

# Lo studio epidemiologico di popolazioni esposte a livelli elevati di campo magnetico a 50 Hz

Fazzo L.

Istituto Superiore di Sanità, viale Regina Elena 299, 00161 Roma, [lucia.fazzo@iss.it](mailto:lucia.fazzo@iss.it)

Polichetti A.

Istituto Superiore di Sanità, viale Regina Elena 299, 00161 Roma, [alessandro.polichetti@iss.it](mailto:alessandro.polichetti@iss.it)

Comba P.

Istituto Superiore di Sanità, viale Regina Elena 299, 00161 Roma, [pietro.comba@iss.it](mailto:pietro.comba@iss.it)

## RIASSUNTO

*In questo contributo si presentano le metodologie utilizzate in due indagini epidemiologiche su una coorte di soggetti esposti nelle proprie abitazioni a livelli di campo magnetico a 50 Hz al di sopra dei 0.4 microtesla, con l'obiettivo di applicarle in contesti analoghi per una successiva analisi "pooled" delle stime prodotte..*

## BACKGROUND

Nel 2002 la IARC pubblica la Monografia sui campi elettrici e magnetici statici e a frequenze estremamente basse (ELF, comprendenti i 50/60 Hz) (IARC, 2002), in cui i campi magnetici ELF vengono classificati come "possibilmente cancerogeni per l'uomo" (Gruppo 2B), in base ai risultati di due analisi *pooled* dei dati di studi epidemiologici sulle leucemie infantili precedentemente pubblicati (Ahlbom et al, 2000; Greenland et al, 2000). L'evidenza dell'associazione tra i campi magnetici e la leucemia infantile viene definita "limitata" e "inadeguata" per tutte le altre patologie tumorali.

L'anno successivo, l'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection in un proprio documento raccomanda che studi futuri abbiano un'alta qualità metodologica, siano su campioni sufficientemente numerosi e con un numero sufficiente di soggetti altamente esposti (ICNIRP, 2003). La necessità di concentrare gli studi su un numero sufficiente di soggetti esposti a livelli di campo magnetico al di sopra dei 0.3-0.4 microtesla era stata menzionata anche dagli autori delle analisi *pooled* su menzionate.

Più recentemente, il WHO confermando la valutazione della IARC, evidenzia alcune questioni ancora aperte riguardo effetti sanitari diversi dalle patologie oncologiche, come i disordini neurodegenerativi, differenze nei tempi di rilascio della melatonina, alterazioni nel controllo autonomico del cuore e variazioni nel numero delle cellule Natural Killer. Tra i possibili effetti sanitari da indagare segnala con un livello di priorità medio-alta i disordini neurodegenerativi, lo sviluppo dei sistemi immunitario ed ematologico, gli esiti riproduttivi e dello sviluppo. Il documento sottolinea la mancanza di un chiaro contrasto tra le categorie di alta e bassa esposizione come punto critico negli studi epidemiologici e la necessità di indagare i gruppi con più alti livelli di esposizione (WHO, 2007).

Studi pubblicati successivamente ai documenti su citati, in particolare sulle leucemie infantili, disordini neurologici e risposte immunitarie, i cui risultati indicano possibili effetti avversi a livelli di esposizione simili a quelli suggeriti per le leucemie infantili, supportano l'esigenza di studiare popolazioni altamente esposte. Per una trattazione esaustiva, si rinvia al Comba e Fazzo (2009) nelle fonti bibliografiche ivi citate.

Il concetto di studi su gruppi ad alto rischio non è nuovo nelle indagini di epidemiologia (Terracini e Segnan, 1977; Fazzo e Comba, 2004). Tipicamente la distribuzione dell'esposizione a sostanze inquinanti è descritta come log-normale, con un numero decrescente di soggetti esposti ai livelli più elevati. Questa distribuzione può quindi determinare una assenza di rischio o un rischio moderato per la maggior parte della popolazione, con una piccola proporzione di soggetti esposti ad elevati livelli. E' in questa "coda" della distribuzione che occorre concentrare l'attività di indagine, al fine di poter individuare eventuali impatti sulla salute. Ciò può comportare un miglioramento delle conoscenze su effetti di esposizioni altrimenti non rilevabili, nonché all'individuazione delle priorità nei risanamenti ambientali, per il perseguimento di una equità ambientale.

L'esposizione a campi magnetici nella popolazione generale si caratterizza per avere una piccola porzione di soggetti con valori elevati di campo magnetico che si discostano in modo marcato dal valore medio. Secondo il WHO la media geometrica della densità di flusso magnetico nelle abitazioni è tra 0.0025 e 0.07 microtesla in Europa e tra 0.055 e 0.11 negli Stati Uniti (WHO, 2007). Per l'Italia secondo Anversa et al e Petrini et al. la porzione della popolazione con una esposizione media nel tempo maggiore di 0.4 microtesla è tra 0.20 e 0.30%, tenendo conto solo dei campi magnetici generati dalle linee elettriche ad alta tensione.

In questo quadro l'Istituto Superiore di Sanità ha messo a punto un protocollo di indagini da effettuare su popolazioni altamente esposte nelle proprie abitazioni, prevedendo indagini su diversi esiti sanitari (Vanacore et al, 2001).

E' stato così individuato un quartiere del comune di Roma, denominato Longarina, parte del quale costruito intorno al 1950 sotto un elettrodotto a 60 kV con valori di campo magnetico dell'ordine di unità di microtesla nelle abitazioni più vicine alla linea. Due studi epidemiologici sulla coorte di tutti i soggetti residenti dal 1954 al 2003, per un qualsiasi periodo di tempo, nel corridoio di 100 metri ai due lati dalla linea elettrica hanno evidenziato eccessi di mortalità e di morbosità per alcune cause specifiche nei soggetti esposti ai livelli più elevati di campo magnetico e residenti nell'area per un più lungo periodo di tempo (Fazzo et al, 2005; Fazzo et al, 2009).

## **OBIETTIVI**

Sulla base dei risultati di queste indagini e tenendo conto di alcuni studi successivi ai documenti precedentemente citati, appare opportuno replicare il protocollo applicato negli studi epidemiologici nel Progetto su Longarina in aree con caratteristiche comparabili, in particolare con una quota consistente di soggetti esposti nelle proprie abitazioni a livelli di campo magnetico generati da linee elettriche che possono essere considerati "elevati" (compresi cioè tra qualche decimo e qualche unità di microtesla).

L'obiettivo è quello di pervenire ad analisi *pooled* di dati prodotti con protocolli e metodi replicabili, in indagini epidemiologiche su popolazioni che esperiscono gli stessi livelli di esposizione. Le stime *pooled*, grazie al maggiore numero dei soggetti indagati, risulteranno avere una maggiore precisione, permettendo quindi una maggiore confidenza nella interpretazione dei risultati ottenuti.

## **MATERIALI E METODI**

Qui di seguito vengono descritti i metodi utilizzati nel progetto Longarina, dei quali si propone la replicazione.

### **TIPO DI STUDIO EPIDEMIOLOGICO**

Lo studio epidemiologico è quello di coorte residenziale, al fine di indagare diverse patologie per le quali esistono in letteratura segnalazioni di possibile associazione con l'esposizione in studio.

### **INDIVIDUAZIONE DELL'AREA IN STUDIO E VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE**

L'area di Longarina è stata individuata per la sua vicinanza ad una linea elettrica a 60 kV e perché ben delimitata rispetto al centro urbano prospiciente. La valutazione dell'esposizione ha permesso l'identificazione delle abitazioni interessate dai maggiori livelli di campo magnetico generato dalla linea, individuando quale area di interesse un corridoio di 100 metri da entrambi i lati della linea (fig.1).

La valutazione dei livelli di campo magnetico generati dalla linea elettrica nelle abitazioni si è basata su un modello previsionale, corroborato da misurazioni spot e prolungate nel tempo negli edifici a diversa distanza dalla linea.

Il modello ha permesso la ricostruzione dell'esposizione pregressa e attuale, basandosi sui dati storici di funzionamento della linea forniti dal gestore, le caratteristiche dell'impianto e la distanza degli edifici dalla linea. Per il Progetto Longarina è stato applicato il programma di calcolo «Campi» messo a punto dall'Istituto di fisica applicata «Nello Carrara» del Consiglio nazionale delle ricerche (Andreuccetti, 2002).

Misurazioni spot e prolungate nel tempo nelle abitazioni, effettuate con rilevatori Emdex Light<sup>TM</sup>, sono state utilizzate per corroborare i risultati del modello.

Una lettura dei dati delle misurazioni dirette eseguite in abitazioni a diversa distanza dalla linea elettrica ha indicato la linea elettrica quale maggiore sorgente di campo magnetico presente nelle abitazioni (fig.2).

L'area in studio è stata suddivisa in sub-aree. L'area più vicina alla linea (abitazioni distanti meno di 28 metri dalla linea) è caratterizzata dai più elevati livelli di induzione magnetica, da un minimo di  $0.19 \mu\text{T}$  (calcolato ai margini dell'area assumendo una corrente elettrica trasportata dalla linea pari a 167.5 A, valore medio dei dati storici di carico) fino ad un massimo misurato sperimentalmente di circa  $3 \mu\text{T}$ . L'area più lontana dalla linea (abitazioni distanti più di 33 metri dalla linea) è invece caratterizzata da livelli di induzione magnetica generati dalla linea inferiori a  $0.17 \mu\text{T}$  (calcolati per una corrente elettrica di 167.5 A).

#### STIMA DELLO STATO DI SALUTE DELLA POPOLAZIONE

La coorte in studio è costituita dai soggetti che hanno risieduto nell'area dall'anno di costruzione delle prime abitazioni (1954) alla data di inizio dell'indagine (2003), per un qualsiasi periodo di tempo. Per la enumerazione della coorte nel caso del Progetto Longarina ci si è avvalsi della collaborazione con il comitato locale, le cui informazioni sono state corroborate dai dati dell'Anagrafe comunale. Negli studi di coorti residenziali è necessaria la collaborazione con le Anagrafi comunali per l'individuazione dei soggetti da indagare (Fazzo et al, 2010).

Per la stima del possibile impatto dell'esposizione ai campi magnetici sullo stato di salute della popolazione si è proceduto prima all'analisi della mortalità e, successivamente, della morbosità.

Per ogni soggetto della coorte è stato accertato lo stato in vita e per i deceduti, utilizzando il Registro Nominativo della Cause di Morte, la causa di decesso. Sono state indagate le cause per le quali in letteratura erano presenti indicazioni di una possibile associazione con l'esposizione a campi magnetici e quelle indicative dello stato di salute generale della popolazione (tab.1). Sono stati quindi calcolati con metodo indiretto i Rapporti di Mortalità Standardizzati per età per ciascuna causa dell'intera coorte e per subfasce di esposizione, rispetto ai tassi della popolazione della Regione.

Per la stima della morbosità sono state utilizzate le Schede di Dimissione Ospedaliera, disponibili presso l'Osservatorio della Regione. Attraverso un record linkare con il Sistema Informativo Ospedaliero sono stati identificati i ricoveri dei soggetti della coorte e identificate per ogni soggetto la prima ospedalizzazione con una delle cause di interesse (tab.2) riportata in diagnosi principale. Sono quindi stati calcolati i Rapporti di Morbosità Standardizzati per età rispetto alla popolazione della regione Lazio, per l'intera coorte e per le subfasce di esposizione.

Per un maggiore approfondimento dei metodi utilizzati nelle diverse fasi dell'indagine si rimanda agli articoli pubblicati (Fazzo et al, 2005; Fazzo et al, 2009).

#### META-ANALISI DELLE STIME

Le stime elaborate nelle singole aree, suddivise per livelli di esposizione, saranno utilizzate per il calcolo di stime *pooled* applicando un metodo ad effetti random, che non implica necessariamente una omogeneità tra le singole stime (Blettner et al, 1999).

### RISULTATI E DISCUSSIONE

L'analisi di mortalità della coorte di Longarina ha evidenziato un eccesso di mortalità per tutti i tumori maligni, in particolare del pancreas; l'eccesso interessa maggiormente i soggetti che hanno risieduto per un periodo maggiore di 30 anni nell'intera area e in quelli che hanno risieduto nella subarea più vicina alla linea, per un qualsiasi periodo di tempo.

Lo studio delle Schede di Dimissione Ospedaliera ha confermato i risultati emersi dallo studio precedente. Sono stati evidenziati eccessi dei tumori maligni primitivi, in particolare del pancreas, e dei tumori secondari; tra le patologie non oncologiche sono risultate in eccesso quelle ematologiche e ischemiche. Gli eccessi anche in questo caso sono risultati essere concentrati tra i soggetti con una permanenza nell'area di più di 30 anni e più vicino alla linea.

Indicazioni di una alterazione del quadro ematologico nei soggetti con queste caratteristiche sono state evidenziate anche dall'indagine clinica, i cui risultati preliminari sono stati presentati al Convegno della Società Internazionale di Epidemiologia Ambientale del 2011 (Bruno et al, 2011).

Entrambi gli studi epidemiologici di coorte, pur risentendo della bassa numerosità degli attesi che determina una bassa precisione delle stime, hanno evidenziato eccessi di alcune patologie nelle popolazioni maggiormente esposte. Tali risultati, se riconfermati da successivi studi, potrebbero

fornire indicazioni di un impatto sulla salute dell'esposizione residenziale ad elevati livelli di campo magnetico a 50 Hz anche per patologie diverse dalla leucemia infantile.

I risultati dell'analisi *pooled* grazie ad una maggiore potenza statistica, saranno caratterizzati da una maggiore precisione delle stime.

## CONCLUSIONI

I risultati degli studi epidemiologici sulla coorte di Longarina sono di particolare interesse in quanto relativi a patologie diverse dalla leucemia infantile e per le quali la IARC prima e il WHO dopo hanno definito l'evidenza di associazione con esposizione a campi magnetici a 50 Hz "inadeguata".

Future indagini in contesti simili, su popolazioni altamente esposte potranno fornire utili elementi per individuare le priorità di risanamento ambientale, in termini di sanità pubblica. Inoltre, un'analisi *pooled* delle stime, permetterebbe una maggiore confidenza nei risultati e un avanzamento nelle conoscenze del possibile impatto sulla salute dell'esposizione a campi magnetici a 50 Hz.

## BIBLIOGRAFIA

Ahlbom A, Day N, Feychting M, *et al.* 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. *Br J Cancer*;83:692-8

Blettner, M., Sauerbrei, W., Schlehofer, B. *et al.* 1999. Traditional Review, Meta-analyses and Pooled Analyses in Epidemiology. *Int. J. Epidemiol.*; 28:1-9

Bruno C, Vanacore N, Del Giudice I. *et al.* 2011. A cross sectional investigation on the health status in a population exposed to 50 Hz magnetic fields in a district of Rome: haematological and immunological parameters. 2011. *23th Congress of the International Society for Environmental Epidemiology. 13-16th Sept. 2011. Abstract Book.*

Comba P, Fazzo L. 2009. Health effects of magnetic fields generated from power lines: new clues for an old puzzle. *Ann Ist Super Sanità*; 45, (3): 233-237

Fazzo L, Comba P. 2004. Il ruolo dei gruppi ad alto rischio nello studio delle relazioni tra ambiente e salute. *Ann Ist Super Sanità*;40(4):417-426

Fazzo L, Grignoli M, Iavarone I, *et al.* 2005. 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. *Epid Prev*; 29:243-52.

Fazzo L, Tancioni V, Polichetti A, *et al.* 2009. Morbidity experience in populations residentially exposed to 50 Hz magnetic fields: methodology and preliminary findings of a cohort study. *Int J Occup Environ Health*; 15:133-42.

Fazzo L, Puglisi F, Pellegrino A. *et al.* 2010. Studio di mortalità e morbosità di una coorte di residenti in prossimità dell'area industriale di Milazzo, nel Comune di Pace del Mela (Messina). *Epidemiol Prev*; 34(3): 80-86

Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, *et al.* 2000. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiol*;11:624-34

International Agency for Research on Cancer (IARC). 2002. 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. IARC, Lyon, 2002. Vol. 80.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). 2003. Exposure to Static and Low Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (0-100 kHz). ICNIRP, Munich, 2003.

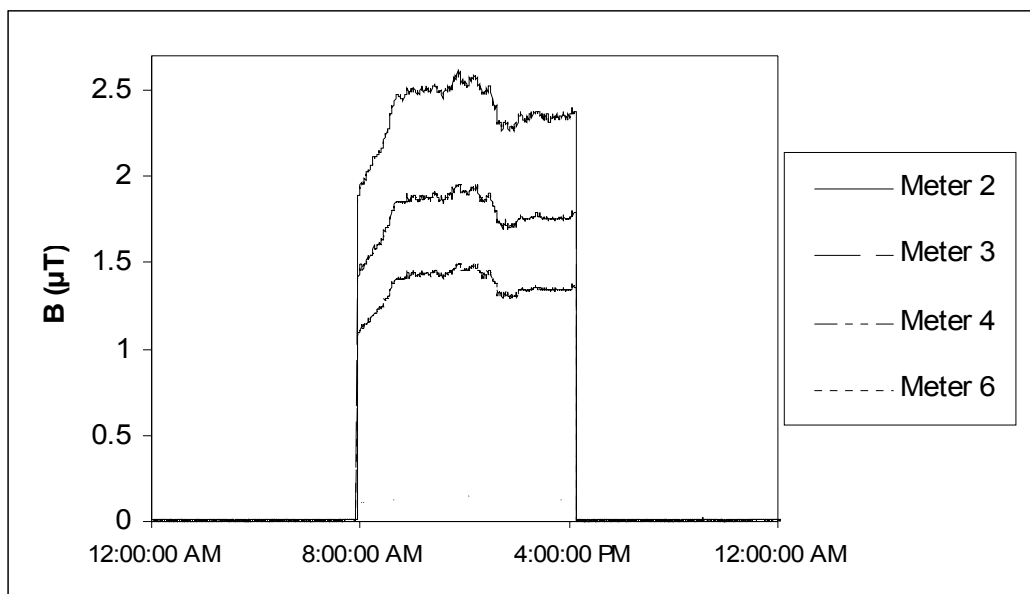
Terracini B, Segnan N. 1977. Identificazione dei gruppi ad alto rischio. *Epidemiol Prev*;0:17-23.

World Health Organization (WHO). 2007. Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria, Vol. 238. WHO, Geneva, 2007.

Figura.1: area in studio



Figura 2: densità del flusso magnetico misurata in abitazioni a diversa distanza dalla linea elettrica



Tab.1: cause di mortalità indagate

<b>Elenco cause</b>	<b>ICD 9 revisione</b>
Tutte le cause	0001-9999
Tutti i tumori maligni	1400-2089
T.m. apparato digerente e peritoneo	1500-1599
T.m. stomaco	1510-1519
T.m. intestino e retto	1520-1548
T.m. intestino tenue	1520-1529
T.m. colon e sigma	1530-1539
T.m. pancreas	1570-1579
T.m. apparato respiratorio	1600-1659
T.m. trachea, bronchi e polmoni	1620-1629
T.m. organi genitourinari	1790-1899
T.m. vescica	1880-1889
T.m. rene e di altri e non specificati organi urinari	1890-1899
T.m. sistema nervoso centrale	1900-1929
T.m. encefalo	1910-1919
T.m. sistema linfoematopoietico	2000-2089
Leucemie	2040-2089
Leucemia linfoide	20740-2049
Leucemia mieloide	2050-2059
Diabete	2500-2509
AIDS	2790-2799
Malattie cardiovascolari	3900-4599
Cardiopatie ischemiche	4100-4149
Disturbi circolatori dell'encefalo	4300-4389
Malattie dell'apparato respiratorio	4600-5199
Bronchite, enfisema, asma	4900-4939
Malattie dell'apparato digerente	5200-5799
Cirrosi	5710-5719
Cirrosi epatica senza menzione di alcool	5715
Cause violente	8000-9999

Tab. 2: patologie selezionate per l'analisi delle Schede di Dimissione Ospedaliera

<b>Patologia</b>	<b>ICD 9 revisione</b>
Tumori totali	140-239
Tumori maligni primitivi	140-208 (escl.196-198)
T.m. app. digerente e peritoneo	150-159
T.m. del pancreas	157
T.m. dell'encefalo e di altre parti sist. nervoso	191-192
T.m. della gh. tiroidea e altre gh. endocrine e str. connesse	193-194
T.m. del sist. linfoematopoietico	200-208
Leucemie totali	204-208
Tumori maligni secondari e natura non specificata	196-198 e 239
Tumori benigni	210-229
T.b. app. digerente e peritoneo	211
T.b. del pancreas	211.6-211.7
T.b. dell'encefalo e di altre parti sistema nervoso	225
T.b. della ghiandola tiroidea e altre gh. endocrine e str. connesse	226-227
Disturbi della ghiandola tiroide	240-246
Malattie ematologiche	280-289
Malattie sistema nervoso e organi di senso	320-389
Malattie sistema circolatorio	390-459
Malattie ischemiche	410-414
Complicanze della gravidanza	630-639
Malattie perinatali	760-779

