

---

# L'AMBIENTE E LA SALUTE



Al fine di descrivere gli effetti sulla salute associati all'esposizione ad alcuni dei principali inquinanti presenti nell'ambiente di vita, sono stati scelti alcuni comparti di esposizione ambientale di particolare importanza in Italia. La scelta è stata effettuata sulla base dei seguenti criteri:

- disponibilità di evidenze scientifiche;
- potenziale rilevanza sanitaria ed ambientale, in funzione della prevalenza e diffusione dell'esposizione ;
- disuguaglianza nella distribuzione delle esposizioni e dei rischi ad esse associati;
- percezione del rischio nella comunità.

Tali criteri hanno portato ad identificare alcuni temi prioritari per la caratterizzazione del legame tra salute e ambiente in Italia: la qualità ambientale nel contesto urbano, con particolare riferimento all'inquinamento atmosferico outdoor e alle polveri sospese; radiazioni non ionizzanti; radon nelle abitazioni; qualità e disponibilità delle risorse idriche; amianto; ambiente di lavoro. I rifiuti e le radiazioni ultraviolette sono inoltre stati trattati sinteticamente.

## **Le problematiche connesse alla valutazione dei rischi da inquinamento ambientale**

Nel corso degli ultimi decenni, particolarmente nei Paesi industrializzati, il progressivo miglioramento delle condi-

zioni generali di vita, tra cui lo stato di nutrizione e l'igiene, insieme all'introduzione delle terapie antibiotiche e dei vaccini, hanno favorito una notevole riduzione, e spesso l'eradicazione, di molte patologie infettive. Questi eventi, nel complesso, hanno contribuito all'allungamento della vita media della popolazione.

In parte come conseguenza di quest'ultimo fenomeno si è registrato un incremento nell'incidenza e nella mortalità per malattie cronico-degenerative tipiche della tarda età, quali i tumori e le malattie cardiovascolari e respiratorie. In concomitanza a questo cambiamento nel profilo di morbosità e mortalità della popolazione è andato aumentando, parallelamente alla crescita dell'urbanizzazione e dell'industrializzazione, l'inquinamento ambientale di tipo chimico-fisico. L'interesse e la necessità di comprendere se l'inquinamento ambientale possa favorire l'insorgenza delle patologie croniche ha assunto, così, una posizione di rilievo. In effetti, evidenze sempre maggiori mostrano che all'esposizione ad inquinanti presenti nell'ambiente di vita potrebbero essere attribuibili quote non trascurabili del carico di neoplasie nella popolazione. Inoltre, l'inquinamento ambientale sembra giocare un ruolo anche nell'aumentare l'incidenza di effetti sanitari di tipo acuto. Ad esempio, i risultati di molti studi epidemiologici svolti in svariati Paesi evidenziano incrementi nella mortalità giornaliera

per cause respiratorie e cardiovascolari in relazione a variazioni nei livelli atmosferici urbani di particolato.

D'altra parte, stimare in che misura l'esposizione di breve e di lungo periodo ai livelli di inquinamento misurati nell'ambiente di vita contribuisca a spiegare l'incremento nell'incidenza di effetti acuti e di malattie croniche è tra i temi più problematici e complessi che si trovano oggi ad affrontare le istituzioni di sanità pubblica dei Paesi industrializzati.

Le ragioni di tale complessità sono molteplici: le varie forme di inquinamento ambientale sono in genere di bassa intensità, molto variabili nel tempo e nello spazio ed estremamente diffuse. Queste caratteristiche incidono in vario modo sulla validità e accuratezza delle stime di esposizione e dei rischi sanitari ad esse associati. Di conseguenza, le evidenze scientifiche disponibili sono spesso caratterizzate da un elevato grado di incertezza.

La moltitudine dei diversi inquinanti di interesse sanitario cui la popolazione generale è contemporaneamente esposta nell'ambiente di vita rende, inoltre, difficile stabilire in che grado un determinato effetto sia attribuibile ad uno o più agenti o ad una loro interazione. Questa problematica nasce in realtà dal fatto che i meccanismi biologici che sono alla base delle interazioni "ambiente-salute" sono poco conosciuti, e che le patologie potenzialmente associate all'inquinamento ambien-



tale sono ad eziologia multipla.

Di seguito sono trattati alcuni temi per i quali il corpo di evidenze disponibili consente di fornire alcune stime dei rischi sanitari per la popolazione italiana (inquinamento atmosferico da polveri sospese, amianto, radiazione UV). Per altri fattori di rischio, come il radon, si dispone di dati di esposizione, ma non ancora di valutazioni d'impatto sanitario. Infine, per i campi elettromagnetici, i rifiuti e la contaminazione delle acque, non si è ancora in grado di quantificare adeguatamente né l'esposizione né le potenziali conseguenze sulla salute.

### La salute in ambiente urbano

L'ambiente urbano è una entità territoriale particolarmente critica dal punto di vista della sanità pubblica soprattutto per il suo potenziale impatto sulla salute: più dei 2/3 della popolazione mondiale vive oggi negli agglomerati urbani dove, a causa delle elevate concentrazioni di attività antropiche inquinanti in uno spazio limitato, è esposta, insieme a tutti gli altri organismi animali e vegetali presenti, a miscele di agenti fisici e chimici potenzialmente dannosi.

Un posto prioritario spetta senz'altro agli inquinanti atmosferici derivanti in prevalenza dal traffico autoveicolare, ma anche dal riscaldamento domestico e dagli insediamenti industriali eventualmente presenti (soprattutto nei settori chimico e petrolchimico). L'ambiente urbano e le zone industriali infatti presentano spesso una distribuzione simile sul territorio, in quanto un'intensa industrializzazione è un elemento tipico delle periferie delle grandi città nei Paesi sviluppati. Non sono comunque da trascurare altri tipi di inquinamento come quello acustico, elettromagnetico, idrico e quello connesso allo smaltimento dei rifiuti.

#### Gli indicatori sanitari dell'inquinamento urbano

Considerando la rilevanza dei problemi di inquinamento urbano in termini di ubiquità, di numerosità degli individui esposti e di impatto sanitario e ambientale, diviene estremamente importante conoscere lo "stato" delle città attraverso

so l'impiego di indicatori che consentano di caratterizzarle qualitativamente, di individuare le azioni prioritarie per il risanamento, di monitorare le variazioni nel tempo e di valutare l'efficacia delle azioni intraprese.

Fra i diversi indicatori dell'inquinamento urbano, quelli relativi all'impatto sanitario sono i meno consolidati nell'ambito delle politiche di gestione, forse anche a causa delle difficoltà legate al reperimento dei dati, ma proprio per il fatto che l'uomo rappresenta il bersaglio più critico dell'inquinamento urbano è necessario conoscere e monitorare nel tempo lo stato di salute delle popolazioni residenti per poter adottare i provvedimenti necessari a tutelarle.

Dei validi indicatori sanitari possono essere rappresentati dagli effetti precoci di tipo subclinico, come ad esempio le alterazioni di parametri fisiologici, oppure dai dati di mortalità o di incidenza di condizioni morbose che si prestano bene a riflettere l'impatto dell'inquinamento ambientale sulla salute dell'uomo.

L'ENEA, nell'ambito delle attività sugli indicatori dell'ambiente urbano svolte per la Conferenza Nazionale Energia e Ambiente del 1998, ha effettuato uno studio descrittivo sulla mortalità per causa relativa agli anni 1980-1992 in tutti i Comuni italiani capoluogo di Provincia ed in quelli con popolazione maggiore di 50.000 abitanti (154 Comuni). La mortalità comunale per causa, espressa come Tasso Standardizzato (TSD), è stata utilizzata come indicatore dello stato di salute dei residenti. Per ciascun Comune sono state prese in considerazione, oltre alla mortalità generale, 24 cause di morte per gli uomini e 25 per le donne. L'analisi della mortalità generale nella popolazione mostra che gli eccessi sono per lo più relativi alla popolazione maschile dei centri urbani Regioni Settentrionali. La mortalità per tumori totali presenta in entrambi i sessi un netto gradiente Nord-Sud anche se valori superiori alla media nazionale si riscontrano in alcuni centri urbani della costa Tirrenica. Inoltre, i tassi di mortalità tra gli uomini sono sempre notevolmente superiori a quelli delle donne. Il quadro della mortalità per tumori della trachea, bronchi e polmoni, risulta per

entrambi i sessi, molto simile a quello descritto per i tumori totali. La mortalità per malattie respiratorie evidenzia per entrambi i sessi, al contrario di quanto avviene per i tumori polmonari, eccessi soprattutto nei Comuni delle Regioni Meridionali.

Tali elaborazioni, pur non consentendo di valutare associazioni con l'esposizione a specifici inquinanti, permettono di confrontare diverse città e di evidenziare alcune situazioni potenzialmente "critiche".

L'inquinamento atmosferico, tra le varie forme di perturbazione operate dall'uomo sull'ambiente, è quella che presenta le maggiori caratteristiche di ubiquità. Ben conosciuti problemi quali l'effetto serra e l'assottigliamento dello strato di ozono rappresentano una chiara dimostrazione delle conseguenze a livello globale dell'immissione di agenti inquinanti nell'atmosfera.

L'inquinamento atmosferico assume, come detto sopra, particolare rilevanza dal punto di vista della sanità pubblica negli agglomerati urbani, dove le principali sorgenti di emissione sono rappresentate dai processi di combustione dei motori autoveicolari a gasolio e benzina e, in minor grado, dai sistemi di riscaldamento domestico. I gas di scarico autoveicolari sono miscele complesse di sostanze chimiche volatili e di particelle solide sospese, alcune delle quali, a dosi molto più elevate di quelle desumibili dalle concentrazioni atmosferiche in ambiente urbano, sono in grado di indurre effetti cancerogeni negli animali o nell'uomo. Tra queste sostanze vi sono il benzene, la formaldeide, l'1,3-butadiene, l'acetaldeide e alcuni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), dei nitroareni e degli azaareni.

Per quanto concerne le principali conseguenze sulla salute associate all'esposizione ambientale ad inquinanti atmosferici specifici quali IPA, Benzene, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, e O<sub>3</sub>, si rimanda alla sintesi descritta nella Scheda 1.

#### Le polveri sospese

Negli ultimi anni particolare attenzione viene rivolta all'impatto sulla salute dell'esposizione al particolato atmosferico in ambiente urbano. I risultati di un numerosi studi epidemiologici, replicati con elevata consistenza nei contesti



urbani dei Paesi industrializzati, evidenziano un aumento nel numero di decessi giornalieri per cause respiratorie e cardiovascolari associati ad incrementi unitari ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) di PM10 (polveri sospese di diametro  $< 10$  micron) e, negli studi recentemente pubblicati, anche di PM 2,5 (polveri sospese di diametro  $< 2,5 \mu\text{m}$ ).

Associazioni sono state osservate anche per altri effetti acuti quali ospedalizzazione, episodi acuti negli asmatici ed altri effetti respiratori e cardiovascolari e per effetti cronici (mortalità e patologie respiratorie).

I risultati di questi studi, insieme a quelli relativi ad altri inquinanti atmosferici, hanno avuto una importanza notevole nella revisione delle Linee Guida sulla qualità dell'aria negli Stati Uniti e in Europa. Anche l'Unione Europea ha recentemente definito direttive che fissano limiti più restrittivi per le particelle sospese, fornendo nuove indicazioni anche per il biossido di azoto e per l'ozono nella Direttiva 1999/30/CE.

Il significato delle associazioni descritte nella letteratura scientifica, tuttavia, presenta ancora diversi punti oscuri, soprattutto a causa della scarsa conoscenza dei meccanismi biologici implicati. In particolare, rimane ancora da chiarire quanto gli incrementi nella mortalità giornaliera siano attribuibili ad una anticipazione del decesso in soggetti già gravemente malati e quindi con una limitata attesa di vita, e se tale anticipazione sia di pochi giorni, mesi o anni.

La rilevanza sanitaria dell'inquinamento da particelle sospese deriva dalla complessità della sua origine e composizione. Esso è costituito da una miscela di particelle allo stato solido o liquido di composizione estremamente variabile che hanno la capacità di adsorbire sulla loro superficie diverse sostanze con proprietà tossiche quali solfati, nitrati e metalli. Il Particolato Totale Sospeso (TSP) comprende una frazione più grossolana (diametro  $> 2,5 \mu\text{m}$ ), di origine naturale (processi di erosione del suolo), le polveri sottili e ultrasottili (diametro  $< 2,5 \mu\text{m}$  e  $< 0,1 \mu\text{m}$  rispettivamente), che si formano in seguito ai processi di combustione veicolare, industriale, e nella produzione di ener-

gia elettrica. Le polveri sottili ed ultrasottili grazie alla loro ridotta dimensione possono penetrare facilmente nelle parti più profonde delle vie respiratorie e sembrano essere le più rilevanti da un punto di vista biologico.

In Italia attualmente esistono per legge reti di monitoraggio per il TSP ed il PM10 (diametro  $< 10 \mu\text{m}$ ), e soltanto recentemente si è iniziato a misurare le concentrazioni atmosferiche della frazione sottile, ma per ora soltanto a scopo di ricerca. Comunque, data l'elevata correlazione tra i diversi inquinanti presenti nell'atmosfera, il PM10 può essere impiegato come un indicatore di alcuni altri agenti inquinanti, quali ad esempio CO e NO<sub>x</sub>, e le particelle a più piccola granulometria, che del resto lo costituiscono.

Soltanto negli anni più recenti si è iniziato a condurre, anche in Italia, studi epidemiologici di tipo analitico volti a stimare gli effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico urbano. Gli studi che hanno riguardato anche i livelli di particolato atmosferico, soprattutto PM10, hanno prodotto risultati in linea con quelli degli studi condotti in altri Paesi. Ad esempio, in indagini condotte a Roma, a Milano e a Torino, nell'ambito del progetto APHEA - Air Pollution and Health effects: a European Approach - un progetto di ricerca multicentrico che coinvolge 34 città in Europa, è stato possibile stimare un incremento lineare di 0,5-1% nella mortalità giornaliera per incrementi di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10, sebbene i metodi diversi di misura dell'inquinamento da polveri rendono complesso il paragone tra le stime di effetto delle varie indagini.

Sempre nell'ambito degli effetti acuti, sono stati di recente presentati i risultati di uno studio condotto a Roma nel 1999 finalizzato a valutare l'associazione tra i livelli atmosferici di particolato (PM10 e PM2,5) e di altri inquinanti, e le alterazioni fisiopatologiche in persone affette da Bronco Pneumopatia Cronica Ostruttiva (BPCO), patologia Ischemica del Miocardio (IMA) ed Asma bronchiale. Tra i soggetti con BPCO, si è osservato che ad un aumento nelle concentrazioni ambientali di PM2,5 e di PM10 corrisponde un peggioramento della funzionalità respiratoria. Tra i pazienti con peggioramento IMA, si è osser-

vato invece un aumento della variabilità del battito cardiaco associato ad incrementi nei livelli di PM2,5. Questi risultati, sebbene preliminari e parziali, sembrano coerenti con quelli di analoghi studi recentemente pubblicati. Per quanto concerne il gruppo degli asmatici, i risultati di questo studio suggeriscono un ruolo specifico del PM10 nell'indurre un peggioramento dei parametri di funzionalità respiratoria.

Risultati rilevanti da un punto di vista di sanità pubblica, in quanto forniscono le prime stime dell'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico in Italia, provengono da un recente studio condotto dalla Divisione di Roma del Centro europeo ambiente e salute dell'OMS su richiesta del Ministero dell'ambiente. Lo studio riguarda i residenti nelle otto maggiori città italiane (Torino, Milano, Bologna, Genova, Firenze, Roma, Napoli e Palermo). La popolazione complessiva di queste città nel 1991 era di circa 8,3 milioni di abitanti, il 15% della popolazione italiana. La concentrazione media di PM10 nel periodo 1998-99 è stata calcolata, per ogni città, utilizzando i dati forniti dalle reti di monitoraggio degli inquinanti atmosferici; le concentrazioni medie annuali di PM10 risultano comprese, in questo biennio, tra  $44,4$  e  $53,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una media pesata sulle popolazioni pari a  $52,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La mortalità totale, i ricoveri ospedalieri e alcune condizioni di morbosità (forniti da banche dati statistiche nazionali) sono state analizzate in relazione alle concentrazioni ambientali di PM10 (tabella 1). I coefficienti delle relazioni dose-risposta sono stati desunti, attraverso procedure di meta-analisi, da studi, anche italiani, precedentemente pubblicati. Questi coefficienti sono stati utilizzati per stimare i tassi attesi per un dato livello di concentrazione di PM10 scelto a priori; i tassi attesi sono poi stati confrontati con quelli osservati per stimare la proporzione e il numero di casi per anno attribuibili a livelli di PM10 in eccesso rispetto ai due valori di riferimento usati:  $20$  e  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Questi due livelli corrispondono a valori realisticamente raggiungibili attraverso la riduzione delle emissioni. In particolare, il primo è il livello massimo consentito per i Paesi della Comunità



europea a partire dal 2010 (mentre il limite da raggiungere entro il 2005 è di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Le analisi condotte sono basate su assunzioni di tipo conservativo, nel senso che il numero di casi attribuibili ai livelli urbani di PM10 descrive probabilmente solo una parte dell'impatto totale sulla salute dell'inquinamento atmosferico (per esempio gli effetti di altri inquinanti non vengono considerati).

I risultati di questo studio, descritti

nella tabella 1, mostrano che alle concentrazioni superiori a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è attribuibile il 7% dei decessi annui, ossia 5.100 morti per anno, ai quali si aggiungono circa 7.000 ricoveri ospedalieri. In altre parole abbassando le concentrazioni medie a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  si potrebbero evitare circa 5.000 morti all'anno nelle 8 città. Inoltre, sono stati stimati decine di migliaia di casi attribuibili di bronchite nell'infanzia e di esacerbazione dell'asma, come anche

milioni di episodi di insorgenza di sintomi respiratori e di giorni di ridotta attività.

I metodi di analisi impiegati in questo studio sono simili a quelli utilizzati in uno studio analogo condotto in Austria, Francia e Svizzera sebbene, gli autori abbiano usato il livello di  $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come valore di riferimento per il PM10, e un coefficiente di regressione più alto per la mortalità. È stato stimato che ai livelli ambientali delle polveri

TABELLA 1

Rischi relativi, proporzioni e numero di casi attribuibili ai livelli di PM10 in 8 città italiane, 2000

Causa	Valore di riferimento PM10: $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$			Valore di riferimento PM10: $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
	rischio relativo per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95% IC*)	proporzione attribuibile (%) (95% IC*)	numero di casi attribuibili per anno	proporzione attribuibile (%) (95% IC*)	numero di casi attribuibili per anno
Mortalità (>30 anni, escluse cause accidentali)	1,026 (1,009-1,043)	4,7 (1,7-7,5)	3.472	7,0 (2,6-10,9)	5.108
Ricoveri ospedalieri per cause cardiovascolari	1,009 (1,006- 1,013)	1,7 (1,2- 2,5)	2.710	2,6 (1,7-3,7)	4.057
Ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie	1,016 (1,013-1,020)	3,0 (2,5- 3,7)	1.887	4,5 (3,7-5,5)	2.803
Bronchite acuta (<15 anni)	1,306 (1,135- 1,502)	28,6 (18,4- 32,9)	31.524	36,3 (25,1- 39,7)	40.036
Esacerbazione dell'asma (<15 anni)	1,051 (1,047- 1,055)	8,7 (8,1- 9,2)	29.730	12,5 (11,7-13,3)	42.870
Esacerbazione dell'asma ( $\geq 15$ anni)	1,004 (1,0-1,008)	0,8 (0- 1,5)	11.360	1,2 (0-2,3)	17.047
Giorni di ridotta attività ( $\geq 20$ anni)	1,094 (1,079- 1,109)	14,3 (12,5- 15,9)	2.702.461	20,0 (17,7- 22,1)	3.776.387
Occorrenza di sintomi respiratori	1,07 (1,02-1,11)	11,3 (3,7 - 16,0)	10.409.836	16,1 (5,5- 22,2)	14.788.287

(\*) IC 95%: in statistica nella stima sperimentale di una grandezza incognita, prende il nome di Intervallo di Confidenza (IC), un intervallo che con una probabilità prefissata, contiene al suo interno il valore da stimare.

FONTE: Organizzazione Mondiale della Sanità, 2000.



misurati in questi tre Paesi sono attribuibili annualmente più di 40.000 decessi (6% della mortalità generale), circa 290.000 episodi di bronchite nell'infanzia, ed un numero molto elevato di attacchi di asma e di giornate lavorative perse.

Questi risultati mostrano quanto sia elevato l'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico nelle maggiori città italiane in termini di mortalità, morbosità e di ospedalizzazione.

Inoltre appare evidente che vi è, nel complesso, una sostanziale similitudine tra la situazione italiana e quella francese, svizzera e austriaca.

Tuttavia, occorre essere cauti nell'interpretare questi risultati in termini di possibili benefici sanitari risultanti dalla riduzione delle concentrazioni atmosferiche di PM10, dal momento che l'entità degli effetti registrati potrebbe essere dovuta anche ad altri inquinanti atmosferici.

In effetti, è molto probabile che il vero impatto complessivo dell'inquinamento atmosferico urbano sulla salute sia più grande di quanto stimato in questo studio anche perché le analisi sono state limitate ad alcuni effetti sanitari specifici.

Dal momento che la principale sorgente di PM10 e di altri inquinanti atmosferici nelle città italiane è la combustione dei motori dei veicoli a gasolio e a benzina e dei motocicli a due tempi,

SCHEDA 1

Benzene, anidride solforosa, biossido di azoto ed altri inquinanti atmosferici

Come per le polveri sospese, numerosi studi evidenziano un'associazione tra la concentrazione giornaliera di ozono, NO<sub>2</sub> ed SO<sub>2</sub> ed incrementi nella mortalità e nei ricoveri ospedalieri nello stesso giorno o nei giorni seguenti i valori di picco per questi inquinanti.

L'impatto sulla salute dell'ozono (O<sub>3</sub>) non è ancora stato valutato in modo esaustivo. Tuttavia, molti studi epidemiologici hanno mostrato consistentemente che esposizioni ripetute ad ozono possono causare danni permanenti all'apparato respiratorio. Anche a basse concentrazioni è associato all'insorgenza di diversi sintomi, quali dolori toracici, tosse, nausea, irritazione della gola e congestioni. Inoltre, induce un peggioramento clinico di bronchiti, di malattie cardiache, dell'enfisema e dell'asma, e riduce la capacità polmonare. Va sottolineato che i livelli di questo gas sono molto influenzati dalle condizioni atmosferiche e dalla concentrazione di altri inquinanti.

L'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) è un gas che deve la sua tossicità alle sue proprietà acide: uno dei derivati più tossici del SO<sub>2</sub> è l'acido solforico. Gli effetti acuti della SO<sub>2</sub> consistono nella compromissione della funzione polmonare. In persone con asma o atopia la risposta broncocostrittiva può essere 10 volte più intensa che in soggetti sani. In Europa, nel periodo 1980-1996, le emissioni di questo gas sono state ridotte del 50% circa, raggiungendo quindi l'obiettivo di una diminuzione del 35% entro il 1994. In atmosfera l'ossido di azoto (NO) viene rapidamente trasformato in biossido di azoto (NO<sub>2</sub>). Quest'ultimo è un irritante delle vie respiratorie e, come per l'SO<sub>2</sub>, i soggetti asmatici sono molto più suscettibili dei soggetti sani ad una risposta di tipo broncocostrittivo. In Europa, nel periodo 1987-1996, le emissioni di questo gas sono state ridotte del 11% circa, sebbene l'obiettivo per il 2000 fosse di una diminuzione del 30%.

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono un'ampia classe di inquinanti ambientali. La IARC (1987) ha analizzato le evidenze sulla cancerogenicità di 43 specifici IPA, ed ha classificato il Benzo[a]Pirene (BaP) e altri due

IPA come cancerogeni probabili per l'uomo (categoria 2A), ed altri nove idrocarburi policiclici aromatici come possibili cancerogeni (categoria 2B). Il più importante e riconosciuto effetto a lungo termine dell'esposizione ad IPA è un aumento di rischio per tumore del polmone. Il BaP viene ritenuto un buon indicatore di rischio cancerogeno per la classe degli IPA presenti in aria urbana. L'OMS ha stimato che l'esposizione per tutta la vita ad una concentrazione media di 1 ng/m<sup>3</sup> di BaP sia responsabile di un incremento di rischio pari a 9 casi di cancro polmonare ogni 100.000 persone. In Italia, la CCTN ha stimato che, ad un'esposizione media "lifetime" pari a 0,06-1,5 ng/m<sup>3</sup> di BaP (basata su concentrazioni medie outdoor di 0,1-2 ng/m<sup>3</sup>), sarebbe attribuibile un numero di casi di tumore polmonare compreso tra 1 e 35 all'anno, per i prossimi 75 anni.

Il benzene è classificato come cancerogeno certo per l'uomo, sulla base di evidenze relative ad eccessi di leucemia associati ad esposizioni molto elevate (nell'ordine delle decine o centinaia di mg/m<sup>3</sup>) in ambiente di lavoro (IARC). I livelli di benzene tipicamente riscontrati nelle aree urbane ad elevata intensità di traffico sono però molto inferiori (nell'ordine dei µg per m<sup>3</sup>), e le potenziali conseguenze dell'esposizione umana a queste concentrazioni non sono ancora stati completamente chiarite. Sulla base dei risultati degli studi epidemiologici condotti su lavoratori esposti a benzene, è stato stimato che un numero compreso tra 4 e 29 casi di leucemia per milione di esposti sono attribuibili ad una esposizione lifetime a concentrazioni medie ambientali di benzene di 1 µg/m<sup>3</sup>. In Italia, la Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale (1995) ha stimato che da 17 a 246 casi di leucemia all'anno nei prossimi 75 anni sarebbero attribuibili all'esposizione a benzene generato dalle emissioni veicolari.

Tale valutazione si basa su stime di esposizioni medie lifetime comprese tra 14 e 29 µg/m<sup>3</sup>, che corrispondono approssimativamente a concentrazioni medie annuali tra 19 e 35 µg/m<sup>3</sup>.





gli interventi preventivi devono essere specificamente mirati alla riduzione del volume di traffico nelle aree urbane. Interventi di questo tipo produrrebbero ulteriori benefici in termini sanitari, quali, ad esempio, una riduzione degli incidenti stradali, del rumore e dello stress, nonché un miglioramento della qualità di vita e dello stato di salute associato ad esempio ad uso maggiore di biciclette come mezzo di trasporto.

D'altra parte, sebbene il Ministero della sanità, nell'ultimo Piano Sanitario Nazionale, abbia indicato, tra gli obiettivi da raggiungere nel triennio 1998-2000, azioni specifiche volte a contenere i livelli di inquinamento atmosferico, i risultati dei più recenti studi condotti in Italia mostrano che la qualità dell'aria nel contesto urbano non sia ancora accettabile.

Per quanto riguarda il PM<sub>10</sub>, il rispetto dei nuovi limiti di 20 µg/m<sup>3</sup>, imposti dall'Unione Europea, produrranno certamente effetti positivi da un punto di vista sanitario, ma la direttiva non sarà resa operativa prima del 2010.

### Le radiazioni non ionizzanti

Le radiazioni non ionizzanti, quali i campi elettromagnetici a radiofrequenze, 300Hz- 300 GHz, (RF) e a frequenze estremamente basse, 50-60 Hz, (ELF), sono troppo deboli in termini di energia trasmessa per rompere i legami che tengono unite le molecole biologiche e per produrre quindi la ionizzazione. Si può dunque ragionevolmente escludere che l'esposizione umana a questi agenti fisici possa essere associata ad un aumento del rischio di insorgenza di tumori attraverso meccanismi cancerogeni di tipo diretto. Comunque, data la sostanziale diversità delle caratteristiche fisiche delle diverse frequenze e della loro interazione con i tessuti biologici, è plausibile che anche gli eventuali effetti negativi sulla salute differiscano. In effetti, le evidenze attualmente disponibili sulle conseguenze sanitarie associate all'esposizione a campi generati a diverse frequenze non sono uniformi. Per queste ragioni vengono presi separatamente

in considerazione i campi elettromagnetici a radiofrequenza e quelli a frequenza estremamente bassa. Nella Scheda 2 sono sinteticamente riportati gli effetti relativi all'esposizione alla radiazione ultravioletta (UV), oggetto di crescente attenzione.

### Campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF)

Sorgenti tipiche di campi a RF nell'ambiente di vita sono rappresentate dagli impianti di trasmissione radiotelevisiva e per la comunicazione (telefoni cellulari e stazioni radio base).

Le uniche conseguenze dell'esposizione a RF sulla salute, che siano state finora dimostrate, riguardano effetti biologici di tipo acuto, la cui prevenzione è alla base dei limiti di esposizione attualmente in vigore. Tali limiti, stabiliti dalla Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP), un'organizzazione formalmente riconosciuta dall'OMS, sono molto superiori ai livelli di esposizione che si incontrano negli ambienti di vita.

Alcune importanti informazioni sugli effetti termici e non termici sono descritte nel rapporto dell'International EMF project dell'OMS "Campi Elettromagnetici e Salute Pubblica - Effetti sanitari dei campi a radiofrequenza".

Nonostante le attuali evidenze scientifiche indichino come improbabile che i campi RF inducano tumori o altri effetti a lungo termine, l'elevata diffusione di sorgenti a radiofrequenze, giustifica, di per sé, la necessità di comprendere se l'esposizione a livelli inferiori ai limiti attualmente in vigore per gli effetti acuti determini, a lungo termine, conseguenze sulla salute umana. Gli studi epidemiologici sugli effetti a lungo termine dell'esposizione a radiofrequenze sono ancora insufficienti rispetto allo stesso tipo di ricerche condotte per i campi elettrici e magnetici a 50/60 Hz. Rassegne della letteratura scientifica indicano in modo consistente che gli studi finora effettuati presentano disegni d'indagine e metodi di analisi molto eterogenei, carenze nella valutazione dell'esposizione e insufficiente potenza statistica.

Per quanto concerne l'esposizione a radiofrequenze nell'ambiente di vita, soltanto pochi studi hanno valutato l'associazione tra esposizione a RF ed effetti a lungo termine. Alcune indagini hanno studiato l'incidenza di tumori tra i residenti in prossimità di ripetitori televisivi, valutando per lo più l'associazione tra tassi di leucemie o altri tumori e distanza dalle emittenti. Sebbene alcuni di questi studi mostrino aumenti di rischio per alcune patologie tra le popolazioni che vivono nei pressi della sorgente di emissione, vi sono molteplici problemi interpretativi, che suggeriscono molta cautela nell'esprimere giudizi di tipo causale. In particolare, le radiofrequenze implicate sono in realtà molto eterogenee per le caratteristiche delle sorgenti considerate e per le bande di frequenza pertinenti; nessuno degli studi ha tenuto conto di altri possibili fattori di rischio, ambientali e/o professionali, per le patologie considerate, né ha effettuato stime dell'esposizione cumulativa. Inoltre, l'esposizione viene stimata solo sulla base della distanza delle abitazioni dalle sorgenti.

Un tema di particolare interesse nel campo dell'esposizione umana a campi a RF è rappresentato dall'utilizzo dei telefoni cellulari, soprattutto in ragione della loro larga diffusione.

Le previsioni delle aziende indicano, infatti, che nel 2005 ci saranno, a livello mondiale, circa un miliardo e seicento milioni di abbonati ai servizi di telefonia cellulare. I telefoni mobili attualmente sul mercato operano a frequenze comprese tra 800 e 1800 MHz ed emettono potenze massime comprese tra 0,2 e 0,6 Watt, che diminuiscono molto rapidamente con la distanza dal dispositivo. Sulla base di una revisione critica delle evidenze disponibili condotta recentemente dall'OMS, dalla Royal Society of Canada e da un comitato di esperti del Regno Unito (IEGMP 2000), la stessa OMS ha preparato un documento che riassume le principali problematiche sanitarie potenzialmente connesse all'esposizione ai campi RF prodotti dai telefoni mobili e dalle stazioni radio base. Tra i più importanti punti che emergono da questo documento, viene sottolineato che "l'evidenza scientifica attuale indica che l'espo-



sizione a campi a radiofrequenza, quali quelli emessi dai telefoni cellulari e dalle stazioni radio base, non inducono o favoriscono, verosimilmente, il cancro". Inoltre, viene riportato che tutti gli effetti sanitari finora accertati dell'esposizione a RF sono legati in modo chiaro a fenomeni di riscaldamento dei tessuti e che i livelli di emissione delle stazioni radio base a cui il pubblico può essere esposto sono notevolmente inferiori ai limiti attualmente in vigore. Per quanto concerne l'energia emessa dai telefoni cellulari, i livelli di esposizione dell'utente sono considerevolmente superiori a quelli delle stazioni radio base, ma rimangono sempre al di sotto dei limiti di esposizione fissati dalle linee guida dell'ICNIRP.

Benché il verificarsi di effetti a lungo termine da esposizione a RF nell'uomo non sia dimostrato, non è neppure possibile poter escludere effetti dannosi con un sufficiente grado di certezza. Occorre, di conseguenza, definire delle priorità di ricerca nel settore in questione, sia dal punto di vista degli effetti biologici di maggiore interesse, sia in termini di metodologie di indagine da privilegiare.

I risultati dei diversi studi sperimentali volti a valutare l'associazione tra insorgenza di tumori e l'esposizione a campi a RF sono contrastanti e nel complesso non producono evidenze di supporto per la causalità dell'associazione.

Per quanto riguarda i risultati dei pochi studi epidemiologici finora pubblicati, a parte un aumento di rischio per incidenti stradali tra gli utilizzatori di telefono cellulare, non sembra che vi siano evidenze a favore di un'associazione causale tra rischio di tumori ed uso dei sistemi di telefonia cellulare. Il limite principale di questi studi è rappresentato dal breve tempo trascorso dall'inizio della diffusione della telefonia cellulare, con la conseguente impossibilità di disporre a breve termine degli elementi necessari per poter trarre delle conclusioni attendibili: fino ad oggi si è potuto valutare esclusivamente il rischio di effetti caratterizzati da brevi periodi di induzione e breve latenza. D'altra parte, poiché è improbabile che i campi a RF inducano danni diretti sul DNA, appare verosimile che, qualora essi siano effettivamente in grado di aumentare il

rischio di tumori nella popolazione, l'ipotesi più accreditata sia che agiscano attraverso un effetto di promozione o di copromozione cancerogena.

Un altro motivo per avviare nuovi studi epidemiologici è che una raccolta sistematica ed accurata di informazioni sugli esposti e sui livelli di esposizione attuali è una condizione necessaria per la realizzazione di studi metodologicamente validi. Per questo sono attualmente in corso vari studi epidemiologici in tutto il mondo che prevedono la valutazione sia dell'esposizione individuale, tenendo conto della durata e del profilo temporale di esposizione, sia dei potenziali fattori di confondimento e lo studio di eventuali interazioni tra esposizioni concomitanti.

In Italia l'Istituto Superiore di Sanità sta partecipando ad un importante studio internazionale, che vede coinvolti 14 Paesi. Si tratta di uno studio caso-controllo sui tumori cerebrali, del nervo acustico e delle ghiandole salivari in relazione all'esposizione alle radiofrequenze connesse all'uso dei telefoni cellulari. La ragione di questo studio si basa sulla considerazione che, se un aumento nell'insorgenza dei tumori è effettivamente attribuibile all'uso dei cellulari, allora è più verosimile che essi siano localizzati nelle zone del corpo più esposte ai campi prodotti dai telefoni mobili, e cioè la testa ed il collo. Questo studio, coordinato dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), prevede complessivamente l'osservazione di circa 8.000 casi delle patologie di interesse, su un periodo di 3 anni, a partire dal 2000. In particolare, per ogni soggetto verrà ricostruita in dettaglio la storia di uso del telefono cellulare, l'anamnesi lavorativa e patologica (anche familiare), e si terrà conto dell'esposizione ad altri fattori di interesse, tra cui le RF generate da apparecchi diversi dai telefoni mobili. Occorre sottolineare che i risultati di questo studio, come di altri attualmente in corso, non saranno disponibili prima del 2004.

#### *Protezione della salute*

L'esigenza di disporre di validi dati epidemiologici non deve però implicare il differimento di misure atte a ridurre lo stato di allarme e paura della popola-

zione. A tal riguardo l'OMS raccomanda che venga istituito "un efficace sistema di informazione e comunicazione sui temi sanitari tra scienziati, governi, industria e pubblico, al fine di aumentare il livello di conoscenza generale della tecnologia dei telefoni mobili e di ridurre sfiducia e paura, siano queste ultime reali o percepite".

Più in generale, per quanto riguarda tutti i campi a RF, si dovrebbero avviare iniziative di informazione corretta e completa sui rischi connessi all'esposizione, che spieghino in modo comprensibile il livello di incertezza delle evidenze scientifiche disponibili. Queste azioni potrebbero ridurre la diffusione di allarmismi. Occorre infatti sottolineare che le situazioni ingiustificate di allarme, in quanto possono indurre stati di ansia o di paura, possono rappresentare esse stesse un fattore di rischio per la salute.

#### **Campi elettromagnetici a frequenza estremamente bassa (ELF)**

I campi elettrici e magnetici a frequenza estremamente bassa (ELF) sono tipicamente prodotti da sorgenti quali le linee elettriche ad alta tensione, i cablaggi per la fornitura di corrente ad uso domestico e tutti gli strumenti dotati di motore elettrico.

A differenza di quanto osservato per le radiofrequenze, gli studi sugli effetti dell'esposizione a campi ELF hanno avuto uno sviluppo notevole, particolarmente negli ultimi anni. Tali studi riguardano una vasta gamma di patologie e di condizioni di esposizione, sia in ambiente di vita che in ambito lavorativo.

Un certo numero di studi epidemiologici riguarda effetti a sintomatologia soggettiva (cefalee, emicranie, depressione, disturbi del sonno, ecc.). Queste indagini presentano però dei limiti, sia per quanto riguarda la caratterizzazione degli effetti, sia per l'inadeguatezza delle stime di esposizione utilizzate sia, infine, per l'assenza di un controllo per i molti potenziali fattori di confondimento delle associazioni studiate. Non è quindi attualmente possibile affermare se vi è una relazione causale tra questi effetti e l'esposizione ai campi ELF.

Nonostante la molteplicità di studi fino-



ra effettuati, le evidenze scientifiche attualmente disponibili, e che hanno un peso dal punto di vista di sanità pubblica, riguardano soprattutto un possibile incremento del rischio di leucemia infantile, in relazione all'esposizione residenziale a campi elettrici magnetici a frequenza di rete (50/60 Hz). In effetti, le indagini che hanno avuto come oggetto lo studio di questa associazione rappresentano nel contesto dei

campi ELF il filone di ricerca più rappresentato e valido dal punto di vista delle metodologie di analisi impiegate. Nel 1998 negli Stati Uniti il National Institute for Environmental Health Sciences, sulla base del parere di un gruppo di esperti che ha valutato le evidenze disponibili sugli effetti dell'esposizione a campi ELF, ha classificato i campi elettromagnetici a frequenza industriale come possibili cancerogeni

per l'uomo (Gruppo 2B della scala di classificazione IARC). Una recente meta-analisi (che ha considerato complessivamente i risultati di 24 studi) ha evidenziato rischi relativi combinati per esposizioni  $\geq 0,2 \mu\text{T}$  (1), compresi tra 1,37 e 1,63, statisticamente significativi e con bassa evidenza di eterogeneità, analizzando i risultati di 7 studi condotti tra il 1991 e il 1997 che avevano utilizzato misure dirette o

(1)  $1\mu\text{T}$  = microTesla, milionesima parte del Tesla, unità di misura dell'induzione magnetica.

SCHEDA 2	Radiazione ultravioletta
<p>Tra le radiazioni non ionizzanti quelle ultraviolette (UV) rivestono particolare rilevanza, sia per la loro accertata cancerogenicità sull'uomo, sia per le caratteristiche di involontarietà ed inevitabilità dell'esposizione (la più rilevante sorgente di UV è la radiazione solare).</p> <p>Più di due milioni di tumori della pelle di tipo non melanocitico e 200.000 melanomi maligni si registrano ogni anno nel mondo. E' previsto che una diminuzione del 10% dell'ozono stratosferico potrebbe causare annualmente altri 300.000 tumori non melanocitici e 4.500 melanomi. Inoltre, circa 3 milioni di cataratte potrebbero essere causate ogni anno dall'esposizione a raggi UV. La radiazione UV induce immunosoppressione, e ciò potrebbe avere gravi conseguenze sulla efficacia dei programmi di immunizzazione contro le malattie infettive in determinate aree geografiche.</p> <p>L'OMS insieme al "United Nations Environment Programme" (UNEP), al "World Meteorological Organization" (WMO), alla "International Agency on Cancer Research" (IARC) e alla "International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection" (ICNIRP), partecipa al progetto internazionale "INTERSUN the Global UV Project" al fine di fornire linee guida e informazioni ai Governi nazionali sui seguenti aspetti:</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. effetti sanitari ed ambientali dell'esposizione ad UV;</li><li>2. strumenti per diffondere efficientemente queste informazioni;</li><li>3. misure protettive per la popolazione generale, i lavoratori e l'ambiente contro gli effetti avversi dovuti ad un incremento della radiazione UV.</li></ol> <p>In Italia, il tasso medio di incidenza del melanoma maligno era di 5,2 per 100.000 tra gli uomini e 5,8 per 100.000 tra le donne per il periodo 1983-1987. Negli anni 1988-1992 entrambi i tumori sono aumentati, rispettivamente, a 6,5 e 7,0 per 100.000. Anche i tassi medi d'incidenza per i tumori non melanocitici della pelle sono in crescita, sia per gli uomini che per le donne.</p> <p>Nell'ambito del Piano Sanitario Nazionale 1998-2000, il Ministero della sanità indica su questo tema che "oltre alla necessità di intensificare la ricerca scientifica in tale settore, soprattutto per gli effetti a lungo termine, gli obiettivi realisticamente perseguibili nel contesto italiano sono i seguenti: la riduzione del rischio connesso con l'esposizione alle radiazioni ultraviolette, sensibilizzando la popolazione ad adottare opportune e non onerose modifiche delle abitudini di vita che non impediscano le attività ricreative e sportive all'aperto".</p>





calcolate dei campi ELF. In una analisi combinata di dati provenienti da 9 precedenti studi sono stati stimati i rischi relativi pari a 2 (95% IC: 1,27-3,13) per tutte le leucemie infantili in relazione ad una esposizione residenziale a campi ELF superiore a 0,4  $\mu$ T. In questa classe di esposizione erano inclusi 44 casi e 66 controlli. In una seconda analisi combinata da poco pubblicata, basata sui dati di 12 studi, è stato evidenziato un aumento di rischio significativo, pari a 1,7 (95% IC: 1,2-2,3) solo per la categoria di esposizione  $>0,3 \mu$ T rispetto alla categoria 0-0,1 $\mu$ T. Lo studio conclude affermando che se i risultati dovessero riflettere un effetto reale, questo sarebbe però concentrato a livelli di esposizione relativamente alti e poco comuni. Per riuscire a chiarire il ruolo dei campi ELF nell'insorgenza della leucemia infantile lo studio suggerisce la necessità di effettuare studi su popolazioni fortemente esposte.

Per quanto riguarda la situazione italiana, sono disponibili alcune stime del rischio di leucemia infantile attribuibile ad esposizioni residenziali a campi magnetici d'intensità superiore a 0,2  $\mu$ T. Tali stime sono state effettuate sulla base dei risultati preliminari di un'indagine campionaria sull'esposizione indoor a campi d'induzione magnetica e sul numero di edifici situati a diverse distanze dalle linee ad alta tensione. Le stime dei rischi relativi utilizzate per il calcolo del rischio attribuibile derivano da una meta-analisi pubblicata nel 1998. L'analisi, basandosi su un rischio relativo combinato di 1,57 (desunto dagli studi basati su stime storiche dell'esposizione), mostra che circa 1,3 nuovi casi di leucemia infantile sarebbero attribuibili ogni anno ad una esposizione residenziale a campi magnetici d'intensità superiore a 0,2  $\mu$ T, generati dalle sole linee elettriche ad alta tensione. Secondo un'altra stima, utilizzando un rischio relativo combinato di 1,66 (desunto dagli studi basati su misure sulle 24 ore per sorgenti multiple), si potrebbero verificare circa 27 nuovi casi all'anno se la frequenza di esposizione indoor a campi superiori a 0,2  $\mu$ T fosse del 10%.

È importante precisare che queste stime presentano un elevato grado di incertezza dovuto, oltre che ai limiti

delle stime di rischio combinato utilizzate, anche alla qualità dei dati disponibili sull'esposizione per la popolazione italiana. Per una corretta valutazione dell'impatto sanitario dell'esposizione a campi ELF è prioritario disporre di indagini aggiornate e valide sulla distribuzione dei livelli di esposizione sperimentati dalla popolazione italiana.

Inoltre, le stime di rischio attribuibile si basano su una ipotesi di associazione causale, che non è ancora stata chiaramente dimostrata. Poiché i risultati dei più recenti studi mostrano effetti significativi solo a livelli superiori di esposizione, il numero dei bambini a rischio potrebbe essere sostanzialmente più basso. In realtà, non è attualmente neanche possibile escludere che tali eccessi di rischio siano attribuibili ad un eventuale effetto di confondimento e/o di interazione con altri fattori di rischio per le leucemie infantili.

A tal riguardo, in Italia, è in corso di realizzazione uno studio multicentrico di tipo caso-controllo (SETIL) sulla eziologia della leucemia, del linfoma non Hodgkin e del neuroblastoma in età infantile, che potrebbe fornire importanti risultati. Si tratta di uno studio epidemiologico volto a valutare l'associazione delle patologie descritte con i fattori di rischio conosciuti o possibili. In particolare, questo studio considera l'esposizione ai campi magnetici ELF (a 50 Hz), alle radiazioni ionizzanti, ad agenti chimici (solventi, benzene, fumo passivo, inquinamento da traffico, insetticidi) e alle esposizioni connesse all'attività lavorativa dei genitori. Verranno inoltre utilizzati indicatori di esposizione ad agenti infettivi e le vaccinazioni.

In conclusione, sebbene nessun importante gruppo di esperti abbia fino ad oggi concluso che esista effettivamente un rischio derivante dall'esposizione a campi elettromagnetici, questa eventualità non può neanche essere esclusa. Il fatto che non sia stato ancora chiarito se, e in che misura, l'esposizione a campi ELF sia in grado effettivamente di aumentare il rischio per determinate patologie, non può negare di per sé la necessità di ridurre le condizioni più sfavorevoli di esposizione, soprattutto se è vero che i potenziali effetti riguardano particolarmente i bambini. Sembra pertanto opportuno perseguire

da un lato la ricerca in materia, con particolare riguardo all'identificazione di meccanismi di azione, e dall'altro adottare, nell'incertezza, politiche cautelative commisurate all'entità del problema. A tal riguardo le considerazioni ufficiali espresse dall'OMS sulla possibilità di adottare politiche cautelative nei confronti dell'esposizione a campi ELF sono illustrate nel sito web [www.who.it](http://www.who.it).

### Le radiazioni ionizzanti: il radon

Vengono definite ionizzanti le radiazioni che sono in grado di produrre, direttamente o indirettamente, la ionizzazione degli atomi e delle molecole. Questa proprietà ha importanti conseguenze in termini sanitari, in quanto i danni indotti da queste radiazioni sulle macromolecole biologiche possono dare origine a processi di cancerogenesi diretta. Tra le principali sorgenti naturali di esposizione umana vi sono la radiazione cosmica e la radiazione terrestre (radionuclidi presenti nella crosta terrestre). Nell'ultimo secolo si sono aggiunte varie sorgenti artificiali di radiazioni ionizzanti sia in campo medico che in quello industriale e militare.

Tra le sorgenti naturali il radon (Rn) rappresenta la principale fonte di esposizione a radiazioni ionizzanti nell'uomo. Il radon è un gas nobile presente in natura con tre isotopi radioattivi ( $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  e  $^{219}\text{Rn}$ ) che sono rispettivamente i prodotti intermedi del decadimento dell'uranio  $^{238}\text{U}$ , del torio  $^{232}\text{Th}$  e dell'uranio  $^{235}\text{U}$ . Da un punto di vista sanitario l'attenzione viene particolarmente focalizzata sull'isotopo  $^{222}\text{Rn}$ , sia per relativa abbondanza in natura del suo capostipite ( $^{238}\text{U}$ ), sia per il fatto che esso presenta un tempo di dimezzamento sufficientemente lungo (3,82 giorni) da consentirgli di allontanarsi dal suolo, ove si è formato, e di essere quindi inalato direttamente o attraverso particelle sospese. Dopo la deposizione nei tessuti bronchiali e polmonari, per decadimento, il radon rilascia energia sotto forma di particelle che irradiano le cellule epiteliali.

Da diversi anni l'esposizione al radon è stata classificata come cancerogena per l'uomo, soprattutto sulla base delle evidenze relative all'insorgenza del



tumore del polmone, scaturite da studi di epidemiologia in ambito professionale (minatori).

D'altra parte, la valutazione dell'impatto sulla popolazione generale dell'esposizione indoor a radon presenta alcuni importanti elementi di incertezza. Tra questi vi è innanzitutto la difficoltà di come estrapolare il rischio per la popolazione a partire dai risultati degli studi sui minatori, le cui esposizioni sono circa un ordine di grandezza superiori a quelle comunemente sperimentate nell'ambiente di vita. In particolare, non è ancora stato chiarito se, a basse dosi, il radon agisca attraverso un meccanismo di tipo lineare o con soglia; ciò comporta la necessità di scegliere tra diversi modelli di relazione dose-risposta, ognuno dei quali può portare a stime diverse dei rischi per la popolazione. Un altro aspetto riguarda i possibili effetti congiunti del fumo di sigaretta e dell'esposizione a radon nell'insorgenza del tumore del polmone.

Sebbene alcuni studi sperimentali ed epidemiologici indichino la presenza di un sinergismo, c'è ancora incertezza riguardo al fatto che l'interazione sia di tipo moltiplicativo o sub-moltiplicativo. Per queste ragioni, negli ultimi anni, sono stati condotti diversi studi epidemiologici finalizzati a valutare gli effetti dell'esposizione a radon direttamente nella popolazione generale. I primi studi effettuati presentano carenze dal punto di vista della valutazione dell'esposizione, che è stata stimata attraverso indicatori indiretti dei livelli di radon presenti nelle abitazioni. Una recente rassegna di 8 studi epidemiologici di tipo caso-controllo, accomunati da stime dell'esposizione basate su misure dirette di radon, indica un moderato e significativo incremento del rischio relativo combinato per tumore polmonare pari a 1,14 (95% IC: 1,01-1,30) (2) per livelli indoor di radon di 150 Bq/m<sup>3</sup>. Successivi calcoli sugli stessi risultati mostrano che il rischio associato a

livelli di 200 Bq/m<sup>3</sup> (concentrazioni massime per le case di futura costruzione in molti Paesi europei) è di 1,19 (95% IC: 1,01-1,42).

Per quanto concerne l'interazione tra esposizione a radon e le abitudini al fumo, gli studi epidemiologici in ambito occupazionale, a causa delle condizioni espositive radicalmente diverse da quelle riscontrate nell'ambiente di vita sono difficilmente utilizzabili per stimare l'effetto congiunto del fumo e del radon nell'insorgenza del tumore del polmone. A tal riguardo, in tutto il mondo sono attualmente in corso numerosi studi caso-controllo di popolazione finalizzati a stimare il rischio di tumore polmonare in funzione dell'esposizione residenziale cumulativa a radon, tenendo conto anche delle abitudini al fumo. In Europa, molti Paesi tra cui l'Italia, utilizzando protocolli simili, stanno effettuando studi epidemiologici che includono complessivamente 7.000 casi di tumore polmonare e 10.000

(2) Tale valore di rischio indica che la popolazione esposta ha una probabilità di contrarre la patologia del 14% maggiore di quella non esposta.

**TABELLA 2** Disponibilità di acqua potabile per la popolazione in Italia, per aree geografiche, 1996

Area geografica	Popolazione con acqua sufficiente		Popolazione con acqua non sufficiente				Totale	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
Nord Ovest	13.028.433	91,07	937.130	6,55	339.723	2,37	14.305.286	100
Nord - Est	8.073.549	92,15	420.708	4,80	267.306	3,05	8.761.563	100
Centro	6.966.037	79,82	1.050.888	12,04	710.228	8,14	8.727.153	100
Sud	2.769.349	22,18	3.160.332	25,31	6.555.359	52,51	12.485.040	100
Isole	2.841.201	45,23	739.432	11,77	2.701.404	43,00	6.282.037	100
Italia	33.678.569	66,61	6.308.490	12,48	10.574.020	20,91	50.561.079	100

FONTE: Organizzazione Mondiale della Sanità, 2000.



controlli. E' inoltre previsto che i risultati degli studi europei e di quelli americani verranno confrontati ed analizzati congiuntamente, anche utilizzando i risultati di precedenti studi.

Per quanto riguarda i livelli di esposizione indoor a radon in Italia, dal 1989 al 1994, è stata condotta una indagine da parte dell'Istituto Superiore di Sanità e dell'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Lo studio ha coinvolto tutte le Regioni italiane ed è stato effettuato su un campione di circa 5.000 abitazioni distribuite nelle 50 più grandi città (> 100.000 abitanti) e in 150 dei più piccoli centri urbani, sulla base di una strategia che garantisce la possibilità di stimare adeguatamente la distribuzione del radon in Italia.

I risultati mostrano che i più alti livelli di radon nelle abitazioni sono stati osservati nel Lazio, in Lombardia, in Friuli-Venezia Giulia e in Campania, ove rispettivamente sono state misurate concentrazioni medie di 119, 111, 99 e 95 Bq/m<sup>3</sup>.

Inoltre, i risultati di questo studio evidenziano, a livello nazionale, che il 4,0 % e lo 0,9% delle abitazioni presentano concentrazioni superiori rispettivamente a 200 e 400 Bq/m<sup>3</sup>, che sono i valori di riferimento per le case esistenti e di futura costruzione raccomandati dalla Commissione europea. Tali percentuali sono superiori - rispettivamente 4,4 % e 1,0% - quando si considerano le abitazioni dei centri più piccoli, a causa di una maggiore presenza di bassi edifici in questi contesti urbani. Infine, gli autori mostrano che il livello di radon dipende dal piano delle abitazioni, evidenziando l'importanza del suolo come sorgente dei livelli indoor di radon. D'altra parte, in accordo con la presenza di sorgenti di radon anche nei materiali da costruzione, alte concentrazioni di questo gas sono state misurate anche ai piani medio-alti di alcune abitazioni.

In conclusione, il 4% delle abitazioni incluse in questa indagine nazionale risulterebbe quindi essere non idonea in base alle raccomandazioni vigenti, e tale percentuale è ancora più elevata nelle Regioni che mostrano i più elevati livelli di radon nelle case: 8,4% in Lombardia, 9,6% in Friuli-Venezia Giulia, 12,2% nel Lazio e 6,2% in Campania.

In attesa dei risultati degli studi in corso, che contribuiranno verosimilmente ad una migliore valutazione dei rischi attribuibili all'esposizione residenziale a radon, dovrebbero essere adottate misure preventive per il contenimento dell'esposizione residenziale, soprattutto attraverso la realizzazione di campagne informative per la popolazione. Occorre infatti puntualizzare il fatto che il radon è un gas inodore e non induce alcun sintomo immediato, per cui senza un'adeguata informazione la comunità non può essere consapevole del fatto che l'esposizione prolungata comporta invece un effettivo aumento di rischio per la salute. A tal riguardo, secondo le più recenti stime effettuate indipendentemente dall'EPA e dal National Cancer Institute circa 15.000 nuovi casi di tumore polmonare sono attribuibili all'esposizione a questo gas ogni anno negli Stati Uniti. Esso rappresenta dunque il secondo fattore di rischio, dopo il fumo attivo, per questa neoplasia.

L'EPA, in una guida per il cittadino, suggerisce alcune utili raccomandazioni per ridurre l'esposizione a radon nelle case, quali, ad esempio, veicolare l'aria presente sotto i pavimenti delle case verso l'esterno con tubazioni, e chiudere tutte le fessure del pavimento e delle mura delle abitazioni.

### Le risorse idriche

Al pari dell'inquinamento atmosferico, la contaminazione delle acque rappresenta una delle principali problematiche sanitarie ed ambientali a livello globale. I progressi effettuati nella gestione delle risorse idriche hanno contribuito, nei Paesi sviluppati, ad un miglioramento dello stato di salute delle popolazioni soprattutto per quanto attiene al controllo delle patologie infettive. Tuttavia, i fenomeni di inquinamento associati all'aumento dell'industrializzazione, delle attività agricole di tipo intensivo e allo sfruttamento del territorio sta causando, oltre a profonde alterazioni degli ecosistemi acquatici, il depauperamento delle risorse idriche per uso potabile.

Nel contesto europeo, l'accesso alle risorse idriche viene condizionato da

diversi fattori, dei quali i più importanti sono il grado di dipendenza da sorgenti locali (acqua di falda), tipico delle aree rurali, e la discontinuità delle forniture di acqua attraverso acquedotti. Quest'ultimo aspetto è spesso associato ad una inefficienza dei processi di trattamento depurativo e di manutenzione e protezione dei sistemi di distribuzione.

La irregolarità nel servizio di distribuzione influisce anche sulla qualità delle acque potabili, in quanto la caduta della pressione interna delle condotte idriche favorisce l'infiltrazione di microrganismi patogeni.

Vi sono molteplici elementi di cui occorre tener conto per valutare adeguatamente la qualità delle risorse idriche da un punto di vista di sanità pubblica. Ciò è in parte dovuto alla complessità dei fenomeni di contaminazione a cui sono soggette le acque.

L'inquinamento del comparto idrico può essere di tipo chimico, microbiologico e fisico (radioattività), sebbene l'entità dell'esposizione ad elementi radioattivi contenuti nell'acqua potabile sia molto bassa.

La contaminazione chimica dipende in gran parte dalla mancata o insufficiente depurazione delle acque di scarico di origine industriale, ma anche dall'impiego di fertilizzanti e pesticidi in agricoltura. Essa interessa sia le acque superficiali, attraverso l'immissione diretta o indiretta (dilavamento del suolo) di inquinanti, sia le acque di falda, attraverso il processo di percolazione dei composti tossici presenti nelle discariche, nei terreni agricoli e nelle aree circostanti gli insediamenti industriali. Per una descrizione dei principali aspetti connessi alla produzione e smaltimento dei rifiuti, anche riguardo alla contaminazione delle acque, si rimanda alla Scheda 3.

Problemi di tipo metodologico ed analitico nella stima dell'esposizione e dei rischi associati ai diversi tipi di contaminazione chimica rendono difficile un'adeguata definizione dei parametri di potabilità. Questo vale per gli effetti di tossicità acuta, ma ancor di più per gli effetti a lungo termine, ove è necessario stimare l'esposizione di lungo periodo. A tal riguardo, gli inquinanti nelle acque destinate ad uso potabile sono general-



mente presenti a concentrazioni basse e altamente variabili.

A ciò è spesso associato un elevato grado di incertezza sia nella definizione delle dosi di assunzione "lifetime", sia nella stima dei rischi per patologie tumorali attribuibili a tali esposizioni (caratterizzate da un'eziologia multifattoriale). In particolare, la valutazione del rischio cancerogeno dei più diffusi contaminanti delle acque potabili è considerata più complessa di quella associata a miscele variabili di cancerogeni, in quanto oltre alle incertezze della misura dell'esposizione, occorre considerare che la natura chimica di molti inquinanti complica anche la determinazione sperimentale della cancerogenicità. Tra le sostanze classificate come "cancerogeni certi per l'uomo" che, anche se a basse dosi, possono essere assunte attraverso l'acqua potabile vi sono l'arsenico, il cadmio, il piombo e in misura minore l'amianto, il cloruro di vinile e il radon. Per altri composti chimici quali i pesticidi e i nitrati (fertilizzanti), considerati come potenzialmente cancerogeni, l'acqua risulta essere la principale

via di esposizione.

Da diversi anni, le più importanti agenzie di sanità pubblica internazionali sottopongono a revisione linee guida in cui vengono indicate le concentrazioni massime ammissibili o livelli di riferimento per gli inquinanti chimici, fisici e biologici.

Un altro importante aspetto dell'inquinamento del comparto idrico, è la contaminazione di tipo microbiologico. Essa origina principalmente dallo scarico nell'ambiente di acque reflue non depurate di origine civile, che presentano una carica microbica che può raggiungere livelli di alcuni milioni di microrganismi per millilitro, tra cui molte specie patogene per l'uomo. L'inquinamento microbiologico può, inoltre, essere causato indirettamente: l'immissione di composti chimici (principalmente del fosforo e dell'azoto) nei corpi idrici può dar luogo, in condizioni ambientali particolari, a fenomeni di eutrofizzazione che comportano un abnorme sviluppo di specie algali. Il successivo processo di marcescenza delle alghe, favorendo il consumo di gran parte dell'ossigeno

disciolto, determina la crescita di microrganismi anaerobi, anche di interesse sanitario.

Da un punto di vista di sanità pubblica, l'introduzione all'inizio del secolo del processo di clorazione delle acque per ridurre l'esposizione della popolazione ad agenti microbici patogeni, ha rappresentato e, tuttora, rappresenta un mezzo importante per prevenire le patologie infettive. Sebbene nel 1991 lo IARC abbia formulato la valutazione di "evidenza inadeguata" di cancerogenicità per i prodotti di clorazione dell'acqua, livelli di attenzione sulla clorazione sono basati su recenti studi che mostrano che la presenza dei prodotti di clorazione (composti organoalogenati) nell'acqua potabile può essere associata ad un aumento dell'incidenza di alcune neoplasie, quali il tumore della vescica e del retto. Occorre, inoltre, precisare che i composti organoalogenati oltre a formarsi in seguito al processo di potabilizzazione per clorazione, derivano anche dallo smaltimento non idoneo di rifiuti che contengono solventi clorurati di sintesi. Questa problematica rappre-

**TABELLA 3**

**Percentuale di popolazione che ha dichiarato discontinuità nei sistemi di distribuzione di acqua, per aree geografiche, 1993-1996**

Anno	Nord-Ovest	Nord-Est	Centro	Sud	Isole	Italia
1993	7,9	6,7	15,5	34,5	41,2	18,7
1994	8,1	5,3	13,4	21,5	42,9	15,5
1995	7,8	6,6	12,0	21,0	38,3	14,7
1996	8,4	5,5	10,1	17,6	24,2	12,0

FONTE: ISTAT, 1998.



senta attualmente uno dei principali elementi di dibattito a livello internazionale sia da un punto di vista scientifico che di sanità pubblica. Per quanto concerne la situazione italiana, dai risultati di una indagine condotta dall'ISTAT sulla qualità del servizio di distribuzione dell'acqua potabile in Italia nel periodo 1993-1996, risulta che il Centro-Sud e le Isole presentano le più alte percentuali di popolazione con insufficiente fornitura di acqua (tabella 2). Inoltre, in queste stesse aree, è anche più elevata la percentuale di popolazione che riporta discontinuità nell'erogazione (tabella 3). Il peggioramento dei parametri igienico-sanitari associati alla insufficienza e/o irregolarità nella distribuzione di acqua potabile in queste regioni italiane sembrerebbe suggerito anche dal fatto che l'incidenza dell'epatite A è circa 2,5 volte più elevata al Sud rispetto al Nord del Paese, sebbene altri fattori, quali il consumo di alimenti contaminati, possano contribuire a spiegare tali differenze.

La situazione sanitaria ed ambientale connessa all'inquinamento e alla disponibilità di risorse idriche nel nostro Paese coincide, sotto molti aspetti, a quella degli altri Paesi europei. Recentemente, la Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale (CCTN), chiamata ad esprimere un parere sulla cancerogenicità dei prodotti di clorazione presenti nell'acqua potabile, ha dichiarato sulla base dei risultati degli studi sperimentali disponibili, che l'attività mutagena e cancerogena attribuita ai composti organoalogenati non è da considerarsi di particolare rilevanza per l'uomo, sebbene un maggior grado di evidenza sembri scaturire dai risultati di studi epidemiologici e sperimentali sulla tossicità riproduttiva di alcuni di questi prodotti di clorazione. Poiché quindi non si può ragionevolmente escludere una completa assenza di rischio per la popolazione, sembrerebbe opportuno individuare strategie di gestione dei rischi che, avvalendosi di una corretta applicazione delle tecnologie disponibili, permettano di controlla-

re adeguatamente il rischio microbiologico e nel contempo di minimizzare la presenza di composti organo-alogenati nelle acque potabili. A dare valore ad un approccio cautelativo di questo tipo concorre il fatto che in Italia circa 30 milioni di persone sono esposte, sebbene a bassi livelli, ai prodotti di clorazione. Infatti, l'80% delle acque distribuite dagli acquedotti sul territorio nazionale (che sono circa il 90% delle acque potabili utilizzate) vengono sottoposte a questi trattamenti. In Italia, la normativa vigente prevede una Concentrazione Massima Ammissibile (CMA) di composti organoalogenati pari a 30µg/m<sup>3</sup> (DPR 236/1988). Sebbene i livelli di esposizione della popolazione italiana si siano sensibilmente ridotti, è possibile che in alcune aree ci siano stati per anni alcuni milioni di persone che hanno consumato acqua con concentrazioni elevate di composti organoclorurati (anche fino ad alcune centinaia di µg/m<sup>3</sup>) (3). Per queste popolazioni sarebbero auspicabili interventi di monitoraggio

(3) OMS, 1997.

SCHEDA 3

Rifiuti e contaminazione delle risorse idriche

Le problematiche connesse alla produzione, allo smaltimento dei rifiuti e alla contaminazione delle risorse idriche rientrano tra le emergenze ambientali e sanitarie di tutti i Paesi industrializzati. Alla complessità dei processi coinvolti nella gestione dei rifiuti (raccolta, trasporto, stoccaggio provvisorio, trattamento e smaltimento finale) corrisponde una molteplicità di scenari di esposizione e di potenziali effetti sulla salute. Particolare importanza assume il problema delle contaminazioni delle risorse idriche destinate ad uso potabile. Nella Regione europea tra il 1990 e il 1995 ad un incremento nella crescita economica (GDP) del 6,5% è associato un aumento del 10% nella produzione di rifiuti. Circa la metà dei rifiuti prodotti in Europa deriva dall'industria manifatturiera e dalle attività di costruzione e demolizione, mentre i rifiuti urbani, le attività minerarie ed altre fonti contribuiscono per un terzo del totale. In Italia, la potenzialità degli impianti autorizzati per un idoneo smaltimento dei rifiuti urbani è insufficiente rispetto alle

necessità, e notevoli disomogeneità sono presenti sul territorio; lo smaltimento dei rifiuti urbani avviene principalmente tramite discariche (circa il 90%), ove la contaminazione è principalmente a carico del suolo e delle falde acquifere; una quantità di rifiuti inferiore al 10% viene invece smaltita in impianti di incenerimento, con un impatto soprattutto a carico dell'atmosfera. Recentemente è entrata in vigore la Direttiva 1999/31/CE del Consiglio, del 26 aprile 1999, (Gazzetta Ufficiale 182 del 16.7.1999) relativa alle discariche di rifiuti. Obiettivo generale (art.1) di questa Direttiva è "prevedere, mediante rigidi requisiti operativi e tecnici per i rifiuti e le discariche, misure, procedure e orientamenti volti a prevenire o a ridurre il più possibile le ripercussioni negative sull'ambiente, in particolare l'inquinamento delle acque superficiali, delle acque freatiche, del suolo e dell'atmosfera, e sull'ambiente globale, compreso l'effetto serra, nonché i rischi per la salute umana risultanti dalle discariche di rifiuti, durante l'intero ciclo di vita della discarica."





atti ad identificare precocemente l'insorgenza di patologie e promuovere adeguate misure di controllo.

### L'amianto

Una prima analisi sistematica dei dati disponibili sugli effetti cancerogeni associati all'esposizione umana ad amianto (o asbesto) risale al 1973. Negli anni successivi, l'accumularsi di un consistente numero di evidenze, sia di tipo sperimentale che epidemiologico, ha portato lo IARC a classificare l'amianto come cancerogeno certo per l'uomo. Dunque, sebbene da decenni si riconosca la pericolosità dell'amianto, soltanto a partire dal 1992, a seguito dell'emanazione della Legge 257 concernente le "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto", la produzione di amianto è stata definitivamente vietata in Italia. E' stato evidenziato che i ritardi nella realizzazione di interventi preventivi hanno contribuito a determinare la vasta epidemia di patologie da amianto in Italia, ai cui effetti stiamo ancora oggi assistendo. Inoltre, benché oggi non vi siano più lavoratori nel settore della produzione, un numero imprecisato di soggetti è tuttora esposto all'amianto presente sia come isolante in svariati luoghi di lavoro, sia come contaminante ambientale in aree ove veniva prodotto e sottoposto a lavorazione.

A dare un valore di priorità alla ricerca scientifica e alle azioni di sanità pubblica sul tema dell'esposizione ad amianto, concorre il fatto che la curva epidemica del mesotelioma pleurico, patologia specificamente associata all'esposizione ad amianto, sia in Italia tuttora in fase ascendente.

Nel nostro Paese, infatti, nel periodo 1969-1994 la mortalità per tumore maligno della pleura ha avuto un aumento medio del 15% ogni 5 anni, e si è passati da circa 500 a circa 900 decessi all'anno; inoltre, la distribuzione dei casi è fortemente eterogenea, e si concentra nelle regioni in cui la produzione e l'impiego di amianto sono stati più elevati.

I risultati di un'analisi ENEA-ISS della mortalità per tumore maligno della

pleura, condotta su base comunale sull'intero territorio nazionale per il periodo 1988-1992, e confermati da un successivo aggiornamento al 1994, forniscono elementi importanti per individuare le aree a rischio per patologie da amianto. La mortalità osservata in ogni comune è stata confrontata con quella attesa in base ai dati di mortalità regionali e/o nazionali. In tabella 4 vengono riportati, solo per i Comuni con almeno 10 decessi, il numero di casi osservati, il numero di casi attesi (decessi che si sarebbero dovuti verificare nell'area di studio se la mortalità avesse avuto la stessa intensità) e i rapporti standardizzati di mortalità (SMR= casi osservati / casi attesi x 100). I risultati di questa analisi evidenziano che le aree a più elevata mortalità sono quelle costiere di una parte della Liguria, quelle tra Trieste e Monfalcone, i Comuni sedi di porti come Venezia, Livorno, Ancona, Napoli, Taranto, Villa San Giovanni, Palermo, Cagliari.

Sono, inoltre, evidenziate le aree in cui si è sviluppata l'industria del cemento-amianto, quali Casale Monferrato, Broni, Reggio-Emilia e Bari. Occorre, infine, segnalare anche le aree industriali di Torino e Milano, in cui vi sono molteplici sorgenti di esposizione ad amianto.

Una peculiarità dell'analisi geografica della mortalità per mesotelioma pleurico, vista la specificità dell'associazione con l'esposizione ad amianto, è che può consentire di individuare sorgenti di esposizione ad amianto anche in aree ove queste non sono conosciute.

Un recente studio ha mostrato, ad esempio, che nella città siciliana di Biancavilla, in seguito alla pubblicazione del rapporto sopra citato e alla segnalazione di 4 casi da parte della ASL di Catania, sono stati successivamente identificati 17 casi di mesotelioma pleurico, per i quali non si segnalava alcuna esposizione professionale ad amianto.

Da successive indagini è emerso che in una cava di pietrisco ubicata nei pressi della città, i cui prodotti erano usati dalle imprese di costruzioni locali, si trova lo stesso tipo di fibre rinvenute nel tessuto polmonare di uno dei casi.

Sempre in Italia, uno studio epidemiologico ha dimostrato una associazione significativa fra rischio di mesotelioma tra i residenti in prossimità di uno stabilimento per la produzione di manufatti in cemento-amianto. L'importanza di non trascurare la problematica dell'esposizione ambientale ad amianto trova fondamento anche in alcune recenti stime effettuate su casistiche raccolte in Piemonte, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana e Puglia dal Registro Nazionale Mesoteliomi nel periodo 1993-1996. Questi dati mostrano che le esposizioni ambientali e quelle domestiche compaiono rispettivamente nel 9% e nel 4% dei casi studiati.

Oltre al mesotelioma pleurico, l'esposizione ad amianto è associata in modo causale anche al tumore del polmone. Tuttavia, poiché il tumore polmonare è una neoplasia ad eziologia multifattoriale, associata principalmente al fumo di sigaretta, ma anche ad altri agenti causali di origine ambientale e professionale, le analisi temporali e/o spaziali della mortalità per questa patologia non possono quindi aiutare nell'individuazione di specifiche situazioni a rischio. D'altra parte, utilizzando il tumore pleurico come indicatore di pregressa esposizione ad amianto, un recente studio ha consentito di stimare che circa il 4% dei casi di tumore polmonare verificatisi nella popolazione maschile del Piemonte fra il 1980 e il 1992 erano attribuibili all'esposizione ad amianto. Nonostante il rischio relativo per tumore polmonare sia inferiore a quello per tumore pleurico, la sua maggiore frequenza fa sì che il numero di tumori polmonari attribuibili ad esposizioni ad amianto sia elevato.

Nel citato studio in Piemonte, ad esempio, sono stati stimati 85 casi attribuibili l'anno. In conclusione si può affermare che sebbene in Italia sia in corso un'epidemia di malattie da amianto, probabilmente ancora in fase crescente, vi sono ancora notevoli problemi sia nell'identificare adeguatamente le sorgenti di esposizione occupazionali e ambientali (e quindi procedere al risanamento e bonifica), sia, nel quantificare le reali dimensioni del problema sanitario.

**TABELLA 4** Mortalità osservata per il tumore maligno della pleura nei Comuni italiani, (solo Comuni con almeno 10 decessi), casi attesi e tasso standard di mortalità (SMR), 1988-1994

Regione	Comune	Casi osservati	Casi attesi (1)	SMR (2)
Piemonte	Alessandria	37	12,51	296
	Biella	16	6,69	239
	Casale Monferrato	126	5,45	2.310
	Collegno	16	4,66	343
	Torino	189	118,27	160
	Valenza	11	2,69	409
Lombardia	Broni	21	1,48	1.420
	Lecco	13	6,09	213
	Legnano	15	5,53	271
	Lodi	15	5,07	296
	Milano	227	179,18	127
	Monza	31	12,76	243
	Treviglio	13	2,83	459
	Voghera	14	5,68	247
Veneto	Bassano del Grappa	10	4,17	240
	Padova	41	25,03	164
	Venezia	89	37,44	238
Friuli - Venezia Giulia	Gorizia	12	5,57	216
	Monfalcone	40	4,05	987
	Muggia	12	1,88	637
	Ronchi dei Legionari	13	1,35	963
	Trieste	73	36,90	198
Liguria	Chiavari	11	4,66	236
	Genova	390	98,59	396
	La Spezia	72	15,54	463
	Savona	22	10,28	214
	Sestri Levante	15	3,10	484
Emilia - Romagna	Forlì	22	11,55	191
	Reggio nell'Emilia	23	13,93	165
Toscana	Livorno	66	18,65	354
	Viareggio	13	6,26	208
Marche	Ancona	33	10,41	317
Campania	Napoli	111	75,47	147
	Portici	11	5,04	218
Puglia	Bari	39	26,07	150
	Molfetta	11	5,39	204
	Taranto	69	16,69	413
Sicilia	Augusta	10	2,17	460
	Palermo	65	42,39	153
Sardegna	Cagliari	25	15,16	165

(1) Decessi attesi nell'area di studio: casi che si sarebbero dovuti verificare se la mortalità avesse avuto la stessa intensità nell'area di riferimento.

(2) Rapporto Standardizzato di Mortalità : è il rapporto tra i casi osservati e i casi attesi x 100.



### La salute in ambiente di lavoro

L'ambiente di lavoro è talmente legato allo sviluppo economico e alla tutela dell'ecosistema da essere diventato oggetto di scontro mondiale tra i diversi sistemi economici continentali. L'inesistenza e/o la mancata applicazione di norme a tutela della salute del lavoratore è infatti diventata una delle prassi di dumping ecologico e sociale. La maggior parte della popolazione trascorre nell'ambiente di lavoro la gran parte del suo tempo.

La forza lavoro è stimata in più di 2,5 miliardi di persone, di queste circa il 60-70% sono maschi e la restante parte è composta da donne.

Il 75% circa si trova nei Paesi in via di sviluppo, dove è maggiormente diffuso il lavoro minorile, fenomeno largamente nascosto a causa della scarsità di dati, anche se International Labour Organization (ILO) stima che ci siano circa 250 milioni di bambini tra i 5 e i

14 anni impegnati in attività lavorative. Il fenomeno è dilagante nei Paesi in via di sviluppo, ma anche nei Paesi più ricchi non è scomparso del tutto: la crisi economica e l'immigrazione hanno fatto lievitare il fenomeno.

Si stima, infatti, che in Italia siano 500mila i bambini impegnati nel lavoro nero.

Ma l'attenzione sulle condizioni di lavoro è viva: alcune imprese adottano spontaneamente dei codici di condotta sugli standard lavorativi e ambientali all'interno della propria azienda e, inoltre, non bisogna dimenticare, l'adozione di standard internazionali, specificamente riferiti alle condizioni di lavoro, tra i quali citiamo il Social Accountability 8.000, il BSI 8.800 e l'OHSAS serie 18.000.

In Italia è in discussione al Parlamento una legge sulla trasparenza delle condizioni socio-ambientali della produzione, che prevede anche il rilascio di un marchio sulla qualità del lavoro.

Questi sintetici dati evidenziano come

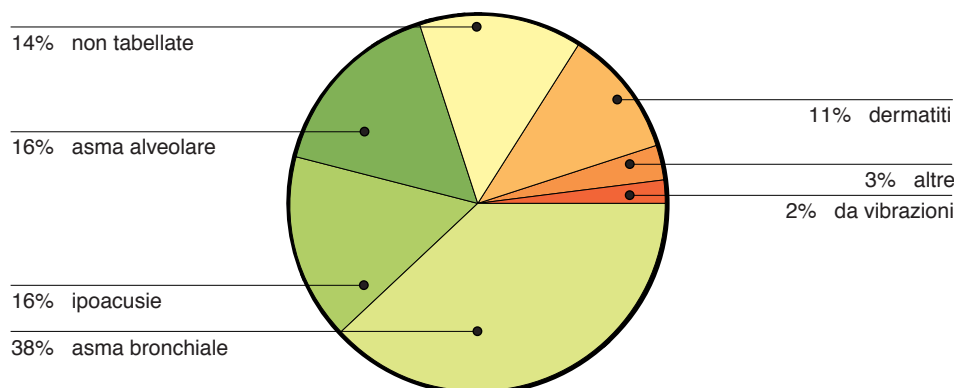
il rischio lavorativo costituisca una minaccia per gran parte della popolazione mondiale (l'ILO stima che ogni anno nel mondo ammontino a più di un milione gli incidenti e le malattie collegate al lavoro), non solo nei Paesi poveri dove gli standard ambientali e di sicurezza sul lavoro non sono stringenti ma anche nei Paesi sviluppati. Inoltre la Corte Costituzionale, chiamata a pronunciarsi sul referendum relativo all'assicurazione infortuni, ha confermato l'obbligatorietà della stessa e la sua natura pubblica.

L'INAIL investe, perciò, molte energie in questi campi perché sono alla base di una corretta impostazione del tema della prevenzione.

La tutela, infatti, deve essere globale e, perciò, deve partire dalla prevenzione, che consente di eliminare alla radice le morti, gli infortuni e le malattie collegate al lavoro che sono generalmente evitabili, consentendo così, il risparmio di notevoli costi umani e finanziari, per arrivare ad azioni di intervento finaliz-

FIGURA 1

Malattie professionali indennizzate, 1994-1999



FONTE: INAIL, 1999.



zate alla riduzione degli infortuni e di indennizzo.

Occorre sottolineare, inoltre, la crescente attenzione della popolazione sugli incidenti industriali che, chiaramente, coinvolgono il territorio e gli abitanti posti nelle zone confinanti, con conseguenze dannose per l'uomo e per l'ambiente.

Ciò può generare dei conflitti sociali che insorgono anche quando si tratta di decidere la localizzazione sul territorio di particolari categorie di imprese, considerate particolarmente pericolose.

**Settore primario - agricoltura: malattie professionali**

L'impatto ambientale e sulla salute del settore agricolo, dal punto di vista quali-quantitativo, considerato anche l'elevato livello di industrializzazione del settore, non è diverso da quello di altre attività produttive, anche se il settore ha una ristretta platea di addetti che, negli ultimi cinquanta anni, si è

ridotta così come le superfici coltivate Superficie Agricola Utilizzata (SAU).

La pericolosità per l'uomo e per l'ambiente è individuata negli strumenti meccanici e nell'uso crescente di fertilizzanti e fitofarmaci.

Si tratta di sostanze che pongono problemi lungo il loro intero ciclo di vita: dalla produzione allo stoccaggio, alla distribuzione e all'impiego.

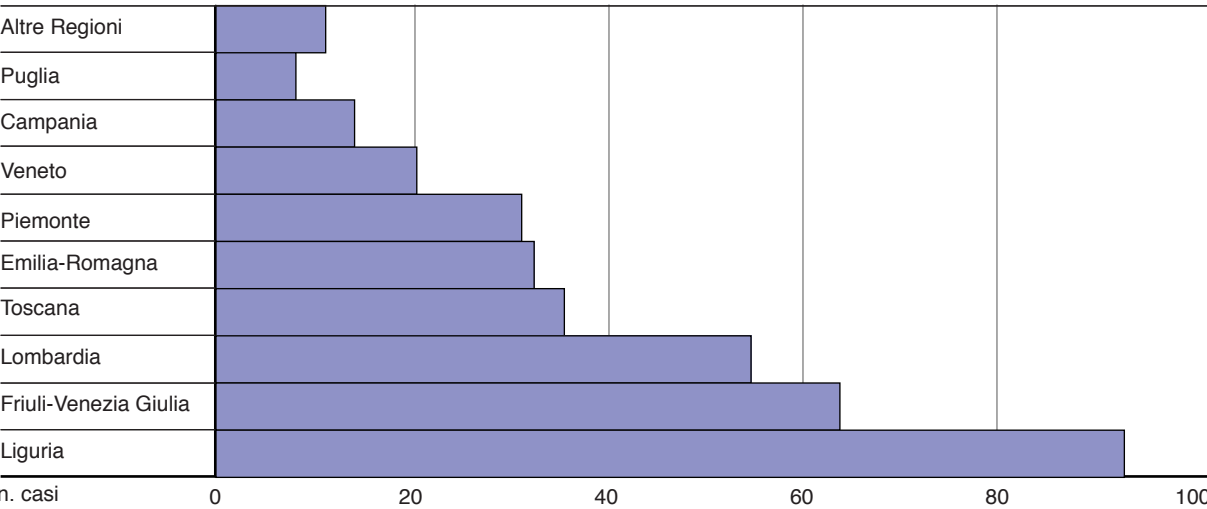
I pesanti effetti sull'ambiente e sulla salute dell'uomo sono già stati scientificamente documentati e validati: attraverso le dispersioni in atmosfera e le penetrazioni nel terreno, queste sostanze inquinano le falde acquifere fino a rendere l'acqua non potabile e contaminando i cibi vegetali ed animali. Inoltre, non bisogna dimenticare l'emissione incontrollata di metano e di altri gas (CO<sub>2</sub> compresa) provenienti dalla decomposizione di sostanze di scarto (biomasse vegetali), degli inquinanti organici derivanti da allevamenti intensivi e dalle serre che sono attività a forte impatto ambientale.

Anche composti a bassa tossicità intrinseca, come quelli a base di cloro, possono avere, comunque, elevata pericolosità perché persistono molto a lungo nell'ambiente ed hanno diffusione su ampi territori.

Oltre a questi, va ricordata l'atrazina, uno dei principali componenti dei pesticidi più diffusi, considerata una sostanza possibilmente oncogena per l'uomo, il cui uso si teme che determini un rischio anche per la riproduzione e lo sviluppo.

L'esposizione ai pesticidi coinvolge in modo differente gli addetti all'agricoltura, esposti a diverse varietà di pesticidi i cui effetti negativi possono sommersi, ma per un periodo di tempo in genere più limitato e, forse, con l'utilizzo di idonee misure di prevenzione. L'uso dei pesticidi determina anche elementi di rischio a monte dell'utilizzazione agricola (industria di produzione) e a valle (popolazione destinataria di alimenti e/o utilizzatrice delle falde nei bacini idrografici con elevata atti-

**FIGURA 2** Malattie professionali indennizzate, 1994-1999



FONTE: INAIL, 1999.



vità agricola). Anche se l'esposizione può avvenire in vari modi, la popolazione ha elementi di rischio principalmente per ingestione di agenti tossici contenuti negli alimenti e/o nelle acque di uso quotidiano inquinate. Le patologie collegabili sono: intossi-

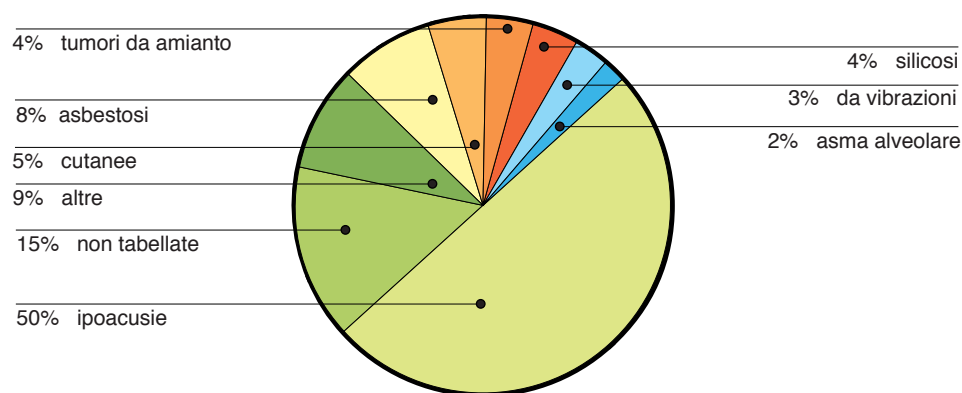
cazioni, avvelenamenti, aumento dell'insorgenza di tumori e leucemie, malformazioni fetali e mutazioni del patrimonio genetico.

Il WHO Pesticide Evaluation Scheme è l'unico programma internazionale che promuove la sperimentazione e la va-

lutazione di nuovi pesticidi per verificare gli effetti sulla salute pubblica. Da un'analisi dei dati INAIL sulle malattie professionali si nota una sottostima del fenomeno, in particolare modo per quanto riguarda il rischio chimico: nonostante nelle tabelle

FIGURA 3

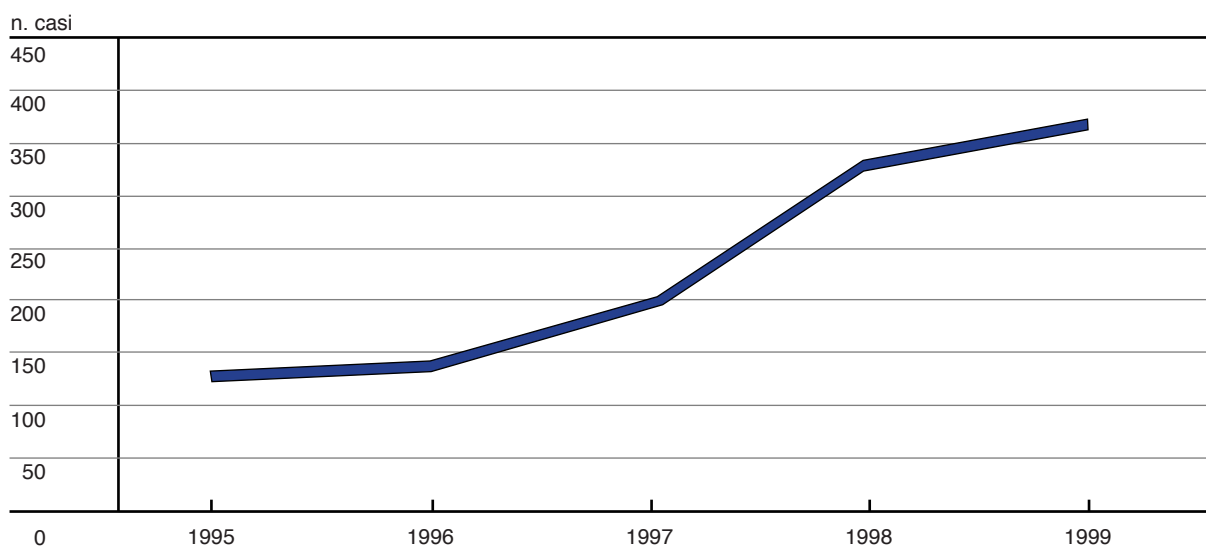
Incidenza delle principali malattie professionali, 1995-1999



FONTE: INAIL, 1999.

FIGURA 4

Casi di tumore professionale riconosciuti, 1995-1999



FONTE: INAIL, 1999.





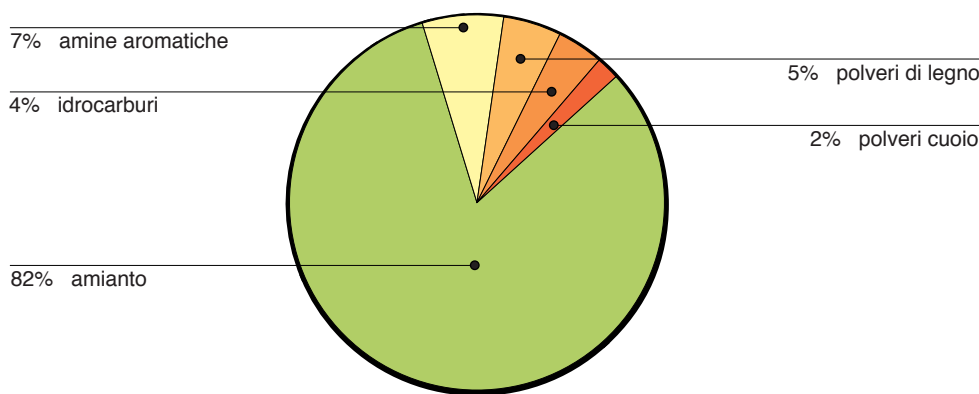
vigenti delle malattie professionali siano inserite circa venti voci riguardanti agenti antiparassitari, le segnalazioni sono poche e spesso si tratta di intossicazione acuta. Una spiegazione si trova nell'assetto agricolo del nostro Paese: la non suffi-

ciente professionalità degli addetti, la frammentazione e la dispersione sul territorio, la variabilità delle mansioni e dei tempi di adibizione rendono difficile quantificare i rischi in relazione ai diversi agenti.

Settore secondario - industria: malattie professionali

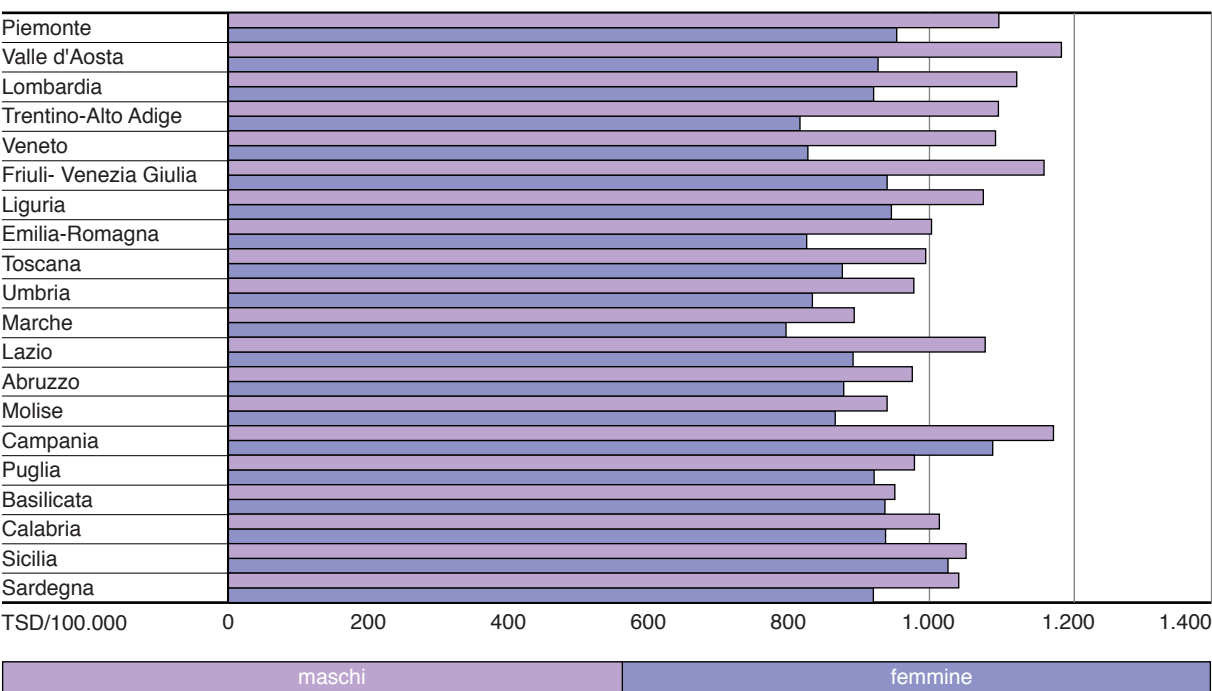
Nel 1999 sono state denunciate in Italia più di 24mila malattie professionali, di cui 14mila circa non tabellate. Nel complesso, dal 1994 ad oggi, si

**FIGURA 5** Casi di tumore professionale riconosciuti, secondo l'agente cancerogeno, 1995-1999



FONTE: INAIL, 1999.

**FIGURA 6** Mortalità per tutte le cause nelle regioni italiane, 1990-1994



FONTE: elaborazione ENEA su dati ISTAT, 2000.



assiste ad una diminuzione anche se le malattie professionali non tabellate segnano un continuo aumento.

Il fenomeno però ha negli anni subito una evoluzione, non soltanto in termini quantitativi ma qualitativi.

Le modificazioni avvenute nel sistema economico e negli apparati produttivi dagli anni '50 in poi si trovano riflesse nelle malattie professionali denunciate e indennizzate dall'INAIL e nella medicina del lavoro.

E' del 1929 il primo intervento legislativo che estende la garanzia assicurativa alle malattie professionali, introducendo il sistema tabellare che inizialmente prevedeva 6 "intossicazioni" di sicura origine professionale, dovute alla presenza di piombo, mercurio, fosforo, solfuro di carbonio e benzolo e una malattia parassitaria, l'anchilostomiasi.

L'intervento legislativo in materia di malattie professionali non è stato contestuale ad analoghi provvedimenti di tutela del lavoratore dagli infortuni: la

consapevolezza della insalubrità di alcuni ambienti di lavoro, e il fenomeno sociale che esse rappresentano, è successivo al verificarsi di vere e proprie epidemie riconducibili alla crescente quantità e alla varietà di sostanze chimiche adoperate nei processi produttivi.

L'amianto e il Cloruro di Vinile Monomero (CVM) (componente base nella produzione di sostanze plastiche e utilizzato a Porto Marghera) sono solo degli esempi (figura 2).

L'elevata incidenza dei tumori da amianto, insieme alla loro distribuzione territoriale, induce ad una riflessione sulle modalità in cui è avvenuta l'industrializzazione di alcune zone del nostro Paese.

La tumultuosa crescita economica ha creato ricchezza ma, contemporaneamente, sta comportando uno sviluppo non sostenibile, i cui effetti negativi si evidenziano palesemente a distanza di tempo e sono a carico delle ultime generazioni, anche economicamente:

pensiamo ai costi dei soli interventi di messa in sicurezza e di bonifica di siti inquinati.

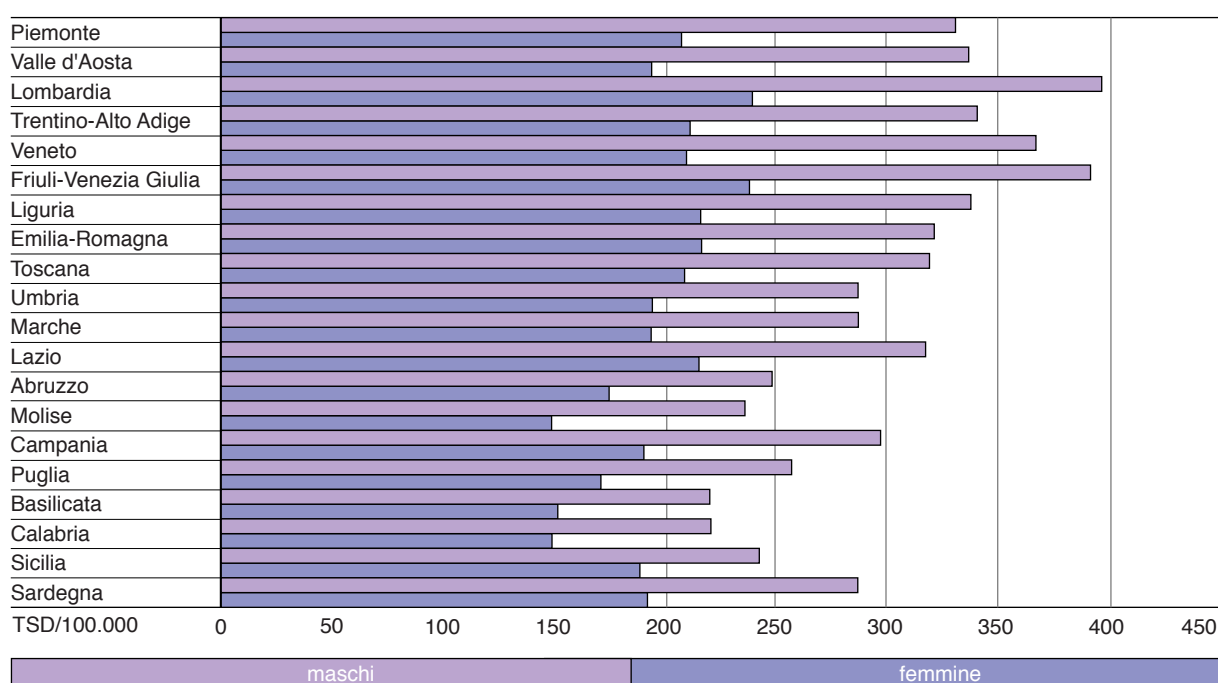
Successivi interventi del legislatore ampliarono, adeguandola alle nuove conoscenze e alle mutate situazioni produttive, la tabella delle malattie professionali; in particolare il DPR 336/94 porta a 58 le malattie professionali per l'industria e a 27 le voci per l'agricoltura.

Per le malattie professionali esiste un problema di riconoscimento delle stesse, nel senso che mentre all'inizio queste si manifestavano con sintomi più chiaramente riconducibili a sostanze pericolose usate nel posto di lavoro, ora è più difficile la diagnosi, tanto è vero che molti parlano di malattie perdute.

E' probabile, infatti, che dietro il trend in calo dei dati INAIL ci sia semplicemente un mutamento nei rischi, piuttosto che una diminuzione degli stessi per effetto dell'introduzione di norme di sicurezza o della diffusione di una maggiore cultura della prevenzione, e

FIGURA 7

Mortalità per tumori nelle regioni italiane, 1990-1994



FONTE: elaborazione ENEA su dati ISTAT, 2000.



una difficoltà a far corrispondere ai nuovi rischi una maggiore tutela, nonostante che la sentenza della Corte Costituzionale n. 179 del 1988 abbia consentito l'introduzione anche in Italia del cosiddetto "sistema misto". Si è assistito durante gli anni '50 a una trasformazione delle attività artigianali in industriali, senza un adeguamento dei mezzi di prevenzione, che ha portato ad un aumento, a volte vertiginoso, di patologie fino ad allora poco diffuse.

Pensiamo al boom dell'edilizia e al crescente utilizzo di materiali pericolosi come l'amianto, oppure all'espansione dell'industria dei pellami e alle connesse patologie neoplastiche provocate dal benzolo usato come solvente. Successivamente negli anni '60 vennero prodotti ed usati nei processi produttivi di tipo industriale ed artigianale, oltre che in agricoltura, una crescente quantità di sostanze chimiche, molto differenti anche nella composizione. Si assistette così ad una forte espan-

sione di tumori e di altre patologie legate all'uso, spesso sconsiderato, di plastificanti, solventi, idrocarburi, coloranti, vernici.

Negli anni '70, invece, il miglioramento per queste patologie è stato netto, grazie soprattutto all'innovazione tecnologica e a più marcate misure di prevenzione e di difesa della salute dei lavoratori, largamente applicate nella grande e media impresa (più di 500 addetti).

Contemporaneamente però si verificano forme morbose a manifestazione più lenta e meno chiaramente riconducibili ad una esposizione di origine professionale, se non facendo ricorso a competenze ed esperienze multidisciplinari.

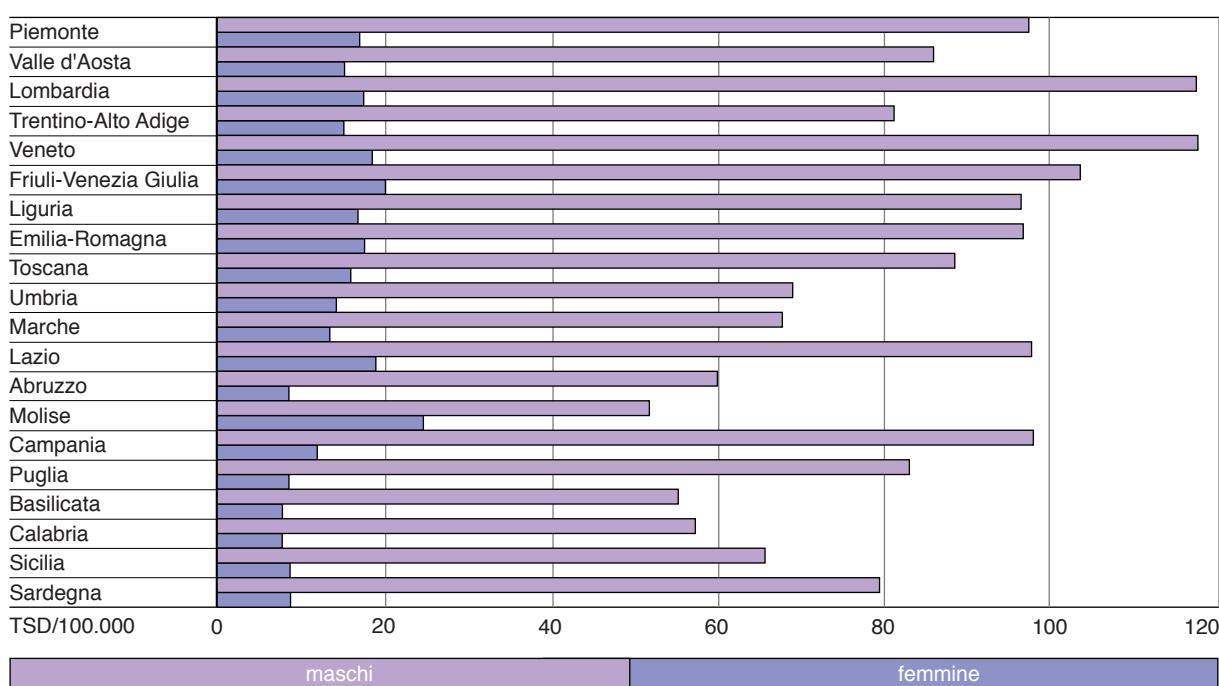
Si pensi alle patologie che interessano l'apparato respiratorio determinate da esposizione a livelli anche molto bassi di alcune sostanze chimiche o biologiche, nelle quali svolge un ruolo non marginale la predisposizione e le modalità di esposizione.

L'uso degli indicatori è presente anche in questo settore perché devono concorrere più condizioni affinché una malattia venga definita come professionale e, cioè, esposizione e relativi rischi, tempi e modi di esposizione, compatibilità della malattia con quello specifico rischio.

Negli ultimi anni, inoltre, è invalsa la necessità di affinare i metodi diagnostici, non solo tecnicamente, ma anche dal punto di vista di una specifica formazione degli addetti ai lavori, a partire dai medici, i cui risultati forniscono una nuova distribuzione dell'incidenza delle principali malattie professionali dal 1995 al 1999 (figura 3).

Nel settore industria per quasi tutte le malattie professionali si registrano dei picchi intorno agli anni '80, con una progressiva riduzione successivamente, in linea con una diminuzione dell'importanza relativa di quei settori produttivi che sono stati protagonisti negativi nella storia delle malattie professionali e coerentemente con l'intro-

**FIGURA 8** Mortalità per tumori della trachea, bronchi e polmoni nelle regioni italiane, 1990-1994



FONTE: elaborazione ENEA su dati ISTAT, 2000.



duzione e l'applicazione su più larga scala delle norme di prevenzione e sicurezza sul luogo di lavoro.

Gli unici dati in controtendenza si registrano per alcune neoplasie, per l'asbestosi collegata all'amianto e per le malattie professionali non tabellate.

In quest'ultimo caso, la sentenza della Corte Costituzionale del 1988, che ha introdotto il sistema misto, ha aperto la strada a numerose denunce di malattie professionali non tabellate.

Soltanto raramente la denuncia ha riguardato malattie provocate da lavorazioni o agenti patogeni sconosciuti alla medicina del lavoro e, quindi, trattandosi di patologie note alla scienza medica, è evidente il ritardo del legislatore nell'aggiornare gli strumenti normativi, gli unici che garantiscono una tutela effettiva, tema che verrà ripreso con specifico riferimento ai tumori.

I casi di asbestosi polmonare si sono mantenuti piuttosto costanti nel tren-

tennio 1965-1995, nonostante nel 1994 sia stata interdetta la produzione di amianto.

Nell'ultimo quinquennio si sono registrati oltre 1.000 casi di asbestosi polmonare, in conseguenza al largo uso di amianto che si è fatto in passato.

Ciò ha provocato dei veri e propri casi di contaminazione ambientale senza considerare il fatto che la malattia è caratterizzata da un lungo periodo di latenza (15-20 anni).

Per i tumori collegabili alla presenza delle polveri di legno e cuoio e all'asbesto, si registra un incremento degli stessi dopo il 1988 (in conseguenza della sentenza della Corte Costituzionale) ma, soprattutto, di nuovo, dopo il 1994 (figura 4), in quanto il DPR 336/94 ha inserito in tabella le neoplasie causate queste sostanze. A completamento della figura 5, relativa alle percentuali di malattie connesse con le sostanze cancerogene sopracitate, si fa notare che i

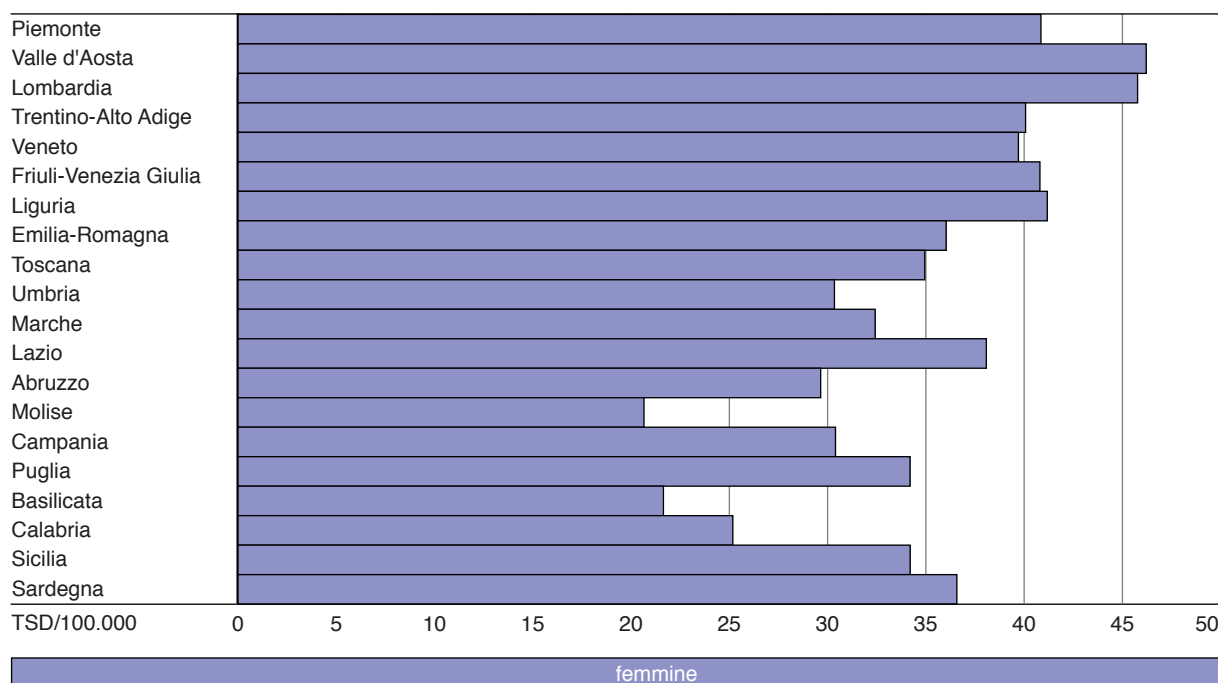
lavoratori occupati nei settori della lavorazione del legno e del cuoio, industria della gomma, produzione materie plastiche e prodotti chimici, dove queste sostanze sono in uso (fatta eccezione per l'amianto) sono circa il 5% degli occupati.

Ciò conferma che la tutela per il lavoratore è più efficace quando si rientra nelle patologie tabellate e, di conseguenza, l'importanza di una revisione e di un aggiornamento periodico delle stesse così come previsto dal DLgs 38/2000.

In genere, comunque, il dato per i tumori professionali è in aumento, e quindi in controtendenza, rispetto all'andamento complessivo delle malattie professionali negli ultimi anni. Statistiche di più Paesi sono concordi nel ritenere che il fumo e l'alimentazione sono responsabili per più del 60% dei tumori, le attività industriali incidono per il 4%, mentre cause genetiche, ambientali e non note per il 15%.

FIGURA 9

Mortalità per tumori della mammella nelle regioni italiane, 1990-1994



Fonte: elaborazione ENEA su dati ISTAT, 2000.



Da questo si può facilmente comprendere il problema delle concause e dell'interazione tra di esse, già evidenziato con riferimento alla generalità delle malattie professionali manifestatesi più di recente (pensiamo al rumore ma non solo), e quindi l'inscindibilità tra fattori lavorativi e ambientali e il fatto che il rischio totale sia maggiore della somma dei singoli rischi.

Per stabilire un nesso causale, nel caso di tumori professionali, difficilmente si ricorre ancora al concetto di soglia; occorre dimostrare la congruità dell'esposizione, la corrispondenza con l'organo bersaglio e che l'agente sia un noto cancerogeno per l'uomo. Il DLgs 626/94, infatti, piuttosto che stabilire delle soglie, prevede la sostituzione degli agenti cancerogeni, se tecnicamente possibile.

Da una analisi dei dati INAIL si evidenzia come il rischio lavorativo sia stato spesso individuato solo successivamente al dilagare della malattia, il che

vuol dire che esiste la possibilità che i dati INAIL almeno in parte evidenzino dei rischi non più attuali.

Questo perché si è fatto ricorso ad analisi epidemiologiche piuttosto che analisi sperimentali sulle sostanze tossiche e su altri rischi industriali, introducendo così nei processi produttivi sostanze sconosciute o poco note negli effetti nocivi sull'uomo e sull'ambiente. A questo proposito i programmi di collaborazione internazionale tra WHO, ILO e UNEP e quelli dell'ISS volti a individuare precocemente gli effetti pericolosi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze chimiche indicano che sono circa 100.000 i prodotti chimici usati nell'ambiente di lavoro, ma il numero cresce rapidamente.

E' chiaro che questo rende impossibile approntare delle misure di prevenzione primaria proprio in conseguenza di una scarsa conoscenza del rischio, lacuna che si potrebbe colmare attraverso un'analisi apposita dei documenti di

rischio redatti ex DLgs 626/94.

Tra l'altro, in alcuni casi specifici previsti dal DLgs 334/99, si richiede una integrazione di questo documento con la valutazione dei rischi di incidente rilevante.

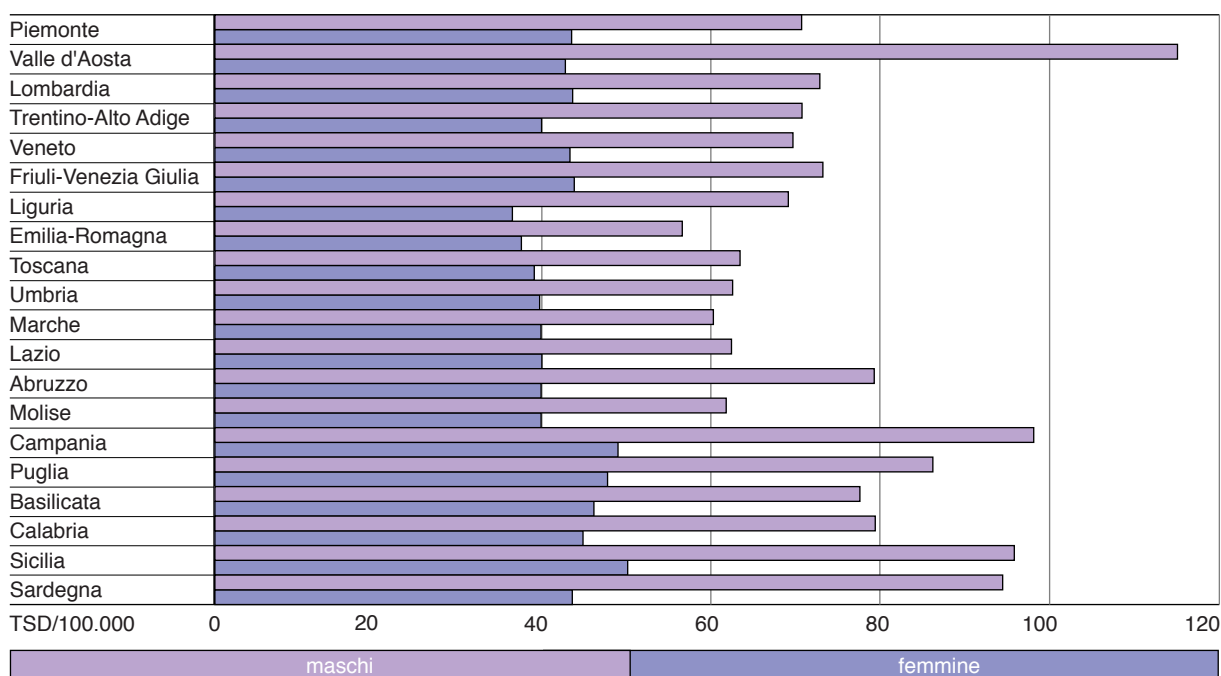
La partecipazione dei lavoratori, inoltre, è prevista nelle fasi di individuazione del rischio di incidente rilevante, nella definizione di una politica di prevenzione, di un sistema di gestione della sicurezza e nella predisposizione dei piani di sicurezza interni per limitare le conseguenze sull'uomo e sull'ambiente.

Ciò suppone una reale, fattiva, diffusa e sinergica acquisizione della cultura della prevenzione da parte di tutti i soggetti a vario titolo interessati.

Questo a dimostrazione della necessità di uno scambio continuo di informazioni e di una sinergia tra l'ambiente di lavoro e ciò che lo circonda proprio perché in realtà non esiste un confine preciso. Inoltre è stato già evidenziato il

FIGURA 10

Mortalità per malattie dell'apparato respiratorio nelle regioni italiane, 1990-1994



FONTE: elaborazione ENEA su dati ISTAT, 2000.





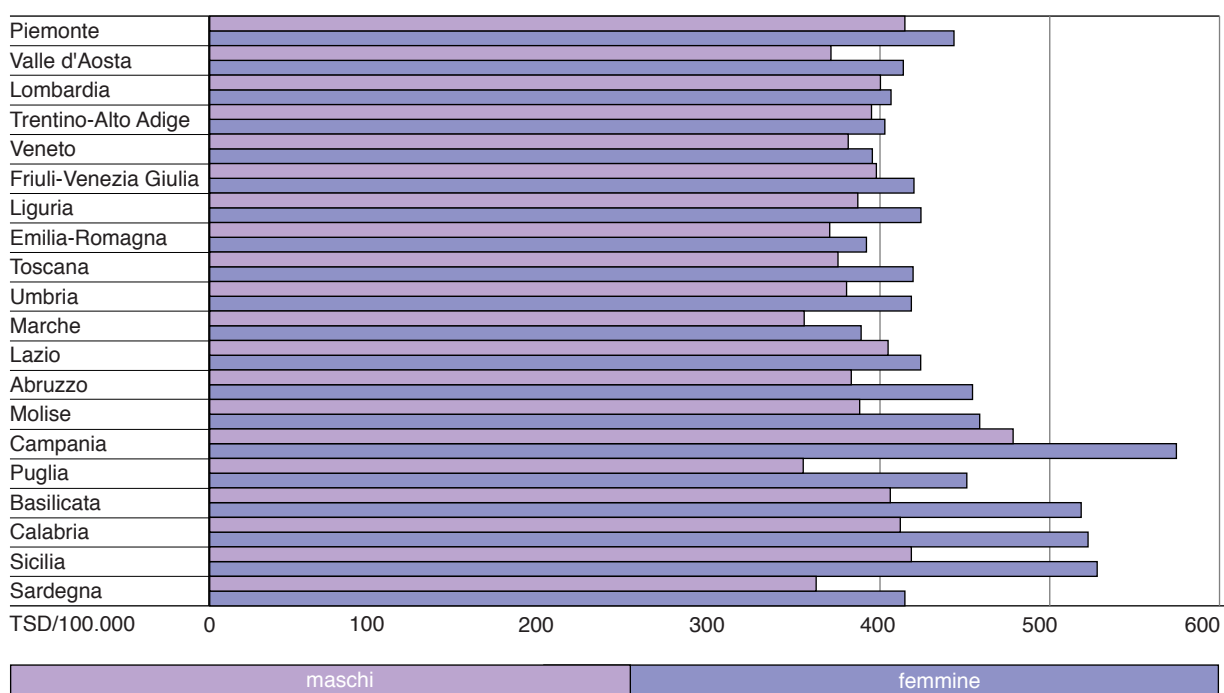
problema di una efficace tutela legislativa del lavoratore che non può prescindere da un adeguamento rapido delle tabelle, ma questo non è altro che la parte finale di un processo che ha inizio

con l'approfondimento delle conoscenze scientifiche in tema di malattie professionali oltre che di rischi industriali. Tutto ciò però non può avvenire in modo disarticolato e disorganico, ma occorre

un vero e proprio piano di ricerca ed azione in cui i diversi soggetti a vario titolo interessati al comune obiettivo della salute del lavoratore interagiscano tra loro in sinergia.

FIGURA 11

Mortalità per malattie del sistema circolatorio nelle regioni italiane, 1990-1994



Fonte: elaborazione ENEA su dati ISTAT, 2000.