World Health Organization. Night Noise Guidelines. Ginevra 2009

## 1.6. Rifiuti

### 1.6.1. Introduzione

Il possibile impatto sulla salute degli impianti e delle tecnologie del ciclo dei rifiuti è stato oggetto di diversi studi epidemiologici nell'ultimo ventennio: eccessi di rischio di tumore e malformazioni congenite in popolazioni residenti in prossimità di tali impianti sono stati riportati da alcuni autori, ma il nesso causale non è al momento accertato.

Nel 2007, l'OMS ha pubblicato gli atti del Workshop dal titolo "*Population health and waste management: scientific data and policy options*" durante il quale è stato fatto il punto sullo stato delle conoscenze. Le conclusioni:

"... la letteratura scientifica sugli effetti sanitari delle discariche fornisce alcune indicazioni sull'associazione tra la residenza vicino a un sito di discarica ed effetti avversi sulla salute.

L'evidenza, in un certo modo più forte per gli effetti riproduttivi che per le patologie tumorali, non è sufficiente a stabilire la causalità dell'associazione. Comunque una risposta di sanità pubblica è necessaria in

considerazione dell'ampia proporzione di popolazione potenzialmente esposta e del fatto che l'evidenza disponibile suggerisce che le implicazioni sanitarie potenziali non possono essere negate.

Riguardo agli inceneritori, deve essere sottolineato che il più delle volte altri fattori di rischio concomitanti "di confondimento" (es. presenza insediamenti industriali) rendono gli studi difficili da interpretare e, come per le discariche, gli eccessi del rischio sono in generale causati da esposizioni a basse concentrazioni e a lungo termine. Diversi studi puntualizzano che un incremento di sarcomi dei tessuti molli e di linfomi non Hodgkin supporta un possibile ruolo eziologico della 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina (2,3,7,8-TCDD). L'evidenza è inadeguata per trarre delle conclusioni che siano valutabili per guidare scelte di politica corrente sull'incenerimento: esistono relativamente pochi studi di buona qualità e si riferiscono per la maggior parte a impianti di incenerimento di vecchia generazione..."

Una revisione sistematica della letteratura scientifica pubblicata successivamente for-

nisce alcuni elementi aggiuntivi di interesse. Tali elementi vengono esaminati in modo dettagliato nel paragrafo seguente.

In ultimo, è necessario ricordare come nel nostro Paese la critica situazione dei territori campani abbia portato, negli ultimi anni, a focalizzare l'attenzione sulle possibili ricadute sanitarie soprattutto del ciclo illecito dei rifiuti: tali questioni sono oggetto di approfondimento da parte del Ministero della Salute, attraverso il CCM.

### 1.6.2. Rappresentazione dei dati

La revisione sistematica effettuata da Porta et al. (2009) prende in esame l'insieme degli studi epidemiologici relativi all'impatto sanitario del ciclo dei rifiuti pubblicati dal 1983 al 2008, con l'obiettivo di mettere in relazione specifiche procedure di smaltimento dei rifiuti con specifici effetti sulla salute. Nella maggior parte dei casi considerati, tuttavia, gli studi in esame sono risultati insufficienti, sul piano della qualità, coerenza o potenza statistica, per decidere in merito alla presenza o assenza di un nesso causale ["evidenza inadeguata", come da definizione originale dell'IARC]. In nessun caso è stato raggiunto il livello di evidenza sufficiente per accertare il nesso causale. In un certo numero di situazioni è stata invece raggiunta un'"evidenza limitata", definita in accordo con la criteriologia IARC come presenza di un'associazione positiva fra l'esposizione e la malattia per la quale un'interpretazione causale è considerata credibile, ma non può essere escluso il ruolo della variabilità casuale, di distorsioni degli studi o di variabili di confondimento.

Come mostrato nella *Tabella 1.3*, per la popolazione residente entro 2 km dalle discariche c'è evidenza limitata di un incremento di rischio di malformazioni congenite e basso peso alla nascita, soprattutto nei siti dove venivano smaltiti rifiuti pericolosi. Per le popolazioni residenti in prossimità di inceneritori di vecchia generazione, c'è evidenza limitata di un accresciuto rischio di cancro, in particolare di sarcomi dei tessuti molli e linfomi non Hodgkin. Quest'ultima

ipotesi è stata ulteriormente corroborata dal recente studio di Viel et al. (2011), relativo alla popolazione residente in prossimità dell'inceneritore di rifiuti solidi urbani del comune di Besançon, in Francia, caratterizzato da elevati livelli di emissione di diossine. Lo studio ha mostrato un accresciuto rischio di linfoma non Hodgkin in relazione alla concentrazione ematica di diossine, furani e PCB.

Nella *Tabella 1.4*, per le sole associazioni valutate in termini causali come caratterizzate da evidenza limitata, vengono presentati i rischi relativi prodotti dagli studi epidemiologici oggetto della rassegna sistematica, in particolare quelli condotti in Inghilterra dalla *Small Area Health Statistics Unit* dell'*Imperial College* di Londra in relazione al rischio di malformazioni in prossimità delle discariche e al rischio di cancro in prossimità degli inceneritori. Gli incrementi osservati sono dell'ordine, rispettivamente, del 2% e del 3,5%.

In questo quadro, un aspetto di particolare rilievo è costituito dalla problematica dei rifiuti pericolosi, in passato solitamente smaltiti insieme ai rifiuti solidi urbani, successivamente oggetto di normative comunitarie e nazionali sempre più stringenti, ma anche di fenomeni diffusi di gestione impropria, abusiva, spesso palesemente illegale. Elliott et al. (2009), nello studio inglese relativo a 136.000 casi di malformazione congenita residenti in prossimità di 8.800 discariche negli anni 1983-1998, mettono in evidenza che il rischio è sostanzialmente circoscritto ai circa 600 siti in cui venivano smaltiti rifiuti pericolosi.

La diffusione nel nostro Paese dello smaltimento illegale di rifiuti pericolosi, in particolare nel territorio della Campania, ha indotto le Autorità sanitarie a studiare il fenomeno in modo approfondito.

Già nel 2004 il Dipartimento della Protezione Civile ha commissionato all'OMS un'indagine sui possibili effetti sanitari del ciclo dei rifiuti nelle Province di Napoli e Caserta.

Hanno partecipato allo studio, oltre all'Ufficio Ambiente e Salute della Regione Europea dell'OMS, i reparti Suolo e Rifiuti ed

Epidemiologia ambientale del Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria dell'ISS, il Dipartimento di Fisiologia Clinica del CNR di Pisa, l'Osservatorio Epidemiologico e l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Campania e le ASL territorialmente competenti.

L'indagine ha avuto come obiettivo l'analisi della mortalità per cause tumorali e della prevalenza alla nascita di malformazioni congenite nei 196 comuni delle Province di Napoli e Caserta e la valutazione dell'eventuale loro relazione con l'esposizione ambientale a rifiuti.

A questo fine, è stata eseguita un'analisi di regressione di Poisson tra un indicatore di esposizione ambientale a rifiuti costruito a livello comunale e 9 cause tumorali di mor-

talità e la prevalenza di 11 tipi di malformazioni congenite. L'indicatore di esposizione ambientale ai rifiuti è stato costruito in base al numero, alla tipologia e alla localizzazione delle discariche e dei siti illegali di smaltimento, così come risultano dal censimento dell'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA) 2004, e la percentuale di popolazione comunale residente nei pressi di uno o più di questi siti. Per l'analisi di correlazione, a ogni Comune è stata attribuita una classe di esposizione ambientale a rifiuti (in ordine crescente da 1 a 5) costruita con il metodo dei *natural breaks*, che minimizza la variabilità intra-classe e massimizza quella interclasse, sulla base del valore assoluto dell'indicatore di esposizione a rifiuti.

**Tabella 1.3.** Riassunto dell'evidenza epidemiologica generale sullo smaltimento dei rifiuti solidi urbani: discariche e inceneritori

Effetti sanitari	Livello di evidenza	
	Discariche	Inceneritori
Tutti i tumori	Inadeguata	Limitata
Tumore dello stomaco	Inadeguata	Limitata
Tumore del colon-retto	Inadeguata	Limitata
Tumore del fegato	Inadeguata	Limitata
Tumore della laringe	Inadeguata	Inadeguata
Tumore del polmone	Inadeguata	Limitata
Sarcoma dei tessuti molli	Inadeguata	Limitata
Tumore del rene	Inadeguata	Inadeguata
Tumore della vescica	Inadeguata	Inadeguata
Linfoma non Hodgkin	Inadeguata	Limitata
Tumori infantili	Inadeguata	Inadeguata
Malformazioni congenite totali	Limitata	Inadeguata
Difetti del tubo neurale	Limitata	Inadeguata
Difetti orofacciali congeniti	Inadeguata	Limitata
Difetti genitourinari congeniti	Limitata*	Limitata**
Difetti della parete addominale	Inadeguata	Inadeguata
Difetti gastrointestinali congeniti§	Inadeguata	Inadeguata
Basso peso alla nascita	Limitata	Inadeguata
Sintomi o malattie respiratorie	Inadeguata	Inadeguata

*"Inadeguata": gli studi disponibili sono di qualità, coerenza o potenza statistica insufficienti per inferire la presenza o l'assenza di un'associazione causale.*

*"Limitata": è stata osservata un'associazione positiva tra esposizione e malattia in base alla quale l'interpretazione causale è considerata possibile, ma eventuali bias o fattori di confondimento non possono essere esclusi.*

\* Ipospadi ed epispadi.

\*\* Displasia renale.

§ Le stime originali sono state indicate per "correzioni chirurgiche di gastroschisi e onfalocoele".

Fonte: Porta et al., 2009.

Tabella 1.4. Stime del rischio relativo per l'esposizione delle comunità a discariche e inceneritori

Effetti sanitari	Distanza dalla fonte	Rischio relativo	Livello di confidenza*
		(IC)	
<b>Discariche</b>			
Malformazioni congenite			
Tutte le malformazioni congenite	Entro 2 km	1,02 (IC 99% 1,01-1,03)	Moderato
Difetti del tubo neurale	Entro 2 km	1,06 (IC 99% 1,01-1,12)	Moderato
Ipospadi ed epispadi	Entro 2 km	1,07 (IC 99% 1,04-1,11)	Moderato
Difetti della parete addominale	Entro 2 km	1,05 (IC 99% 0,94-1,16)	Moderato
Gastroschisi e onfalocele	Entro 2 km	1,18 (IC 99% 1,03-1,34)	Moderato
Basso peso alla nascita	Entro 2 km	1,06 (IC 99% 1,052-1,062)	Alto
Peso molto basso alla nascita	Entro 2 km	1,04 (IC 99% 1,03-1,06)	Alto
<b>Inceneritori</b>			
Malformazioni congenite			
Solco facciale	Entro 10 km	1,30 (IC 99% 1,06-1,59)	Moderato
Displasia renale	Entro 10 km	1,55 (IC 99% 1,10-2,20)	Moderato
Tumori			
Tutti i tumori	Entro 3 km	1,035 (IC 95% 1,03-1,04)	Moderato
Tumore dello stomaco	Entro 3 km	1,07 (IC 95% 1,02-1,13)	Moderato
Tumore del colon-retto	Entro 3 km	1,11 (IC 95% 1,07-1,15)	Moderato
Tumore del fegato	Entro 3 km	1,29 (IC 95% 1,10-1,51)	Alto
Tumore del polmone	Entro 3 km	1,14 (IC 95% 1,11-1,17)	Moderato
Sarcoma dei tessuti molli	Entro 3 km	1,16 (IC 95% 0,96-1,41)	Alto
Linfoma non Hodgkin	Entro 3 km	1,11 (IC 95% 1,04-1,19)	Alto

Le stime originali sono state indicate per "correzioni chirurgiche di...".

\* Per il livello di confidenza è stata adottata la scala seguente: molto alto, alto, moderato, basso, molto basso. IC, intervallo di confidenza.

Fonte: Porta et al., 2009.

La classe 1, a minore esposizione, è stata presa di riferimento: il rischio relativo (RR) rappresenta, quindi, l'eccesso osservato in una specifica classe rispetto alla classe 1 e il trend esprime la variazione di rischio di una classe rispetto a quella precedente.

L'analisi ha incluso come covariata l'Indice di Deprivazione socioeconomica comunale. I risultati sono quindi al netto dell'effetto della deprivazione socioeconomica.

I risultati dell'analisi di regressione sono riportati nelle *Tabelle 1.5 e 1.6*. Rischi relativi statisticamente in eccesso nella classe a più alta esposizione rispetto alla classe 1 sono stati trovati sia negli uomini sia nelle donne per la mortalità totale (del 9% e 12%, rispettivamente) e per la mortalità per tumore

del fegato (19% negli uomini e 29% nelle donne). Trend in eccesso significativo di rischio sono stati trovati in entrambi i sessi per la mortalità generale (2%), la mortalità per tutti i tumori (1%) e per tumore del fegato (4% negli uomini e 7% nelle donne); nei soli uomini trend significativi si sono riscontrati per la mortalità per tumore di trachea-bronchi e polmoni (2%) e tumore dello stomaco (5%).

Tra le malformazioni congenite, quelle del sistema nervoso e dell'apparato urogenitale hanno fatto registrare rischi relativi in eccesso significativo dell'83% nella classe 5 vs la classe 1; un trend in eccesso significativo del 14% è stato trovato per le malformazioni dell'apparato urogenitale.

**Tabella 1.5.** Rischi relativi per i gruppi di Comuni classificati in base all'indicatore di esposizione a rifiuti (IR)

Cause di morte	Classe di IR					
	I	II	III	IV	V	Trend
<b>Uomini</b>						
Mortalità generale	1	<b>1,05</b>	<b>1,08</b>	<b>1,04</b>	<b>1,09</b>	<b>1,02</b>
Tutti i tumori	1	<b>1,04</b>	<b>1,06</b>	<b>1,05</b>	1,04	<b>1,01</b>
Tumore della trachea, bronchi e polmoni	1	<b>1,05</b>	1,06	1,06	1,07	<b>1,02</b>
Tumore del fegato e dotti biliari	1	0,91	<b>1,21</b>	1,01	<b>1,19</b>	<b>1,04</b>
Tumore dello stomaco	1	1,03	1,03	<b>1,19</b>	1,16	<b>1,05</b>
Tumore della vescica	1	1,12	0,94	1,07	0,96	0,99
Tumore del rene	1	0,97	0,99	0,85	0,83	0,96
Sarcomi dei tessuti molli	1	0,90	0,80	0,69	1,25	0,96
Linfomi non Hodgkin	1	1,09	1,25	1,07	0,96	1,01
<b>Donne</b>						
Mortalità generale	1	1,02	<b>1,08</b>	<b>1,05</b>	<b>1,12</b>	<b>1,02</b>
Tutti i tumori	1	<b>1,05</b>	1,02	1,04	<b>1,07</b>	<b>1,01</b>
Tumore della trachea, bronchi e polmoni	1	<b>1,45</b>	1,14	1,06	1,09	0,98
Tumore del fegato e dotti biliari	1	0,91	1,09	1,10	<b>1,29</b>	<b>1,07</b>
Tumore dello stomaco	1	0,92	0,94	1,02	1,17	1,03
Tumore della vescica	1	1,08	0,87	0,97	0,83	0,97
Tumore del rene	1	1,07	1,11	1,03	1,19	1,02
Sarcomi dei tessuti molli	1	1,08	1,84	1,34	1,00	1,08
Linfomi non Hodgkin	1	1,10	1,04	1,20	1,00	1,02

*In grassetto i rischi statisticamente significativi con un livello di probabilità pari al 95%.*

*Fonte: Martuzzi et al., 2009.*

### 1.6.3. Valutazione critica dei dati

La raccolta, il trasporto, il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti avvengono seguendo una molteplicità di procedure che possono determinare diverse tipologie di impatti sull'ambiente (a livello sia locale, sia sistemico) e, potenzialmente, sulla salute umana, in funzione del profilo tossicologico degli agenti chimici emessi o rilasciati, del rischio biologico, delle modalità di esposizione (inalazione, ingestione per contaminazione della catena alimentare, contatto cutaneo) e della maggiore o minore vulnerabilità delle popolazioni esposte.

Gli effetti sanitari del ciclo dei rifiuti sono attualmente oggetto di ricerca scientifica e valutazione a livello internazionale e comunitario. Benché non vi siano nessi causali accertati, è giustificata l'adozione di criteri

cautelativi nei processi decisionali relativi al ciclo dei rifiuti. Questo, come discusso nel paragrafo successivo, giustifica l'adozione di un approccio cautelativo nei processi decisionali relativi al ciclo dei rifiuti. Le principali fonti di incertezza che rendono difficoltoso l'accertamento dei nessi causali sono estesamente discusse nelle fonti bibliografiche citate nel presente Capitolo e a esse si rinvia per una trattazione esaustiva. In questa sede è comunque opportuno menzionare le più importanti, cioè quelle che riguardano: carenze nell'informazione sulla composizione dei rifiuti, sulla distribuzione territoriale e sulle caratteristiche di discariche e siti di smaltimento, sulle dimensioni esatte e sulla composizione delle popolazioni residenti nelle vicinanze di discariche e inceneritori, sui modelli di diffusione delle emissioni in atmosfera e dei rila-

**Tabella 1.6.** Rischi relativi per i gruppi di Comuni classificati in base all'indice di esposizione ambientale a rifiuti (IR)

Malformazioni congenite (MC)	Classe di IR					
	I	II	III	IV	V	Trend
MC totali	1	1,09	<b>1,14</b>	0,93	1,05	0,99
MC del sistema nervoso	1	1,22	1,45	0,97	<b>1,83</b>	1,08
Difetti del tubo neurale	1	1,09	1,22	0,90	1,45	1,02
MC cardiovascolari	1	1,04	1,16	0,83	0,86	0,95
MC palato, labbro	1	1,18	0,97	1,19	0,98	1,02
MC dell'apparato digerente	1	0,91	0,77	0,86	0,58	0,93
MC dei genitali esterni	1	1,04	1,4	0,83	0,91	0,97
Ipospadi	1	1,16	1,37	0,94	0,94	0,97
MC dell'apparato urogenitale	1	1,23	1,26	<b>1,54</b>	<b>1,83</b>	<b>1,14</b>
MC muscoloscheletriche	1	1,25	0,90	1,00	1,42	1,01
MC degli arti	1	0,92	0,99	0,90	0,89	0,98
MC cromosomiche	1	<b>1,52</b>	1,39	0,89	0,97	0,94

*In grassetto i rischi statisticamente significativi con un livello di probabilità pari al 95%.*

*Fonte: Martuzzi et al., 2009.*

sci nel suolo e sulla presenza nelle aree in esame di altre fonti di pressione ambientale. Nel paragrafo successivo saranno menzionate alcune azioni da intraprendere al fine di ridurre sotto alcuni profili questi margini di incertezza.

L'incertezza aumenta quando gli studi hanno come oggetto il ciclo illegale dei rifiuti pericolosi, in primo luogo per l'indisponibilità di fonti relative alla composizione dei rifiuti e alla datazione degli smaltimenti; il processo di stima dell'esposizione è in questi casi particolarmente complesso. Nell'indagine relativa alla Campania, inoltre, il disegno di studio geografico a livello comunale può suggerire un'ipotesi di relazione tra patologie ed esposizione, ma l'accertamento del nesso causale richiede studi di tipo analitico a livello individuale. Il confondimento da deprivazione socioeconomica, essendo stato preso in considerazione attraverso un indicatore a scala comunale, potrebbe non essere stato completamente azzerato. Così come la stima dell'esposizione costruita a livello comunale, utilizzata nell'analisi di correlazione, è un'approssimazione di quella individuale, seppure sia

riconosciuta avere un valore intrinseco negli studi su fattori che agiscono a livello di popolazione. Inoltre, l'indicatore utilizzato è stato costruito in base alle informazioni disponibili, che però non sono esaustive di tutti i siti presenti sul territorio (per quanto riguarda quelli illegali), né degli inquinanti presenti in ciascun sito e delle vie di contaminazione da essi seguite nelle diverse matrici ambientali. Tali limiti sono presenti in diverse indagini di epidemiologia ambientale in contesti di questo tipo.

D'altra parte, gli esiti studiati, mortalità per cause tumorali e prevalenza di malformazioni congenite, la prima a più lunga latenza e la seconda a latenza breve, paiono essere idonei a indagare i possibili effetti sanitari dell'esposizione a sorgenti presenti fin dai primi anni Ottanta.

Nonostante i limiti, l'insieme dei risultati delle diverse analisi avvalorava l'ipotesi di una relazione fra la mortalità per cause tumorali specifiche e la prevalenza di alcune malformazioni congenite con esposizioni ambientali legate alla presenza di siti di smaltimento incontrollato di rifiuti. La correlazione misurata, in particolare, è com-

patibile con l'osservazione di un fenomeno reale legato alla compromissione ambientale dovuta alla presenza di siti illegali di smaltimento dei rifiuti urbani e industriali.

#### 1.6.4. Indicazioni per la programmazione

I dati qui presentati avvalorano l'urgenza sul piano sanitario dell'immediata interruzione di ogni attività illegale e il ripristino della legalità nella gestione e smaltimento dei rifiuti, e della bonifica delle aree conseguentemente contaminate, in ogni zona del Paese. Il processo di transizione a un pieno rispetto della legalità in questo settore rappresenta l'unica premessa per un'efficace tutela della salute della popolazione.

In termini più complessivi, è inoltre indispensabile un approccio integrato che soddisfi le priorità identificate dalla cosiddetta gerarchia dei rifiuti, sviluppata dall'UE, che stabilisce le opzioni preferibili per lo smaltimento dei rifiuti (Direttiva 75/442/CEE del Consiglio, del 15 luglio 1975, relativa ai rifiuti). Applicando questa gerarchia, le opzioni per lo smaltimento in ordine di preferibilità decrescente sono: contenimento della produzione, riutilizzo, riciclaggio, compostaggio, incenerimento e discariche con recupero di energia, incenerimento e discariche senza recupero di energia. Le discariche incontrollate o abusive e la combustione incontrollata non rientrano nella legalità e, di conseguenza, in tale schema.

I processi decisionali relativi alle politiche nella gestione del ciclo dei rifiuti dovranno tenere conto delle indicazioni su menzionate, prevedendo una valutazione dell'impatto sanitario, in particolare per le scelte di tipo impiantistico.

Si rendono altresì necessari piani di monitoraggio ambientale sulle diverse matrici, compresa la catena alimentare, in prossimità degli impianti, per la verifica del loro corretto funzionamento per accertare che la popolazione non venga esposta a inquinanti potenzialmente dannosi per la salute, né che sia soggetta a esposizioni che, seppure non dannose, possano influenzare ne-

gativamente la qualità della vita (es. emissioni maleodoranti).

Per una valutazione del possibile impatto sanitario degli impianti, è opportuno mettere in atto indagini epidemiologiche sulle popolazioni residenti in loro prossimità, così come già in corso nella Regione Emilia Romagna (Progetto Moniter) e nella Regione Lazio (Progetto ERAS) e, a livello centrale, con gli studi del Ministero della Salute/CCM, coordinati da Regione Campania, Regione Emilia Romagna e ISS. È opportuno assicurare la validità e comparabilità dei protocolli impiegati anche promuovendo reti collaborative e condivisione di procedure di lavoro. Studi epidemiologici specificamente mirati sugli effetti a breve termine, per esempio quelli a carico della riproduzione o delle malattie respiratorie in età pediatrica, possono contribuire a evidenziare eventuali situazioni di rischio su cui intervenire tempestivamente.

Le indagini qui presentate, così come i risultati prodotti dalle attività qui raccomandate, forniscono elementi conoscitivi per un'adeguata informazione agli amministratori e alle popolazioni, per un coinvolgimento della popolazione nei processi decisionali, garantendo le istanze di trasparenza e partecipazione.

#### Bibliografia essenziale

- Elliott P, Richardson S, Abellan JJ, et al. Geographic density of landfill sites and risk of congenital anomalies in England. *Occup Environ Med* 2009; 66: 81-9
- Martuzzi M, Mitis F, Bianchi F, et al. Cancer mortality and congenital anomalies in a region of Italy with intense environmental pressure due to waste. *Occup Environ Med* 2009; 66: 725-32
- Porta D, Milani S, Lazzarino AI, et al. Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of municipal solid waste. *Environ Health* 2009; 8: 60
- Viel JF, Floret N, Deconinck E, et al. Increased risk of non-Hodgkin lymphoma and serum organochlorine concentrations among neighbors of a municipal solid waste incinerator. *Environ Int* 2011; 37: 449-53
- World Health Organization. Regional Office for Europe. Population health and waste management: scientific data and policy options. Report on WHO workshop. Rome, Italy, 29-30 March 2007. Copenhagen 2007

## 1.7. Clima

### 1.7.1. Introduzione

I mutamenti dell'atmosfera indotti da attività antropiche, quali il rilascio di gas a effetto serra e aerosol, hanno ampiamente contribuito al rapido cambiamento climatico in atto, cioè a una rapida e significativa variazione della concentrazione delle costanti meteorologiche e climatiche attese, quali per esempio temperature terrestri e del mare, precipitazioni e venti. Tale fenomeno riflette i cambiamenti dello stato medio del sistema atmosfera-oceano-superficie terrestre e influisce sulla frequenza, sul tipo e l'intensità di eventi meteorologici avversi (anomalie termiche, alluvioni, tempeste e siccità), sia a livello continentale sia su scala nazionale, con ricadute sull'ambiente, sulla salute e sui sistemi socioeconomici locali.

Gli effetti ambientali indotti dai cambiamenti climatici in atto comportano ripercussioni dirette sulla salute e nuovi rischi, biologici e chimici, con potenziali effetti a breve e lungo termine. Gli esperti individuano una serie di minacce per la salute, tra cui: l'aumento dell'impatto degli eventi estremi, come ondate di calore e inondazioni; l'aumento delle conseguenze legate alla malnutrizione; il cambiamento dei pattern delle malattie legate al cibo; il cambiamento della distribuzione delle malattie infettive e il potenziale rischio di insediamento di specie patogene tropicali e subtropicali in aree diverse da quelle abituali; l'aumento dell'impatto delle malattie legate all'acqua, soprattutto nelle popolazioni in cui l'acqua, la sanità e l'igiene personale sono già carenti e, infine, l'aumento della frequenza delle malattie respiratorie e allergiche a causa delle maggiori concentrazioni di ozono a livello del suolo nelle aree urbane e dei cambiamenti nella distribuzione dei pollini.

Gli eventi meteorologici avversi sono aumentati notevolmente negli ultimi vent'anni, non solo in termini numerici, ma anche d'intensità, sia a livello mondiale sia nella Regione Continentale Europea. Gli effetti di eventi quali ondate di calore, uragani,

alluvioni e inondazioni possono essere particolarmente devastanti quando colpiscono gruppi di popolazioni di per sé già vulnerabili come bambini, anziani, disabili, indigenti e minoranze etniche. Questi gruppi potrebbero avere bisogno di particolari attenzioni non solo nelle fasi di emergenza, ma anche nelle fasi di ricostruzione.

### 1.7.2. Rappresentazione dei dati

Lo scenario futuro che i meteorologi prospettano per il periodo che va dal 1999 al 2100 è quello di una temperatura media globale che nel nostro pianeta potrebbe aumentare sensibilmente, per cause dovute alle attività umane, con un incremento della frequenza dei fenomeni estremi.

Dalla comparazione tra le diverse Regioni Continentali risulta che la stima dei dati di mortalità, correlata alle temperature estreme (periodo 1986-2006), è indicativa di un carico europeo del 35% di decessi attribuibili al freddo e di circa il 90% di quelli attribuibili agli innalzamenti termici intensi e protratti. Aumento della temperatura, alterazioni del ciclo dell'acqua, alternanza di siccità e piogge intense e alterazioni della biodiversità che accompagnano i cambiamenti climatici influenzeranno l'insorgenza e la distribuzione di malattie infettive emergenti e riemergenti, veicolate da acqua e cibo contaminati o da vettori. In Europa, l'aumento osservato dei casi di malattie infettive clima-sensibili da vettori (*Tick borne encefalitis*; febbre del Nilo Occidentale, Chikungunja, Leishmania) e da contaminazione di alimenti (salmonellosi) e acqua (*Cryptosporidium*) ha sollecitato il Centro Europeo per il Controllo delle malattie infettive (European CDC) ad avviare programmi di collaborazione con l'Agenzia Ambientale Europea, il *Joint Research Centre* (JRC) della Commissione Europea e con l'OMS per facilitare la creazione di una strategia integrata di mitigazione e controllo e di adattamento a tali rischi emergenti.

Le anomalie termiche, intese come aumento delle notti tropicali e dei giorni estivi e diminuzione dei giorni di gelo, sono divenute un fenomeno crescente negli ultimi vent'anni anche in Italia. Esse incidono sull'aumento della durata delle stagioni polliniche, nonché sulla tipologia e distribuzione geografica dei pollini e si attende per il futuro un ulteriore aumento dell'incidenza e della prevalenza di malattie respiratorie e allergiche, a causa dell'associazione di altri fattori ambientali clima-correlati, quali l'aumento dell'ozono e dell'intensità dei venti nelle aree urbane.

Studi epidemiologici condotti a livello europeo e in Italia hanno evidenziato che le ondate di calore hanno un impatto significativo sulla salute della popolazione residente nelle aree urbane. L'effetto delle alte temperature sulla mortalità è relativamente immediato, con una latenza solitamente di 1-3 giorni tra il verificarsi di un rapido innalzamento della temperatura e un successivo aumento del numero di decessi. Durante le ondate di calore è stato osservato che le popolazioni urbane non vengono colpite in maniera omogenea: i sottogruppi della popolazione a maggiore rischio sono le persone over 65, in particolare 75-84 anni di età e 84+ con alcune malattie croniche, quelle che vivono in condizioni di isolamento sociale e residenti in aree di basso livello socioeconomico. Tra questa popolazione, l'aumento dei decessi si verifica principalmente per cause respiratorie e cardiovascolari, ma anche per cause che non hanno una diretta relazione con la temperatura, in persone debilitate, le cui condizioni di salute subiscono un rapido peggioramento a causa di intensi e prolungati incrementi di temperatura. È stato inoltre evidenziato che le prime ondate di calore nel corso della stagione estiva producono il maggiore numero di decessi. Queste osservazioni dovrebbero indurre le istituzioni sanitarie e sociali locali a una pianificazione estremamente precoce degli interventi di prevenzione.

Dopo la terribile esperienza dell'estate 2003, in Italia sono operativi a livello nazionale due progetti per la sorveglianza e prevenzione, finanziati dal Dipartimento

della Protezione Civile e dal Ministero della Salute/CCM. Entrambi i progetti sono coordinati dal Dipartimento di Epidemiologia dell'ASL/RME, individuato come Centro di Competenza Nazionale (CCN) del DPC, ai sensi della Direttiva del Consiglio dei Ministri del 27 febbraio 2004.

- Il progetto del DPC, denominato "Sistema Nazionale di Sorveglianza, previsione e allarme per la prevenzione degli effetti delle ondate di calore sulla salute della popolazione", attivato fin dal 2004, consente di individuare, per ogni specifica area urbana, le condizioni meteo-climatiche che possono avere un impatto significativo sulla salute dei sottogruppi a rischio elevato. Sulla base di questi modelli vengono elaborati dei bollettini giornalieri specifici per ogni città (27 città), con i quali sono comunicati i possibili effetti sulla salute delle condizioni meteorologiche previste a 24, 48 e 72 ore. I bollettini sono inviati al DPC, al Ministero della Salute e ai centri di riferimento locali individuati dalle Amministrazioni competenti, per l'attivazione, in caso di emergenza, di piani di intervento a favore della popolazione a rischio.

- Il Progetto del Ministero/CCM, denominato "Piano operativo nazionale per la prevenzione degli effetti del caldo sulla salute", attivato a partire dal 2006, si integra con il progetto del DPC, con il quale ha in comune l'obiettivo di fornire supporto tecnico alle Autorità locali per l'attivazione dei sistemi di previsione/allarme e dei sistemi rapidi per la rilevazione della mortalità estiva. In aggiunta, il progetto del Ministero prevede anche il supporto tecnico per lo sviluppo di specifiche attività di prevenzione, come: la definizione delle liste dei suscettibili (Anagrafe suscettibilità), di piani operativi locali per la prevenzione e gestione delle condizioni di rischio climatico e la valutazione dell'efficacia degli interventi messi in campo localmente.

Nell'estate 2010, fra le 34 città incluse nel piano operativo nazionale, 27 hanno attivato, tra il 15 maggio e il 15 settembre, un sistema di allarme HHWW: Bolzano, Tori-

no, Milano, Brescia, Verona, Venezia, Trieste, Genova, Bologna, Firenze, Ancona, Perugia, Viterbo, Rieti, Civitavecchia, Roma, Frosinone, Latina, Pescara, Campobasso, Napoli, Cagliari, Bari, Reggio Calabria, Messina, Palermo, Catania. Tutti i giorni della settimana, esclusa la domenica, sono stati elaborati i dati relativi alle 27 città e prodotti i bollettini con il livello di rischio per la salute previsto per le 72 ore successive. I bollettini sono stati inviati al Ministero della Salute, al Dipartimento della Protezione Civile e ai centri di riferimento della città per l'attivazione della rete informativa nazionale e locale. Inoltre, tutte le città dove sono stati attivati i Sistemi di Allarme sono state dotate di un sistema rapido di rilevazione della mortalità. Il sistema, con la collaborazione degli Uffici di Stato Civile dei Comuni, consente di disporre dei dati di mortalità relativi alla popolazione residente di età maggiore o uguale a 65 anni, entro le 72 ore successive al decesso. Il sistema, nato con l'obiettivo di disporre di uno strumento per la sorveglianza degli eventi associati alle ondate di calore, consente di identificare eccessi di mortalità giornaliera e di correlarli con specifici fattori di esposizione ambientale.

Nella **Tabella 1.7** sono sintetizzate le principali attività di prevenzione sviluppate

nell'estate 2010 nelle 34 città italiane coinvolte nel progetto CCM/Protezione Civile.

### 1.7.3. Esposizione e valutazione critica dei dati

I cambiamenti climatici in atto investono un ampio spettro di aspetti strettamente connessi alla sanità pubblica: gli effetti diretti degli eventi estremi, l'effetto del riscaldamento globale sui trend stagionali delle principali cause di malattia e mortalità (specialmente nei gruppi vulnerabili), le esposizioni ambientali nei vari comparti ambientali (impatto del riscaldamento globale sull'inquinamento di aria, acque e suolo); gli effetti sul ciclo dell'acqua, sulle precipitazioni e valutazione delle risorse idriche disponibili (per usi igienici, irrigui e potabili), nonché l'effetto del riscaldamento globale sui processi di trasporto di virus e batteri (*vector borne diseases*) e stima dell'incidenza di queste malattie.

Le proiezioni climatiche future per l'area mediterranea indicano che il cambiamento climatico a lungo termine avrà importanti effetti sulla produzione di cibo, sulla disponibilità di acqua, di pozzi sicuri, sui livelli di temperatura ambiente. In particolare, ci si aspetta che aumenti l'incidenza delle malat-

**Tabella 1.7.** Attività di prevenzione per gli effetti del caldo sulla salute in 34 città italiane: estate 2010

Attività	N. città	Descrizione
Anagrafe dei soggetti suscettibili	25	Identificazione dei soggetti suscettibili sulla base dei sistemi informativi correnti o tramite segnalazione da MMG o operatori sociali
Piano di prevenzione	28	Definizione delle attività di prevenzione e dei servizi coinvolti
Campagna informativa	32	Opuscoli informativi distribuiti in luoghi pubblici, presidi sanitari, studi MMG. Avvisi durante le ondate di calore
Attività di formazione per operatori sociali e sanitari	25	Incontri di formazione, seminari/workshop, diffusione di Linee guida
Attivazione di protocolli di emergenza	18	Es. dimissioni protette, potenziamento posti letto e del personale, in ospedali e strutture per anziani
Sorveglianza sanitaria dei soggetti a rischio	14	Contatti telefonici/visite domiciliari da parte dei MMG o altri operatori sanitari
Servizi di supporto sociale	31	Es. visite domiciliari, trasporto di farmaci a domicilio, da parte di operatori sociali o volontari

MMG, medico di medicina generale.

Fonte: Ministero della Salute/CCM – 2010.

tie veicolate sia dall'acqua sia dagli alimenti. Casi di malattie veicolate dagli alimenti potranno essere associati a eventi meteorologici estremi, poiché pioggia e inondazioni sono in grado di favorire la disseminazione di patogeni. Gli esperti concordano sul fatto che l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi meteorologici estremi influenzerà la salute dell'uomo e, se associati agli altri recenti processi di cambiamento ambientale globale (urbanizzazione, diminuzione dell'ozono stratosferico, perdita della biodiversità, degradazione dei suoli, diminuzione degli approvvigionamenti di acqua potabile), i potenziali effetti sulla salute saranno ancora più gravi. Le popolazioni più a rischio sono quelle che vivono nelle grandi città, più esposte all'inquinamento, e quelle che vivono nelle aree montuose o costiere, ad alto rischio idrogeologico. Poveri, bambini, anziani e malati, sono le categorie più a rischio rispetto al resto della popolazione. La conoscenza del cambiamento climatico globale, ovvero lo studio e la predittività dei fenomeni climatici e meteorologici, costituisce una sfida scientifica importante e complessa, ma altrettanto importante e complessa è la risposta istituzionale, a livello sia globale sia nazionale. Essa si basa su politiche di mitigazione, tese alla riduzione delle emissioni (che devono confrontarsi con la domanda sociale di energia, trasporto e sviluppo tecnologico) e su politiche e strategie (nazionali/regionali) di adattamento. Queste ultime, che riguardano direttamente anche l'istituzione sanitaria, sono finalizzate a limitare gli impatti dei cambiamenti climatici e investono le capacità tecniche e gestionali dei sistemi di sorveglianza, di prevenzione e risposta alle emergenze. Il primo passo per realizzare un'efficace politica di adattamento è rappresentato dallo studio, dalla comprensione e dalla valutazione delle vulnerabilità ambientali, territoriali, socio-sanitarie e produttive. Dal momento che le esperienze di questi ultimi anni hanno dimostrato che un bilancio reale dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla salute deve tenere conto degli impatti sia negativi sia positivi per la comunità (es. il bilancio fra i morti in meno da basse temperature e i mor-

ti in più da ondate di calore) e delle variabilità esistenti fra una Regione e l'altra e nella stessa Regione tra una città e l'altra, le valutazioni di impatto sulla salute devono analizzare il contributo dei diversi fattori implicati: le condizioni socioambientali, l'educazione, i servizi, la prevenzione e lo sviluppo economico, dai quali dipende il potenziale di adattamento della comunità e dei suoi gruppi e/o il loro grado di vulnerabilità.

#### 1.7.4. Indicazioni per la programmazione

Anche se le concentrazioni di gas serra si stabilizzassero, il riscaldamento antropogenico e l'innalzamento del livello del mare continuerebbero per centinaia di anni a causa delle scale di tempo associate ai processi climatici e ai feedback.

Le strategie di adattamento, quindi, sono più che urgenti e devono basarsi su indagini e scelte locali.

Con il documento *“Protecting health in an environment challenged by climate change”*, presentato in occasione della 5ª Conferenza interministeriale Ambiente e Salute (Parma, marzo 2010), l'Ufficio Europeo dell'OMS indica quali obiettivi prioritari per un'efficace strategia di adattamento l'identificare i nuovi rischi per la salute e migliorare la performance dei servizi sanitari che devono essere in grado di garantire: salubrità e sicurezza dell'acqua e degli alimenti, sorveglianza e risposta a malattie infettive, controllo dei vettori e preparazione per prevenire e affrontare le conseguenze di eventi estremi o disastri naturali; formare medici e operatori sanitari su problematiche sanitarie emergenti correlate al clima (es. trasmissione di nuovi pattern di malattie infettive, effetti sulla salute da ondate di calore, individuazione dei gruppi vulnerabili della popolazione ecc.); rafforzare la sorveglianza e promuovere la diffusione di sistemi di previsione/allarme (*early warning*); facilitare la diffusione rapida di informazioni ai *decision-makers*, al pubblico, ad altri *stakeholders*; sostenere la ricerca e studi epidemiologici per definire sistemi integrati di valutazione degli impatti e specifici indicatori (climatici, ambientali e di salute).

Per approfondire l'analisi dell'impatto complessivo del cambiamento climatico, avvenuto in questi ultimi decenni, è opportuno creare gruppi di studio intersettoriali e multidisciplinari (settori sanità, ambiente, energia, trasporto, industria e agricoltura) e collaborare con i climatologi e i progettisti urbani, per preparare le comunità e le città ad affrontare le crescenti minacce del clima che cambia.

La XVI sessione della Conferenza delle Parti della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici e la VI sessione della Conferenza delle Parti del Protocollo di Kyoto si sono concluse con gli "Accordi di Cancun" (Messico, 2010). L'esito principale di questi importanti eventi è consistito nell'adozione di un pacchetto bilanciato di decisioni che includono: il riconoscimento ufficiale nel processo multilaterale degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra dei Paesi industrializzati (promessi con l'Accordo di Copenaghen), accompagnato dal rafforzamento del *reporting* da parte di questi Paesi e la richiesta di valutare ed elaborare relativi piani e strategie di sviluppo a basse emissioni di carbonio, anche attraverso meccanismi di mercato; l'istituzione di un registro per documentare e confrontare tali azioni con il supporto finanziario, tecnologico e di *capacity-building* fornito dai Paesi industrializzati; il rafforzamento dei

meccanismi di sviluppo pulito (*Clean Development Mechanisms*, CDM) nell'ambito del Protocollo; il lancio di una serie di iniziative istituzionali a sostegno dei Paesi più vulnerabili; la creazione del "*Green Climate Fund*" e il lancio di un processo per definirlo nell'ambito della Convenzione; l'istituzione di un quadro d'azione per l'adattamento ("*Cancun Adaptation Framework*") e di un programma di lavoro sulla questione delle perdite e dei danni dovuti ai cambiamenti climatici ("*loss and damage*").

I sistemi sanitari devono contribuire alla realizzazione delle politiche di mitigazione esercitando il loro ruolo di *advocacy* per la riduzione delle emissioni inquinanti e promuovendo la salute in tutte le politiche (energia, trasporti, edilizia).

### Bibliografia essenziale

- Commissione Europea. L'adattamento ai cambiamenti climatici in Europa – quali possibilità di intervento per l'UE - COM(2007) 354 definitivo
- European CDC. "Meeting Report, Environmental change and infectious disease Stockholm". 29-30 marzo 2007
- Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010. Part One: Proceedings
- World Health Organization. Regional Office For Europe Protecting health in an environment challenged by climate change: European Regional Framework for Action". 2010 (EUR/55934/6).
- World Health Organization. Sixty-First World Health Assembly WHA61.19, maggio 2008

## 1.8. Siti Bonifica Interesse Nazionale – SIN

### 1.8.1. Introduzione

La presenza dei siti contaminati è rilevante e documentata in Europa e in Italia. Negli Stati membri della *European Environment Agency* (EEA) i siti da bonificare sono circa 250.000; migliaia di questi siti sono localizzati in Italia (DM 486/2001 e Decreti successivi), dove 57 di essi sono definiti di "interesse nazionale per le bonifiche" (SIN) sulla base dell'entità della contaminazione ambientale, del rischio sanitario e dell'allar-

me sociale (DM 471/1999). I 57 siti del "Programma nazionale di bonifica" comprendono aree industriali dismesse, aree industriali in corso di riconversione, aree industriali in attività, aree che sono state oggetto in passato di incidenti con rilascio di inquinanti chimici e aree oggetto di smaltimento incontrollato di rifiuti anche pericolosi. In tali siti l'esposizione alle sostanze contaminanti può venire da esposizione professionale, emissioni industriali e solo in ultimo da suoli e falde contaminate.

A livello internazionale non sono stati condotti studi che con un'unica metodologia standardizzata abbiano esaminato la mortalità di residenti in tutti i siti inquinati di un Paese, mentre in Italia l'impatto sulla salute dei siti inquinati è stato oggetto di indagini epidemiologiche di tipo geografico nelle aree a rischio del territorio nazionale e di singole Regioni quali la Sardegna. In Italia, oltre a studi epidemiologici è stata svolta una riflessione metodologica sul tema dello stato di salute delle popolazioni residenti nei siti inquinati.

L'interesse scientifico e istituzionale al tema suddetto è testimoniato dal finanziamento, nell'Ambito del Programma Strategico Ambiente e Salute (Ministero della Salute – Ricerca Finalizzata 2006 ex art. 12 D.Lgs. 502/1992) del Progetto SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento). Il Progetto, iniziato nel 2007, comprende l'analisi della mortalità dei residenti in 44 dei 57 SIN (quelli per i quali l'analisi della mortalità a livello comunale è stata valutata appropriata). Tale analisi è accompagnata da una serie di commenti e da alcune indicazioni operative sul proseguimento della caratterizzazione epidemiologica di queste aree. Parte integrante del Progetto è la valutazione dell'evidenza epidemiologica dell'associazione causale tra specifiche cause di morte ed esposizioni ambientali pubblicata nel 2010.

L'analisi della mortalità nei 44 SIN è stata condotta per 63 cause singole o gruppi di cause relativamente al periodo 1995-2002. Gli indicatori di mortalità utilizzati sono il tasso grezzo, il tasso standardizzato, il rapporto standardizzato di mortalità (SMR) e il rapporto standardizzato di mortalità corretto per un indice di deprivazione socio-economica (SMR ID). Gli intervalli di confidenza dei rapporti standardizzati di mortalità sono stati calcolati al 90%. La standardizzazione per età si basa su una classificazione per classi quinquennali. La popolazione italiana al 2001 è stata utilizzata come riferimento per il calcolo dei tassi tramite standardizzazione diretta, mentre per la stima degli SMR i casi attesi sono stati calco-

lati sulla base dei tassi delle Regioni di appartenenza di ogni SIN.

### 1.8.2. Rappresentazione dei dati

La *Figura 1.4* mostra, per uomini e donne, per tutte le cause, i tassi di mortalità per i 44 SIN, per le rispettive Regioni di appartenenza e per l'Italia.

Le *Tabelle 1.8, 1.9 e 1.10* mostrano, a titolo esemplificativo, i risultati della mortalità per il sito di Taranto. La mortalità è espressa in termini di SMR per uomini, donne e totale, per le cause con un minimo di 3 osservati; quest'ultimo criterio è legato all'attuale legislazione in tema di privacy.

### 1.8.3. Esposizione e valutazione critica dei dati

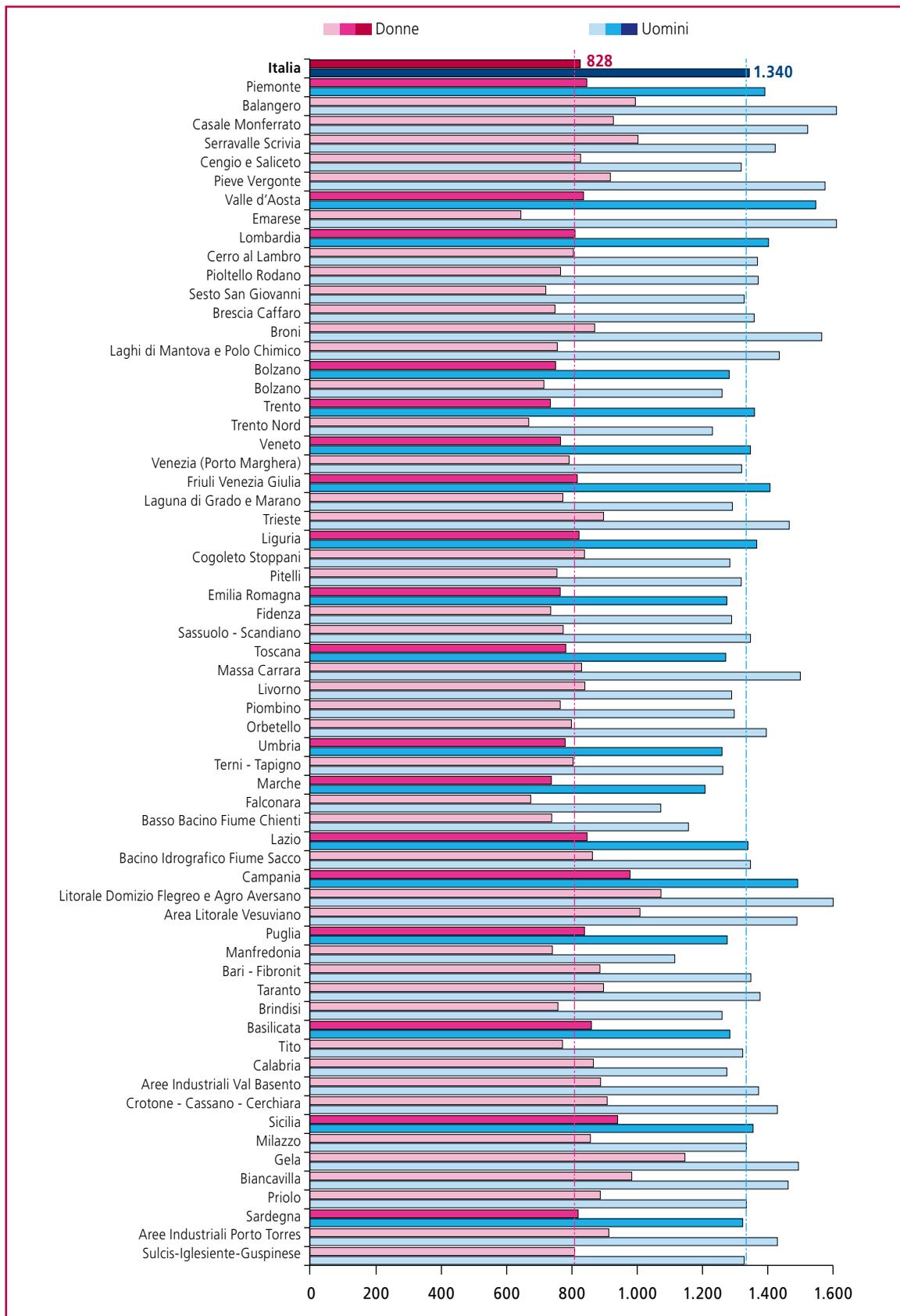
Il Progetto SENTIERI ha indagato circa 400.000 decessi relativi a una popolazione complessiva di circa cinque milioni e mezzo di abitanti. Vi è grande variabilità fra i siti in esame per dimensioni della popolazione, caratteristiche della contaminazione ambientale, presenza di specifici poli produttivi e altre fonti di pressione ambientale, stato di avanzamento degli interventi di bonifica e risanamento industriale.

Anche il quadro di mortalità è diversificato. La mortalità osservata per tutte le cause negli uomini e nelle donne supera quella media della Regione di appartenenza, rispettivamente in 22 e in 24 siti (vedi *Tabella 1.8*).

La persuasività scientifica dei nessi causali intercorrenti fra le esposizioni ambientali e le cause di morte considerate nel Progetto SENTIERI è stata valutata come sufficiente per quanto attiene l'insorgenza del mesotelioma pleurico nei siti contaminati con amianto e come limitata o inadeguata per le altre associazioni prese in esame.

La presenza di amianto (o di altre fibre asbestiformi nel caso di Biancavilla, sito contaminato da fibre di fluoro-edenite) è stata la motivazione esclusiva per il riconoscimento di sei SIN (Balangero, Emarese, Casale Monferrato, Broni, Bari-Fibronit e Bianca-

**Figura 1.4. SENTIERI. Tutte le cause, 1995-2002. Tassi di mortalità (per 100.000 abitanti) – Italia 2001; tassi regionali e dei SIN standardizzati sulla popolazione italiana 2001.**



**Tabella 1.8. Sito: TARANTO. Territorio: Area di analisi (Anni 1995-2002, tassi per 100.000 abitanti – STD Italia 2001, SMR rif Regione). Uomini**

<b>Causa</b>	<b>OSS</b>	<b>SMR (IC 90)</b>	<b>SMR ID (IC 90)</b>
MORTALITÀ GENERALE	7.585	109 (107-111)	107 (105-109)
Malattie infettive e parassitarie	52	117 (91-147)	113 (88-142)
Tubercolosi	10	127 (69-215)	126 (68-214)
Epatite virale	18	88 (57-131)	84 (54-124)
Tutti i tumori	2.529	115 (112-119)	113 (109-116)
Tumore dell'esofago	29	139 (99-189)	112 (80-153)
Tumore dello stomaco	96	83 (69-98)	93 (78-110)
Tumore del colon-retto	141	86 (74-99)	88 (76-101)
Tumore primitivo del fegato e dei dotti biliari intraepatici	141	120 (104-139)	132 (114-152)
Tumore del pancreas	75	94 (77-114)	93 (76-112)
Tumore della laringe	46	109 (84-139)	99 (76-126)
Tumore della trachea, dei bronchi e del polmone	840	130 (122-137)	119 (112-126)
Tumore della pleura	83	521 (430-625)	293 (242-352)
Tumore del connettivo e di altri tessuti molli	12	157 (91-255)	141 (81-228)
Melanoma della pelle	18	102 (66-151)	118 (76-175)
Tumore della prostata	193	106 (94-120)	102 (90-115)
Tumore della vescica	135	112 (97-129)	113 (98-131)
Tumore del rene e di altri non specificati organi urinari	44	122 (94-157)	125 (96-161)
Tumore del sistema nervoso centrale	52	107 (84-135)	103 (81-130)
Linfoematopoietico totale	171	101 (89-115)	98 (86-111)
Linfomi non Hodgkin	58	105 (83-130)	98 (78-122)
Malattia di Hodgkin	5	80 (32-169)	74 (29-156)
Mieloma multiplo e tumori immunoproliferativi	36	117 (87-154)	102 (76-135)
Leucemie	72	95 (77-115)	98 (80-120)
Leucemia linfoide (acuta e cronica)	19	93 (61-137)	92 (60-135)
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	27	89 (63-122)	96 (68-133)
Diabete mellito	196	92 (81-103)	95 (84-108)
Demenze	105	115 (97-136)	122 (103-144)
Morbo di Parkinson	36	100 (75-133)	108 (80-143)
Malattia dei neuroni motori	9	70 (36-122)	69 (36-120)
Sclerosi multipla	6	182 (79-360)	142 (62-281)
Epilessia	10	174 (94-295)	135 (73-228)
Malattie del sistema circolatorio	2.654	105 (102-108)	103 (99-106)
Malattia ipertensiva	307	112 (102-123)	106 (96-117)
Malattie ischemiche del cuore	1.032	123 (117-129)	112 (107-118)
Infarto miocardico acuto	541	115 (107-123)	104 (97-112)
Disturbi circolatori dell'encefalo	518	82 (76-88)	85 (79-91)
Malattie apparato respiratorio	666	107 (100-114)	107 (100-114)
Malattie respiratorie acute	125	156 (134-181)	149 (127-173)
Malattie polmonari croniche	388	96 (88-105)	97 (89-105)
Asma	9	41 (22-72)	42 (22-73)
Malattie dell'apparato digerente	442	114 (105-123)	114 (106-124)
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	266	108 (97-120)	111 (100-123)
Malattie dell'apparato genitourinario	101	92 (78-109)	97 (82-115)
Nefrosi	4	119 (41-273)	105 (36-240)
Insufficienza renale acuta e cronica	49	81 (63-103)	97 (76-123)
Malformazioni congenite	32	115 (84-154)	114 (83-154)
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	23	43 (30-61)	51 (35-72)
Traumatismi e avvelenamenti	408	96 (88-104)	93 (86-101)

IC, intervallo di confidenza; OSS, mortalità osservata; SMR, rapporto standardizzato di mortalità.

**Tabella 1.9. Sito: TARANTO. Territorio: Area di analisi (Anni 1995-2002, tassi per 100.000 abitanti – STD Italia 2001, SMR rif Regione). Donne**

<b>Causa</b>	<b>OSS</b>	<b>SMR (IC 90)</b>	<b>SMR ID (IC 90)</b>
MORTALITÀ GENERALE	7.104	107 (105-109)	107 (105-109)
Malattie infettive e parassitarie	79	192 (158-232)	159 (131-192)
Tubercolosi	4	91 (31-208)	92 (32-212)
Epatite virale	26	169 (118-234)	137 (96-190)
Tutti i tumori	1.716	113 (108-117)	112 (108-117)
Tumore dell'esofago	10	164 (89-278)	138 (75-234)
Tumore dello stomaco	84	101 (83-121)	106 (88-127)
Tumore del colon-retto	138	85 (73-98)	88 (76-102)
Tumore primitivo del fegato e dei dotti biliari intraepatici	71	142 (115-173)	156 (127-190)
Tumore del pancreas	108	141 (119-166)	128 (108-151)
Tumore della trachea, dei bronchi e del polmone	121	135 (115-157)	130 (111-151)
Tumore della pleura	14	242 (147-379)	190 (115-297)
Tumore del connettivo e di altri tessuti molli	5	73 (29-153)	67 (27-142)
Melanoma della pelle	12	79 (45-127)	80 (46-130)
Tumore della mammella	319	115 (105-126)	114 (104-125)
Tumore dell'utero	104	124 (104-146)	126 (106-148)
Tumore dell'ovaio e degli altri annessi uterini	66	98 (79-121)	96 (78-118)
Tumore della vescica	25	105 (73-147)	108 (75-151)
Tumore del rene e di altri non specificati organi urinari	16	85 (53-129)	83 (52-126)
Tumore del sistema nervoso centrale	60	136 (108-168)	121 (96-150)
Linfoematopoietico totale	161	107 (94-122)	106 (92-121)
Linfomi non Hodgkin	64	130 (105-161)	135 (108-166)
Malattia di Hodgkin	3	67 (18-172)	61 (17-158)
Mieloma multiplo e tumori immunoproliferativi	37	117 (87-154)	110 (82-145)
Leucemie	57	88 (69-109)	86 (68-107)
Leucemia linfoide (acuta e cronica)	16	94 (59-143)	86 (54-131)
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	19	73 (48-107)	77 (51-113)
Diabete mellito	346	88 (80-96)	88 (81-97)
Demenze	176	118 (104-134)	128 (112-145)
Morbo di Parkinson	42	125 (95-162)	134 (102-173)
Malattia dei neuroni motori	8	65 (32-117)	53 (26-95)
Sclerosi multipla	5	135 (53-283)	115 (45-241)
Epilessia	3	61 (17-158)	85 (23-220)
Malattie del sistema circolatorio	3.118	101 (98-104)	100 (97-103)
Malattia ipertensiva	544	109 (101-117)	103 (96-111)
Malattie ischemiche del cuore	904	122 (116-129)	109 (103-115)
Infarto miocardico acuto	377	115 (106-126)	101 (92-110)
Disturbi circolatori dell'encefalo	704	81 (76-86)	86 (80-91)
Malattie apparato respiratorio	406	113 (104-123)	111 (102-120)
Malattie respiratorie acute	135	145 (125-167)	138 (119-159)
Malattie polmonari croniche	151	92 (80-105)	92 (80-105)
Asma	11	73 (41-121)	68 (38-113)
Malattie dell'apparato digerente	472	142 (132-153)	141 (131-153)
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	241	136 (122-151)	143 (128-160)
Malattie dell'apparato genitourinario	107	89 (75-104)	91 (77-108)
Nefrosi	4	96 (33-219)	106 (36-243)
Insufficienza renale acuta e cronica	66	95 (76-116)	98 (79-120)
Malformazioni congenite	27	115 (81-158)	121 (85-167)
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	34	44 (33-59)	52 (39-70)
Traumatismi e avvelenamenti	301	116 (105-127)	114 (103-125)

IC, intervallo di confidenza; OSS, mortalità osservata; SMR, rapporto standardizzato di mortalità.

**Tabella 1.10. Sito: TARANTO. Territorio: Area di analisi (Anni 1995-2002, tassi per 100.000 abitanti – STD Italia 2001, SMR rif Regione). Uomini e donne**

Causa	OSS	SMR (IC 90)	SMR ID (IC 90)
MORTALITÀ GENERALE	14.689	108 (106-109)	107 (105-108)
Malattie infettive e parassitarie	131	153 (131-177)	136 (117-158)
Tubercolosi	14	113 (68-176)	113 (68-177)
Epatite virale	44	122 (94-157)	108 (83-139)
Tutti i tumori	4.245	113 (111-116)	112 (109-115)
Tumore dell'esofago	39	143 (107-187)	117 (88-153)
Tumore dello stomaco	180	90 (79-102)	98 (86-111)
Tumore del colon-retto	279	85 (77-94)	88 (79-97)
Tumore primitivo del fegato e dei dotti biliari intraepatici	212	125 (112-141)	138 (123-155)
Tumore del pancreas	183	117 (103-132)	110 (97-125)
Tumore della laringe	46	101 (78-129)	92 (71-117)
Tumore della trachea, dei bronchi e del polmone	961	128 (121-135)	118 (112-125)
Tumore della pleura	97	441 (370-522)	268 (225-317)
Tumore del connettivo e di altri tessuti molli	17	117 (74-175)	106 (68-160)
Melanoma della pelle	30	91 (65-123)	100 (72-135)
Tumore della vescica	160	109 (95-124)	110 (96-126)
Tumore del rene e di altri non specificati organi urinari	60	108 (86-134)	110 (87-136)
Tumore del sistema nervoso centrale	112	120 (102-141)	111 (95-131)
Linfoematopoietico totale	332	104 (94-114)	101 (92-111)
Linfomi non Hodgkin	122	116 (99-135)	114 (97-133)
Malattia di Hodgkin	8	74 (37-134)	69 (34-124)
Mieloma multiplo e tumori immunoproliferativi	73	117 (95-142)	106 (86-128)
Leucemie	129	91 (78-105)	92 (79-107)
Leucemia linfoide (acuta e cronica)	35	93 (69-124)	89 (66-118)
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	46	81 (62-103)	87 (67-111)
Diabete mellito	542	90 (83-96)	91 (85-98)
Demenze	281	117 (106-129)	126 (113-139)
Morbo di Parkinson	78	112 (92-135)	120 (98-145)
Malattia dei neuroni motori	17	67 (43-101)	60 (38-91)
Sclerosi multipla	11	157 (88-260)	128 (72-212)
Epilessia	13	122 (72-194)	118 (70-187)
Malattie del sistema circolatorio	5.772	102 (100-105)	101 (99-103)
Malattia ipertensiva	851	110 (104-116)	105 (99-111)
Malattie ischemiche del cuore	1.936	122 (117-127)	110 (106-115)
Infarto miocardico acuto	918	114 (108-120)	102 (97-108)
Disturbi circolatori dell'encefalo	1.222	81 (77-85)	85 (81-89)
Malattie apparato respiratorio	1.072	108 (102-113)	107 (102-113)
Malattie respiratorie acute	260	150 (135-166)	142 (128-158)
Malattie polmonari croniche	539	94 (87-101)	94 (88-101)
Asma	20	54 (36-78)	53 (35-77)
Malattie dell'apparato digerente	914	126 (120-134)	126 (120-133)
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	507	119 (110-128)	124 (115-133)
Malattie dell'apparato genitourinario	208	90 (80-101)	94 (83-105)
Nefrosi	8	106 (53-192)	105 (52-190)
Insufficienza renale acuta e cronica	115	88 (75-103)	97 (83-114)
Malformazioni congenite	59	115 (91-142)	117 (93-145)
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	57	44 (35-55)	52 (41-64)
Traumatismi e avvelenamenti	709	103 (97-109)	101 (95-107)
Età < 1			
Tutte le cause	127	118 (101-137)	117 (100-135)
Alcune condizioni morbose di origine perinatale	79	135 (111-162)	121 (100-146)
Età 0-14			
Tutti i tumori	20	152 (101-221)	135 (89-196)
Tumore del sistema nervoso centrale	5	184 (73-387)	170 (67-356)
Linfoematopoietico totale	5	116 (46-244)	112 (44-236)
Leucemie	4	113 (39-259)	115 (39-263)
Malattie respiratorie acute	4	96 (33-219)	95 (33-219)

IC, intervallo di confidenza; OSS, mortalità osservata; SMR, rapporto standardizzato di mortalità.

villa). Con l'esclusione di Emarese, dove le ridottissime dimensioni numeriche della popolazione residente hanno precluso l'osservazione di qualsivoglia effetto, in tutti gli altri siti si sono osservati incrementi per mesotelioma pleurico. A Balangero la stima dell'incremento di mortalità è risultata affetta da una certa imprecisione; negli altri quattro siti i dati sono molto evidenti con riferimento a entrambi i generi. Per quanto riguarda i sei siti con presenza di amianto e di altre sorgenti di inquinamento, si sono riscontrati incrementi di mortalità per mesotelioma pleurico in entrambi i generi a Pitelli, Massa Carrara, Priolo e nell'area del Litorale Vesuviano. In otto anni, è stato complessivamente osservato nell'insieme dei dodici siti contaminati da amianto un totale di 416 casi in eccesso rispetto alle attese.

Per quanto riguarda l'insieme delle sorgenti di esposizione ambientale diverse dall'amianto, e l'insieme delle patologie a esse associate con evidenza limitata o inadeguata, la situazione è molto più complessa.

Per una serie di segnalazioni di incrementi di mortalità per tumore polmonare e malattie respiratorie non tumorali, a Gela e Porto Torres è stato suggerito un ruolo delle emissioni di raffinerie e poli petrolchimici, a Taranto e nel Sulcis-Iglesiente-Guspinese un ruolo delle emissioni degli stabilimenti metallurgici.

Un ruolo eziologico dell'inquinamento ambientale nei confronti di incrementi di mortalità per malformazioni congenite e condizioni morbose perinatali è stato suggerito a Massa Carrara, Falconara, Milazzo e Porto Torres.

Per le patologie dell'apparato genitourinario, in particolare per le insufficienze renali, un ruolo causale di metalli pesanti, IPA e composti alogenati è stato ipotizzato a Massa Carrara, Piombino, Orbetello, nel Basso Bacino del fiume Chienti e nel Sulcis-Iglesiente-Guspinese.

Incrementi di malattie neurologiche per i quali è stato sospettato un ruolo eziologico di piombo, mercurio e solventi organoalogenati sono stati osservati rispettivamente a Trento Nord, Grado e Marano e nel Basso Bacino del fiume Chienti.

L'incremento dei linfomi non Hodgkin a

Brescia è stato messo in relazione con la contaminazione diffusa da PCB.

Queste e altre segnalazioni, per le quali si rinvia all'esame sistematico dei risultati del Progetto SENTIERI, richiedono di essere approfondite attraverso studi di epidemiologia analitica per corroborare la natura causale delle associazioni emerse nella prima fase dello studio.

Per esemplificare l'utilizzo in sanità pubblica dei dati prodotti dal Progetto SENTIERI, si considerino i risultati relativi a uno dei siti considerati, relativo a Taranto. Questo sito è costituito da due comuni (Taranto e Statte), con una popolazione complessiva di 216.618 abitanti al Censimento 2001. Il Decreto di perimetrazione del SIN elenca la presenza delle seguenti tipologie di impianti: raffineria, impianto siderurgico, area portuale e discariche di rifiuti solidi urbani (RSU) con siti abusivi di rifiuti di varia provenienza (nella scheda SIN sono elencati industria siderurgica, raffineria, industria cementiera, area portuale, alcune discariche di RSU, siti abusivi rifiuti di varia provenienza), *esposizioni ambientali* indicate nel Progetto SENTIERI come P&R, S, AP, D. Sulla base dei risultati compatibili con la presenza di un eccesso di rischio sanitario (IC 90% che esclude SMR = 100) relativi alle principali cause di decesso elencate nelle *Tabella 1.9* e *1.10* e alle cause per le quali vi è evidenza di associazione, seppure limitata, con le esposizioni ambientali presenti nei SIN (vedi *Tabella 1.9*), si rileva il seguente profilo di mortalità nel SIN di Taranto:

- eccesso tra il 10% e il 15% nella mortalità generale e per tutti i tumori in entrambi i generi, senza sostanziali modifiche dopo la correzione per indice di deprivazione;
- eccesso di circa il 30% nella mortalità per tumore del polmone, per entrambi i generi, dopo correzione per indice di deprivazione;
- eccesso, in entrambi i generi, dei decessi per tumore della pleura, che permane, sebbene ridotto, dopo correzione per ID;
- eccesso, per le donne, di circa il 50% di decessi per malattie respiratorie acute, anche quando si tiene conto dell'ID, associato a un aumento di circa il 10% nella

mortalità per tutte le malattie dell'apparato respiratorio;

- eccesso di circa il 15% tra gli uomini e il 40% nelle donne della mortalità per malattie dell'apparato digerente, anche quando si tiene conto dell'ID;
- incremento di circa il 5% dei decessi per malattie del sistema circolatorio soprattutto tra gli uomini; quest'ultimo è ascrivibile a un eccesso di mortalità per malattie ischemiche del cuore, che permane, anche tra le donne, dopo correzione per ID.

I risultati del Progetto SENTIERI evidenziano, inoltre, un eccesso per la mortalità per condizioni morbose di origine perinatale (0-1 anno), con evidenza limitata di associazione con la residenza in prossimità di raffinerie/poli petrolchimici e discariche, e un eccesso di circa il 15% per la mortalità legata alle malformazioni congenite, che non consente però di escludere l'assenza di rischio (IC 90% include il valore 100).

In precedenza, molteplici studi di monitoraggio ambientale e campagne di misura delle emissioni industriali effettuate nell'area di Taranto hanno evidenziato un quadro di inquinamento ambientale diffuso, ma anche il contributo rilevante del polo industriale cittadino, in particolare il complesso dell'acciaieria, sui livelli ambientali di inquinanti di interesse sanitario.

Risultati di campagne di monitoraggio, effettuate dalla ASL di Taranto dal marzo 2008 a oggi, hanno segnalato che in alcune aziende zootecniche presenti sul territorio del Comune e della Provincia di Taranto si osserva un'importante contaminazione della catena trofica da composti organoalogenati. In particolare, fino a ottobre 2008, su un totale di 41 aziende localizzate entro 10 km dal polo industriale sono stati raccolti 125 campioni di matrici alimentari. In 32 campioni (26%) raccolti complessivamente in 8 aziende (20%), la concentrazione di diossine (PCDD e PCDF) e di PCB-ds ha superato i limiti in vigore.

Uno studio caso-controllo sui casi incidenti a Taranto di tumore maligno del polmone, della pleura, della vescica e del sistema linfomopoietico, relativo al periodo 2000-2002, in relazione alla distanza della residenza prin-

cipale da diverse fonti emmissive, sembra avvalorare l'ipotesi di un ruolo eziologico delle esposizioni ambientali a cancerogeni inalabili sulle neoplasie dell'apparato respiratorio.

La popolazione di Taranto, insieme a quella delle altre principali città italiane, è stata oggetto di diversi studi epidemiologici multicentrici e di impatto sanitario, che hanno documentato il ruolo dell'inquinamento atmosferico sull'incremento di effetti a breve e a lungo termine, quali in particolare la mortalità e la morbosità per malattie cardiache e respiratorie nelle popolazioni residenti (adulti e bambini). Per quanto riguarda i ricoveri ospedalieri, i risultati principali sono coerenti in tutte le città.

I risultati delle analisi del Progetto SENTIERI sul periodo 1995-2002 mostrano un quadro della mortalità per la popolazione residente nel sito di Taranto che testimonia la presenza di un ambiente di vita insalubre. Questo quadro è in linea con quanto emerso nei precedenti studi descrittivi sulla mortalità condotti nell'area, ma anche con dati di incidenza e morbosità.

Complessivamente, il profilo di mortalità della popolazione residente nell'area di Taranto mostra un andamento temporale e una distribuzione geografica che sono in linea con la cronologia e la distribuzione spaziale dei processi produttivi ed emissivi che caratterizzano l'area industriale di questo SIN da molti decenni.

Tra i suggerimenti di attività future da intraprendere alla luce dei risultati del Progetto SENTIERI, si segnala l'esigenza di avviare programmi di sorveglianza sanitaria ed epidemiologica, quali quello suggerito da EPIAIR per gli effetti dell'inquinamento atmosferico, basati anche sul monitoraggio biologico umano; specifici studi epidemiologici di tipo analitico, informativi per l'area in studio, sono rappresentati da studi di coorte/caso-controllo residenziali di nuova generazione, che utilizzino modelli predittivi per stimare il contributo delle emissioni industriali sull'esposizione personale a inquinanti ambientali. Sarebbe opportuno, inoltre, condurre studi di coorte o caso-controllo anche per i lavoratori impiegati nelle diverse realtà produttive del polo industriale di Taranto.

#### 1.8.4. Indicazioni per la programmazione

L'esame dei risultati del Progetto SENTIERI ha consentito, in un certo numero di situazioni, di programmare interventi di sanità pubblica.

L'indicazione più frequentemente formulata è stata quella di perseguire l'obiettivo di una stima dell'esposizione attuale e pregressa ai contaminanti presenti nei diversi SIN, distinguendo il contributo delle attività industriali e della contaminazione delle matrici ambientali. L'utilità in questo quadro di programmi di biomonitoraggio umano è stata giudicata particolarmente elevata a Grado e Marano, Cogoleto, Massa Carrara, Livorno, Piombino, Orbetello, Taranto e Brindisi. Sono stati inoltre raccomandati programmi di monitoraggio biologico relativi alla catena alimentare in subaree ben definite del Litorale Domizio-Flegreo e Agro Aversano e del Litorale Vesuviano.

È stato giudicato prioritario effettuare indagini *ad hoc* sulle malattie respiratorie in età pediatrica nei siti di Milazzo, Priolo, Porto Torres e Sulcis-Iglesiente-Guspinese. Piani di sorveglianza sanitaria mirata sono stati raccomandati in due siti caratterizzati in modo particolarmente accurato sotto il profilo della contaminazione della catena alimentare. A Pieve Vergonte è stata suggerita la sorveglianza mirata degli effetti avversi del DDT/DDE: tumori della mammella, diabete, diminuzione della qualità dello sperma e alterazioni dello sviluppo neurologico dei bambini. Nella valle del Sacco, con riferimento alla popolazione caratterizzata da elevati livelli ematici di beta-esaclorocicloesano dovuti all'esposizione ai residui della produzione del lindano, è stato raccomandato un follow-up relativo alle malattie tumorali, neurologiche, endocrinologiche, metaboliche e agli effetti avversi sulla riproduzione.

In aggiunta a quanto qui esposto, va ricordato che la caratterizzazione epidemiologica dei siti contaminati è un processo dinamico che prevede l'aggiornamento periodico dei dati prodotti dai flussi informativi

correnti, in particolare quelli di mortalità. È inoltre prevista l'acquisizione dei dati relativi all'incidenza dei tumori nei siti serviti da Registri Tumori, nell'ambito di un accordo di collaborazione recentemente definito fra ISS e AIRTUM (Associazione Italiana dei Registri Tumori), come anche l'analisi dei flussi delle schede di dimissione ospedaliera, già utilizzato nello studio delle aree ad alto rischio ambientale della Sardegna precedentemente citato.

In questo quadro, appare della massima importanza che le strutture deputate alla protezione dell'ambiente e alla tutela della salute operino in modo integrato e che, a loro volta, stabiliscano canali di comunicazione con le Amministrazioni locali e con le istanze della società civile, per condividere le conoscenze disponibili e favorire i meccanismi partecipativi. Su queste basi è possibile perseguire l'obiettivo della trasparenza dei processi decisionali in materia di risanamento ambientale, contribuendo così al miglioramento del clima di fiducia fra cittadini e istituzioni.

#### Bibliografia essenziale

- Biggeri A, Lagazio C, Catelan D, et al. Rapporto sullo stato di salute delle popolazioni residenti nelle aree interessate da poli industriali, minerari o militari della Sardegna. *Epidemiol Prev* 2006; 30 (1 Suppl. 1): 5-95
- Comba P, Bianchi F, Iavarone I, Pirastu R (Eds). *Impatto sulla salute dei siti inquinati: metodi e strumenti per la ricerca e le valutazioni*. Roma: Istituto Superiore di Sanità 2007 (Rapporti ISTISAN 07/50)
- European Environment Agency. Find all EEA products and information by browsing environmental topics. Ultima consultazione: settembre 2011
- Martuzzi M, Mitis F, Biggeri A, et al. Ambiente e stato di salute nella popolazione delle aree ad alto rischio di crisi ambientale in Italia. *Epidemiol Prev* 2002; 26 (Suppl.): 1-56
- Pirastu R, Ancona C, Iavarone I, et al. SENTIERI - Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento: valutazione della evidenza epidemiologica. *Epidemiol & Prev* 2010; 34 (Suppl. 3)
- Pirastu R, Conti S, Forastiere F, et al. SENTIERI - Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento: Risultati. *Epidemiol & Prev* 2011; 35 (Suppl. 3)