



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

Preliminary study of cause-specific mortality of a population exposed to 50 Hz magnetic fields, in a district of Rome municipality

Lucia Fazzo,¹ Mario Grignoli,¹ Ivano Iavarone,¹ Alessandro Polichetti,² Marco De Santis,¹ Valeria Fano,³ Francesco Forastiere,³ Stefania Palange,³ Roberto Pasetto,¹ Nicola Vanacore,⁴ Pietro Comba¹

¹ Dipartimento ambiente e connessa prevenzione primaria, Istituto superiore di sanità

² Dipartimento tecnologie e salute, Istituto superiore di sanità

³ Dipartimento di epidemiologia, ASL Roma E

⁴ Centro nazionale di epidemiologia, sorveglianza e promozione della salute, Istituto superiore di sanità

Corrispondenza: Lucia Fazzo, Dipartimento ambiente e connessa prevenzione primaria, Istituto superiore di sanità, viale Regina Elena 299, 00161 Roma; tel. 06 49902249; fax 06 49387083; e-mail: lfazzo@iss.it

Cosa si sapeva già

- L'Agencia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha classificato i campi magnetici a frequenze estremamente basse (ELF, 3-3000 Hz) nel gruppo 2B dei «possibili cancerogeni per l'uomo», in base alle indicazioni di un raddoppio del rischio di incidenza delle leucemie infantili in popolazioni esposte a livelli di induzione magnetica superiori a 0,4 microtesla (μ T).
- Le evidenze epidemiologiche relative alla popolazione adulta sono state valutate dalla IARC come inadeguate.
- Alcuni fra gli studi che hanno messo in luce un incremento di rischio di determinate patologie neoplastiche, neurodegenerative e di aborto spontaneo si riferiscono a popolazioni esposte a livelli elevati di campo magnetico.

Cosa si aggiunge di nuovo

- Si introduce in Italia per la prima volta un approccio di coorte relativo a popolazioni esposte, per motivi residenziali, a elevati livelli di campi magnetici a 50 Hz.
- I metodi utilizzati per ricostruire e validare la composizione della coorte e i valori di esposizione sono innovativi e si prestano a essere replicati.
- Il riscontro di un'accresciuta mortalità per tumori nell'area in esame, in particolare per i soggetti esposti ai livelli più elevati di campo e per i tempi più prolungati, seppur basata su un limitato numero di casi, è meritevole di approfondimento.

Riassunto

Obiettivo: analizzare la mortalità per causa di una popolazione esposta a valori elevati di campi magnetici a 50 Hz, in un distretto di Roma.

Disegno: è stata studiata una coorte composta da 357 soggetti residenti in un'area che si estende per 100 metri sia a destra, sia a sinistra di una linea elettrica a 60 kV. La valutazione dell'esposizione residenziale a campi magnetici a 50 Hz è stata effettuata in modo integrato, utilizzando un modello previsionale in base alle caratteristiche della linea elettrica e alla posizione delle abitazioni rispetto ai cavi elettrici, modello corroborato da misure dirette del campo magnetico nelle abitazioni.

L'analisi di mortalità è stata effettuata per il periodo 1980-2003 (tenendo conto anche della durata della residenza e del periodo di latenza), sia per l'intera coorte, sia per tre sub-coorti distinte per distanza dalla linea elettrica e per valori di campo magnetico.

Outcome: sono state ricercate le cause di morte dei deceduti. Sono stati calcolati i Rapporti standardizzati di mortalità

(SMR) – rispetto alla popolazione generale del Lazio – per l'intera coorte e per le tre sub-coorti, separatamente.

Risultati: la mortalità generale nell'intera area non è risultata diversa da quella della popolazione del Lazio (SMR 0,99; IC 95% 0,73-1,35; 40 osservati). La mortalità per tutti i tumori presenta un incremento non statisticamente significativo (SMR 1,34; IC 95% 0,82-2,18; 16 osservati), che diventa significativo nella classe di durata di residenza di 31-40 anni (SMR 2,09; IC 95% 1,05-4,19; 8 osservati). La mortalità per tumori del sistema linfoematopoietico presenta un incremento, basato su due casi di leucemia.

La mortalità per tutti i tumori è più elevata nella zona più vicina alla linea elettrica ed esposta a livelli di campo magnetico maggiori. A tale incremento sembrano contribuire soprattutto i tumori dell'apparato digerente (SMR 3,57; IC 95% 1,49-8,58; 5 osservati) e del pancreas in particolare.

Discussione e conclusioni: sono emersi alcuni incrementi di mortalità nell'intera coorte e in particolare tra i soggetti esposti ai livelli maggiori di campo magnetico, nonostante la bassa potenza dello studio. Attualmente sono in corso nel-

l'area ulteriori studi che potranno dare maggiori informazioni: uno studio trasversale sullo stato di salute, lo sviluppo di un modello per la stima dell'esposizione residenziale individuale, l'analisi della morbosità attraverso la rilevazione delle Schede di dimissione ospedaliera e un'indagine di epidemiologia veterinaria.

Abstract

Objective: to investigate cause-specific mortality in a population exposed to high levels of 50 Hz magnetic fields, in a district of Rome. **Design:** a cohort of 357 subjects that are resident in an area of about 100 meters on the two sides of a 60 kV power line was studied. Exposure to 50 Hz magnetic fields was evaluated by spot and long-term measurements and by adopting a model based on current load, characteristics of the line and distance of dwellings from conductors. The mortality experience of the cohort was observed from January 1st, 1980 through December 31st, 2003. Analysis took into account duration of residence and latency. Separate analyses were performed for three subcohorts characterized by different distances from the line and different estimated and measured field levels.

Main outcomes: cause-specific standardized mortality ratios (SMR's) were computed comparing the observed number of deaths with the corresponding expected figures derived from the Latium Region mortality rates. This was done both in the overall cohort and in the subcohorts.

Results: all-causes mortality of the cohort did not differ from expected values (SMR 0.99; 95% CI 0.73-1.35; 40 observed). All cancers mortality showed a non-significant increase (SMR 1.34;

Sarebbe auspicabile replicare il presente studio in situazioni simili, in modo da consentire analisi *pooled*.

(*Epidemiol Prev* 2005; 29: 243-52)

Parole chiave: campi magnetici a 50 Hz, esposizione residenziale, coorte, tumori del pancreas.

95% CI 0.82-2.18; 16 observed), that reached statistical significance in the analyses limited to subjects with more than 30 years of residence (SMR 2.09; 95% CI 1.05-4.19; 8 observed). Mortality from lymphohaematopoietic malignancies was increased, based on two cases of leukemia. All cancers mortality was highest in the subcohort closest to the power line and exposed to highest levels of magnetic fields. An increased risk for digestive tract neoplasms (SMR 3.57; 95% CI 1.49-8.58; 5 observed) was observed, which was mainly caused by pancreatic cancer.

Discussion and conclusion: some increase in mortality of the overall cohort and especially of the highly exposed sub cohort was detected, notwithstanding the low power of the study. Other studies are currently on-going in the same area: a cross-sectional investigation on health status, an analysis of hospital discharge cards, a project for estimating individual exposure levels and a research in veterinary epidemiology. It is recommended to replicate the present study in areas presenting similar exposure patterns, in order to be able to pool data with the aim of estimating risk associated with the exposure levels of interest.

(*Epidemiol Prev* 2005; 29: 243-52)

Keywords: 50 Hz magnetic fields, residential exposure, cohort study, pancreatic neoplasms.

Introduzione

In un precedente contributo è stato illustrato il razionale dello studio epidemiologico di popolazioni esposte a elevati livelli di campo magnetico a 50 Hz.¹ L'indicazione di concentrare i prossimi studi su tale fascia di soggetti, espressa inizialmente da Ahlbom et al.² e da Greenland et al.³ (autori ai quali ha fatto riferimento la IARC nella valutazione del rischio cancerogeno),⁴ è stata recentemente ripresa dalla Lega italiana per la lotta contro i tumori.⁵

In questo quadro, presso l'Istituto superiore di sanità, è stata messa a punto una procedura per lo studio dello stato di salute di popolazioni di aree caratterizzate da elevati livelli di campo magnetico a 50 Hz;⁶ per la realizzazione di un insieme di ricerche coordinate – studio di coorte relativo alla popolazione residente, studio trasversale sullo stato di salute, studio di epidemiologia veterinaria, studio di valutazione dell'esposizione – è stato scelto il quartiere di Longarina (Ostia antica, Roma). Lo studio di mortalità di coorte della popolazione di Longarina, oggetto del presente contributo, costituisce il primo passo.

Materiali e metodi

L'area in studio

Il quartiere di Longarina è sorto, alla metà degli anni Cin-

quanta, in prossimità di un elettrodotto a 50 Hz di media tensione (60 kV). E' stata considerata l'area che si estende per 100 metri sia a destra, sia a sinistra a partire dalla linea elettrica (figura 1, figura 2).

La popolazione in studio

La popolazione in studio è rappresentata dall'insieme dei soggetti che abbiano risieduto, ovvero che abbiano abitato – anche senza acquisire la residenza – nell'area in studio, nel periodo compreso tra il 01.01.1954 (anno in cui si stabilirono i primi nuclei familiari nel quartiere) e il 31.12.2003 (data della rilevazione in base alla quale è stata ricostruita la coorte) e che fossero in vita al 01.01.1980.

E' da sottolineare che, grazie alle caratteristiche della comunità in studio quali la stabilità, la coesione sociale e la fitta rete di interrelazioni, è stato possibile effettuare una ricostruzione di tipo domiciliare della coorte, ossia includendo nella coorte i soggetti che, pur non avendo acquisito la residenza, hanno abitato nell'area in studio.

In particolare, poiché le abitazioni in esame erano state costruite abusivamente, il solo criterio dell'acquisizione della residenza anagrafica avrebbe potuto determinare una sottostima del numero reale dei soggetti vissuti nell'area. Inoltre, trattandosi nella maggior parte dei casi di abitazioni ad uso



Figura 1. Fotografia dell'area in studio, Quartiere Longarina, Roma.

Figure 1. Picture of the study area, Longarina District, Rome.

di singoli nuclei familiari sin dall'anno di costruzione – ossia dal 1954 in poi – e spesso soggette a successive sopraelevazioni (in occasione dell'aumento dei componenti delle famiglie stesse), il ricordo dei singoli soggetti circa la presenza di altre persone all'interno dell'abitazione è da ritenere affidabile; in ogni caso, esso è stato oggetto di verifiche con i dati dell'anagrafe. Infine, per coloro che non sono risultati residenti ma hanno dichiarato di aver domiciliato a Longarina, è stato eseguito un controllo del legame di parentela con coloro che avevano acquisito la residenza (la maggior parte sono risultati essere figli di persone residenti nell'area alla data della loro nascita che successivamente hanno lasciato l'abitazione dei genitori, per trasferirsi altrove).

Il follow-up

Per ogni soggetto incluso nella coorte è stato accertato lo stato in vita al 31.12.2003 (fine del follow-up) e, per i deceduti, sono state ricercate le cause di morte.

Per l'accertamento delle cause di morte tra il 1986 e il 2003 è stato utilizzato il Registro nominativo delle cause di morte (ReNCaM) della popolazione residente nel Lazio, disponibile presso il Dipartimento di epidemiologia dell'ASL Roma E; per gli anni 1980-1985 è stata effettuata la ricerca direttamente sui dati di mortalità di fonte ISTAT, disponibili in forma anonima presso la banca dati epidemiologica dell'ENEA, utiliz-

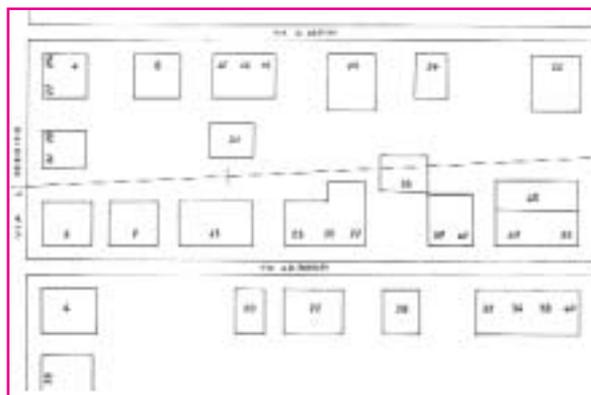


Figura 2. Mappa 1: 400 dell'area in studio.

Figure 2. Map of the study area (scale 1: 400).

zando un sistema di appaiamento basato sul luogo e mese di nascita, luogo di residenza, luogo e mese di morte.⁷

La stima del campo magnetico residenziale

Il gestore della linea elettrica (Azienda comunale elettricità ed acque – ACEA) ha fornito i dati sulle caratteristiche tecniche della linea e del suo funzionamento dal gennaio 1995 al settembre 2004. In base a tali informazioni e alla posizione delle abitazioni rispetto alla linea, è stato costruito un modello per la stima dell'esposizione residenziale, utilizzando il programma di calcolo «Campi» messo a punto dall'Istituto di fisica applicata «Nello Carrara» del Consiglio nazionale delle ricerche.⁸

Inoltre, per la validazione del modello, sono state effettuate misure estemporanee e prolungate in alcune delle abitazioni dell'area in studio, con rilevatori Emdex LiteTM, utilizzati già nel progetto SETIL.⁹

E', inoltre, in fase di implementazione un modello per la stima dell'esposizione individuale che utilizza il software WINELF.¹⁰

Integrando i dati misurati e le stime del campo magnetico, l'area in studio è stata suddivisa in sub-aree caratterizzate da livelli di esposizione decrescenti: A vicina alla linea, B lontana dalla linea, C intermedia.

L'analisi della mortalità

Sono stati calcolati i Rapporti Standardizzati di Mortalità (SMR), utilizzando i tassi di riferimento della popolazione generale del Lazio specifici per patologia, sesso, età e periodo di calendario. Per i deceduti dopo il 1998, il calcolo del numero di decessi attesi è stato effettuato sulla base dei tassi di mortalità del periodo 1995-1998. La mortalità è stata successivamente esaminata separatamente per le tre sub-aree. Nell'analisi stratificata per zona, i soggetti che nel corso della loro storia residenziale si sono spostati da una sub-area a un'altra contribuiscono, nel calcolo degli anni-persona, solo con il periodo di tempo trascorso in una delle tre zone, se-

Tabella 1. Carico di corrente elettrica della linea di Longarina nei periodi di attivazione. Anni 1995-2004. Fonte ACEA.

Table 1. Circulating current in the power line (Longarina) while operating. Source: ACEA, 1995-2004.

Anno	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004 [#]
% giorni linea attiva*	98,6	91	91,8	98,4	99,2	99,7	78,4	51,5	46,8	19,3
min (A)	1	1	1	1	9	2	1	2	1	1
max (A)	480	307	295	342	326	332	334	376	355	389
media (A)	178	173	162	181	185	188	192	208	177	209
mediana (A)	179	173	170	180	187	191	195	211	201	216

A = ampere

* la percentuale si riferisce al rapporto tra il numero di giorni in cui la linea risultava attiva e il numero di giorni di ogni anno

gennaio-settembre 2004 (53/274 giorni)

condo il seguente schema: i soggetti che si sono spostati dalla zona A alla R (o viceversa) e quelli che sono passati dalla zona A alla B (o viceversa) contribuiscono solo per il periodo trascorso nella zona A; dei soggetti che si sono spostati dalla zona B alla zona R (o viceversa) è stato considerato solo il periodo trascorso nella zona R.

Di conseguenza, gli anni-persona che contribuiscono al calcolo degli SMR in questa seconda analisi sono inferiori a quelli relativi all'analisi sull'intera coorte, nella quale ogni soggetto contribuisce per l'intero periodo della sua residenza a Longarina. I soggetti che, nel corso della loro storia residenziale a Longarina, si sono spostati all'interno della stessa sub-area contribuiscono con il numero complessivo di anni-persona passati nella sub-area, sia nell'analisi sull'intera coorte che nell'analisi stratificata.

Poiché la procedura di calcolo degli SMR utilizzata nel presente lavoro è finalizzata alle coorti professionali e non considera soggetti di età inferiore ai 14 anni (in questa classe di età, peraltro, non si sono verificati decessi nella coorte), l'analisi è stata ristretta ai soggetti di 15 o più anni.

Risultati

La stima del campo magnetico residenziale

La tabella 1 riporta i dati del carico di corrente della linea, registrati ogni 15 minuti dal gennaio 1995 al settembre 2004. Le misure effettuate in continuo per sei giorni hanno individuato due fasce di abitazioni con un diverso livello di campo magnetico (tabella 2). Tra queste ci sono delle abitazioni i cui livelli di campo magnetico si sovrappongono parzialmente a

quelli delle prime due fasce. Le due sub-aree i cui valori di campo magnetico non si sovrappongono sono state denominate fascia A (la più vicina alla linea elettrica e con i livelli di campo maggiori) e fascia R (quella più lontana dalla linea e meno esposta); la fascia intermedia è stata denominata fascia B. L'identificazione delle tre sub-aree è stata corroborata dal modello di stima teorica dell'esposizione residenziale, in cui, quali parametri d'ingresso, sono stati immessi i dati (forniti dall'ACEA) relativi alle caratteristiche tecniche della linea elettrica di distribuzione a media tensione (60 kV) a semplice trina. Quale valore della corrente trasportata è stato utilizzato il massimo carico di corrente trasportato negli ultimi anni ($I = 389A$).

Nella figura 3 è riportata, a titolo di esempio, la distribuzione del campo magnetico stimata in funzione della distanza laterale dalla linea elettrica, a 1,5 e 7,5 metri dal suolo (corrispondenti, rispettivamente, alle altezze dei punti di misura a piano terra e al secondo piano di un'abitazione) e considerando un'altezza dal suolo del conduttore più basso pari a 11,60 metri.

Per le abitazioni entro i 28 metri dalla linea – la fascia A – il minimo valore dell'induzione magnetica è stato stimato pari a $0,44 \mu T$; per le abitazioni oltre i 33 metri dalla linea – la fascia R – il massimo valore dell'induzione magnetica (civico più vicino alla linea, conduttore più basso a 10 metri dal suolo, stima effettuata all'altezza di 7 metri) è stato stimato pari a $0,34 \mu T$. I valori stimati per la fascia B confermano la sovrapposizione, in parte, con i valori della fascia A e in parte con quelli della fascia R.

	Abitazione 1* I piano	Abitazione 1* II piano	Abitazione 2* piano terra	Abitazione 3* II piano	Abitazione 4* II piano	Abitazione 5^ II piano
n. registrazioni	645	645	645	645	193	645
media (μT)	0,97	0,48	0,74	1,13	2,91	0,22
ds (μT)	0,25	0,12	0,19	0,29	0,64	0,05
min (μT)	0,57	0,28	0,42	0,68	1,64	0,13
max (μT)	1,51	0,75	1,16	1,73	3,93	0,34

T = tesla
* distano dalla linea elettrica meno di 28 metri
^ dista dalla linea elettrica 28 metri

Tabella 2. Misure di induzione magnetica nell'area in studio, 18-23 gennaio 2005

Table 2. Magnetic flux density measurements in the study area, January 18-23, 2005.

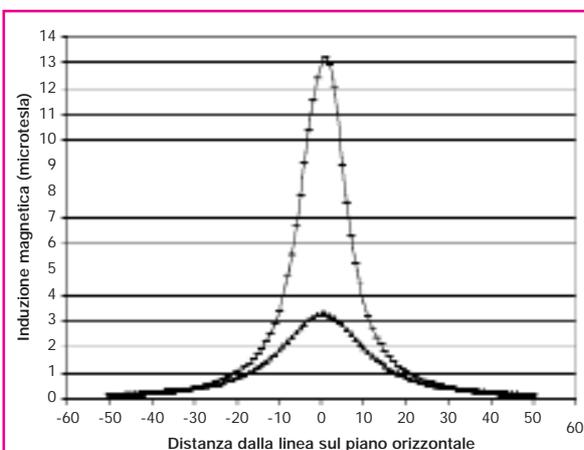


Figura 3. Distribuzione dell'induzione magnetica (μT) stimata in funzione della distanza dalla linea elettrica, a 1,5 e a 7,5 metri dal suolo.

Figure 3. Distribution of estimated magnetic flux density (μT) as a function of distance from the power line, 1.5 and 7.5 meters above the ground level.

Questi valori sono stati stimati nelle due situazioni estreme; pertanto, con un carico di corrente elettrica di 389 A, in tutte le unità abitative della fascia R l'induzione magnetica non supera $0,34 \mu\text{T}$, mentre in tutte quelle della fascia A l'induzione magnetica è al di sopra di $0,44 \mu\text{T}$.

Successivamente, per un'ulteriore conferma della corretta individuazione delle diverse sub-aree, sono state effettuate in alcune abitazioni misure dirette prolungate del campo magnetico: i dati hanno confermato che le abitazioni della fascia A sono esposte in modo continuativo a un campo maggiore delle abitazioni della fascia R (tabella 3).

L'analisi di mortalità

La coorte è costituita da 357 soggetti (176 uomini e 181 donne), 250 dei quali risultano attualmente in vita e ancora domiciliati a Longarina.

Al termine del follow-up (31.12.2003), 40 soggetti (11%) risultano deceduti (25 uomini e 15 donne) e 317 (89%) ancora in vita; nessun soggetto è risultato perso (tabella 4). Essendo stati esclusi i 35 soggetti al di sotto dei 15 anni, quel-

li inclusi nell'analisi sull'intera coorte sono 322 e gli anni-persona da essi maturati sono 5.527, di cui la maggior parte nella classi di durata e latenza 21-30 anni.

I risultati dell'analisi della mortalità complessivi e separati per genere sono riportati in tabella 5.

La mortalità per tutte le cause non diverge da quella della popolazione del Lazio; si registra un leggero incremento, non statisticamente significativo, della mortalità per tumori maligni (16 casi; SMR 1,34; IC 95% 0,82-2,18). In particolare, la mortalità per tumori maligni dell'apparato digerente e peritoneo risulta significativamente in eccesso sia nell'intera coorte, sia nei soli uomini. Tale incremento sembra ascrivibile in larga misura al tumore del pancreas, con 4 decessi osservati rispetto a 0,5 attesi, tutti tra gli uomini. Per quanto riguarda i tumori maligni del sistema linfoematopoietico si osservano 2 casi di leucemie, di cui una leucemia linfoide e una leucemia mieloide. Tra le donne si osserva un caso di tumore maligno del Sistema nervoso centrale, in particolare dell'encefalo, contro 0,1 casi attesi.

La mortalità per tutte le cause, per i tumori maligni e per i tumori dell'apparato digerente e peritoneo, stratificata per durata di residenza e per latenza, viene descritta in tabella 6; la mortalità per i tumori maligni risulta significativamente accresciuta nelle classi di latenza e di durata di residenza pari a 31-40 anni.

Dei 357 soggetti inclusi nello studio, 156 risiedevano nella fascia R, 142 nella fascia A e 59 nella fascia B. I risultati dell'analisi della mortalità per causa nelle tre sub-aree A, R e B sono riportati in tabella 7. Dei 40 decessi, 16 sono risultati nella fascia R, 18 nella fascia A e 6 nella fascia B. Tra i residenti nella fascia A si registra un eccesso non significativo della mortalità per i tumori maligni (SMR 1,94; IC 95% 0,97-3,88, con 8 casi osservati *vs* 4,13 attesi) e un incremento statisticamente significativo dei decessi per tumori maligni dell'apparato digerente e del peritoneo. In particolare, 3 dei 4 casi di tumore maligno del pancreas sono nella fascia A. Dei 3 casi di AIDS, 2 sono nella fascia A e nessuno nella fascia R.

Tra i soggetti residenti nella sub-area R, la mortalità per i tumori maligni non si discosta significativamente dall'attesa.

	Fascia R ¹ Distale [^]	Fascia R ¹ Prossimale [*]	Fascia A ² Distale [^]	Fascia A ² Prossimale [*]
n. registrazioni	571	571	571	571
media (μT)	0,12	0,18	0,36	1,12
ds (μT)	0,03	0,04	0,09	0,27
min (μT)	0,08	0,12	0,23	0,72
max (μT)	0,19	0,28	0,56	1,74
range (μT)	0,11	0,16	0,33	1,02

T = tesla

[^] distale = punto di massima distanza tra la linea e l'abitazione

^{*} prossimale = punto di minima distanza tra la linea e l'abitazione

1 = abitazione più vicina alla linea elettrica della fascia R

2 = abitazione più lontana dalla linea elettrica della fascia A

Tabella 3. Misure di induzione magnetica nell'area in studio, 3-7 febbraio 2005.

Table 3. Magnetic flux density measurements in the study area, February 3-7, 2005.

	uomini (n)	donne (n)
età (anni)		
<15	62	59
15-29	43	52
30-44	36	34
45-59	24	22
60+	11	14
residenza (anni)		
0-10	107	110
11-20	62	65
21-30	7	6
stato in vita		
vivi	151	166
deceduti	25	15
Totale	176	181

Tabella 4. Distribuzione dei soggetti in studio per genere, età e durata della residenza all'ingresso nello studio e stato in vita alla fine del follow-up. Longarina, anni 1980-2003.

Table 4. Distribution of study subjects by gender, age and length of residence at entry, and vital status at the end of follow-up. Longarina, 1980-2003.

Permane un lieve incremento di rischio per i tumori dell'apparato digerente, sebbene non statisticamente significativo. L'unico incremento significativo nella mortalità tra i soggetti residenti nella fascia R riguarda le malattie dell'apparato respiratorio, con 3 osservati *vs* 1 atteso. Dei due casi di leucemia, uno – rispetto a 0,08 attesi – si trova nella sub-area R (leucemia mieloide) ed uno – rispetto a 0,03 attesi – nella sub-area B (leucemia linfoide).

Discussione

Sono opportune alcune considerazioni sul disegno dello studio. Esso è valido dal punto di vista delle modalità di selezione dei soggetti. Il criterio di inclusione (ossia l'avere avuto il domicilio nell'area in esame) è stato definito *a priori*, in assenza di conoscenze sullo stato in vita dei soggetti; la popolazione ricostruita in base a questo criterio è stata oggetto di verifica indipendente sui registri dell'Ufficio anagrafe del XIII municipio del Comune di Roma. L'accerimento dello stato in vita, inoltre, è stato esaustivo.

Per quanto attiene alla validità della valutazione del campo magnetico residenziale, sono stati utilizzati due approcci in modo integrato: misure di lungo periodo del campo magnetico (effettuate con rilevatori Emdex Lite)⁹ e applicazione del modello previsionale di stima del campo del CNR.⁸ Entrambi gli approcci suggeriscono che i livelli di campo riscontrati nella fascia A siano superiori, senza sovrapposizioni, rispetto ai livelli rilevati nella fascia R; questi, tuttavia, eccedono i valori comunemente riportati per popolazioni «non esposte» (meno di 0,1 μ T per Ahlbom et al.,² fra 0,05 e 0,1 μ T per la IARC⁴), e quindi la popolazione ivi residente non è da considerarsi tale.

Il presente studio non prevede la possibilità di stimare il ruolo di potenziali variabili ambientali di confondimento, ossia di fattori di rischio delle patologie in esame distribuiti in modo differenziato nelle categorie di esposizione al campo magnetico; altro limite è la ridotta potenza statistica nel riconoscere rischi relativi relativamente contenuti.

Nell'area in esame, caratterizzata da livelli di campo magnetico superiori a quelli che si ritrovano consuetamente, è stato osservato un incremento della mortalità per tutti i tumori maligni; tale incremento è statisticamente significativo in

corrispondenza di una durata di residenza di 31-40 anni, ovvero di un tempo di latenza di 31-40 anni. L'eccesso è maggiore nella zona più vicina alla linea elettrica rispetto alla zona più lontana, sebbene in entrambe il dato non sia statisticamente significativo. L'eccesso è largamente determinato dai tumori dell'apparato digerente e, in particolare, da quelli del pancreas, che sembrano concentrarsi nella fascia A. Questi incrementi sono a carico esclusivamente degli uomini e questo risultato non consente di escludere un possibile ruolo dell'esposizione professionale.

Per il tumore del pancreas è stato suggerito un ruolo eziologico dell'esposizione a prodotti di combustione, antiparassitari e ad alcuni agenti presenti nei luoghi di lavoro.^{11,12} Per questa patologia esiste, inoltre, una familiarità,¹³ confermata, nel presente studio, dal riscontro di due casi all'interno

Tabella 5. Risultati dell'analisi di mortalità per causa (intera coorte: 322 soggetti). Longarina, anni 1980-2003.

Table 5. Results of mortality analysis (overall cohort: 322 subjects). Longarina, 1980-2003.

Elenco cause (ICD-9)
Tutte le cause (000.1-999.9)
Tutti tumori maligni (140.0-208.9)
TM apparato digerente e peritoneo (150.0-159.9)
stomaco (151.0-151.9)
intestino e retto (152.0-154.8)
intestino tenue (152.0-152.9)
colon e sigma (153.0-153.9)
pancreas (157.0-157.9)
TM apparato respiratorio (160.0-165.9)
trachea, bronchi e polmoni (162.0-162.9)
TM organi genitourinari (179.0-189.9)
vescica (188.0-188.9)
TM rene e di altri e non spec. org. urinari (189.0-189.9)
TM sistema nervoso centrale (190.0-192.9)
encefalo (191.0-191.9)
TM sistema linfoematopoietico (200.0-208.9)
Leucemie (204.0-208.9)
Leucemia linfoide (204.0-204.9)
Leucemia mieloide (205.0-20.9)
Diabete (250.0-250.9)
AIDS (279.0-279.9)
Malattie cardiovascolari (390.0-459.9)
Cardiopatie ischemiche (410.0-414.9)
Disturbi circolatori encefalo (430.0-438.9)
Malattie dell'apparato respiratorio (460.0-519.9)
Bronchite, enfisema, asma (490.0-493.9)
Malattie dell'apparato digerente (520.0-579.9)
Cirrosi (571.0-571.9)
Cause violente (800.0-999.9)

oss. = decessi osservati; attesi = decessi attesi;

di un medesimo nucleo familiare e ci sono evidenze che corroborano un ruolo eziologico della dieta e del fumo.¹¹

In alcuni studi occupazionali recenti è stato segnalato un aumento del rischio di tumore maligno del pancreas in funzione dell'esposizione a campi elettromagnetici. Nel 1999, uno studio caso-controllo svolto in Cina e basato su 10 casi esposti ha stimato una Odds Ratio di 3,3 (IC 95% 1,4-7,9) nei lavoratori di sesso maschile con elevata esposizione; questo dato è associato a un trend significativo del rischio ($p=0,05$).¹⁴ Una meta-analisi, basata su 99 studi epidemiologici circa i fattori di rischio lavorativi dei tumori del pancreas (pubblicati negli anni 1969-1998), ha segnalato un incremento non significativo del rischio – circa il 10% – nelle occupazioni con esposizione a «campi elettromagnetici» non meglio precisata (MRR 1,1; IC 95% 0,8-1,4).¹² Uno studio sui casi incidenti di tumore del pancreas tra le lavoratrici finlandesi ha registrato un aumento di rischio (RR 1,8; IC 95% 1,2-2,8) per le occupazioni con esposizione giornaliera a un campo magnetico a 50 Hz superiore a 0,8 μ T.¹⁵ Infine, un recente studio caso-controllo sui fattori professionali dei tu-

mori pancreatici nell'Iowa ha mostrato alcuni incrementi di rischio associati ad attività lavorative che comportano esposizione a campi a 50 Hz, in particolare per le addette alle macchine da cucire nell'industria tessile.¹⁶

Per quanto riguarda altre patologie tumorali per le quali sia stato ipotizzato un ruolo eziologico dei campi magnetici a 50 Hz, oltre ai due casi di leucemia e uno di tumore encefalico letali sopra menzionati, a Longarina è stato osservato, nel periodo dello studio, un caso di linfoma di Burkitt infantile (ora clinicamente guarito) che ha risieduto per diversi anni in fascia R, trascorrendo, ogni giorno, parte del tempo in un'abitazione della fascia A e che, attualmente, risiede nello stesso quartiere, anche se fuori dall'area in esame; pochi mesi dopo la fine del follow-up è stato inoltre diagnosticato un altro caso di leucemia infantile – tuttora in terapia – residente attualmente in fascia A.

In precedenza pochi studi hanno preso in esame coorti residenti in aree con elevati livelli di campo magnetico.^{4,5} Qualche analogia col presente studio può essere riscontrata nell'approccio adottato da Milham.¹⁷ Tale ricercatore ha studiato

	Uomini				Donne				Totale			
	oss.	attesi	SMR	IC 95%	oss.	attesi	SMR	IC 95%	oss.	attesi	SMR	IC 95%
	25	25,3	0,99	0,67-1,46	15	15,01	1,00	0,60-1,66	40	40,28	0,99	0,73-1,35
	12	7,64	1,57	0,89-2,77	4	4,33	0,92	0,35-2,46	16	11,97	1,34	0,82-2,18
	8	2,51	3,18	1,59-6,36	1	1,54	0,65		9	4,05	2,22	1,16-4,27
	2	0,66	3,02	0,76-12,09	1	0,34	2,97		3	1,00	3,01	0,97-9,32
	2	0,75	2,67	0,67-10,68	0	0,5			2	1,25	1,60	0,40-6,38
	1	0,01	113,95		0	0,01			1	0,02	66,20	
	1	0,5	2,00		0	0,35			1	0,85	1,18	
	4	0,29	13,61	5,11-36,25	0	0,19			4	0,49	8,19	3,08-21,83
	1	2,63	0,38		1	0,5	2,02		2	3,13	0,64	0,16-2,56
	1	2,4	0,42		1	0,46	2,18		2	2,85	0,70	0,18-2,80
	2	1,11	1,79	0,45-7,17	0	0,59			2	1,71	1,17	0,29-4,69
	1	0,38	2,67		0	0,06			1	0,44	2,28	
	1	0,17	5,87		0	0,07			1	0,24	4,24	
	0	0,17			1	0,11	9,41		1	0,27	3,67	
	0	0,15			1	0,1	10,11		1	0,25	3,94	
	1	0,58	1,72		1	0,37	2,70		2	0,95	2,10	0,53-8,41
	1	0,28	3,57		1	0,17	5,97		2	0,45	4,47	1,12-17,88
	1	0,09	11,34		0	0,04			1	0,13	7,57	
	0	0,11			1	0,07	13,55		1	0,19	5,34	
	0	0,79			1	0,74	1,35		1	1,53	0,65	
	2	0,32	6,34	1,59-25,33	1	0,09	10,53		3	0,41	7,31	2,36-22,65
	5	9,9	0,51	0,21-1,21	7	6,39	1,10	0,52-2,30	12	16,29	0,74	0,42-1,30
	4	4,06	0,98	0,37-2,62	1	1,9	0,53		5	5,97	0,84	0,35-2,01
	0	2,34			3	1,77	1,69	0,55-5,25	3	4,11	0,73	0,24-2,26
	1	1,59	0,63		2	0,65	3,08	0,77-12,30	3	2,24	1,34	0,43-4,15
	0	0,91			2	0,3	6,62	1,66-26,46	2	1,21	1,65	0,41-6,59
	2	1,48	1,35	0,34-5,42	0	0,75			2	2,23	0,9	0,22-3,59
	1	0,79	1,26		0	0,34			1	1,13	0,89	
	3	1,68	1,83	0,59-5,67	0	0,75			3	2,4	1,25	0,4-3,88

SMR = rapporto standardizzato di mortalità; IC 95% = intervallo di confidenza al 95%

Causa (ICD-9)	Anni	Durata residenza				Latenza			
		oss.	attesi	SMR	IC 95%	oss.	attesi	SMR	IC 95%
Tutte le cause (000.1-999.9)	0-10	4	4,04	0,99	0,37-2,64	3	3,61	0,83	0,27-2,57
	11-20	7	7,39	0,95	0,45-1,99	7	7,01	1,00	0,48-2,09
	21-30	9	15,09	0,60	0,31-1,15	8	15,22	0,53	0,26-1,05
	31-40	18	12,62	1,43	0,90-2,26	20	13,15	1,52	0,98-2,36
	41-50	2	1,13	1,77	0,44-7,06	2	1,28	1,56	0,39-6,23
Tumori maligni (140.0-208.9)	0-10	2	1,23	1,62	0,41-6,48	1	1,07	0,94	
	11-20	2	2,26	0,89	0,22-3,54	2	2,12	0,94	0,24-3,77
	21-30	4	4,29	0,93	0,35-2,48	4	4,32	0,93	0,35-2,47
	31-40	8	3,82	2,09	1,05-4,19	9	4,03	2,24	1,16-4,30
	41-50	0	0,37			0	0,43		
TM apparato digerente e peritoneo (150.0-159.9)	0-10	2	0,4	4,94	1,24-19,76	1	0,36	2,78	
	11-20	1	0,74	1,35		1	0,7	1,43	
	21-30	3	1,46	2,05	0,66-6,36	3	1,47	2,04	0,66-6,34
	31-40	3	1,32	2,28	0,73-7,05	4	1,38	2,90	1,09-7,74
	41-50	0	0,13			0	0,15		

oss. = decessi osservati; attesi = decessi attesi; SMR = rapporto standardizzato di mortalità; IC 95% = intervallo di confidenza al 95%

Tabella 6. Risultati dell'analisi SMR per durata e latenza per alcune cause di morte (intera coorte: 322 soggetti). Longarina, anni 1980-2003.

Table 6. Results of SMR analysis by length of residence and latency period for selected causes (overall cohort: 322 subjects). Longarina, 1980-2003.

un gruppo di 410 impiegati che lavoravano in un ufficio ubicato sopra un locale che aveva, al suo interno, una sottostazione con tre trasformatori da 12 kV; questo determinava un livello di esposizione di circa 19 μ T ad altezza del pavimento. Fra i soggetti che avevano lavorato almeno due anni in questo ufficio, si verificarono complessivamente 7 casi di tumore in sedi diverse, contro 1,8 attesi (Rapporto standardizzato di incidenza – RSI – pari a 389; IC 95% 156-801).

Nel complesso, sebbene siano emerse alcune anomalie nel profilo di mortalità tra gli abitanti di Longarina – e in particolare tra i residenti più vicini alla linea elettrica – le caratteristiche e i risultati di questo studio non consentono di attribuire in modo conclusivo gli aumenti di rischio evidenziati all'esposizione residenziale al campo magnetico prodotto dalla linea stessa.

Conclusioni

L'area in esame è tuttora oggetto di studio. Sono in corso l'analisi della morbosità basata sulle schede di dimissione ospedaliera, lo studio dello stato di salute dei soggetti attualmente residenti secondo il protocollo messo a punto da Vanacore et al.⁶ e un'indagine di epidemiologia veterinaria relativa agli animali da compagnia. Si sta inoltre affinando il sistema di valutazione dell'esposizione, con l'obiettivo di pervenire a stime più accurate delle associazioni precedentemente descritte.

Lo studio è il primo a essere stato condotto con tutti questi obiettivi su una coorte di soggetti esposti a campi magnetici per motivi residenziali, ed è opportuno che venga replicato in altri contesti comparabili. Un'analisi *pooled* di più studi potrà fornire conferme o refutazioni delle osservazioni emerse nel presente studio, nonché elementi di interesse per

la stima del rischio associato ai livelli di esposizione in esame, sui quali peraltro esistono autorevoli inviti ad approfondire le ricerche.

La popolazione residente a Longarina ha contribuito con le sue conoscenze al processo di ricostruzione della coorte e ha aderito con elevata percentuale (circa 80%) di rispondenza all'indagine sullo stato di salute tuttora in corso. Si sottolinea l'importanza dell'interazione fra i ricercatori e le comunità in studio,¹⁸⁻²¹ con particolare riguardo alle fasi di co-

Tabella 7. Risultati dell'analisi di mortalità per causa nelle tre sub-aree.

Table 7. Results of SMR analysis by sub-area of residence.

Elenco cause (ICD-9)
Tutte le cause (000.1-999.9)
Tumori maligni (140.0-208.9)
Apparato digerente e peritoneo (150.0-159.9)
Pancreas (157.0-157.9)
Apparato respiratorio (160.0-165.9)
Tumori maligni SNC (190.0-192.9)
Encefalo (191.0-191.9)
Sistema linfemopoietico (200.0-208.9)
Leucemie (204.0-208.9)
Leucemia linfoide (204.0-204.9)
Leucemia mieloide (205.0-205.9)
AIDS (279.0-279.9)
Malattie cardiovascolari (390.0-459.9)
Malattie dell'apparato respiratorio (460.0-519.9)
Cause violente (800.0-999.9)

oss. = decessi osservati; attesi = decessi attesi;

municazione del rischio a livello individuale e collettivo. Le indagini epidemiologiche svolte su comunità caratterizzate da livelli di esposizione a determinati agenti particolarmente elevati, come è il caso del presente studio, concorrono a fornire elementi finalizzati al risanamento ambientale.^{22,23} Nel caso in esame, attualmente la normativa prevede che il risanamento si attui in corrispondenza di livelli di esposizione superiori al valore di attenzione di 10 μ T (DPCM 08.07.2003, GU 29.08.2003). La legge quadro 36/2001, della quale il DPCM è un'emanazione, chiarisce che i valori di attenzione sono misure cautelative, fissate con decretazione, e possono evolvere in seguito a miglioramento delle conoscenze. L'importanza di studi epidemiologici come quello di Longarina, dunque, si colloca nella connessione fra produzione di conoscenze e contributo ai processi decisionali.

Conflitti di interesse: nessuno

Note: lo studio è stato effettuato nell'ambito del contratto ISS-APAT: «Ricerca epidemiologica a prevalente contenuto sanitario. Studio epidemiologico di popolazioni esposte a campo magnetico a 50 Hz».

Ringraziamenti: si ringraziano Fernanda Pascolini, presidente del Comitato contro l'elettrodotto di Longarina, per il pluriennale impegno finalizzato alla promozione del risanamento ambientale e per la collaborazione fornita al presente studio, e Carlo Pascolini, presidente del Comitato di quartiere Longarina, per il supporto allo svolgimento dello studio. Si ringraziano, inoltre, Cinzia Carboni e Massimo Corbo, dell'Istituto superiore di sanità, per la preziosa collaborazione all'attuazione dello studio; Letizia Sampaolo dell'Istituto superiore di sanità per le ricerche bibliografiche svolte; la dottoressa Bibiana De Stefanis e Giovanna Cerebre del Dipartimento di prevenzione dell'ASL Roma D per il sostegno fornito; Massimo Cortesi e Attilio Cipollone dell'ACEA per avere fornito i dati tecnici necessari alla valutazione dell'esposizione; Davide Bordoni, presidente del XIII municipio del Comune di Roma, per il contributo fornito attraverso l'Ufficio anagrafe alla ricostruzione della coorte e Robin Foà, dell'Università «La Sapienza» di Roma, per la discussione delle problematiche attinenti l'ematologia.

Un ringraziamento particolare, infine, al Sindaco del comune di Roma Walter Veltroni per aver favorito la realizzazione di questo studio promuovendo la collaborazione con l'ACEA e per aver avviato, in sede istituzionale, la valutazione delle prospettive del risanamento ambientale.

Bibliografia

1. Comba P, Fazzo L, Pasetto R. Studio epidemiologico di popolazioni esposte a elevati livelli di campi magnetici a 50 Hz. *Epidemiol Prev* 2005; 29 (5-6): suppl 28-33.
2. Ahlbom A, Day N, Feychting M, et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. *Br J Cancer* 2000; 83: 692-98.
3. Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, et al. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiology* 2000; 11: 624-34.
4. 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*. IARC, Lyon, 2002. Vol. 80.
5. 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.
6. 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* 04/01, <http://www.iss.it/publ/rapp/2004/0401.pdf>
7. Cislighi C, De Molli F, Pavanello E, Pianosi G. Confronto tra metodi diversi di ricostruzione della mortalità a livello comunale. *Epidemiol Prev* 1982; 15-16: 48-54.
8. Andreuccetti D. *Campi*. Un programma per il calcolo del campo elettrico e dell'induzione magnetica generati da linee elettriche. Versione 4.1. Istituto di Fisica Applicata «Nello Carrara», CNR, Firenze, maggio 2002.
9. 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 su «Aspetti scientifici e normativi delle radiazioni non ionizzanti». Napoli, 29 settembre-1 ottobre 1999, pp. 17-24.
10. Vector. Soluzioni per le telecomunicazioni e la gestione ambientale. *Mondo GIS*, luglio 2005: 50-57.
11. Anderson KE, Potter JD, Mack TM. Pancreatic cancer. In: D. Schottenfeld & JF Fraumeni eds. *Cancer Epidemiology and Prevention*. Oxford, New York, Oxford University Press, 1996; 725-71.

SMR fascia R				SMR fascia A				SMR fascia B			
oss.	attesi	SMR	IC 95%	oss.	attesi	SMR	IC 95%	oss.	attesi	SMR	IC 95%
16	16,74	0,96	0,59-1,57	18	14,18	1,27	0,80-2,01	6	7,99	0,75	0,34-1,67
6	5,15	1,17	0,52-2,59	8	4,13	1,94	0,97-3,88	2	2,47	0,81	0,20-3,24
3	1,73	1,74	0,56-5,38	5	1,4	3,57	1,49-8,58	1	0,83	1,21	
0	0,21	-		3	0,17	17,56	5,66-54,44	1	0,1	10,07	
1	1,39	0,72		1	1,04	0,96		0	0,67		
0	0,11			1	0,1	10,22		0	0,06		
0	0,11			1	0,09	10,96		0	0,05		
1	0,41	2,46		0	0,34			1	0,19	5,21	
1	0,19	5,25		0	0,16			1	0,09	10,99	
0	0,06			0	0,05			1	0,03	37,19	
1	0,08	12,64		0	0,07			0	0,04		
0	0,18			2	0,16	12,40	3,10-49,60	1	0,06	15,63	
4	6,59	0,61	0,23-1,62	6	5,79	1,04	0,47-2,31	2	3,16	0,63	0,16-2,53
3	0,94	3,18	1,03-9,85	0	0,75			0	0,47		
1	0,96	1,04		1	0,91	1,10		1	0,45	2,22	

SMR = rapporto standardizzato di mortalità; IC 95% = intervallo di confidenza al 95%

12. Ojajarvi AI, Partanen TJ, Ahlbom A, et al. Occupational exposures and pancreatic cancer: a meta-analysis. *Occup Environ Med* 2000; 57: 316-24.
13. Lynch HT, Brand RE, Lynch JF, et al. Hereditary factors in pancreatic cancer. *J Hepatobiliary Pancreat Surg* 2002; 9: 12-31.
14. Ji BT, Silverman DT, Dosemeci M, et al. Occupation and pancreatic cancer risk in Shanghai, China. *Am J Ind Med* 1999; 35: 76-81.
15. Weiderpass E, Vainio H, Kauppinen T, et al. Occupational exposures and gastrointestinal cancers among Finnish women. *J Occup Environ Med* 2003; 45: 305-15.
16. Zhang Y, Cantor KP, Lynch CF, et al. Occupation and risk of pancreatic cancer: a population-based case-control study in Iowa. *J Occup Environ Med* 2005; 47: 392-98.
17. Milham S. Increased incidence of cancer in a cohort of office workers exposed to strong magnetic fields. *Am J Ind Med* 1996; 30: 702-04.
18. Schwab M, Syme L. On paradigms, community participation, and the future of public health. *Am J Publ Health*, 1997; 87(12): 2049-52.
19. Green LW, Mercer SL. Can public health researchers and agencies reconcile the push from funding bodies and the pull from communities? *Am J Publ Health* 2001; 91(12): 1926-29.
20. Leung MW, Yen IH, Minkler M. Community-based participatory research: a promising approach for increasing epidemiology's relevance in the 21 st century. *Int J Epidemiol* 2004; 33: 499-506.
21. Calnan. Commentary: the people know best. *Int J Epidemiol* 2004; 33: 506-07.
22. Fazzo L e 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.
23. Terracini B. Aree oggetto di bonifica: inquadramento teorico e metodologico. In: L. Cori, M. Cocchi e P. Comba, eds. Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai Fondi Strutturali dell'Unione Europea. *Rapporto ISTISAN* 05/01: 53-67.