

Studio epidemiologico di popolazioni esposte a elevati livelli di campi magnetici a 50 Hz

Epidemiological study of populations exposed to high levels of 50 Hz magnetic fields

Pietro Comba, Lucia Fazzo, Roberto Pasetto

Dipartimento di ambiente e connessa prevenzione primaria, Istituto superiore di sanità, Roma

Corrispondenza: Pietro Comba, Istituto superiore di sanità, Dipartimento di ambiente e connessa prevenzione primaria, viale regina Elena 299, 00161 Roma; e-mail: comba@iss.it

Riassunto

Obiettivo del presente contributo è fornire indicazioni in merito all'opportunità di effettuare studi epidemiologici in popolazioni esposte a livelli particolarmente elevati di campo magnetico a 50 Hz, indicativamente dell'ordine delle unità di μT . Dall'insieme delle evidenze relative ai campi a 50 Hz emerge infatti un quadro di una certa coerenza che mostra una tendenza significativa all'incremento di patologie neoplastiche, neurodegenerative e di eventi riproduttivi avversi in corrispondenza di questi livelli di esposizione. Gli studi proposti rientrano nel filone più generale degli studi sui gruppi ad alto rischio, nei quali si annette notevole valore alla *con-*

trastability dei soggetti in studio, ossia alla differenza marcata rispetto a un'opportuna popolazione di riferimento. Vengono quindi proposti alcuni orientamenti per la selezione degli individui e delle popolazioni da includere nello studio, con lo scopo di aiutare le strutture periferiche dell'SSN e le Agenzie regionali di protezione dell'ambiente a individuare le priorità per indagini e interventi. Si discutono in conclusione le ricadute di questi studi sulla produzione di conoscenze scientifiche e sull'impostazione dell'attività di risanamento. (*Epidemiol Prev* 2005; 29(5-6) Suppl: 28-33)

Parole chiave: campi magnetici, studi epidemiologici, risanamento ambientale

Abstract

The purpose of the present paper is to provide guidelines about the implementation of epidemiological studies on populations exposed to particularly high levels of 50 Hz magnetic fields, indicatively units of μT . The available evidence, in fact, points to a consistent increase of the occurrence of neoplastic and neurodegenerative disease and adverse reproductive outcomes associated to these levels of exposure. An approach based on the detection of high risk groups is proposed. In this frame contrastability between study

subjects and suitable reference populations is the core issue. Some procedures aimed at selecting individuals and populations to be studied are discussed, in order to support local environmental and health authorities in setting priorities for studies and interventions. Finally, the implications of these studies in terms of scientific knowledge and environmental reclamation are examined. (Epidemiol Prev 2005; 29(5-6) Suppl: 28-33)

Keywords: magnetic fields, epidemiological studies, environmental reclamation

Il razionale degli studi su popolazioni altamente esposte

Numerosi documenti recenti hanno fornito esaurienti revisioni degli studi epidemiologici relativi ai campi elettrici e magnetici a 50 Hz (si vedano in particolare la monografia della Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro, IARC,¹ la rassegna della Lega italiana per la lotta contro i tumori, LILT,² e le fonti ivi citate); in particolare la valutazione IARC di una limitata evidenza epidemiologica di cancerogenicità dei campi magnetici per quanto attiene la leucemia infantile ha determinato il loro inserimento nel gruppo 2B dei possibili cancerogeni. Obiettivo del presente contributo è fornire indicazioni in merito all'opportunità di effettuare ulteriori studi epidemiologici su gruppi di popolazione caratterizzati da livelli di esposizione a questi campi particolarmente elevati, se non «estremi», evidenziando le implicazioni in termini di risanamento ambientale.

L'indicazione di concentrare gli studi futuri sui gruppi di popolazione maggiormente esposta è stata fornita inizialmente

da Ahlbom et al;³ questi autori, a conclusione di una rianalisi di nove studi caso-controllo sulla leucemia infantile e l'esposizione a campi a 50 Hz, affermavano: «I nostri risultati hanno chiare implicazioni per gli studi futuri. Il livello di significatività che noi vediamo nell'eccesso di rischio ad alte esposizioni non dà la possibilità di una spiegazione chiara. Futuri studi risulteranno utili se l'azione del bias di selezione e del confondimento potrà essere adeguatamente trattata, e se ci sarà un numero sufficiente [di soggetti] con esposizione al di sopra di 0,4 μT ». Nello stesso anno Greenland et al⁴ pubblicavano una rianalisi indipendente di 15 studi caso-controllo, 8 dei quali considerati anche nel lavoro di Ahlbom, e nelle conclusioni scrivevano: «Noi riteniamo che studi effettuati a livello individuale su popolazioni altamente esposte saranno necessari per chiarire questa associazione». Il lavoro di Ahlbom ha stimato un valore di OR (Odds Ratio) di 2,00 (IC 95% 1,24-3,13) per un livello di campo magnetico uguale o maggiore di 0,4 μT (media geometrica nell'anno precedente la diagnosi), il lavoro di Greenland ha fornito la stima (comparabi-

le) di 1,78 per esposizioni superiori agli 0,3 μT . Questi due studi hanno costituito la base per la valutazione della IARC precedentemente ricordata.

Nel periodo successivo alla pubblicazione della Monografia IARC,¹ i nuovi studi relativi al rischio cancerogeno dei campi a 50 Hz non hanno mutato sostanzialmente il quadro delle conoscenze, così come si evince dalla recente rassegna della LILT.² Elementi di novità sono emersi fondamentalmente da due filoni di ricerca relativi rispettivamente all'abortività spontanea e alle malattie neurodegenerative, come discusso in un editoriale di Savitz.⁵

La problematica dell'abortività spontanea è stata trattata nel documento della LILT.² Gli elementi più rilevanti derivano dagli studi di Li et al⁶ e Lee et al⁷ dai quali emerge una relazione fra campo magnetico a bassa frequenza, in particolare con il valore massimo registrato nelle 24 ore, e rischio di aborto spontaneo. Lo studio di coorte prospettico di Li e collaboratori,⁶ svolto su 1.058 donne, ha stimato un rischio relativo di 1,2 (IC 95% 0,7-2,2) associato a un livello medio di campo magnetico misurato nelle 24 ore di 0,3 μT o più; il rischio di aborto spontaneo aumentava al crescere del valore massimo nelle 24 ore, raggiungendo un RR pari a 1,8 (1,2-2,7, basato su 132 casi) in corrispondenza di un valore massimo pari a 1,6 μT . Lo studio di Lee et al⁷ è invece uno studio caso-controllo innestato in una coorte di 3.403 donne in gravidanza: anche in questo caso gli OR sono stati considerati in base al valore massimo di campo registrato nelle 24 ore e ha evidenziato una relazione dose-risposta: OR pari a 2,3 (IC 95% 1,2-4,4) per valore massimo di più di 3,5 μT , OR 1,9 (1,0-3,5) per valori massimi compresi tra 2,3 e 3,5 μT e OR 1,4 (0,7-2,8) per valori massimi di campo tra 1,4 e 2,3 μT ; le stime sono basate rispettivamente su 39, 38 e 33 casi esposti. Con riferimento alle patologie neurodegenerative, gli elementi più importanti emersi nell'ultimo biennio sono relativi a esposizioni di tipo professionale. Gli studi hanno valutato in particolare gli outcome di due patologie: sclerosi laterale amiotrofica (SLA) e malattia di Alzheimer. Li e Sung⁸ hanno raccolto le evidenze degli studi occupazionali effettuati per valutare la consistenza dell'associazione tra l'esposizione ai campi ELF e la SLA. Nove dei dieci studi analizzati (sei studi caso-controllo, due di coorte e uno di mortalità proporzionale) hanno stimato un rischio di SLA da moderato a forte nelle categorie più elevate di esposizione. Gli autori concludono indicando la necessità di migliorare la categorizzazione dell'esposizione tramite valutazioni dirette e non surrogate dei livelli di esposizione, che tengano in conto anche l'esposizione extraoccupazionale, in particolare quella residenziale.

Due studi epidemiologici hanno recentemente analizzato l'associazione tra l'esposizione occupazionale a campi ELF e la malattia di Alzheimer. Håkansson et al⁹ hanno valutato il rischio di mortalità per malattie neurodegenerative in una coorte di lavoratori dell'industria meccanica svedese (537.000 uomini e 180.529 donne). Gli autori hanno osservato un rischio

relativo di mortalità di 4,0 (IC 95% 1,4-11,7; 8 osservati) per l'Alzheimer e di 2,2 (1,0-4,7; 17 osservati) per la SLA nel gruppo dei maggiormente esposti. Qiu et al¹⁰ hanno seguito un gruppo di 931 soggetti con età maggiore di 75 anni, senza demenza all'arruolamento nella coorte. Le informazioni sulle storie lavorative sono state raccolte tramite intervista, mentre l'esposizione è stata categorizzata usando una matrice di esposizione basata su misurazioni dirette dei livelli di campo ELF associati alle apparecchiature di lavoro e sulla valutazione di esperti. I risultati hanno evidenziato tra gli uomini un rischio relativo pari a 2,3 (IC 95% 1,0-5,1; 20 osservati) per l'Alzheimer e 2,0 (1,1-3,7; 28 osservati) per tutte le demenze, dopo aggiustamento per molteplici variabili confondenti, nella categoria più esposta ($\geq 0,2 \mu\text{T}$). Sempre tra gli uomini è stata osservata una relazione dose-risposta, con un rischio relativo, risultante dall'analisi multivariata nel terzile più alto dell'esposizione media *lifetime*, pari a 2,4 (0,8-6,8) per l'Alzheimer e 2,5 (1,1-5,6) per la demenza; fra le donne tale associazione non è stata osservata.

Dall'insieme delle evidenze relative ai campi a 50 Hz, emerge quindi un quadro di una certa coerenza, che mostra una tendenza significativa all'incremento di patologie neoplastiche, neurodegenerative ed eventi riproduttivi avversi in corrispondenza di livelli di esposizione dell'ordine delle unità di μT .

Stime della dimensione della popolazione esposta

La questione che a questo punto si pone, sia per la ricerca scientifica sia per l'attività di sanità pubblica, è quale sia la distribuzione dei livelli di campo per esposizioni residenziali nella popolazione italiana. A questo proposito va brevemente richiamato quanto in precedenza discusso su questa stessa rivista.¹¹ Gli elementi di cui si disponeva allora erano il modello previsionale di Polichetti¹² e lo studio pilota del progetto SETIL.¹³ Polichetti, utilizzando i dati relativi alle linee di trasmissione e distribuzione dell'alta tensione di pertinenza dell'ENEL già elaborati da Anversa et al,¹⁴ stimava che in Italia circa 25.000 bambini vivessero in abitazioni con oltre 0,5 μT , e di questi 3.500 fossero esposti a livelli di campo magnetico superiori a 2 μT . Salvan e colleghi,¹⁴ considerando misure prolungate in corrispondenza del letto del bambino in un campione di 116 residenze di cinque regioni italiane, osservavano solo in un caso un valore medio superiore a 1 μT , e in nessun caso superiore a 5 μT . Il principale elemento di novità di cui ora si dispone è lo studio di Gobba et al,¹⁵ che in un campione di 150 lavoratori di diversi settori produttivi ha valutato l'esposizione professionale e residenziale attraverso la dosimetria personale. L'esposizione è stata espressa come valore ponderato (Time Weighted Average, TWA), calcolato come media di tutte le misurazioni durante il turno di lavoro. Nell'intero gruppo il 50° percentile dei TWA è risultato 0,15 μT , il 5° e il 95° percentile rispettivamente 0,02 e 1,45 μT . Per oltre il 70% delle 28 mansioni analizzate, il TWA medio è risultato inferiore a 0,2 μT . Considerando la media geometri-

ca il valore sopra menzionato era superato solo in una delle 28 mansioni. La media dell'esposizione extralavorativa è risultata 0,044 μT nell'intero campione, e valori inferiori a 0,2 μT sono stati rilevati per il 97% circa dei soggetti analizzati.

Alla luce di quanto sin qui esposto, studi epidemiologici relativi a gruppi di popolazione residenti in aree nelle quali i livelli medi di campo a 50 Hz siano dell'ordine di grandezza delle unità di μT , hanno la potenzialità di fornire elementi conoscitivi utilizzabili per chiarire il possibile nesso causale con diversi tipi di effetti avversi, purché dotati di un'adeguata potenza statistica.

Il disegno degli studi su popolazioni altamente esposte: questioni di validità

Si parla qui del filone degli studi su popolazioni ad alto rischio, diversi dagli studi di epidemiologia ambientale classici che si occupano prevalentemente di basse esposizioni diffuse nella popolazione generale (come per esempio l'inquinamento atmosferico urbano).

Le prime definizioni di gruppi ad alto rischio si sono avute in Italia con riguardo alle esposizioni in ambiente lavorativo,¹⁶ e all'inizio degli anni Novanta negli Stati Uniti come esposizioni residenziali soprattutto a inquinanti prodotti da discariche di rifiuti urbani e pericolosi. Nel presente contributo utilizzeremo quindi il termine «gruppi ad alto rischio» in questa accezione, ossia con il significato di gruppi di popolazioni e/o di individui che sono nella coda destra della distribuzione degli inquinanti, piccole porzioni di soggetti esposti a livelli particolarmente elevati rispetto al resto della popolazione. E' bene comunque ricordare che tale termine è usato anche per indicare gruppi di popolazioni e/o di individui che per le loro caratteristiche biologiche sono particolarmente suscettibili a livelli diffusi di inquinanti, per esempio i bambini e le donne in gravidanza. In entrambi i casi la sanità pubblica, anche a livello internazionale, ultimamente sta rivolgendo sempre maggiore attenzione a queste porzioni di popolazione.¹⁷

Condizione necessaria per intraprendere questo tipo di studi è la conoscenza dalla letteratura riguardo alla nocività provata o presunta dell'agente inquinante, ossia disporre in primo luogo di un'ipotesi eziologica a priori fondata su evidenze e biologicamente plausibile. Prima di cominciare lo studio si devono dichiarare i possibili effetti sanitari che a priori si vogliono indagare, in base alle indicazioni disponibili in letteratura, così da dare maggiore validità anche a scostamenti modesti dall'atteso. Infatti, come già discusso dalla IARC per le radiazioni ionizzanti¹⁸ e da Finkelstein per l'asbesto,¹⁹ nel caso di agenti cancerogeni certi si possono utilizzare intervalli di confidenza al 90%, invece che al 95%, controllando così meglio anche la variabilità casuale.

Quindi un primo problema è l'individuazione dei gruppi ad alto rischio nella popolazione e, conseguentemente, la valutazione dei livelli di esposizione. La scelta del gruppo può avvenire per segnalazione della presenza di una particolare esposi-

zione (negli studi di coorte devono essere selezionati i soggetti esclusivamente in base all'esposizione, indipendentemente dalla conoscenza del loro stato di salute) oppure attraverso la segnalazione di un cluster di patologie, di cui è noto (o ipotizzato tale) in letteratura il nesso eziologico con l'esposizione a particolari inquinanti; il caso dei campi magnetici a 50 Hz rientra nella prima tipologia.

Una volta verificati i criteri di inclusione dei soggetti, un punto cruciale per la validità dello studio nel testare un nesso causale tra esposizione e outcome è la caratterizzazione dei diversi livelli di esposizione dei gruppi di popolazione e/o di individui, così da distinguere quelli maggiormente esposti rispetto al resto della popolazione, e quindi da considerare ad alto rischio. Le misure da utilizzare nella valutazione dell'esposizione, attuale e pregressa, a campi magnetici da attribuire a ciascun soggetto non sono definite in modo univoco negli studi finora pubblicati. Rankin et al,²⁰ per esempio, evidenziano una buona correlazione fra misure estemporanee rilevate nell'arco di diversi mesi e ritengono che le misure estemporanee siano nel complesso preferibili alle stime basate sulla tipologia dei conduttori e la distanza delle abitazioni dalle linee. In un altro studio, Banks et al²¹ sostengono che la misura sulle 24 ore sia un ragionevole compromesso fra informatività e fattibilità. In Italia, una ricerca di Licitra et al²² chiarisce come nel caso di una linea l'esposizione a campo magnetico possa essere stimata in modo soddisfacente a partire dal carico di corrente medio annuale; se sono presenti più elettrodotti in uno stesso sito devono essere utilizzati modelli più complessi. Senza pensare di esaurire in questa sede una discussione tuttora aperta, è comunque opportuno sottolineare come nelle situazioni più estreme, a fini pratici, l'utilizzo di misure estemporanee, misure prolungate e modelli previsionali, basati sulle caratteristiche della linea e sulla distanza, tenda a fornire indicazioni relativamente coerenti, mentre negli studi sulla popolazione generale può avere un peso maggiore la variabilità conseguente all'uso di diverse procedure di misura o di stima dell'esposizione. Una volta individuata la tipologia della misura dell'esposizione, o di un suo eventuale *proxy*, va considerata la metrica da utilizzare per la categorizzazione: per esempio la media aritmetica, la media geometrica, il valore di picco o altro indicatore.

Da tener presente che in questo tipo di studi la validità dell'analisi dei dati si basa in maniera significativa sulla *contrastability*, ossia sulla differenza marcata tra i diversi livelli di esposizione, visto il problema di numerosità campionaria e di debole potenza statistica che si verifica spesso nelle indagini su campo. Infatti, una volta effettuata una buona valutazione dell'esposizione, uno dei principali problemi nell'analisi dei dati è la ridotta numerosità dei gruppi esposti, intrinseca nella definizione stessa di «gruppi ad alto rischio». Questa è una questione tuttora aperta, ma che può in una certa misura essere superata all'interno di ciascuno studio grazie al confronto di gruppi di individui e/o di popolazione con una netta ed ele-

vata contrapposizione dei livelli di esposizione, non necessariamente dicotomici. Inoltre, analisi *pooled* dei dati di diversi studi effettuati con le stesse metodologie e nello stesso tipo di realtà, possono fornire risultati maggiormente informativi per valutare un nesso causale, sia perché nell'analisi complessiva si riduce la variabilità casuale (maggiore potenza statistica), sia perché nel confronto tra i singoli studi la replicazione dell'analisi fornisce informazioni sulla riproducibilità dei risultati.

Proposta di uno schema per la selezione degli individui e delle popolazioni

Recentemente è stato sviluppato in Italia un protocollo di studio degli effetti neurocomportamentali associati all'esposizione a campi magnetici a 50 Hz.²³ Questo protocollo prevede una valutazione multidisciplinare dello stato di salute di singoli soggetti, effettuata attraverso una serie di indagini: anamnesi clinica, questionari e valutazione di diversi parametri biologici. Lo scopo è quello di indagare la consistenza dell'associazione tra esposizione ed effetti come per esempio i disturbi del sonno e la cefalea, nel tentativo di iniziare a comprendere la rete causale, in modo particolare per quanto riguarda i meccanismi biologici. Questo protocollo è studiato per essere applicato a una serie di individui volontari che dichiarano/denunciano disturbi neurocomportamentali, che loro stessi associano o le autorità sanitarie associano con esposizione a campi magnetici a 50 Hz. Anche se il protocollo, opportunamente modificato, può essere utilizzato per uno studio epidemiologico trasversale, l'intento principale è quello di fornire uno strumento che permetta di indagare, tramite una procedura standardizzata, casi volontari con diversa provenienza geografica fornendo un percorso già sperimentato che prevede il coinvolgimento di numerose figure professionali specialistiche opportunamente addestrate.

Questo protocollo è attualmente applicato, secondo un modello di studio epidemiologico di tipo trasversale, a una popolazione che presenta livelli di esposizione a campi a 50 Hz nell'ordine delle unità di μT .²⁴ Insieme allo studio degli effetti neurocomportamentali è stato effettuato, nella stessa popolazione, uno studio di coorte di tipo retrospettivo con lo scopo di studiare la mortalità e i ricoveri ospedalieri.²⁵

Come precedentemente sottolineato, la possibilità di indagare gli outcome di interesse per l'esposizione a campi a 50 Hz è legata all'individuazione di gruppi o soggetti altamente esposti. Tuttavia, questa necessità ha come conseguenza la limitazione che i gruppi selezionati sono poco numerosi. Si propongono di seguito due schemi logici per passi successivi, che possono essere utilizzati per la selezione dei soggetti o dei gruppi adatti all'applicazione dei modelli di studio accennati. Gli schemi proposti sono volutamente generici e sono tesi a dare orientamenti piuttosto che a definire indicazioni dettagliate; l'intento è quello di focalizzare gli obiettivi piuttosto che strutturare procedure. L'utilizzo di procedure analoghe in situazioni diverse potrebbe consentire successive analisi *pooled*, che

permetterebbero di superare i problemi legati alla bassa numerosità campionaria. Gli schemi concettuali hanno lo scopo di aiutare le Agenzie regionali di protezione dell'ambiente e le strutture periferiche dell'SSN, in particolare i Dipartimenti di prevenzione delle ASL, nella selezione dei casi o delle popolazioni. La selezione così effettuata potrebbe rappresentare il punto di partenza per l'interazione con gli enti di ricerca in grado di applicare i protocolli.

Preliminarmente all'applicazione di qualsiasi schema per la selezione dei soggetti o delle popolazioni, è opportuno sottolineare che andrà sviluppato, accanto alla procedura selettiva, un programma di comunicazione con i soggetti o con le popolazioni coinvolte.

Schema 1: selezione degli individui

studio degli effetti neurocomportamentali

■ Raccolta segnalazione individuale/esposto in cui vengono indicati specifici sintomi che sono ricondotti a esposizione a campi a 50 Hz o sono in qualche modo associabili a tale esposizione.

■ Analisi della documentazione disponibile relativa sia ai sintomi sia all'esposizione.

■ Filtro passivo, criteri di inclusione: soggetti di età compresa tra i 30 e i 50 anni.

■ Filtro attivo, criteri di esclusione: a) soggetti affetti da patologie neoplastiche, patologie autoimmuni, insufficienza renale, ipertensione arteriosa, malattie cardiovascolari, connettiviti, diabete mellito e portatori di pace-maker; b) soggetti che assumono i seguenti farmaci: antiaritmici, antipertensivi, FANS, benzodiazepine, antidepressivi, antineoplastici, immunomodulatori, ormoni tiroidei.

■ Queste informazioni potranno essere ottenute in modi diversi da stabilire.

■ Informazioni sull'esposizione: la condizione migliore è quella di effettuare, qualora non siano già disponibili, misurazioni del campo magnetico e applicare modelli previsionali, con lo scopo di selezionare le situazioni più estreme.

Schema 2: selezione delle popolazioni

per lo studio di neoplasie, aborti spontanei, patologie neurodegenerative occorre in primo luogo disporre a priori di popolazioni esposte

■ Ricerca attiva sul territorio di situazioni abitative con elevata esposizione.

■ Contatto con i segnalatori, sopralluogo e identificazione delle associazioni di cittadini sul territorio.

■ Istruttoria sulla documentazione disponibile, in particolare quella relativa all'esposizione.

■ Verifica obiettiva dei livelli di esposizione; sopralluogo con misurazioni del campo magnetico e applicazione dei modelli previsionali.

■ Analisi della documentazione; condizioni necessarie: stima del campo magnetico (selezione delle situazioni più estreme), tempo di esposizione, numerosità popolazione esposta, individuazione di una eventuale popolazione di controllo.

■ Valutazione dei fattori favorevoli all'approfondimento delle ricerche: presenza di associazioni o comitati di cittadini, presenza di registri locali di patologie, disponibilità di interagire/ottenere documentazione da parte dei gestori della rete di trasporto elettrica.

Considerazioni conclusive

Gli studi sui gruppi ad alto rischio hanno un interesse generale in epidemiologia ambientale²⁶ e una particolare rilevanza nel settore dei campi a 50 Hz.

In primo luogo, questi studi possono contribuire a chiarire alcuni aspetti tuttora controversi della cancerogenicità dei campi a 50 Hz. Si consideri a questo proposito il recente studio di Kliukiene et al²⁷ che hanno preso in esame la coorte delle donne norvegesi (circa il 5% della popolazione generale) residenti in un corridoio intorno alle linee della rete elettrica nazionale (da 33 a 420 kV), e hanno innestato in tale coorte uno studio caso-controllo sul carcinoma mammario. La ricerca ha mostrato un trend significativo per categorie di esposizione e suggerisce l'importanza in termini eziologici dell'esposizione nelle ore notturne, fornendo elementi di supporto all'ipotesi di un meccanismo di azione mediato dall'inibizione della secrezione notturna di melatonina.

La pianificazione e la realizzazione di studi su popolazioni esposte a elevati livelli di campo a 50 Hz comporta inoltre l'avvio di un lavoro integrato di esperti in questioni ambientali e sanitarie. Questo tema è di particolare importanza perché prefigura una ricomposizione di strutture e funzioni che spesso procedono separatamente e ignorandosi reciprocamente, il che rende ulteriormente difficile il già arduo compito di misurare la correlazione fra ambiente e salute.²⁸ Viceversa la costituzione di tavoli di lavoro a cui partecipino i Dipartimenti di prevenzione delle ASL insieme alle Agenzie regionali di protezione ambientale potrebbe consentire l'individuazione nel territorio delle situazioni con i maggiori livelli di esposizione, e quindi fornire una scala di priorità per gli interventi di monitoraggio ambientale e di valutazione sanitaria. Non è superfluo ricordare che in assenza di criteri per l'individuazione delle priorità, gli interventi delle strutture operanti nel territorio rischiano di disperdersi date le numerose richieste che arrivano, esaurendosi nella sola fase di valutazione del rispetto dei limiti di legge. Sono evidenti, su questo terreno, le interazioni positive che potrebbero stabilirsi fra strutture periferiche, osservatori epidemiologici regionali e strutture operanti a livello centrale.

L'ultimo punto che si ritiene opportuno menzionare è il collegamento fra indagini epidemiologica e attività di risanamento ambientale. Il tema è ampio e esula evidentemente dai limiti della presente trattazione; due riflessioni, comunque, appaiono di particolare rilievo.

Il DPCM dell'8 luglio 2003 (GU del 29 agosto 2003) prevede come è noto che siano considerate per il risanamento le abitazioni nelle quali il campo magnetico è superiore a 10 μ T.

La legge quadro 36/2001 (della quale il DPCM in esame è una emanazione) chiarisce che i valori di attenzione sono misure cautelative, fissati con decretazione, e possono evolvere con il miglioramento delle conoscenze. Una ricaduta di questi studi può dunque essere quella di fornire fondamenti scientifici utili per stabilire valori di attenzione.

La seconda riflessione deriva dalla considerazione che l'insieme delle conoscenze disponibili fornisce comunque elementi sui quali avviare un'attività di risanamento finalizzata alla mitigazione delle esposizioni più elevate, sulla base di considerazioni di equità nella distribuzione dei rischi e di ricerca, caso per caso, delle migliori soluzioni tecniche.

Conflitti di interesse: nessuno

Bibliografia

1. International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *Non-ionizing radiation, part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields*. Vol. 80. IARC, Lyon, 2002.
2. Lega italiana per la lotta contro i tumori (LILT). *Campi elettrici e magnetici statici e a frequenze estremamente basse (ELF). Rischio cancerogeno*. Commissione Cancerogenesi ambientale, 2004. <http://www.legatumori.it>
3. Ahlbom A, Day N, Feychting M et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. *Br J Cancer* 2000; 83: 692-98.
4. Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiology* 2000; 11: 624-34.
5. Savitz DA. Health effects of electric and magnetic fields: are we done yet? *Epidemiology* 2003; 14: 15-17.
6. Li DK, Odouli R, Wi S et al. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and risk of miscarriage. *Epidemiology* 2002; 13: 9-20.
7. Lee GM, Neutra RR, Hristova L, Yost M, Hiatt RA. A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidemiology* 2002; 13: 21-31.
8. Li CY, Sung FC. Association between occupational exposure to power frequency electromagnetic fields and amyotrophic lateral sclerosis: a review. *Am J Ind Med* 2003; 43: 212-20.
9. Hakansson N, Gustavsson P, Johansen C, Floderus B. Neurodegenerative diseases in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields. *Epidemiology* 2003; 14: 420-26.
10. Qiu C, Fratiglioni L, Karp A, Winblad B, Bellander T. Occupational exposure to electromagnetic fields and risk of Alzheimer's disease. *Epidemiology* 2004; 15: 687-94.
11. Comba P. Studi epidemiologici sui campi elettromagnetici: evidenze di rischio ed indicazioni per la prevenzione. *Epidemiol Prev* 2002; 26: 191-97.
12. Polichetti A. Esposizione a campi magnetici a 50 Hz e leucemia infantile: un modello lineare per valutazioni quantitative di rischio. *Atti 31° Congresso Nazionale Associazione Italiana di Radioprotezione*. Ancona, 20-22 settembre 2000, pp. 457-64.
13. Salvan A, Pons O, Roletti S et al. L'indagine pilota sulla valutazione del campo magnetico ELF per lo studio epidemiologico SETIL. *Atti del Convegno Nazionale di Radioprotezione «Aspetti scientifici e normativi delle radiazioni non ionizzanti»*. Napoli, 29 settembre-1 ottobre 1999, pp. 17-24.
14. Anversa A, Battisti S, Carreri V et al. Power frequency fields, buildings and the general public: exposure levels and risk assessment. In: *Proceedings of the International Conference «Healthy Buildings '95»*. Milano, 10-14 settembre 1995. Maroni (Ed.), pp. 113-26.
15. Gobba F, Raccatto L, Randelli AM, Besutti G, Ghersi R, Nicolini O. Esposizione professionale a campi magnetici a 50 Hz in lavoratori addebi a varie mansioni. *Med Lav* 2004; 95: 475-85.

16. Terracini B, Segnan N. Identificazione dei gruppi ad alto rischio. *Epidemiol Prev* 1977; 0: 17-23.
17. Martuzzi M, Tichner JA. Introduction. In: *The precautionary principle: protecting public health, the environment and future of our children*. Martuzzi and Tickner, World Health Organization Europe, 2004, pp. 7-14.
18. International Agency for Research on Cancer. Study group on cancer risk among nuclear industry workers. Direct estimates of cancer mortality due to low doses of ionising radiation. *Lancet* 1994; 344: 1039-43.
19. Finkelstein MM. Asbestos-associated cancers in the Ontario refinery and petrochemical sector. *Am J Ind Med* 1996; 30: 610-15.
20. Rankin RF, Dan Bracken T, Russell SS, Kavet R, Montgomery JH. Results of a multisite study of U.S. residential magnetic fields. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2002; 12: 9-20.
21. Banks RS, Thomas W, Mandel JS et al. Temporal Trends and misclassification in residential 60 Hz magnetic field measurements. *Bioelectromagnetics* 2002; 23: 196-205.
22. Licitra G, Colonna N, Chiari C. Evaluation of long-term exposure to the magnetic field produced from power lines. *Radiation Protection Dosimetry* 2001; 97: 401-04.
23. Vanacore N, Benedetti M, Conte D et al. Approccio metodologico multidisciplinare allo studio degli effetti neurocomportamentali associati all'esposizione ai campi magnetici a 50 Hz. *Rapporti ISTISAN* 04/1. <http://www.iss.it/publ/rapp/2004/0401.pdf>
24. Vanacore N, Belli S, Benedetti M et al. Studio epidemiologico di una popolazione con esposizione residenziale a campo magnetico a 50 Hz. In: *Atti del workshop «La prevenzione primaria dei tumori di origine industriale e ambientale in una società moderna»*. Genova 7-9 novembre 2004, p. 60. <http://registri.istge.it/italiano/eventi/poster%20n%C2%B061.htm>
25. Fazzo L, Grignoli M, Iavarone I et al. Studio preliminare di mortalità per causa di una popolazione con esposizione residenziale a campi magnetici a 50 Hz, in un quartiere del comune di Roma. *Epidemiol Prev* 2005; 29(5-6): 243-52.
26. Fazzo L, Comba P. Il ruolo dei gruppi ad alto rischio nello studio delle relazioni tra ambiente e salute. *Ann Ist Super Sanita* 2004; 40(4): 417-26.
27. Kliukiene J, Tynes T, Andersen A. Residential and occupational exposures to 50-Hz magnetic fields and breast cancer in women: a population-based study. *Am J Epidemiol* 2004; 159: 852-61.
28. Terracini B, Bianchi F. Potenzialità, criticità e prospettive dell'integrazione ambiente e salute. In: «Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai Fondi strutturali dell'Unione Europea». Cori L, Cocchi M, Comba P (eds.) *Rapporti ISTISAN* 05/1, pp. 125-35. <http://www.iss.it/publ/rapp/2005/0501.pdf>