

**CAMPI ELETTROMAGNETICI E SALUTE:
DALLE CONOSCENZE SCIENTIFICHE
ALLE MISURE DI PROTEZIONE**

Paolo Vecchia
Istituto Superiore di Sanità, Roma



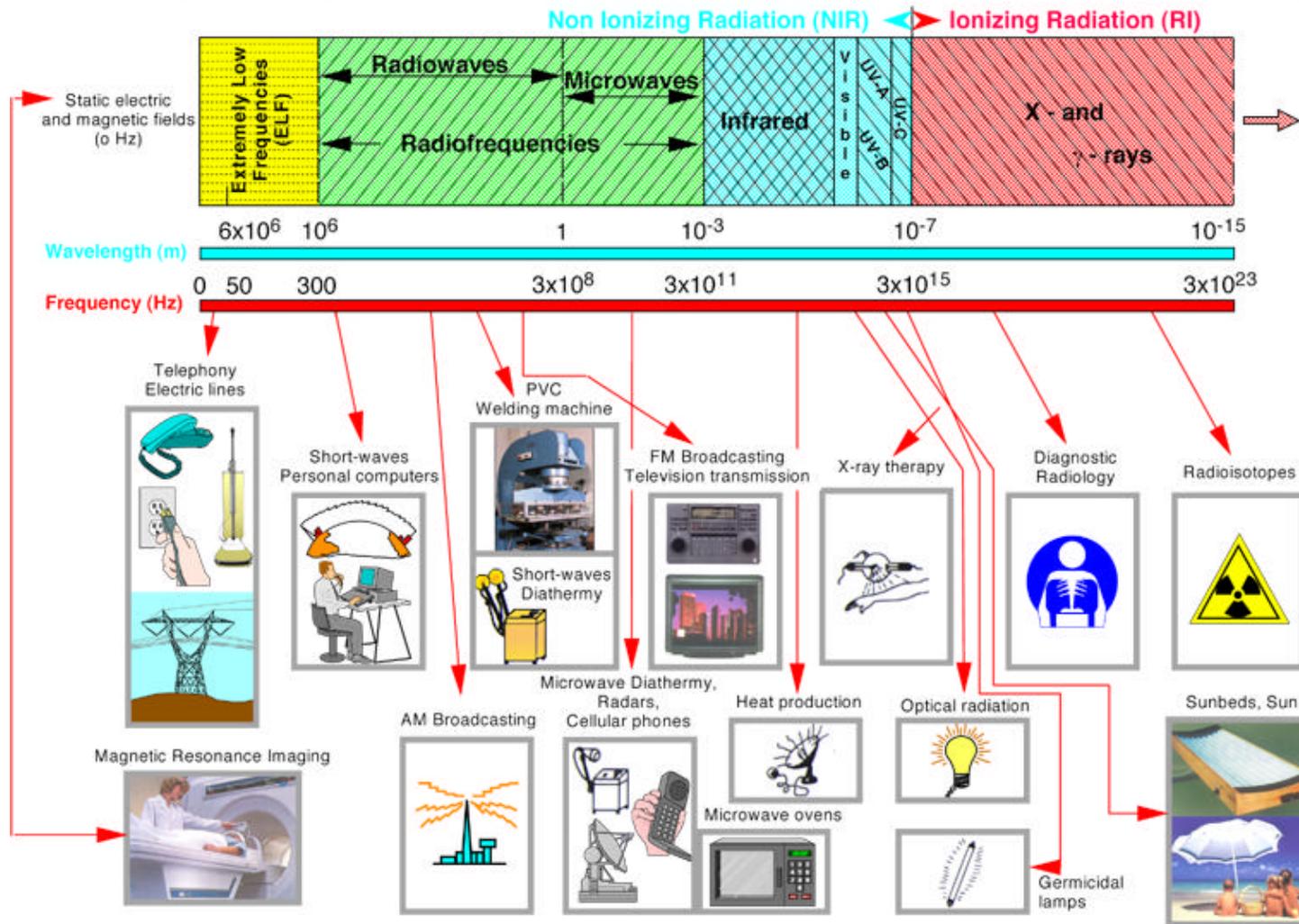
“INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO”

I termini inquinamento elettromagnetico e elettrosmog non sono scientificamente corretti perché:

- **Danno una connotazione negativa a priori**
- **Considerano tutti i campi alla stessa stregua**
- **Suggeriscono una degradazione diffusa dell'ambiente**



ELECTROMAGNETIC RADIATION AND SOME TYPICAL APPLICATIONS





EFFETTI BIOLOGICI E EFFETTI SANITARI

Le onde elettromagnetiche possono produrre **effetti biologici** che talvolta, ma non sempre, possono portare ad **effetti di danno alla salute**.

E' importante comprendere la differenza tra i due effetti.

- **Un effetto biologico si verifica quando l'esposizione provoca qualche variazione fisiologica notevole o rilevabile in un sistema biologico.**
- **Un effetto di danno alla salute si verifica quando l'effetto biologico è al di fuori dell'intervallo in cui l'organismo può normalmente compensarlo, e ciò porta a qualche condizione di detrimento della salute.**

EFFETTI SANITARI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

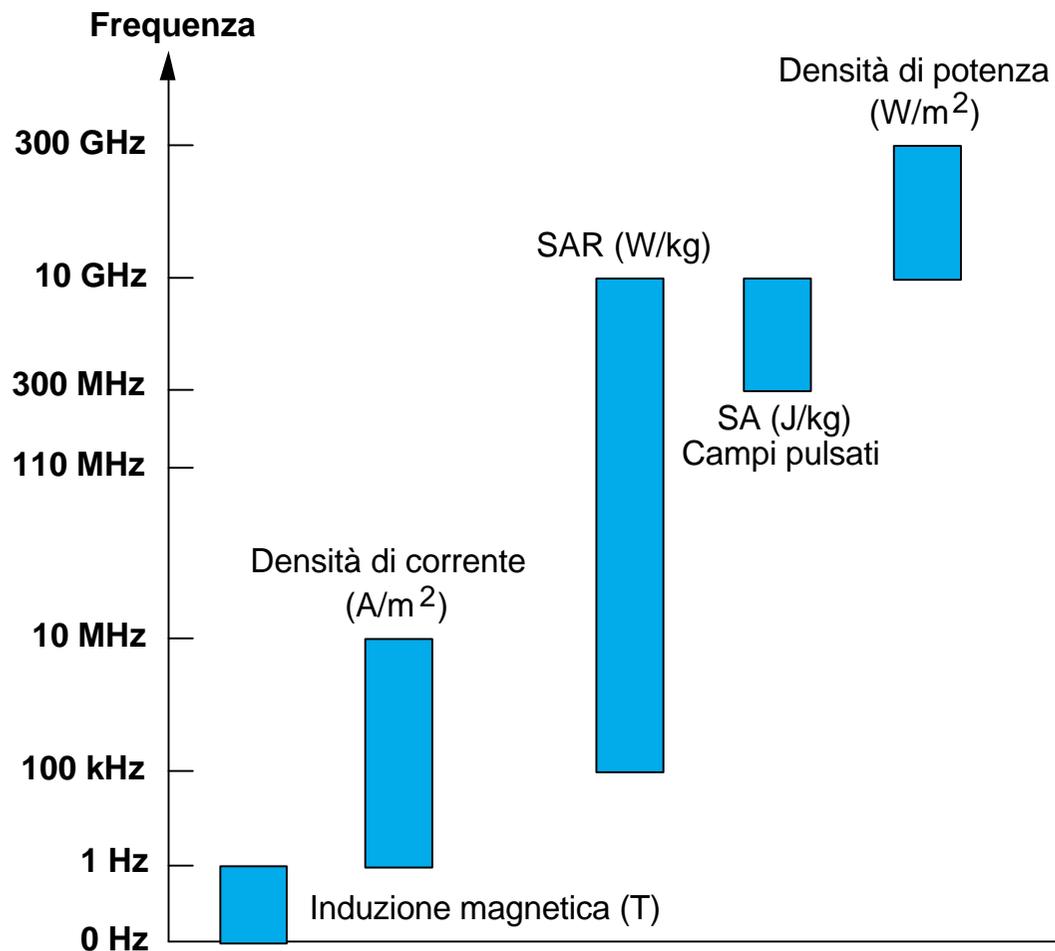
- Effetti acuti **accertati**
- Effetti a lungo termine **ipotizzati**
- Effetti soggettivi **questionabili**



MECCANISMI MACROSCOPICI DI INTERAZIONE

- **ELF** **induzione di correnti elettriche**
- **RF/MW** **assorbimento di energia**

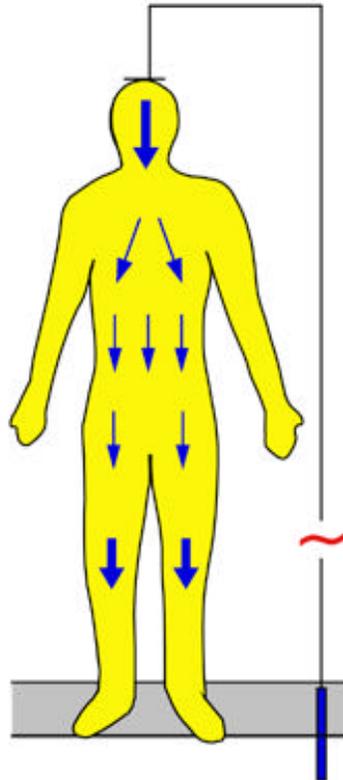
GRANDEZZE DOSIMETRICHE



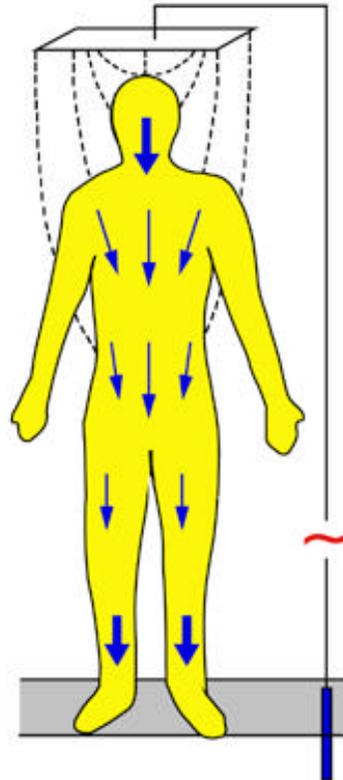


THE PHYSICAL MECHANISM: INDUCTION OF ELECTRIC CURRENTS

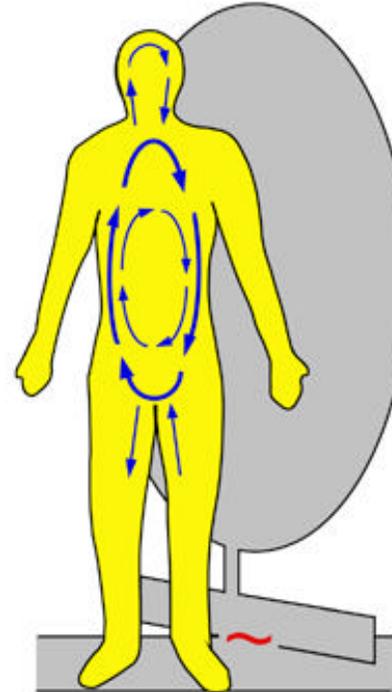
Electric Voltage



Electric Field



Magnetic Field



**THE HEALTH CRITERION:
TO KEEP INDUCED CURRENT DENSITIES BELOW 10 mA/m²**

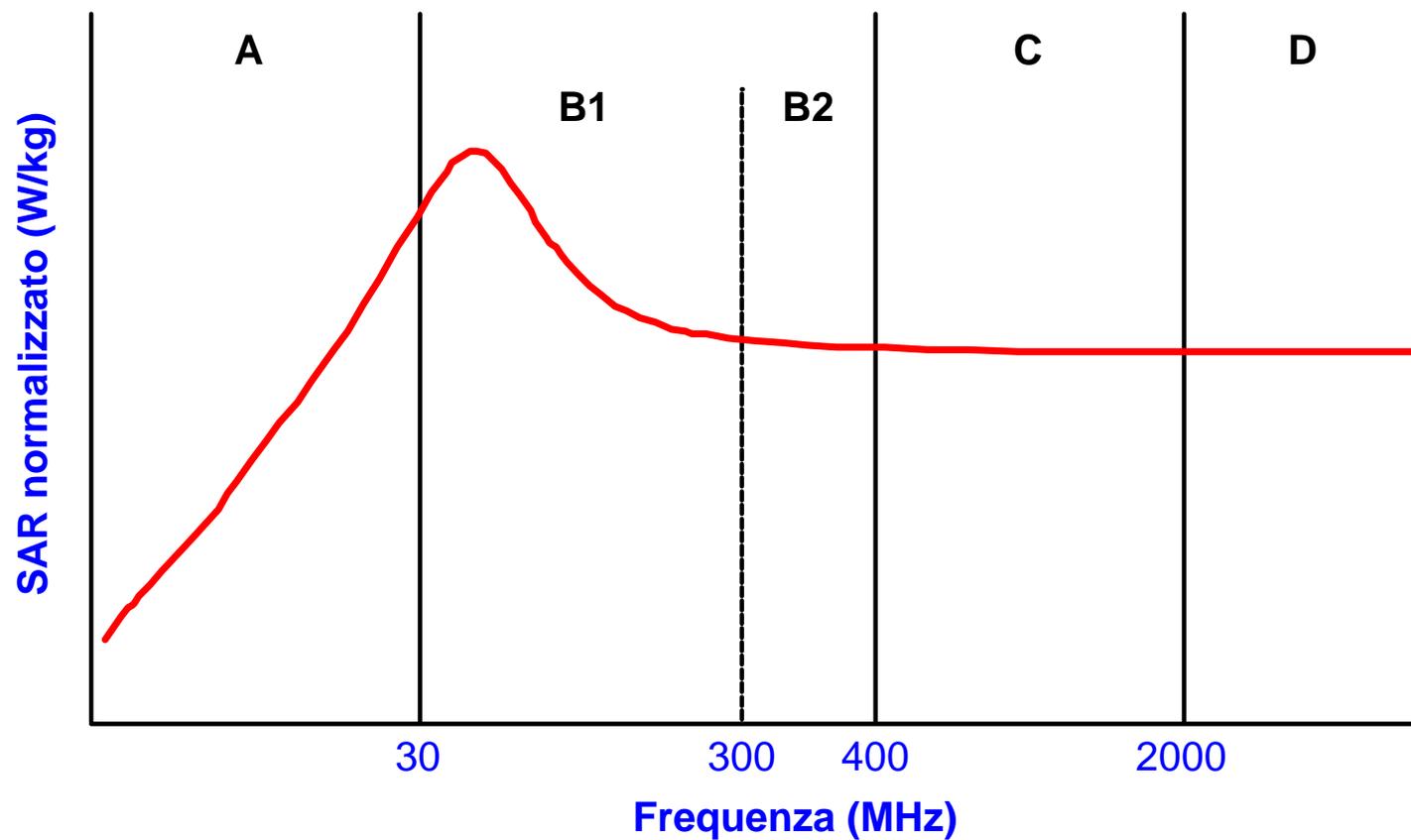


EFFETTI ACUTI DEI CAMPI A RADIOFREQUENZA

- Assorbimento dell'energia elettromagnetica
- Dissipazione sotto forma di calore
- Innalzamento della temperatura globale o locale (effetti termici)

- La scienza medica indica come **tollerabile** un innalzamento costante della temperatura di **1°C**
- Ciò corrisponde ad un valore di **SAR di 4 W/kg**

EFFETTO RISONANTE DEL SAR





EFFETTI A LUNGO TERMINE DEI CAMPI MAGNETICI ELF

È stato **ipotizzato** che l'esposizione cronica a livelli di esposizione inferiori alle soglie identificate per gli effetti acuti possa causare patologie degenerative a lungo termine, ed in particolare il **cancro**.

Data la natura delle radiazioni non ionizzanti, l'effetto sarebbe di **promozione** o di **co-promozione**, ma non di induzione.



L'ORIGINE DEL PROBLEMA

1979 Denver, Colorado (USA)

- **Un'epidemiologa (N. Wertheimer) segnala un aumento nel numero di tumori infantili (leucemie e tumori cerebrali) in bambini che vivono vicino a sistemi elettrici.**
- **Un fisico (E. Leeper) suggerisce che responsabile dell'aumento osservato sia il campo magnetico.**



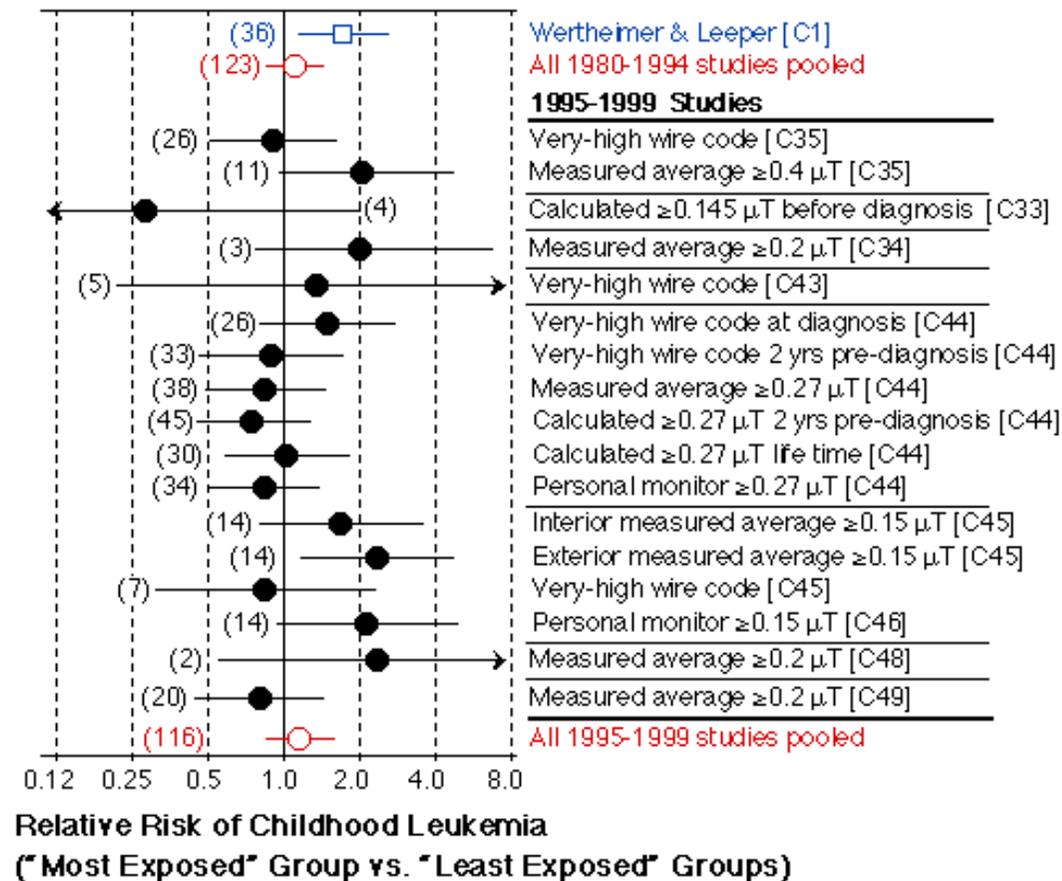
IL ROMPICAPO SCIENTIFICO

Le indicazioni positive provengono più da studi basati su **indicatori indiretti** (codici dei cavi) che da studi che fanno uso di misure sperimentali del campo.

Nessun effetto biologico stabilito al di sotto di **100 μ T**

Prove statistiche di **aumenti** al di sopra di **0.2 μ T**

STUDI SULLA LEUCEMIA INFANTILE



DOVE SIAMO OGGI?

Il supporto che complessivamente proviene dagli studi può riflettere un processo **causale** sottostante, che è **diluito** a causa di errori di misura o che è **veramente piccolo**. In alternativa, distorsioni nella selezione dei controlli, **un'enfatizzazione selettiva** dei risultati ed errori casuali possono aver creato un quadro di **apparente associazione**. Il fatto che i miglioramenti di metodo non siano riusciti a fornire risultati più chiari suggerisce che non vi sia **nessun legame da identificare**, oppure che i nostri affinamenti non siano così significativi come crediamo.

D. Savitz, 1999



LA CLASSIFICAZIONE DELLA IARC

- 1 L'agente è **cancerogeno** per l'uomo
- 2A L'agente è **probabilmente cancerogeno** per l'uomo
- 2B L'agente è **possibilmente cancerogeno** per l'uomo
- 3 L'agente **non è classificabile** per quanto riguarda la cancerogenesi nell'uomo
- 4 L'agente è **probabilmente non cancerogeno** per l'uomo



VALUTAZIONE DI CANCEROGENICITA'

Nel giugno 2001 la IARC ha classificato i campi magnetici ELF come **possibilmente cancerogeni** per l'uomo (Gruppo 2B).

Il giudizio si basa su una **limitata evidenza di leucemia infantile**. Non c'è evidenza di altre forme tumorali nei bambini o di alcuna forma tumorale nell'adulto.

La valutazione conferma sostanzialmente quella espressa dal NIEHS nel 1998.



ESEMPI DI CLASSIFICAZIONE NEL GRUPPO 2B

DDT

Atrazina

Caffé



AHLBOM ET AL. (2000)

3247 casi, 10400 controlli

“Il 99.2% di bambini che vivevano in case con livelli di esposizione < 0.4 mT danno luogo a stime che sono compatibili con l'assenza di aumenti di rischio, mentre lo 0.8% di bambini con esposizioni > 0.4 mT presentano un aumento di rischio stimato di circa 2, che non è verosimilmente dovuto a variabilità casuale.”



Feychting et Ahlbom 1993

$B > 0.2 \mu\text{T}$ $RR = 2.7$

$B > 0.3 \mu\text{T}$ $RR = 3.8$

“Nel complesso, sembra che i risultati di questo studio forniscano più elementi a favore di un’associazione tra campi magnetici e leucemia infantile che contro di essa.”

Ahlbom et al. 2000

$B > 0.4 \mu\text{T}$ $RR = 2.0$

“La spiegazione dell’aumento di rischio non è nota, ma distorsioni nella selezione possono rendere conto di parte di questo aumento.”



QUALE SUPPORTO ALL'EPIDEMIOLOGIA?

I risultati di numerosi esperimenti su animali e studi di laboratorio che hanno esaminato gli effetti biologici dei campi **magnetici non hanno prodotto nessuna evidenza** a sostegno di un ruolo eziologico dei campi magnetici nello **sviluppo della leucemia**.

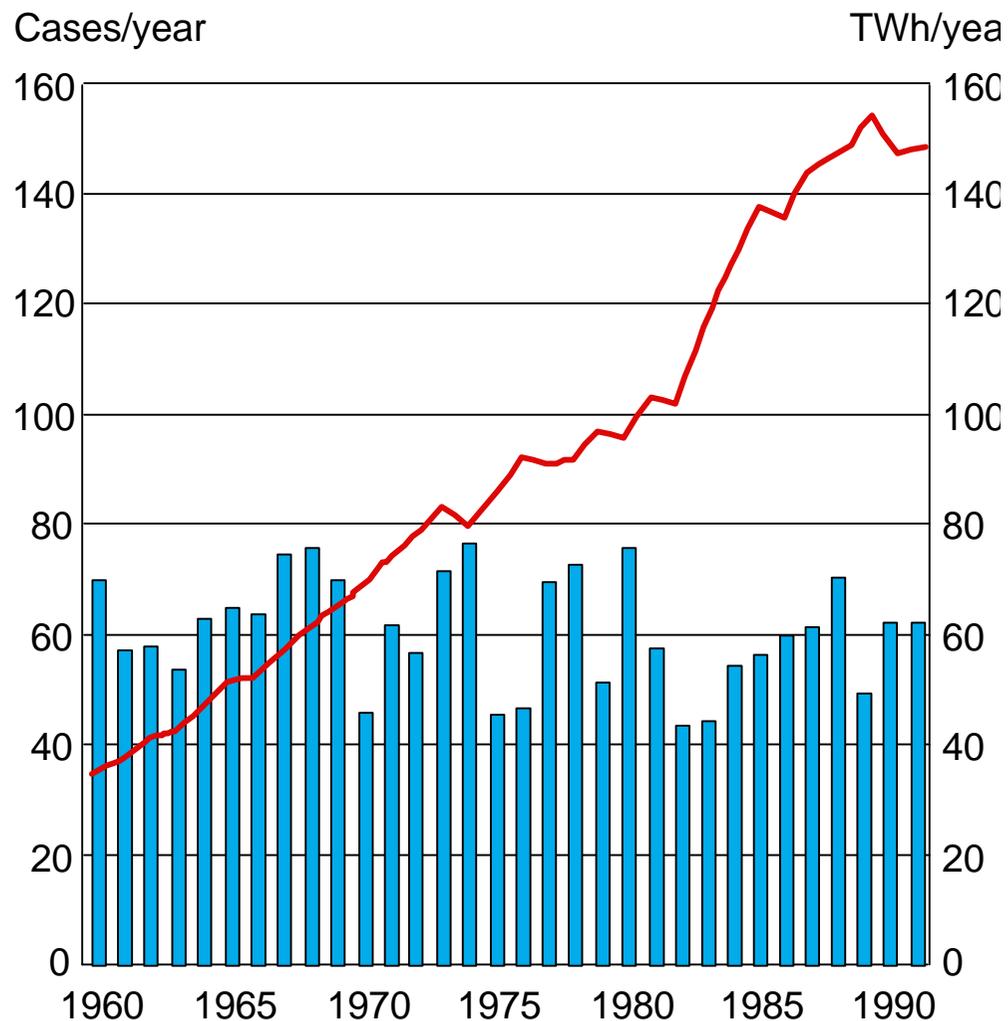
Quattro esperimenti protratti per l'intera vita di **animali** non hanno fornito **nessuna evidenza** che i campi magnetici, anche a livelli di esposizione di **2000 μ T**, siano coinvolti nello sviluppo di **tumori linfopoietici**. Diversi esperimenti su roditori progettati per rilevare effetti di promozione di leucemie o linfomi da parte dei campi magnetici sono stati anch'essi uniformemente negativi. Non c'è **nessun risultato** di laboratorio **riproducibile** che dimostri effetti biologici dei campi magnetici **al di sotto di 100 μ T**.



DIMENSIONI DEL RISCHIO

In assenza di particolari effetti dei campi magnetici, **2 dei 500** casi di leucemia infantile all'anno sarebbero associati ad un'esposizione di **0.4 μ T o più**; se ci fosse un effetto dei campi magnetici, si potrebbero produrre **2 casi** in più, e **1 caso ogni 2 anni** sarebbe forse dovuto alla **vicinanza ad elettrodotti**. Ciò comporterebbe un aumento del rischio annuo di leucemia infantile da circa 1 caso su 20.000 ad 1 su 10.000, e corrisponderebbe a un aumento del rischio complessivo nell'età fino a 15 anni da 1 su 1.400 a 1 su 700, per lo 0.5% dei bambini molto esposti.

**Casi annui di leucemia
(istogramma) e consumo
lordo di energia elettrica
(linea) in Svezia**



CASI AGGIUNTIVI DI LEUCEMIA IN ITALIA

Livello di esposizione	Popolazione	Casi in eccesso
B < 0.1 μT (*)	5.67×10^7	11.68
B > 0.1 μT	299,400	0.84
B > 0.2 μT	213,100	0.78
B > 0.3 μT	148,600	0.70
B > 0.4 μT	111,900	0.64
B > 0.5 μT	95,300	0.62
B > 0.6 μT	62,500	0.52
B > 0.7 μT	58,900	0.50
B > 0.8 μT	50,900	0.48
B > 0.9 μT	46,000	0.46
B > 1.0 μT	37,400	0.40
B > 1.5 μT	15,000	0.26
B > 2.0 μT	8,900	0.20

(*) Valore di riferimento, corrispondente all'esposizione di fondo ($B = 0.05 \mu\text{T}$)



EPIDEMIOLOGIA DEI CAMPI AD ALTA FREQUENZA

L'epidemiologia dei campi a radiofrequenza è difficoltosa

In ambienti residenziali per:

- **Direzionalità delle sorgenti**
- **Attenuazione da parte delle pareti**

In ambienti lavorativi per:

- **Disomogeneità dei campi**
- **Sorgenti a frequenze multiple**



ANALISI DI CLUSTER

Dolk et al. *Am. J. Epidemiol.* 145: 1-9 (1997)

**Cancer Incidence near Radio and Television Transmitters
in Great Britain - I. Sutton Coldfield Transmitter**

Aumenti di leucemia entro 10 km; gradiente di rischio

Dolk et al. *Am. J. Epidemiol.* 145: 10-17 (1997)

**Cancer Incidence near Radio and Television Transmitters
in Great Britain - II. All High Power Transmitters**

Nessun aumento di leucemia (20 siti)

IL CASO DELLA RADIO VATICANA

Leucemia infantile entro 10 km dall'impianto:

0 - 10 km	Oss. 8	Att. 6.57	RR 1.22 ^(*)
0 - 2 km	Oss. 1	Att. 0.16	RR 6.07
2 - 4 km	Oss. 2	Att. 0.86	RR 2.32
4 - 6 km	Oss. 5	Att. 2.66	RR 1.87
6 - 8 km	Oss. 0	Att. 1.74	RR ----
8 - 10 km	Oss. 0	Att. 1.14	RR ----

(*) Non significativo (IC = 0.56-2.27)



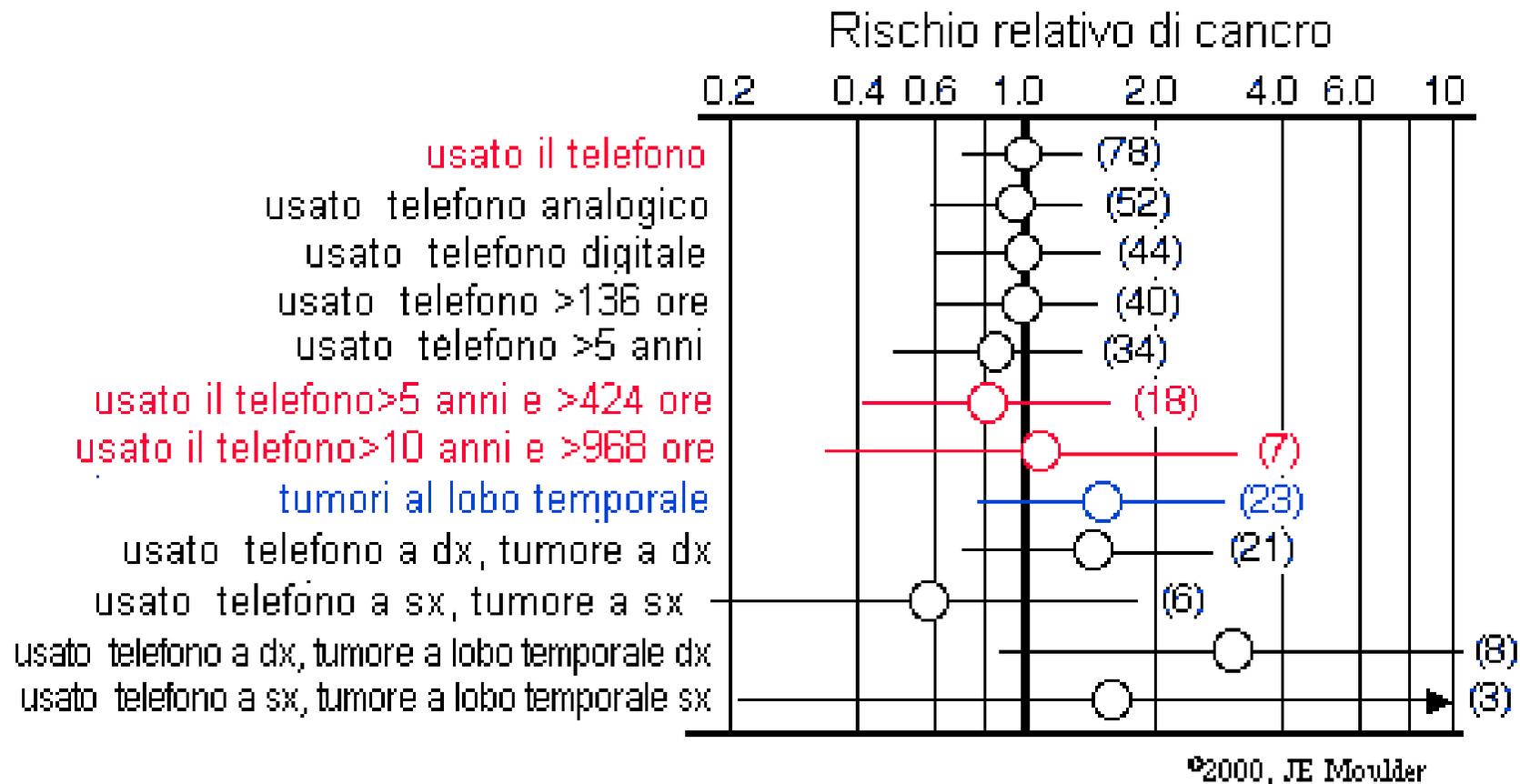
ESPOSIZIONI ATTORNO ALLA RADIO VATICANA

- Emittenti molto **direzionali**
- Trasmissioni **intermittenti**
- Terreno collinare
- Presenza di ostacoli

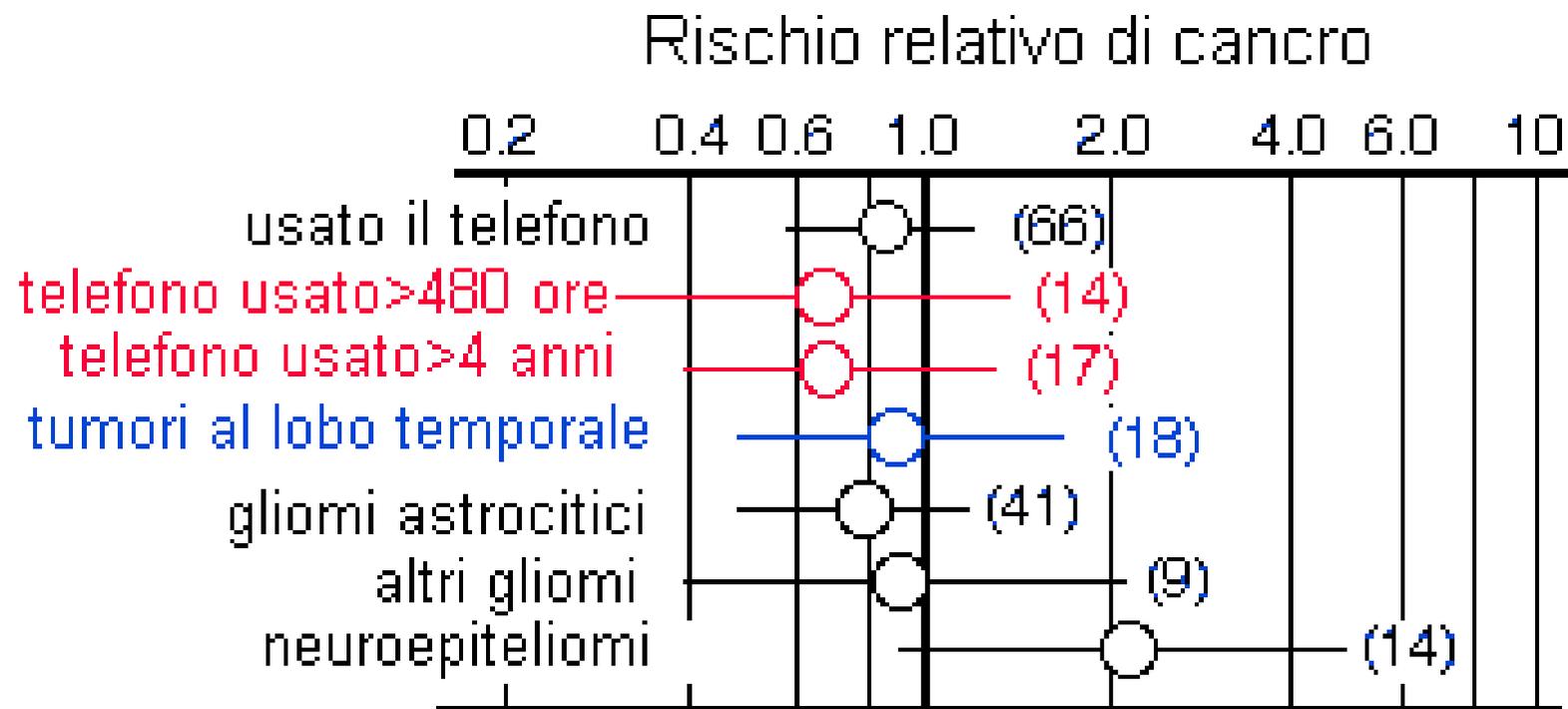
La distanza dall'impianto non è verosimilmente un buon indicatore dell'esposizione

- Nessuna verifica della **qualità** dell'indicatore
- Nessuna misura all'**interno** delle abitazioni
- Nessun tentativo di valutazione dell'**esposizione**

TUMORI CEREBRALI (HARDELL ET AL 1999)

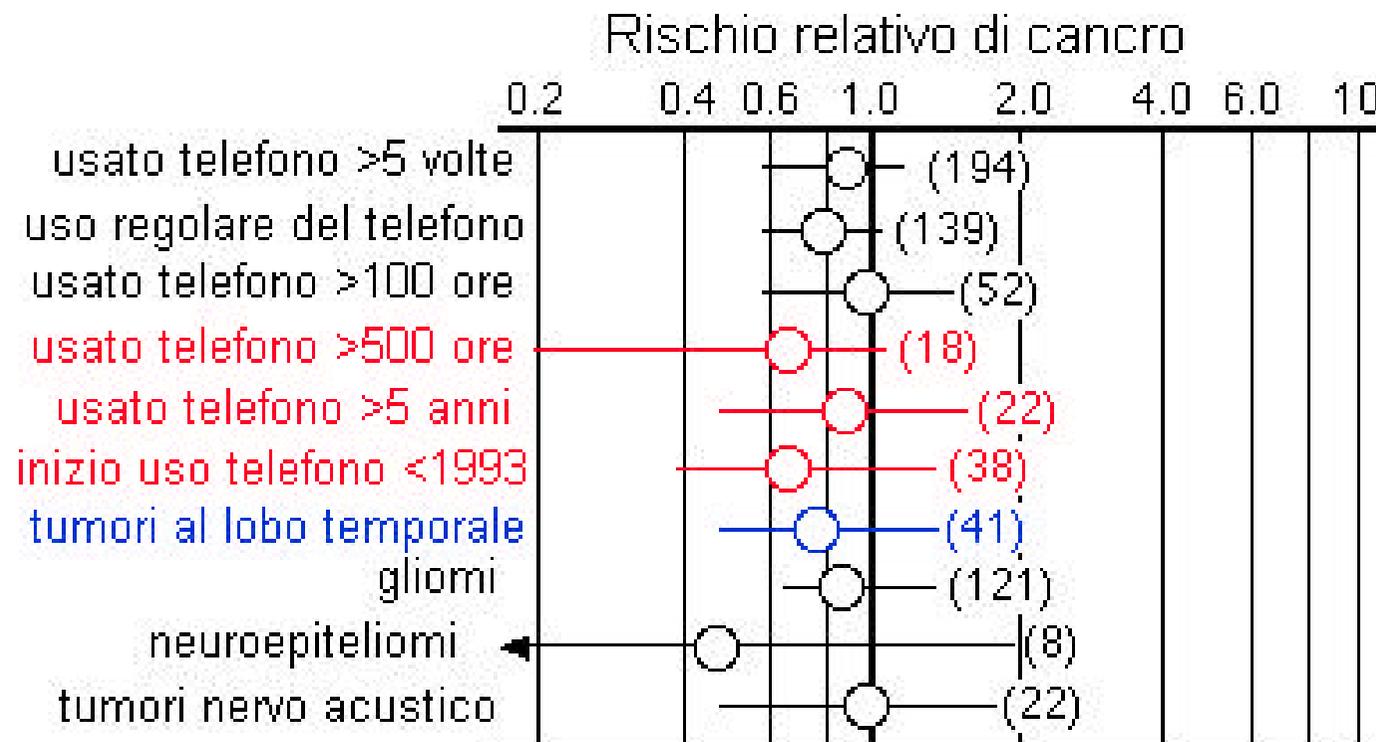


TUMORI CEREBRALI (MUSCAT ET AL 2000)



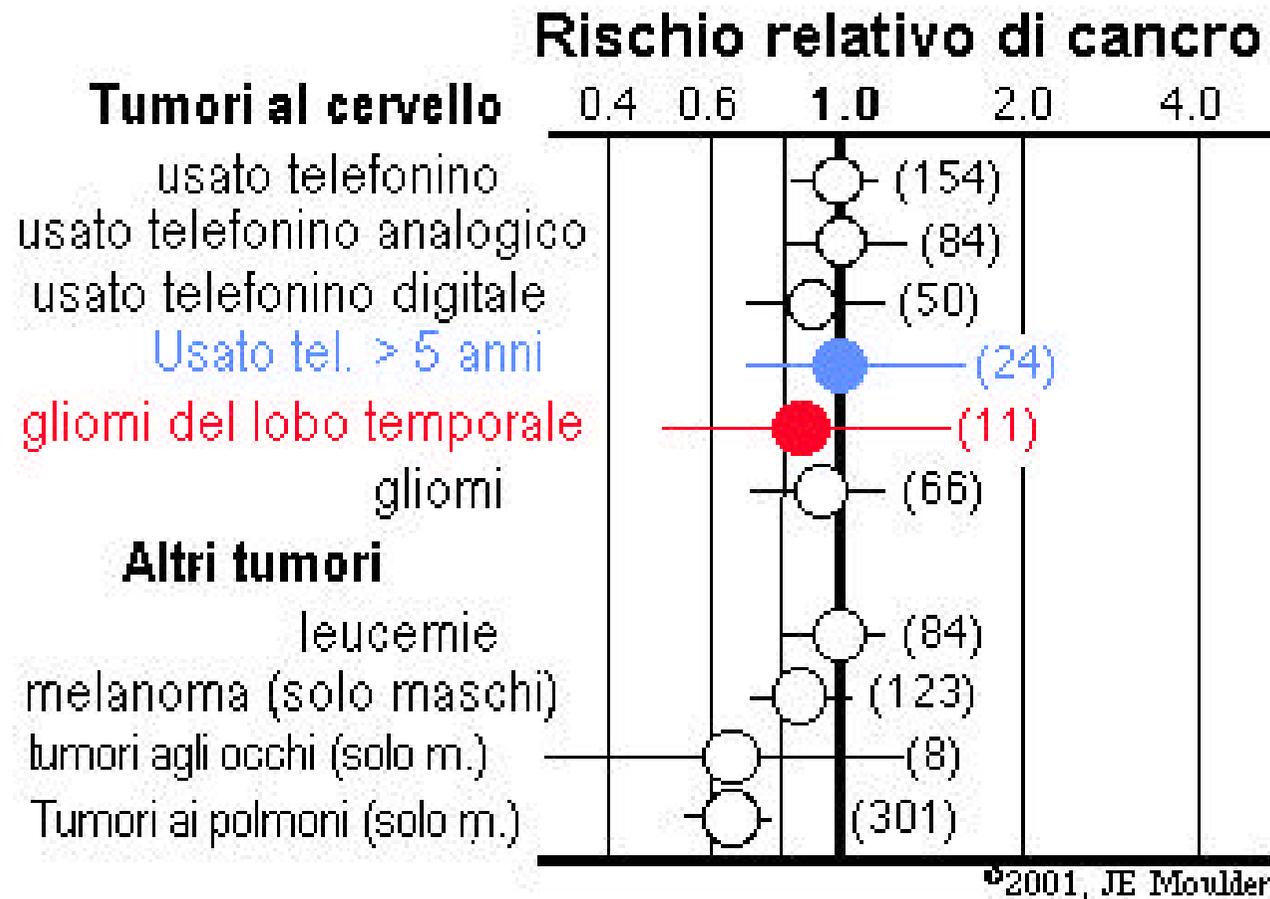
©2000, JE Moulder

TUMORI CEREBRALI (INSKIP ET AL 2001)



©2000, JE Moulder

TUTTI I TUMORI (JOHANSEN ET AL 2001)





VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Una revisione dei dati scientifici svolta dall'OMS nell'ambito del Progetto Internazionale CEM ha concluso che, sulla base della letteratura attuale, non c'è **nessuna evidenza convincente** che l'esposizione a campi elettromagnetici a radiofrequenza abbrevi la durata della vita, né **che induca o favorisca il cancro.**

(Organizzazione Mondiale della Sanità, 1998)

LO STUDIO EPIDEMIOLOGICO “INTERPHONE”

E' in corso uno studio epidemiologico internazionale sull'associazione tra l'uso di telefoni cellulari e tumori della testa e del collo.

Lo studio è coordinato dalla IARC e coinvolge unità di ricerca di 14 paesi.

Si prevede la raccolta di circa 10000 casi di tumori.

L'indagine sarà verosimilmente completata nel 2003.



DOSIMETRIA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

**Corrispondenza tra campi elettrici e magnetici
esterni e grandezze dosimetriche interne**

- **Dosimetria teorica**
- **Dosimetria sperimentale**



LIMITI DI BASE E LIVELLI DI RIFERIMENTO

- Limiti di base sulle grandezze dosimetriche
(J, SAR)
- Livelli di riferimento sulle grandezze radiometriche
(E, H, S)

**Un'esposizione al di sotto dei livelli di riferimento
garantisce il rispetto dei limiti di base**

**Il superamento dei livelli di riferimento non comporta
necessariamente la violazione dei limiti di base**

LIMITI DI BASE RACCOMANDATI DALL'ICNIRP

Campi elettrici e magnetici ELF

Lavoratori $J < 10 \text{ mA/m}^2$

Popolazione $J < 2 \text{ mA/m}^2$

Campi elettromagnetici a RF/MW

Lavoratori $\text{SAR} < 0.4 \text{ W/kg}$

Popolazione $\text{SAR} < 0.08 \text{ W/kg}$

LIVELLI DI RIFERIMENTO RACCOMANDATI DALL'ICNIRP PER I CAMPI A 50 Hz

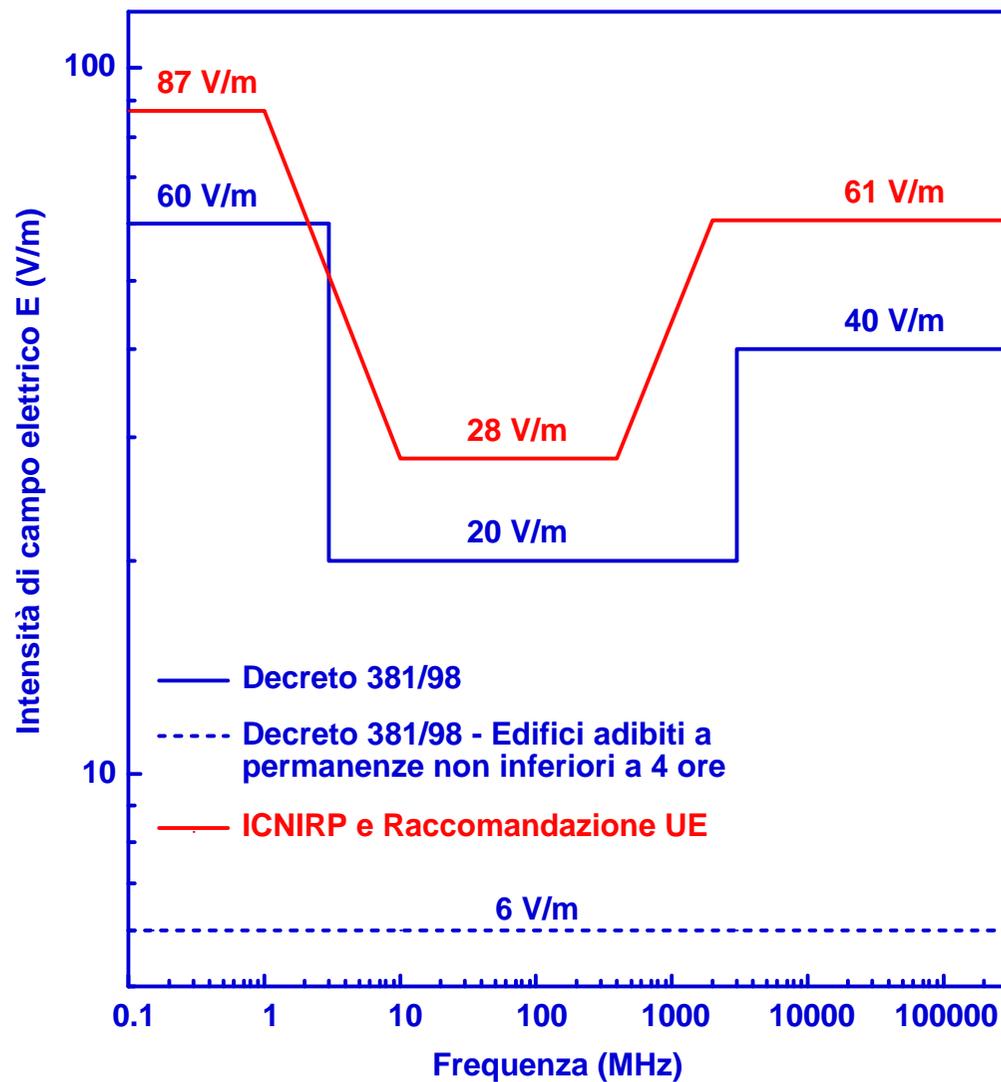
Lavoratori:

- Campo elettrico 10 kV/m
- Induzione magnetica 500 μ T

Popolazione:

- Campo elettrico 5 kV/m
- Induzione magnetica 100 μ T

Limiti relativi al campo elettrico per esposizioni a RF/MW





ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA SANITÀ

- Nell'ambito del Progetto Internazionale CEM, l'OMS ha avviato (1997) un'azione per l'**armonizzazione** delle normative a livello mondiale.
- L'obiettivo non è quello di avere norme e limiti identici, ma un **quadro di riferimento** scientifico e metodologico **comune**
- Workshop si sono svolti in Slovenia, Croazia, Italia, Stati Uniti, Cina, Russia, Perù, Bulgaria.



CONSENSO INTERNAZIONALE

- 26 Paesi hanno adottato le linee guida dell'ICNIRP
- Numerose altre nazioni hanno espresso la stessa intenzione (Riunione annuale OMS, Maggio 2001)
- Il Consiglio dell'Unione Europea ha emanato nel 1999 una raccomandazione agli Stati Membri



RACCOMANDAZIONE EUROPEA - MOTIVAZIONI

“Le disposizioni degli Stati membri in questo settore si dovrebbero basare su un **quadro normativo concordato**, in modo da contribuire a garantire una protezione uniforme in tutta la Comunità.”

“Le differenze e le lacune che esistono nelle attuali disposizioni e linee guida contribuiscono a un **senso di confusione e insicurezza** avvertito da molti cittadini della Comunità e **minano la fiducia** nelle autorità sanitarie.”



LA POLITICA ITALIANA

L'Italia ha adottato normative che differiscono, sia nell'impianto, sia nei valori dei limiti, dalle indicazioni delle organizzazioni internazionali (OMS, ICNIRP, UE).

Le normative sono dichiaratamente basate su un approccio cautelativo.

Sebbene non sia mai nominato nelle norme, il principio di precauzione è stato più volte a posteriori come giustificazione delle scelte adottate.



COSA E' IL PRINCIPIO DI PRECAUZIONE?

Il principio di precauzione è un approccio di gestione dei rischi in una situazione di **incertezza scientifica**, che esprime l'esigenza di un'azione **a fronte di un rischio potenzialmente grave** senza attendere i risultati della ricerca scientifica.

EC - DG XXIV, 1999



QUANDO SI ADOTTA IL PRINCIPIO DI PRECAUZIONE?

Il ricorso al principio di precauzione presuppone **l'identificazione di effetti potenzialmente negativi** conseguenti a un fenomeno, a un prodotto o a una procedura, nonché una **valutazione scientifica del rischio**.

EC, 2000

SONO STATI IDENTIFICATI DEI RISCHI?

Campi magnetici a frequenza estremamente bassa

Leucemia infantile

Campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde

???



LE MISURE SONO PROPORZIONATE AI RISCHI?

Si valuta che, nell'ipotesi di un effettivo ruolo dei campi magnetici nella cancerogenesi, l'intera rete delle linee ad alta tensione in Italia (132 kV o superiori) sarebbe responsabile di **1 caso incidente di leucemia ogni 2 anni** e di **un caso di morte ogni 4-5 anni** nei bambini esposti al di sopra di $0.5 \mu\text{T}$.

Il **costo** dei risanamenti previsti per raggiungere il limite di $0.5 \mu\text{T}$ è stato stimato in **15-25 miliardi di euro**.



ANALISI COSTI-BENEFICI?

Un'analisi costi-benefici presuppone una valutazione **quantitativa** del beneficio sanitario (riduzione dei casi) atteso in corrispondenza a ogni riduzione dell'esposizione.

Questa condizione presuppone a sua volta la conoscenza di una curva **esposizione-risposta**.

Gli studi scientifici non hanno fornito **nessuna indicazione** di questo tipo.



LA POSIZIONE DELL'ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA SANITA'

Un requisito di principio è che [le politiche cautelative] siano adottate solo a condizione che **valutazioni di rischio e limiti di esposizione fondati su basi scientifiche non siano minati dall'adozione di approcci cautelativi arbitrari.** Ciò si verificherebbe, ad esempio, se i valori limite venissero abbassati fino a livelli tali da non avere alcuna relazione con i rischi accertati, o se fossero **modificati in modo improprio ed arbitrario** per tener conto delle incertezze scientifiche.



Public health impact and public perception of selected environmental health risks in Italy

Exposure	Disease	Expected cases/year	Public health relevance	Public perception of risk
Radon	Lung cancer*	2.200-5.100 ⁽¹⁾	+++	+
Benzene	Leukaemia**	16-275 ⁽²⁾	++	++
EMF	Leukaemia**	3 ⁽³⁾	+	+++

* Estimated total lung cancer cases per year @ 32.000

** Estimated total leukaemia cases per year @ 5.000

(1) Estimates based on published literature

(2) Italian National Toxicological Committee estimates

(3) WHO, 1997



WHO European Centre for Environment and Health, Rome Division

ANSIA E SINTOMI SOGGETTIVI

	Meno preoccupati	Più preoccupati
Nessun sintomo	50%	31%
Almeno un sintomo	50%	69%

McMahan S., Meyer J. (1995). Symptom prevalence and worry about high voltage transmission lines. Environ. Reas. 70: 114-118.



Health is a state
of complete physical,
mental, and social
well-being and
not merely the
absence of disease
or infirmity.





INDIRIZZI INTERNET - GENERALI

World Health Organization - International EMF Project

www.who.int/emf

NIEHS (USA) - EMF-RAPID Project

www.niehs.nih.gov/emfrapid/home.htm

European Action COST 288

www.cost281.org

International Agency for Research on Cancer (IARC)

www.iarc.fr

Commission of the European Union - Precautionary Principle

www.europa.eu.int/comm/off/com/health_consumer/precaution

DOMANDE FREQUENTI DEL PUBBLICO (FAQ)

National Institutes of Health (U.S.A.) - ELF fields

www.niehs.nih.gov/oc/factsheets/emf/

University of Wisconsin - ELF fields

www.mcw.edu/gcrc/cop/powerlines-cancer-FAQ/

University of Wisconsin - Radiofrequency and cellular phones

www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/ Ministry of

Health of New Zealand - Mobile phones

www.nrl.moh.govt.nz/faq.html



RAPPORTI SU TELEFONI MOBILI E SALUTE

Les telephones mobiles, leur stations de base et la santé -
France

www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/index.htm

Mobile phones and health (Stewart Report) - UK

www.iegmp.org.uk

GSM base stations - The Netherlands

www.gr.nl/engels/welcome/frameset.htm

A Review of the Potential Health Risks of radiofrequency fields
from Wireless Telecommunication Devices - Canada

www.rsc.ca/english/RFreport.html
