

**Mortalità per leucemia nella popolazione adulta ed
incidenza di leucemia infantile in un'area caratterizzata dalla
presenza di un sito di emissioni di radiofrequenze.**

(Cesano, Olgiata, La Storta, Osteria Nuova, Santa Maria di Galeria,
Anguillara e Formello).

Aprile 2001

A cura di:

P. Michelozzi, A. Capon, U. Kirchmayer, F. Forastiere, A. Barca, A. Sperati, P. Papini,
C. A. Perucci

Introduzione

Il territorio che comprende alcuni quartieri di Roma nord (Cesano, l'Olgiate, La Storta, Osteria Nuova, Santa Maria di Galeria) ed i comuni di Anguillara e Formello è interessato dalla presenza di numerose antenne radio tra le più potenti del mondo. Nel passato sono state numerose le denunce da parte della popolazione e delle diverse organizzazioni ambientaliste sui possibili danni alla salute legati al campo elettromagnetico prodotto da tali trasmettitori, in particolare rispetto a possibili incrementi di occorrenza di patologie tumorali. Benché gli studi epidemiologici sugli effetti dei campi elettromagnetici generati da radiofrequenze (RF) siano pochi e i risultati di questi studi spesso contraddittori, l'Agenzia di Sanità Pubblica ha ritenuto opportuno attivare, anche su specifiche richieste della Giunta Regionale e degli Enti locali, studi epidemiologici nell'area per verificare l'ipotesi di un aumento di rischio per i tumori del tessuto linfatico ed ematopoietico, segnalato in alcuni studi.

Nel 1997 sono stati condotti i primi studi tra i residenti nell'area utilizzando i dati del sistema informativo di mortalità per causa (ReNCaM). L'analisi della mortalità tra i residenti è stata effettuata per tutte le cause, per tutti i tumori, e per i tumori del tessuto linfatico ed ematopoietico. In sintesi, l'analisi della mortalità nel periodo 1987-95 non ha evidenziato eccessi di mortalità per tutti i tumori e per le cause tumorali. Per quanto riguarda i tumori del tessuto linfatico ed ematopoietico è stato riscontrato un eccesso di mortalità per leucemie negli uomini residenti entro 3 km dalla stazione radio (4 casi osservati, Rapporto Standardizzato di Mortalità, SMR=445) ed un significativo decremento del rischio di mortalità all'aumentare della distanza della residenza dalla stazione radio. I risultati di uno studio caso controllo sulla mortalità per leucemie effettuato sulla stessa popolazione hanno confermato un aumento di mortalità per leucemie negli uomini residenti fino a 4 km dalla stazione radio (Odds Ratio (OR)=4.5, intervallo di confidenza (I.C.) 95%: 1.32-15.6). Tale aumento del rischio non è stato riscontrato tra le donne per le quali la mortalità è risultata pari all'atteso. I risultati di questo primo studio non sono stati ritenuti conclusivi riguardo ad una possibile associazione causale tra esposizione a campi elettromagnetici ad alte frequenze e incidenza di leucemia; i limiti dell'indagine sono

stati ampiamente discussi nella relazione che si allega (Indagine epidemiologica tra i residenti in prossimità della stazione Radio Vaticana di Roma, aa 1987-95), già trasmessa alla precedente Giunta Regionale.

Si è ritenuto tuttavia importante estendere l'analisi della mortalità agli anni **1996-98** per verificare la persistenza dell'eccesso di mortalità per leucemie tra i residenti nell'area. Inoltre in questa nuova fase dello studio, essendo stati acquisiti i dati di incidenza di leucemie infantili, è stato possibile effettuare un'analisi dell'incidenza di questa patologia tra i bambini residenti nella classe di età 0-14 anni, negli anni **1987-1999**.

Rassegna degli studi epidemiologici sull'esposizione a radiofrequenze (RF) e rischio di tumori

Gli studi epidemiologici sugli effetti cancerogeni dell'esposizione a radiofrequenze (RF) pubblicati fino ad oggi sono poco numerosi e presentano risultati contrastanti. Alcuni studi, tuttavia, suggeriscono un aumento della mortalità e dell'incidenza dei tumori del tessuto linfatico ed ematopoietico tra la popolazione esposta in ambito residenziale. Viene di seguito riportata una breve sintesi di questi studi e dei principali risultati.

L'incidenza di tumori tra i residenti in prossimità di ripetitori televisivi è stata analizzata in sei indagini condotte alle Hawaii (Anderson & Henderson, 1986; Maskarinec et al., 1994), in Australia (Hocking et al., 1996, McKenzie D.R. and Yin Yongbai, 1998) e in Gran Bretagna (Dolk et al., 1997a; Dolk et al., 1997b, Cooper et al., 2001).

Lo studio condotto a Honolulu (Anderson & Henderson 1986) era caratterizzato dalla presenza di trasmettitori radiotelevisivi all'interno di un'area densamente popolata. In immediata prossimità di questi trasmettitori erano stati misurati campi elettrici superiori a 60 V/m, che scendevano a <20 V/m a distanze superiori a 30-50 m. Negli anni 1979-83, si osservava un eccesso di incidenza di tumori totali (45% negli uomini e 27% nelle donne) nelle sezioni di censimento nelle quali si trovavano i trasmettitori, rispetto ai tassi di riferimento nazionali; un eccesso analogo (58% tra gli uomini e 45% tra le donne) veniva rilevato per la leucemia.

Maskarinec et al. (1994) hanno effettuato uno studio caso-controllo, sulla popolazione infantile residente nella Waianae Coast (Hawaii). In questa popolazione si erano verificati 12 casi di leucemia nel periodo 1977-1990. Nella zona era localizzato un centro di telecomunicazioni della Marina. Il rischio relativo (RR) di leucemia per i bambini residenti in un raggio di 2.6 miglia intorno ai trasmettitori risultava di 2.0 (I.C. 95%: 0.6-8.3).

In Australia, Hocking et al. (1996) hanno analizzato l'incidenza e la mortalità per tumori in tre comuni adiacenti interessati dalla presenza di un sito con alcuni trasmettitori televisivi. Il valore massimo della densità di potenza stimata nell'area in esame era di circa 8 W/cm^2 , che calava a 0.2 W/cm^2 a 4 km di distanza dalla sorgente. Il confronto fra i tre comuni ubicati intorno al sito (area interna, 135000 abitanti) ed i sei comuni circostanti (area esterna, 450000 residenti) sul periodo 1972-90, ha mostrato un aumento di rischio di leucemia infantile nell'area interna, con aumento sia dell'incidenza (RR 1.58, I.C. 95%: 1.07-2.34), sia della mortalità (RR= 2.32, IC 95% 1.35-4.01). Gli stessi dati sono stati rianalizzati in uno studio successivo (McKenzie D.R. and Yin Yongbai, 1998); i risultati del secondo studio mostrano che l'associazione tra leucemia infantile ed esposizione a RF risulta attribuibile in larga misura ad un'area dello studio con alti livelli di esposizione ed alta incidenza di leucemia. Gli autori concludono che lo studio mostra una debole associazione tra esposizione a RF e incidenza di leucemie.

In Gran Bretagna è stata analizzata l'incidenza di tumori nella popolazione residente in prossimità del trasmettitore televisivo di Sutton Coldfield negli anni 1974-86 (Dolk et al 1997a). Il valore massimo del campo elettrico era 2 V/m per le emittenti TV e 4.5 V/m per l'emittente radio. Il rischio di leucemia negli adulti, in un raggio di 2 km intorno al sito è risultata pari a 1.83 (IC 95% 1.22-2.74), basato su 23 casi osservati e 12.6 casi attesi. A seguito di questa osservazione, l'indagine epidemiologica è stata estesa a tutta la Gran Bretagna ed è stata analizzata l'incidenza dei tumori nella popolazione residente in prossimità dei trasmettitori radiotelevisivi con potenza irradiata di almeno 500 kW per la televisione e 250 kW per la radio, con riferimento al periodo 1974-96 (Dolk et al 1997b). Sull'insieme della popolazione residente entro un raggio di 10 km dai ripetitori sono stati osservati 3305 casi di leucemia negli adulti (RR 1.03, IC 95% 1.00-1.07), con un declino del rischio in funzione della distanza, mentre non sono stati evidenziati eccessi tra i residenti nel raggio di 2 km. L'analisi a Sutton Coldfield è stata ripetuta (Cooper et al., 2001) con dati aggiornati (1987-94). L'eccesso di rischio di leucemia entro 2 km riscontrato nel periodo precedente tra gli adulti non è stato confermato. Nei bambini è risultato significativo il declino del rischio in funzione della distanza solo tra i maschi ($p=0.037$).

In sintesi, benché questi studi non siano concordi nell'evidenziare un aumento di rischio di tumori del tessuto linfatico ed ematopoietico in popolazioni esposte, alcuni risultati indicano un possibile incremento di queste forme tumorali. E' da rilevare inoltre che non sono stati segnalati in nessuno studio eccessi di rischio per altre sedi tumorali. Si tratta tuttavia sempre di tutti studi di tipo ecologico, in prevalenza di indagini di correlazione geografica tra tassi di leucemie e distanza dall'emittente, in cui mancano misure dirette di esposizione e informazioni su altri potenziali fattori di rischio individuali (es. esposizioni professionali). Le rassegne della letteratura su questo argomento (Dennis et al., 1992; WHO, 1993; SEIIS, 1994; Goldsmith, 1995; Goldsmith, 1996; Goldsmith, 1997; Swerdlow, 1997) concordano che gli studi sinora condotti non consentono di formulare valutazioni conclusive su un possibile ruolo cancerogeno dell'esposizione a RF.

Definizione della popolazione e dell'area in studio

Per lo studio è stata definita un'area di **10 km di raggio** dal centro geografico della stazione di Radio Vaticana che comprende alcune zone del comune di Roma (Santa Maria di Galeria, Cesano, L'Olgiate e La Storta), e tutto il territorio dei comuni di Anguillara e Formello. La popolazione residente nell'intera area stimata al 1999 è pari a 60,182 abitanti (Tabella 1).

La stazione di Radio Vaticana si estende su un'area di circa 2 km in direzione nord/sud e di circa 1.5 km in direzione est/ovest. All'interno della stazione, circondata da un alto muro di cinta sono dislocati diversi tralicci con antenne filari fisse e diverse postazioni di antenne filari rotanti. Per quanto riguarda la valutazione delle emissioni, si tratta di una situazione molto complessa: le antenne presenti nell'area sono infatti numerose, hanno direzioni di emissione variabili, diversa potenza (fino ad un massimo di 600kW) e diverse bande di frequenza (onde corte e medie). Tali caratteristiche rendono molto difficile stimare l'esposizione dei residenti. Una campagna di misure condotta nel 1998 nelle abitazioni limitrofe alla stazione di Radio Vaticana ha evidenziato dei valori massimi di campo elettrico di 20 V/m (misure esterne alle abitazioni) e di 6 V/m (misure interne all'abitazione) (Fonte: ENEA). Altre misure eseguite nell'area entro i 3 Km dalla stazione hanno fornito valori massimi di medie sui 6 minuti in un intervallo da 1,6 a 14,97 V/m (PMP di Roma, 1999).

Per lo studio è stato utilizzato il Sistema Informativo Geografico regionale che gestisce dati di popolazione e dati sanitari su base geografica. **È stato definito arbitrariamente un punto centrale della stazione radio, di cui sono state estrapolate le coordinate geografiche: da tale punto sono state calcolate le distanze dalla stazione radio. Tale approssimazione implica che in alcuni casi la distanza calcolata possa risultare maggiore della distanza reale dalle singole antenne. Per ogni soggetto residente in quest'area la distanza in Km tra il centroide della sezione di censimento della residenza e il punto centrale della stazione radio è stato utilizzato come indicatore di esposizione.**

Analisi della mortalità nell'area entro 10 Km dalla stazione di Radio Vaticana

E' stata analizzata la mortalità nell'area negli anni 1996-98 nella popolazione adulta per tutte le cause (ICD-IX: 0-9999), tutti i tumori (ICD-IX:1400-2399), e per i tumori del tessuto linfatico ed ematopoietico (ICD-IX:2000-2089). Per ciascun comune sono stati calcolati i Rapporti Standardizzati di Mortalità con il metodo indiretto (SMR, decessi osservati/decessi attesi per 100). Gli intervalli di confidenza al 95% (I.C.95%) sono un indicatore della variabilità statistica del parametro stimato. I decessi attesi sono stati calcolati applicando alla popolazione in studio i tassi età specifici osservati nello stesso periodo nel comune di Roma. Nella tabella 2 vengono presentati i risultati dell'analisi della mortalità nei tre anni, i dati sono riportati separatamente per uomini (a), donne (b) e totale(c).

Nell'intera area in studio la mortalità totale risulta significativamente superiore all'atteso nel totale della popolazione (SMR=107 I.C. 95% 101-114) e in particolare nelle donne (SMR=111 I.C. 95% 101-121). Nel comune di Anguillara si osserva un eccesso significativo della mortalità totale tra gli uomini (SMR =135 I.C. 95% 113-160). Nell'area del comune di Roma invece è significativamente superiore all'atteso la mortalità tra le donne (SMR= 115 I.C. 95% 102-129). A Formello non si osservano eccessi di mortalità. Gli eccessi di mortalità osservati risultano attribuibili in parte ad un aumento di mortalità per malattie del sistema cardiocircolatorio in tutta l'area (SMR=108 I.C. 95% 97-119).

La mortalità per tutti i tumori e per tutti i tumori del sistema linfoematopoietico non supera significativamente l'atteso sia tra gli uomini che tra le donne nelle tre aree. Per quanto riguarda la mortalità per leucemie, nei tre anni si sono verificati in totale 11 decessi (6 casi tra gli uomini e 5 tra le donne). La mortalità per leucemie risulta maggiore dell'atteso tra le donne di Anguillara (3 osservati, 0.99 attesi), anche se tale eccesso non risulta statisticamente significativo).

Analisi della mortalità per leucemie nella popolazione adulta (età > 14 anni)

L'andamento del rischio di mortalità per leucemia in funzione della distanza tra residenza e fonte di emissione è stato analizzato cumulando i casi osservati nell'intero periodo in studio (aa 1987-1998). In sintesi, in questa analisi viene presa in esame la residenza di ciascun soggetto e viene analizzato l'andamento del rischio di malattia in funzione della distanza tra residenza e fonte di emissione, utilizzando un test specifico per il trend (test di Stone condizionato. Stone RA 1988, Elliott P, 1992). Con questo test viene ipotizzata una diminuzione del rischio di mortalità all'aumentare della distanza da una fonte di emissione e questa ipotesi viene testata contro l'ipotesi di un rischio distribuito uniformemente.

Sono state definite 5 aree concentriche per incrementi di 2 Km dalla stazione di Radio Vaticana (raggio pari a 2 km, 4 km, 6 km, 8Km, e 10 km) . La tabella 3 riporta il valore del Rapporto Standardizzato di Mortalità nelle singole cornici separatamente per gli uomini, per le donne e il totale. I casi attesi sono stati calcolati applicando nelle singole aree i tassi di mortalità del comune di Roma.

In totale sono stati osservati nell'intero periodo 40 decessi per leucemie, 21 tra gli uomini e 19 tra le donne. In nessuna delle aree analizzata si osservano eccessi significativi, tuttavia tra gli uomini si osserva un SMR maggiore dell'atteso fino a 4 km dalla stazione radio, mentre tra le donne la mortalità risulta più alta tra 6 e 10 km. Solo tra gli uomini il test statistico per l'andamento del rischio in funzione della distanza, continua ad evidenziare una significativa associazione inversa con la distanza dalla stazione radio ($p=0.03$), analogamente ai risultati dell'analisi precedente. Per gli uomini infatti il valore dell'SMR passa da 290 entro i 2 km dalla stazione di Radio Vaticana a 163 a 2-4 km , a valori inferiori a 100 oltre 4 km.

Nel grafico (fig. 1) viene presentato l'andamento dei decessi osservati e attesi in funzione della distanza dalla stazione di Radio Vaticana per incrementi di 1 Km. Si osserva che negli uomini i casi osservati superano i casi attesi e che tale differenza tende a ridursi per distanze della residenza superiori ai 5 km, mentre nelle donne il numero di osservati supera il valore atteso per distanze maggiori di 5 km.

Analisi dell'incidenza di leucemia infantile

Le leucemie sono le neoplasie più frequenti nel bambino e rappresentano circa il 30% di tutti i tumori infantili. Il tasso di incidenza annuo stimato dai registri tumori pediatrici operanti nei paesi occidentali ad economia avanzata è compreso tra 32.2 e 53.0 casi per milione di bambini all'anno (Parkin et al., 1998). Dati di incidenza di tumori infantili in Italia non sono disponibili a livello nazionale; i dati disponibili provengono da alcuni Registri Tumori regionali. Attraverso i dati dei registri tumori si è stimato un tasso d'incidenza delle leucemie in età pediatrica (0-14) in Italia pari a 49.1 per milione riferito agli anni 1980-91 (Parkin et al., 1998). Il tipo istologico più frequente di leucemia infantile è la leucemia linfatica acuta (LLA) che, in Italia, ha un'incidenza media annuale stimata di 37.9 casi per milione, mentre le leucemie acute non linfatiche (LnLA) presentano tassi d'incidenza di 7.9 casi per milione (Parkin et al., 1998). L'incidenza per età delle leucemie linfatiche acute è più elevato nella fascia di età intorno ai 4-5 anni. Si stima che in Italia ogni anno vengono diagnosticati 430 casi di leucemia in bambini di età inferiore a 14 anni, di cui 360 di tipo linfatico acuto e 70 di tipo mieloide (Magnani et al., 1992, Rondelli et al., 1996). Un aumento della incidenza di leucemie infantili in periodi recenti è stato segnalato sia in Europa (Blair e Birch, 1994; Parkin et al. 1996) sia negli Stati Uniti (Gurney et al, 1996 ed in Nuova Zelanda (Dockerty et al. 1996).

Nell'eziologia delle leucemie infantili è stato ipotizzato un ruolo sia di fattori genetici sia di alcune esposizioni ambientali tra cui agenti infettivi, le radiazioni γ , i campi magnetici a 50/60 Hz, il fumo di sigaretta, i pesticidi, e alcuni inquinanti atmosferici da traffico veicolare.

Fonte dei dati e popolazione in studio

Il Registro dei Tumori Infantili attivo presso l'Agenzia di Sanità Pubblica della Regione Lazio raccoglie i dati di incidenza di tumori tra la popolazione residente di età 0-14 anni. Sono registrati i dati relativi a tutti i casi di leucemie verificatisi tra i residenti nel Lazio nella fascia di età 0-14 anni dal 1987 al 1999 notificati da centri di diagnosi e cura che

fanno parte dell'Associazione Italiana di Ematologia ed Oncologia Pediatrica (AIEOP). Per quanto riguarda le strutture ospedaliere romane che non fanno parte dell'AIEOP e che hanno in cura bambini affetti da leucemia (Policlinico Gemelli, Ospedale S. Eugenio e Ospedale S. Camillo), i dati sono stati recuperati dal Sistema Informativo dei Ricoveri Ospedalieri (SIO) per gli anni 1996-99. Per quanto riguarda il Policlinico Gemelli, sono stati acquisiti anche i dati relativi al periodo 1987-95 attraverso l'esame delle cartelle cliniche. I dati quindi possono essere sottostimati per quanto riguarda il periodo 1987-95, poiché incompleti per quanto riguarda i presidi S. Eugenio e S. Camillo.

I dati di popolazione relativi al 1999 stimano nell'area entro 10 km dalla stazione radio una popolazione residente pari a 9615 nella classe di età 0-14 anni, di cui 5935 residenti nel comune di Roma, 2205 nel comune di Anguillara e 1475 nel comune di Formello (vedi Tab.1).

Nel periodo 1987-1999 sono stati osservati 8 casi di leucemia infantile tra la popolazione 0-14 anni residente nell'area in studio. Tutti i casi sono risultati residenti nel comune di Roma entro 10 Km dalla Stazione Radio. Nei comuni di Anguillara e Formello non sono stati osservati casi. Nella tabella 4 è riportato l'elenco dei casi con le informazioni relative all'anno di diagnosi, sesso, età alla diagnosi, patologia, distanza stimata della residenza dalla stazione radio e durata della residenza nell'area. Nella Fig.2 è riportata la distribuzione geografica dei casi osservati entro 10 km dalla stazione radio. **E' da evidenziare, come già discusso, che le distanze calcolate sono delle approssimazioni in quanto misurano la distanza del centroide della sezione di censimento della residenza da un punto centrale dell'area della stazione radio.**

Nelle tabelle 5 a) e 5 b) sono riportati i tassi annuali stimati rispettivamente nel Comune di Roma e nell'area in studio (raggio=10 Km). Per il calcolo dei tassi di incidenza è stata utilizzata la popolazione del 1991 per il periodo 87-93, quella del 95 per il periodo 94-96 e quella del 1999 per il periodo 97-99. Sono riportati tassi grezzi e tassi standardizzati con il metodo diretto, utilizzando come popolazione standard quella mondiale. Nell'ultima colonna sono contenuti gli errori standard dei tassi stimati. Nel Comune di Roma si osservano in media 20 nuovi casi/anno con un minimo di 12 casi del 1991 ad un massimo di 26 casi del 1993. Pur essendo presente una variabilità dei tassi di incidenza annuali, non si osserva un incremento temporale del tasso di incidenza nel periodo in studio.

Nell'area in esame si osserva 1 caso incidente solo in alcuni degli anni in studio, e tre casi nel 1998. E' però difficile stabilire se nel 1998 sia presente un eccesso; il tasso stimato nel 1998 ed il suo errore standard evidenziano infatti una grande instabilità della stima dovuta ai piccoli numeri.

Nella tabella 6 sono riportati il numero dei casi osservati a Roma e nell'area entro 10 Km ed i tassi di incidenza stimati nell'intero periodo. Per confronto nell'ultima colonna è riportato il tasso di incidenza in Italia nel periodo 1980-91. Il tasso di incidenza a Roma è superiore all'incidenza stimata a livello nazionale relativa al decennio precedente (6.2 e 4.9 per 100,000 rispettivamente). Nell'area in studio (raggio=10 Km) il tasso di incidenza non si discosta da quello del comune di Roma.

Analogamente all'analisi effettuata sui dati di mortalità (vedi paragrafo precedente) è stato eseguito un test per analizzare l'andamento del rischio in funzione della distanza dalla stazione di Radio Vaticana. Sono state definite 5 aree concentriche per incrementi di 2 Km dalla stazione di Radio Vaticana (raggio pari a 2 km, 4 km, 6 km, 8 Km, e 10 km) . La tabella 7 riporta il valore del Rapporto Standardizzato d'Incidenza (SIR: casi osservati/casi attesi) nelle singole cornici e nei cerchi di raggio crescente. I casi attesi sono stati calcolati applicando nelle singole aree i tassi d'incidenza del comune di Roma. Gli intervalli di confidenza sono stati calcolati sulla base della verosimiglianza di Poisson. Il rischio massimo si osserva nell'area 0-2 km dalla stazione di Radio Vaticana ed è dovuto ad un solo caso osservato (SIR=6.07, I.C.95% 0.36-27.52). Il test per il trend evidenzia una significativa diminuzione del rischio all'aumentare della distanza dalla stazione radio, sia quando viene effettuato su 5 bande per incremento di 2 km ($p=0.004$), sia quando viene effettuato su 3 bande aggregando le bande più esterne in cui non si osservano casi ($p=0.036$): il rischio passa da 6.07, entro i 2 Km, a 2.32 nell'area a 2-4 Km, a 1.87 nell'area a 4-6 Km, mentre non si osservano casi tra 6 e 10 Km. L'eccesso osservato risulta pari a circa tre volte l'incidenza di casi attesi entro 0-4 Km dalla stazione radio (SIR=2.92, I.C.95%,0.73-7.63) e più alto dell'atteso fino a 6 Km di distanza (SIR=2.17, I.C.95%=0.99-4.05).

Conclusioni

L'analisi della mortalità nella popolazione adulta residente in un'area di 10 Km dall'emittente, aggiornata al 1998, conferma tra gli uomini un significativo decremento del rischio all'aumentare della distanza della residenza dalla fonte di emissione ($p=0.03$). Nessuna associazione è stata osservata tra le donne.

L'analisi dell'incidenza di leucemia infantile evidenzia che nell'area in studio (raggio=10 Km) il tasso di incidenza non si discosta da quello osservato nel comune di Roma. L'analisi geografica sull'andamento del rischio di leucemia infantile in funzione della distanza evidenzia invece un eccesso di rischio al limite della significatività statistica nell'area entro 6 Km dalla stazione radio (8 casi osservati, SIR=2.17, I.C., 0.99-4.05) ed un significativo decremento del rischio all'aumentare della distanza della residenza ($p=0.036$). L'eccesso di rischio osservato (SIR, Rapporto tra incidenza osservata/incidenza attesa calcolata usando come riferimento il comune di Roma) passa infatti da 6.07 nell'area 0-2, a 2.32 tra 2-4 Km, a 1.87 tra 4-6 Km. Nell'area tra 6 e 10 Km non si osservano casi di leucemia infantile.

In sintesi, l'indagine effettuata evidenzia un eccesso di mortalità per leucemia tra gli uomini adulti ed un eccesso di incidenza di leucemie infantili fino ad una distanza di circa 6 km dalla stazione radio. E' da rilevare che a causa del basso numero di residenti e della bassa frequenza della malattia, il numero di casi osservati è comunque piccolo.

Il dato più evidente è l'aumento di leucemie infantili nell'area entro 6 Km dalla stazione radio. E' descritto in letteratura che la leucemia, ed in particolare la leucemia infantile tende a presentarsi in aggregati spazio-temporali. Questo fenomeno è stato riscontrato in diversi studi condotti in vari paesi ed ha fatto supporre cause infettive nell'eziologia della malattia (Alexander F.E., 1993). E' probabile che nell'area sia presente quindi un aggregato geografico di casi, sulle cui cause però, rispetto alle conoscenze disponibili, è difficile trarre conclusioni definitive.

Lo studio effettuato presenta infatti numerosi limiti che devono essere considerati con attenzione. In primo luogo la caratterizzazione della esposizione della popolazione è estremamente carente. L'indagine si basa infatti su stime indirette di esposizione definite

sulla base della distanza della residenza, senza che siano disponibili dati rispetto al livello di esposizione individuale. Nell'analisi non si tiene inoltre conto di potenziali fattori di confondimento, ossia della possibile presenza nell'area in studio di esposizioni concomitanti ad altri noti o sospetti cancerogeni tra i quali le esposizioni professionali (sia per gli adulti che per i bambini per cui è stata ipotizzata un'associazione con l'esposizione occupazionale dei genitori nel periodo prenatale), le radiazioni γ , i campi magnetici a 50/60 Hz, i pesticidi, e gli inquinanti atmosferici da traffico. Tutta l'indagine, infine, si basa su una popolazione di piccole dimensioni nella quale si manifesta un numero limitato di casi, anche in un intervallo temporale lungo come quello considerato; le analisi statistiche, quindi, sono affette da grande instabilità dovuta ai piccoli numeri.

I risultati di questa indagine, assieme alle evidenze prodotte in studi analoghi, non forniscono evidenze conclusive circa una possibile associazione causale tra esposizione a RF e aumento del rischio di leucemie, anche a causa del carattere ecologico delle indagini effettuate fino ad oggi. Ai fini di valutazione del rischio cancerogeno contribuiscono tre principali aree di ricerca: gli studi *in vitro* su sistemi cellulari o tissutali; gli studi di cancerogenicità sperimentale (su roditori); e gli studi epidemiologici. Ad oggi la cancerogenicità delle RF risulta ben lontana dall'essere dimostrata, ciò a causa delle limitate e spesso contraddittorie evidenze epidemiologiche da una parte, e dall'assenza di evidenze sperimentali dall'altra.

Si ritiene tuttavia che i dati prodotti dagli studi epidemiologici condotti fino ad oggi non consentono neppure di poter escludere effetti dannosi con un sufficiente grado di certezza. Risulta indispensabile un approfondimento dello studio, attraverso l'acquisizione di informazioni su altri potenziali fattori di rischio e la disponibilità di stime dirette di esposizione della popolazione residente. Una indagine condotta a livello locale, tuttavia, sarà difficilmente in grado di risolvere problematiche complesse come quelle relative al nesso di causalità tra esposizione a RF e induzione di leucemia. Si è più volte sostenuto infatti che le tematiche relative agli effetti cancerogeni dell'esposizione a RF da fonti fisse debbano essere affrontate in progetti di ambito nazionale. Si fa presente che è in corso uno studio multicentrico nazionale sui fattori di rischio della leucemia infantile in dieci regioni italiane tra cui il Lazio, cui partecipa il Dipartimento di Epidemiologia della ASL RM/E. (SETIL, Studio epidemiologico multicentrico italiano sull'eziologia dei tumori del sistema linfemopoietico e dei neuroblastomi nel bambino). Il progetto ha l'obiettivo di indagare

l'associazione di queste malattie con un ampio ventaglio di fattori di rischio, tra cui in particolare gli agenti fisici (campi elettromagnetici a bassa frequenza -50Hz, raggi gamma e radiazioni ionizzanti ad uso diagnostico), gli agenti chimici (solventi, fumo passivo, inquinanti da traffico, insetticidi) ed altri fattori (esposizione lavorative dei genitori, storia sanitaria e personale del bambino, dieta, uso di farmaci, cause infettive). Si ritiene opportuno verificare la fattibilità di includere nello studio nazionale i campi elettromagnetici ad alta frequenza (RF) tra i fattori di rischio da indagare nelle aree in cui siano presenti antenne radio-televisive ad alta potenza.

Pur non potendo inferire un nesso eziologico tra emissione di radiofrequenze dalla stazione di Radio Vaticana e rischio di leucemia infantile, lo studio documenta un eccesso di incidenza di leucemia ed un decremento del rischio a distanza crescente dagli impianti di Radio Vaticana. Saranno sviluppati in futuro studi epidemiologici che, per loro natura, avranno l'obiettivo di valutare l'associazione tra esposizione a RF e leucemie infantili, anche se saranno difficilmente in grado di provare uno specifico effetto causale dell'emissione inquinante.

Si raccomanda infine la realizzazione di un sistema stabile di monitoraggio dell'esposizione a RF nell'area, anche in rapporto alla presenza di altri impianti di emissioni di RF (Centro Radio Marina Militare, località S. Rosa) di cui si ha scarsa documentazione.

Bibliografia

Anderson BS, Henderson AK. Cancer incidence in census tracts with broadcasting towers in Honolulu, Hawaii. Report submitted to the Honolulu City Council. Honolulu, HI: Environmental and Epidemiology Program, Hawaii, 27 October 1986. Citato in: Goldsmith JR. Epidemiological studies of radio-frequency radiation: current status and areas of concern. *Sci Tot Environ* 1996; 180: 3-8.

Alexander F.A. Viruses, Cluster and Clustering of childhood Leukaemia : a new perspective ? *European Journal of Cancer* 1993; Vol.29A, N.10: 1424,1443.

Cooper

Dennis JA, Muirhead CR, Ennis JR. Human health and exposure to electromagnetic radiation. National Radiation Protection Board, report NRPB-R241, 1992.

Dolk H, Shaddick G, Walls P, Grundy C, Thakrar B, Kleinschmidt I, Elliott P. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. I. Sutton Coldfield transmitter. *Am J Epidemiol* 1997_a; 145: 1-9.

Dolk H, Elliott P, Shaddick G, Walls P, Thakrar B. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. II. All high power transmitters. *Am J Epidemiol* 1997_b; 145: 10-17.

Elliott P, Westlake AJ, Hills M et al. The small area health statistics unit: a national facility for investigating health around point sources of environmental pollution in the United Kingdom. *J Epidemiol comm Health* 1992; 46: 345-349.

Goldsmith JR. Epidemiologic evidence of radiofrequency radiation (microwave) effects on health in military, broadcasting, and occupational studies. *Int J Occup Environ Health* 1995; 1: 47-57.

Goldsmith JR. Epidemiological studies of radio-frequency radiation: current status and areas of concern. *Sci Tot Environ* 1996; 180: 3-8.

Goldsmith JR. TV broadcast towers and cancer: the end of innocence for radiofrequency exposures. *Am J Ind Med* 1997; 32: 689-692.

Hocking B, Gordon IR, Grain HL, Hatfield GE. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *MJA* 1996; 165: 601-605.

Maskarinec G, Cooper J, Swygert L. Investigation of increased incidence in childhood leukemia near radio towers in Hawaii: preliminary observations. *J Environ Pathol, Toxicol and Oncol* 1994; 13: 33-37.

McKenzie D.R.

Michelozzi P, Capon A, Kirchmayer U, Barca A, Fano V, Forestiere F e Perucci CA. Risk of leukaemia and residence near high-power radio-trasmitters in Italy. 1999 Annual Conference of the ISEE and ISEA. *Epidemiology*, July 1999. Vol.10. Number 4 supplement.

Michelozzi P, Fusco D, Forastiere F, Ancona C, Dell'Orco V, Perucci CA. Small area study of mortality among people living near multiple sources of air pollution. *Occ Environ Medicine* 1998; 55: 611-615.

Stone RA. Investigation of excess of environmental risks around putative sources: statistical problems and a proposed test. *Stat Med*, 1988; 7:649-660.

Swerdlow AJ. Epidemiology of chronic diseases in relation to radiofrequency radiation exposure: issues in intrerpretation of the current literature and future directions for research. In: Bernhardt JH, Matthes R, Repacholi MH (Eds). *Non-thermal effects of RF electromagnetic fields*. Munich, Germany: ICNIRP 3/97, 1997, p. 191-198.

World Health Organization (WHO). Electromagnetic field fields (300 Hz to 300 GHz). Environmental Health Criteria 137. Geneva: WHO, 1993.

Tab. 1 - Popolazione residente per sesso ed età entro un raggio di 10 Km dalla stazione di Radio Vaticana, nei tre comuni. (Roma: Dati anagrafici, 1999; Anguillara e Formello: stime ISTAT).

Sesso/ Classe di età	Roma (entro 10 Km)	Anguillara	Formello
Maschi			
0-14	3039	1177	760
15+	15467	5355	3812
Totale	18506	6532	4572
Femmine			
0-14	2896	1099	752
15+	16421	5552	3852
Totale	19317	6651	4604
Totale			
0-14	5935	2276	1512
15+	31888	10907	7664
Totale	37823	13183	9176

Tab.2 - Numero di decessi osservati (OSS) e attesi (ATT), SMR e I.C. 95% nei tre comuni entro 10 Km dalla stazione di Radio Vaticana anni 1996-98

a) uomini

	Roma				Anguillara				Formello				Totale			
	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%
Mortalità totale (ICD-IX: 0-9999)	332	332	100	89 - 111	136	100.7	135	113 - 160	63	75.1	84	64 - 107	531	508.2	104	96 - 114
Tutti i tumori (ICD-IX: 1400-2399)	120	117	103	85 - 123	42	36.2	116	84 - 157	21	26.8	78	49 - 120	183	179.5	102	88 - 118
Tumori del sistema linfaticoematopoietico (ICD-IX: 2000-2089)	7	10	73	29 - 151	3	3.0	100	21 - 293	1	2.2	45	1 - 252	11	14.8	74	37 - 133
Non Hodgkin (ICD-IX: 2000-2009 e 2020-2029)	2	3	60	7 - 218	1	1.1	94	2 - 524	1	0.8	129	3 - 718	4	5.1	78	21 - 199
Hodgkin (ICD-IX: 2010-2019)	0	0	-	-	0	0.1	-	-	0	0.1	-	-	0	0.6	0	-
Mielosa (ICD-IX: 2030-2039)	1	2	56	1 - 310	0	0.5	-	-	0	0.4	-	-	1	2.8	36	0.9 - 202
Leucemia (ICD-IX: 2040-2089)	4	4	98	27 - 250	2	1.3	158	19 - 572	0	0.9	-	-	6	6.3	95	35 - 207

b) donne

	Roma				Anguillara				Formello				Totale			
	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%
Mortalità totale (ICD-IX: 0-9999)	303	263.9	115	102 - 129	97	83.6	116	94 - 142	43	53	81	59 - 109	443	400.5	111	101 - 121
Tutti i tumori (ICD-IX: 1400-2399)	94	80.8	116	94 - 142	28	26.37	106	71 - 153	14	17	82	45 - 137	136	124.3	109	92 - 129
Tumori del sistema linfaticoematopoietico (ICD-IX: 2000-2089)	7	7.208	97	39 - 200	4	2.348	170	46 - 436	1	1.5	66	2 - 365	12	11.1	108	56 - 189
Non Hodgkin (ICD-IX: 2000-2009 e 2020-2029)	2	2.525	79	10 - 286	0	0.826	-	-	1	0.5	187	5 - 1040	3	3.9	77	16 - 226
Hodgkin (ICD-IX: 2010-2019)	1	0.185	540	14 - 3010	0	0.06	-	-	0	0	-	-	1	0.3	350	9 - 1949
Mielosa (ICD-IX: 2030-2039)	2	1.459	137	17 - 495	1	0.474	211	5 - 1176	0	0.3	-	-	3	2.2	134	28 - 392
Leucemia (ICD-IX: 2040-2089)	2	3.039	66	8 - 238	3	0.988	304	63 - 887	0	0.6	-	-	5	4.7	107	35 - 250

Tab.2 - Numero di decessi osservati (OSS) e attesi (ATT), SMR e I.C. 95% nei tre comuni entro 10 Km dalla stazione di Radio Vaticana, anni 1996-98

c) totale	Roma				Anguillara				Formello				Totale			
	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%
Mortalità totale (ICD-IX: 0-9999)	635	596.3	106	98- 115	233	184.3	126	111- 144	106	128	83	68- 100	974	908.7	107	101- 114
Tutti i tumori (ICD-IX: 1400-2399)	214	197.4	108	94- 124	70	62.54	112	87 - 141	35	44	80	56 - 111	319	303.9	105	94- 117
Tumori del sistema linfaticoematopoietico (ICD-IX: 2000-2089)	14	16.78	83	46 - 140	7	5.341	131	53 - 270	2	3.7	54	6 - 193	23	25.9	89	56- 133
Non Hodgkin (ICD-IX: 2000-2009 e 2020-2029)	4	5.834	69	19 - 176	1	1.89	53	1 - 295	2	1.3	152	18 - 551	7	9.0	77	31- 160
Hodgkin (ICD-IX: 2010-2019)	1	0.545	183	5 - 1022	0	0.178	-	-	0	0.1	-	-	1	0.9	118	3- 655
Mielosa (ICD-IX: 2030-2039)	3	3.259	92	19 - 269	1	1.022	98	2 - 545	0	0.7	-	-	4	5.0	80	22- 205
Leucemia (ICD-IX: 2040-2089)	6	7.138	84	31 - 183	5	2.251	222	72 - 518	0	1.6	-	-	11	11.0	100	50- 179

SMR corretto per l'indicatore del livello socio economico della sezione di censimento.

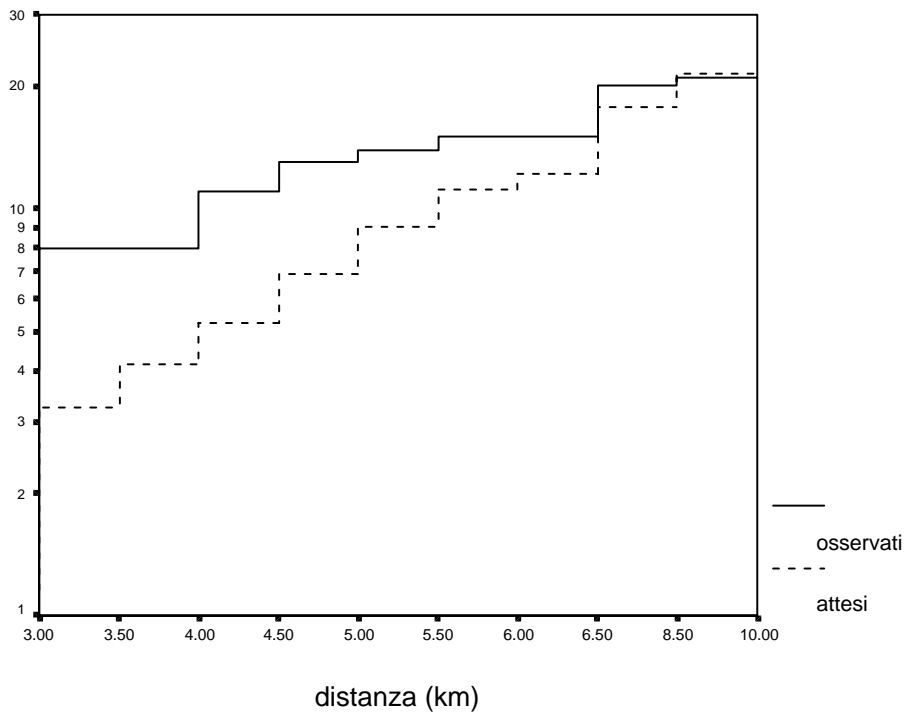
Tab.3 – Mortalità per leucemia. 1987-1998: andamento del rischio in funzione della distanza dalla stazione di Radio Vaticana.

	0 – 2 km			2 – 4 km			4 – 6 km			6 – 8 km			8-10 km			0 – 10 km			Test di Stone p
	OSS	SMR	I.C. 95%	OSS	SMR	I.C. 95%	OSS	SMR	I.C. 95%	OSS	SMR	I.C. 95%	OSS	SMR	I.C. 95%	OSS	SMR	I.C. 95%	
uomini	2	290	35-1049	6	163	60-354	7	97	39-200	5	80	26-187	1	23	1-127	21	95	59-145	0.03
donne	0	-	-	3	129	27-377	5	106	34-247	6	145	53-315	5	138	45-323	19	125	75-195	0.86
totale	2	178	22-644	9	150	68-284	12	101	52-176	11	106	53-190	6	75	28-163	40	107	77-147	0.14

SMR corretto per l'indicatore del livello socio economico della sezione di censimento.

Fig.1 - Numero di decessi osservati e attesi in funzione della distanza dalla stazione di Radio Vaticana (87-98)

a) uomini



b) donne

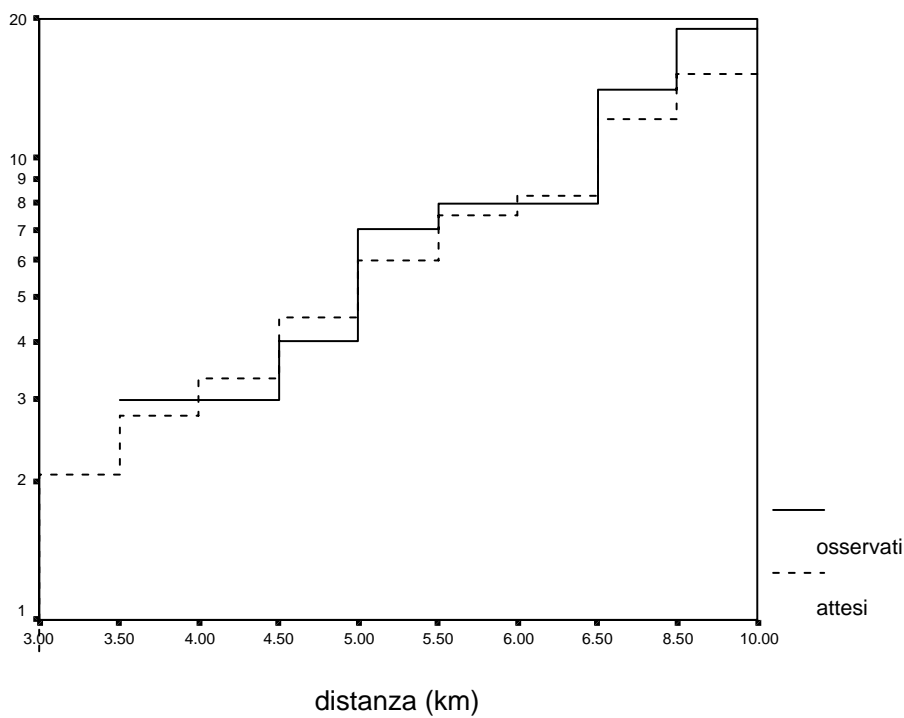
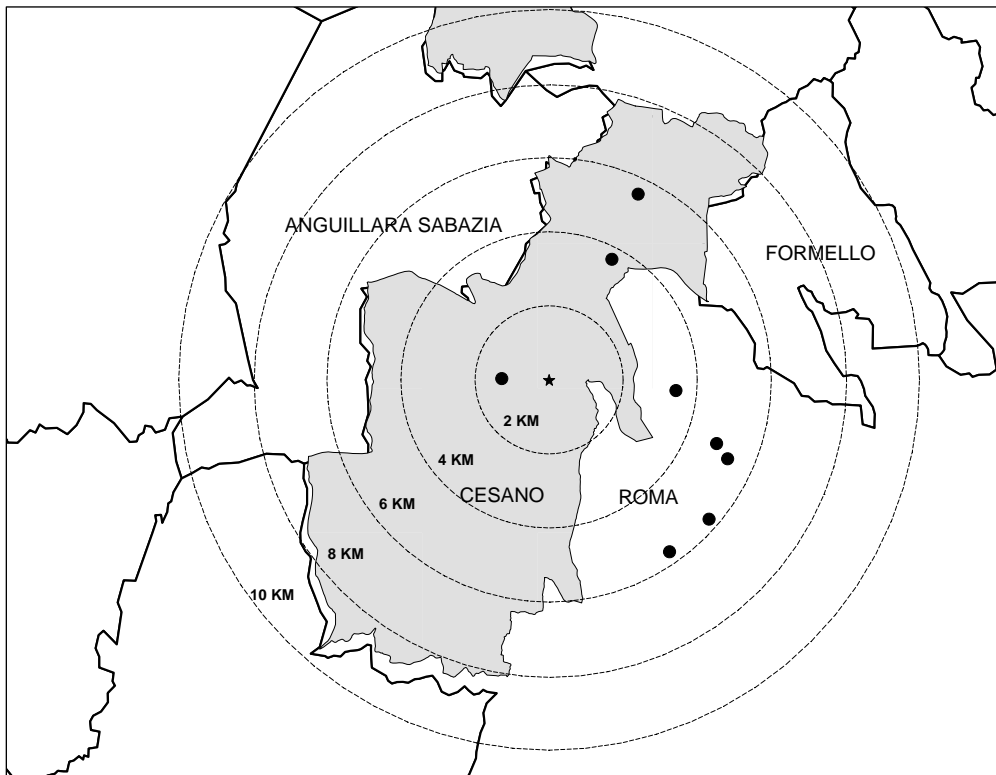


Fig. 2 - Localizzazione dei casi di leucemia infantile (0-14 anni) entro 10 km dalla stazione di Radio Vaticana. Cesano – Anni 1987- 99



Tab. 4 - Incidenza di leucemia infantile a Cesano.

Elenco dei casi osservati con anno di diagnosi, sesso, età alla diagnosi, patologia, durata della residenza.

	anno diagnosi	sesso	età	Patologia*	distanza (km)	durata della residenza
1	1989	f	2	LLA	4.79	dalla nascita
2	1991	f	12	LMA	3.33	5 anni
3	1993	m	9	LLA	1.37	dalla nascita
4	1996	m	0	LLA	5.56	dalla nascita
5	1997	m	5	LLA	5.79	2 anni
6	1998	f	7	LLA	5.21	dalla nascita
7	1998	f	1	LLA	3.65	dalla nascita
8	1998	m	4	LLA	5.79	dalla nascita

*LLA=leucemia linfoide acuta, LMA=leucemia mieloide acuta

Tab. 5

a) Comune di Roma. Incidenza di leucemia infantile per anno di diagnosi. Tassi di incidenza grezzi e standardizzati x 100,000. Anni 1987-99

ANNO	casi osservati				tasso 0-14 aa* (grezzo)	tasso 0-14 aa* (std)	errore standard
	0-4 aa	5-9 aa	10-14 aa	0-14 aa			
87	4	6	3	13	3.5	3.6	0.6
88	6	11	5	22	5.9	6.1	0.8
89	15	4	3	22	5.9	6.8	0.9
90	6	8	8	22	5.9	5.9	0.7
91	5	4	3	12	3.2	3.4	0.6
92	8	9	5	22	5.9	6.2	0.8
93	16	8	2	26	7.5	8.3	1.0
94	12	3	3	18	5.1	5.6	0.8
95	13	8	2	23	6.9	7.5	1.0
96	11	6	7	24	7.5	7.6	0.9
97	4	9	2	15	4.6	4.5	0.7
98	9	8	6	23	6.6	6.7	0.8
99	6	6	3	15	4.3	4.4	0.7
Totale	115	90	53	257			

b) Area in studio (raggio 10 km) . Incidenza di leucemia infantile per anno di diagnosi. Tassi di incidenza grezzi e standardizzati x 100,000. Anni 1987-99

ANNO	casi osservati				tasso 0-14 aa* (grezzo)	tasso 0-14 aa* (std)	errore standard
	0-4 aa	5-9 aa	10-14 aa	0-14 aa			
87	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
88	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
89	1	0	0	1	12.0	14.6	14.6
90	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
91	0	0	1	1	12.0	9.5	9.5
92	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
93	0	1	0	1	11.0	10.5	10.5
94	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
95	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
96	1	0	0	1	10.3	12.6	12.5
97	0	1	0	1	10.3	9.4	9.4
98	2	1	0	3	30.9	34.4	20.0
99	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
Totale	4	3	1	8			

Tab. 6– Incidenza di leucemia infantile a Roma e nell'area in studio.
Popolazione, casi osservati, tassi grezzi e standardizzati*
nelle 2 aree nel periodo 1987-99

Comune di Roma					area in studio (raggio 10 km)					Italia (1980-91)	
Pop	casi	t. grezzo	t. std.	e.s.	pop	casi	t. grezzo	t. std.	e.s.	t.grezzo	t. std.
332409	257	6.0	6.2	0.4	9050	8	6.8	7.1	2.5	4.43	4.91

* popolazione standard = pop. mondiale
tassi x 100000

Tab.7 – Incidenza per leucemia infantile (0-14 aa) nel periodo 1987-99. Numero di casi osservati (OSS), attesi (ATT), rapporto standardizzato di incidenza (SIR), I.C. 95 % in aree concentriche (corone e cerchi di raggio crescente) e significatività per il test sull'andamento del rischio in funzione della distanza (Test di Stone).

Singole cornici	0-2 km			2-4 km			4-6 km			6 - 8 km			8 -10 km		
	OSS	ATT	SIR	OSS	ATT	SIR	OSS	ATT	SIR	OSS	ATT	SIR	OSS	ATT	SIR
	1	0.16	6.07	2	0.86	2.32	5	2.66	1.87	0	1.74	-	0	1.14	-
Aree cumulate	0-2 km			0-4 km			0-6 km			0-8 km			0-10 km		
	OSS	ATT	SIR (I.C. 95%)	OSS	ATT	SIR (I.C. 95%)	OSS	ATT	SIR (I.C. 95%)	OSS	ATT	SIR (I.C. 95%)	OSS	ATT	SIR (I.C. 95%)
	1	0.16	6.07 (0.36-27.52)	3	1.03	2.92 (0.73-7.63)	8	3.67	2.17 (0.99-4.05)	8	5.43	1.47 (0.67-2.75)	8	6.57	1.22 (0.56-2.27)
TEST DI STONE				su 5 bande			p=0.004								
				su 3 bande			p=0.036 (aggregando le bande 4-10 km, assunzione conservativa)								

