

> Radiazioni ad alta frequenza e salute

*Valutazione di studi scientifici nell'intervallo delle dosi deboli.
Seconda edizione aggiornata*

*Riassunto della pubblicazione
«Hochfrequente Strahlung und Gesundheit»
www.umwelt-schweiz.ch/uw-0722-d*

> Riassunto

Nella primavera del 2003 l'UFAFP ha pubblicato, sulla base di oltre 200 studi scientifici in cui venivano analizzate le ripercussioni sulla salute dell'uomo, un rapporto sulla valutazione dei pericoli per la salute causati dalle radiazioni non ionizzanti ad alta frequenza nell'intervallo delle dosi deboli. In questa pubblicazione sono state sintetizzate e valutate le conoscenze scientifiche disponibili fino a fine 2002 (Umwelt-Materialien n. 162, UFAFP 2003, nel seguito abbreviato "UM 162").

Per intervallo delle dosi deboli si intende l'intervallo di intensità inferiore ai valori limite d'immissione dell'ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ORNI) oppure, nel caso dei telefoni cellulari l'intervallo di intensità inferiore al valore limite per il tasso di assorbimento specifico locale, raccomandato dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP). Per contro, il presente rapporto non tratta gli effetti termici che si verificano ad elevate intensità, poiché già noti.

Gli studi epidemiologici e sperimentali pubblicati a partire dal 2002 relativi all'esposizione dell'uomo alle radiazioni ad alta frequenza sono stati costantemente raccolti e aggiornati. Un primo aggiornamento delle conoscenze scientifiche è stato pubblicato nella primavera 2004 come "Appendice A". Il presente rapporto sintetico sostituisce tale appendice. Si basa su quasi 150 pubblicazioni scientifiche relative all'esposizione dell'uomo, pubblicate fra la fine del 2002 al settembre del 2006. Gli studi sull'uomo sono stati raccolti e analizzati dal Centro di documentazione ELMAR presso l'Istituto di medicina sociale e preventiva dell'Università di Basilea. Maggiori dettagli possono essere consultati nella banca dati di pubblico accesso ELMAR (www.elmar.unibas.ch/index.html). Ad integrazione di tali studi sono stati contemplati anche i risultati dei due programmi di ricerca internazionali Perform B e REFLEX, nei quali l'esposizione non ha riguardato l'uomo bensì singole cellule o animali. Questa parte del rapporto è stata curata dal Centro di biomedicina dell'Università di Basilea.

Come illustrato nel rapporto UM 162, per ogni effetto biologico esaminato finora in relazione con l'esposizione alle radiazioni non ionizzanti, l'**evidenza** della sua esistenza è stata valutata sulla base di tutti gli studi disponibili su un effetto, utilizzando una scala differenziata di diversi livelli. La suddivisione avviene secondo la classificazione dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) per la valutazione del rischio di cancerogenità di una sostanza o di un agente (<http://monographs.iarc.fr>). Questa classificazione è stata ripresa ed estesa alle conseguenze non cancerogene. I criteri impiegati per ogni livello di evidenza sono:

> **sicuro**: un effetto viene considerato sicuro se regge ad un'argomentazione rigorosamente scientifica, vale a dire se è stato riprodotto più volte in maniera indipendente, se ne esiste un modello plausibile e se non è in contraddizione con i risultati di altre ricerche;

- > **probabile:** un effetto viene classificato come probabile, se è stato riscontrato più volte in modo relativamente coerente e indipendente. La qualità delle indagini è talmente convincente da potere escludere con sicurezza altri fattori. Manca infatti un meccanismo di azione plausibile;
- > **possibile:** vengono considerati possibili gli effetti che sono stati osservati in studi isolati. Nel loro insieme i risultati non sono però coerenti e sono eventualmente da far risalire alle carenze metodologiche degli studi in questione. Le indicazioni scientifiche sono sostenute da rapporti concernenti casi singoli. La valutazione “possibile” si basa sulla relazione fra esposizione e conseguenza. Non si tratta di una previsione relativa alla probabilità che l’effetto si verifichi;
- > **improbabile:** non vi è nessuna indicazione che consenta un’associazione, bensì parecchie indicazioni della loro assenza. Non esiste nessun modello teorico plausibile dell’effetto;
- > **non valutabile:** i dati a disposizione sono troppo scarsi per poter essere interpretati. A volte ci sono delle perizie singole, spesso anche dei risultati contestati. La metodica dei rispettivi studi è stata valutata e ritenuta insufficiente per poter trarne delle conclusioni.

Gli effetti esaminati finora vengono inoltre classificati in tre gruppi a seconda della loro **rilevanza per la salute**. Per chiarire la suddivisione delle categorie, sono state scelte delle definizioni diverse rispetto a quelle della pubblicazione UM 162.

- > **malattie e mortalità:** le conseguenze analizzate comportano un pericolo per la salute e rappresentano una drastica riduzione della qualità della vita. Inoltre possono costituire una minaccia per la vita e ridurre la durata della vita. Questa categoria comprende tutte le malattie cancerose, gli aborti spontanei e le malformazioni dei neonati nonché la mortalità elevata;
- > **limitazione del benessere:** la qualità della vita e il benessere sono considerevolmente limitati. Il sintomo non costituisce una minaccia diretta per la vita. Rientrano in questa categoria i sintomi non specifici di malattie, specialmente le cefalee, i disturbi del sonno, le condizioni psichiche, l’ipersensibilità alle radiazioni elettromagnetiche nonché l’effetto uditivo delle microonde;
- > **variazione di dimensioni fisiologiche:** gli effetti sono misurabili fisiologicamente. Le variazioni osservate si situano nella banda delle fluttuazioni normali per una persona sana. Di per sé non costituiscono un rischio per la salute e non costituiscono una riduzione della qualità della vita, poiché normalmente non possono essere percepite. Inoltre, non è stato accertato se a lungo termine possono rappresentare un rischio per la salute. Fanno parte di questo gruppo le fluttuazioni nel sistema ormonale, immunitario e cardiovascolare, le variazioni nell’EEG come pure la variazione nella percezione degli stimoli e nella loro elaborazione.

Per effetti considerati sicuri, probabili o possibili sulla base dei risultati disponibili è stata valutata una soglia d’effetto inferiore. Per potere almeno paragonare tra loro gli studi concernenti i telefoni cellulari e quelli relativi agli impianti di trasmissione stazionari, si sono dovute uniformare le differenti misure della dose. Quale misura comune della dose è stato impiegato il SAR₁₀ massimo. Questo parametro indica quanta radiazione viene assorbita dal corpo nella zona più esposta (tasso di assorbimento specifico locale, valore medio su 10 g di tessuto corporeo, in W/kg). Nei rapporti di

alcuni studi il SAR₁₀ è disponibile direttamente, negli altri è stato stimato nella misura del possibile.

Risultati e valutazione degli studi sull'uomo a fine settembre 2006:

La tabella 3 riassume la valutazione dell'evidenza delle ripercussioni sulla salute associate alle radiazioni ad alta frequenza nell'intervallo delle dosi deboli, tenendo conto di tutti gli studi disponibili fino a fine settembre 2006 eseguiti direttamente con o su persone.

Non vi sono nuovi effetti che possono essere considerati sicuri. È indubbio che le radiazioni ad alta frequenza possano pregiudicare il funzionamento di apparecchi tecnici. Ciò può avere ripercussioni sulla salute, in particolare nel caso di dispositivi medici impiantati, come i pace-maker. Tuttavia, oggi molti apparecchi sono per lo più insensibili alle radiazioni emesse dai telefoni cellulari. Inoltre, è stata dimostrata in modo coerente anche la percezione di rumori (effetto uditivo delle microonde), quando nel caso di radiazioni pulsate viene superata una determinata quantità di energia per impulso. Nel caso di impianti radar questo fenomeno può verificarsi anche quando vengono rispettati i valori limite d'immissione, mentre per le radiazioni prodotte dalla telefonia cellulare non vi sono indicazioni in tal senso. È assodato che telefonare al volante comporta un elevato rischio di incidenti, indipendentemente dall'utilizzo di un dispositivo che lasci le mani libere. Tuttavia ciò non è una conseguenza delle radiazioni bensì del fatto che si è distratti al volante.

sicuro

Si continua a ritenere probabile che l'esposizione alle radiazioni emesse da un telefono cellulare modifichi le correnti cerebrali. In riferimento all'EEG spontaneo nel sonno o in condizioni di veglia è stato osservato in modo del tutto coerente l'aumento dell'ampiezza nella banda alfa. In alcuni studi gli effetti sono stati rilevati nei primi quindici minuti successivi all'esposizione. Altrettanto probabili vengono ritenute le alterazioni delle fasi del sonno osservate in diversi studi. Anche nella maggior parte degli esperimenti per accertare i potenziali cerebrali evocati sono stati rilevati degli effetti conseguenti all'esposizione. In due studi riprodotti con metodi migliori non è tuttavia stato possibile confermare i risultati ottenuti precedentemente. Gli effetti si sono verificati a livelli di intensità di radiazione tanto bassi da non poter essere spiegati con il modello convenzionale dell'effetto termico.

probabile

La comparsa di sintomi non specifici in seguito all'utilizzazione del telefono cellulare come le cefalee, il malessere, la stanchezza, le vertigini e il bruciore della pelle non trova un riscontro in tutti i nove studi. Tuttavia, in parte sono stati riscontrati notevoli difetti metodologici. Assieme ai risultati dei precedenti studi condotti in Scandinavia (cfr. UM 162) si continua a ritenere probabile che l'uso intensivo del telefono cellulare sia associato alla frequenza di sintomi non specifici. Non è possibile valutare se questo fenomeno sia dovuto alle radiazioni ad alta frequenza o ad altri fattori che accompagnano l'uso del telefono cellulare, come per esempio un aumento del livello di stress.

Tab. 3 > Riepilogazione dell'evidenza delle ripercussioni sulla salute associate alle radiazioni ad alta frequenza nell'intervallo delle dosi deboli (esposizione di persone).

Le indicazioni relative alla soglia d'effetto in mW/kg o W/kg vanno intese come punti di riferimento approssimativi. Si riferiscono al valore massimo registrato nel corpo del tasso di assorbimento specifico locale SAR₁₀.

EVIDENZA	EFFETTO			FONTE DELL'ESPOSIZIONE	SOGLIA D'EFFETTO
	Malattie e mortalità	Limitazione del benessere	Variazione di dimensioni fisiologiche		
Sicuro (risultati coerenti)		Interferenza nelle protesi impiantate		Apparecchi elettronici (p. es. telefoni cellulari)	
		Audizione di microonde		Impianti radar	Densità del flusso energetico per impulso >20 mJ/m ²
Probabile (molteplici indicazioni di effetti)		Sintomi non specifici (cefalee, stanchezza, difficoltà di concentrazione, malessere, bruciore alla pelle ecc.)		Telefoni cellulari	20 mW/kg-2 W/kg
			Correnti cerebrali, Fasi di sonno	Telefoni cellulari	20 mW/kg-2 W/kg
Possibile (indicazioni isolate di effetti)	Leucemie/linfomi			Trasmettitori radio/TV	in prossimità del valore limite dell'impianto
	Tumori al cervello			Telefoni cellulari	20 mW/kg-2 W/kg
		Qualità del sonno		Trasmettitori radiofonici	in prossimità del valore limite dell'impianto
			Funzioni cognitive, tempi di reazione	Telefoni cellulari	20 mW/kg-2 W/kg
			Percezione dei campi deboli	Telefoni cellulari	20 mW/kg-2 W/kg
Improbabile (molteplici indicazioni di assenza)	Mortalità			Telefoni cellulari	
	Tumori alle ghiandole salivari			Telefoni cellulari	
Non valutabile (pochi dati)	Carcinoma mammario			Diverse fonti	
	Tumori agli occhi			Telefoni cellulari	
	Tumori ai testicoli			Pistole radar	
	Aborti spontanei			Apparecchi per la diatermia	
		Sintomi non specifici (disturbi del sonno, cefalee ecc.)		Stazioni di base per la telefonia cellulare	
		Condizioni psichiche		Diverse fonti	
			Fertilità	Telefoni cellulari	
			Sistema ormonale	Diverse fonti	
			Sistema immunitario	Diverse fonti	
			Funzioni cardio-circolatorie	Diverse fonti	
			Udito e equilibrio	Telefoni cellulari	
		Genotossicità	Esposizione professionale		

I disturbi del sonno in prossimità di un trasmettitore radiofonico sono stati trattati soltanto nell'ambito di un unico studio, su cui sono state pubblicate delle nuove analisi. Poiché in queste analisi è stato osservato un riscontro, si ritiene possibile, come nella pubblicazione UM 162, che le forti emissioni di questi trasmettitori a onde corte possano compromettere la qualità del sonno.

possibile

I dati scientifici relativi all'influenza dell'esposizione alla telefonia mobile sulle funzioni cognitive sono meno uniformi rispetto alla fine del 2002. La riduzione dei tempi di reazione osservata in precedenza non è stata confermata dagli studi riprodotti in modalità "doppio cieco". L'evidenza degli effetti dell'esposizione alla telefonia mobile sulle funzioni cognitive viene perciò riclassificata rispetto alla pubblicazione UM 162, passando da "probabile" a "possibile".

Nuovi studi provocatori sulla percezione dei campi elettromagnetici deboli dimostrano che persone, le quali attribuiscono i loro sintomi all'esposizione alle radiazioni ad alta frequenza, in una situazione di test in generale non sono in grado di percepire questi campi. Non esistono nuovi studi con test multipli condotti su singole persone. Le indagini precedenti con questa struttura di test lasciavano presupporre che persone dotate di tale capacità di percezione siano molto rare.

Sulla base degli studi pubblicati fino a fine 2002 è stato dichiarato possibile che il rischio di tumori al sistema sanguigno e linfatico aumenti in un ambiente dove sono presenti potenti trasmettitori radiofonici. I due nuovi studi non modificano questa valutazione.

In merito ai rischi di tumore al cervello degli utenti di telefonia mobile, fino a fine settembre 2006 sono state pubblicate singole valutazioni dello studio caso-controllo multicentrico «Interphone», ma solo una presentava dati in pool. Sono inoltre disponibili i risultati di due corposi studi caso-controllo di un gruppo di ricerca svedese. Sulla base di quest'ultimo e dei risultati precedenti nel complesso si deve continuare a ritenere possibile che l'utilizzo intensivo, protratto per molti anni, della telefonia mobile possa essere associato ad un rischio elevato di tumore al cervello.

Relativamente alla mortalità complessiva non sono disponibili nuovi risultati. Sulla base dei risultati precedenti la relazione con l'esposizione alle radiazioni ad alta frequenza nell'intervallo delle dosi deboli è stata classificata improbabile nella pubblicazione UM 162. Anche il nesso causale fra esposizione alle radiazioni ad alta frequenza e il rischio di ammalarsi di tumore alle ghiandole salivari sembra improbabile sulla base dei dati caso-controllo disponibili.

improbabile

Relativamente ai tumori che colpiscono altri organi, i dati disponibili sono tuttora insufficienti per valutare possibili associazioni. Rientra in questi casi anche il rischio di tumori agli occhi o ai testicoli nonché di carcinoma mammario. Non valutabile è anche l'associazione fra radiazioni ad alta frequenza di persone professionalmente esposte e danni cellulari genotossici. Anche la valutazione degli effetti relativi a pressione sanguigna, battito cardiaco e variabilità della frequenza cardiaca rimane in sospeso. Sulle conseguenze dell'esposizione alle radiazioni ad alta frequenza sul sistema ormonale e

non valutabile

immunitario, sull'udito, sulla fertilità, sugli aborti spontanei e sulle condizioni psichiche i risultati disponibili sono troppo pochi per esprimere una valutazione.

Risultati e valutazione dei programmi di ricerca Perform B e REFLEX (esposizione di cellule e animali)

Due programmi di ricerca, coordinati a livello internazionale, si sono occupati negli ultimi anni delle conseguenze dei campi elettromagnetici sui sistemi biologici. I progetti svolti sotto il nome di "Perform B" hanno riguardato principalmente la duplicazione di studi precedenti con lo scopo di verificarne i risultati, mentre il programma "REFLEX" (Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards From Low Energy Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive "in vitro" Methods) aveva per oggetto l'indagine sugli effetti biocellulari dei campi elettromagnetici in condizioni di laboratorio controllate.

Partendo dai risultati degli studi precedenti, nel programma "Perform B" è stato analizzato l'impatto delle radiazioni ad alta frequenza sul patrimonio genetico DNA, sull'attività dell'enzima del metabolismo e sul comportamento degli animali. In parte sono stati ripetuti degli esperimenti con l'obiettivo di fornire una valutazione indipendente dei risultati disponibili, in parte le indagini sono state ampliate o migliorate dal punto di vista della metodologia. Gli studi effettuati su linfociti umani isolati hanno dimostrato che l'esposizione alle radiazioni ad alta frequenza non provoca, né da sola né in combinazione con un mutagene (raggi X), danni visibili al DNA. Anche un'alterazione dell'attività dell'ornitindecarbossilasi (ODC) ha avuto pochi riscontri in diverse condizioni di esposizione. Infine, i ratti e i topi esposti alle radiazioni ad alta frequenza non presentavano alterazioni delle capacità di apprendimento nella misura precedentemente descritta, anche il comportamento fobico e la permeabilità della barriera emato-encefalica non sembrano venire compromessi. Gli esperimenti veramente riprodotti non hanno consentito di confermare i risultati degli studi precedenti.

Il programma "REFLEX" aveva lo scopo di analizzare gli effetti cellulari dell'esposizione alle radiazioni ad alta frequenza in condizioni di laboratorio controllate e standardizzate. Sono stati misurati la frequenza delle rotture dei filamenti di DNA, la presenza di micronuclei e aberrazioni cromosomiche, l'impatto sul ciclo cellulare, la differenziazione cellulare e apoptosi nonché l'espressione di geni. L'esposizione utilizzata ha compreso radiazioni sia ad alta che a bassa frequenza. Nel presente rapporto vengono considerati soltanto i risultati dell'esposizione a radiazioni ad alta frequenza.

La comparsa degli effetti riscontrati in "REFLEX" deve essere considerata attualmente possibile ma non sicura. Questo per il fatto che si tratta di prime osservazioni che non sono state replicate in modo indipendente o che gli esperimenti riprodotti hanno dato risultati contraddittori senza che ne fossero chiari i motivi. La soglia più bassa del SAR (locale) osservata per un effetto corrisponde a 0,3 W/kg e si colloca pertanto nel campo non termico, circa a metà fra il valore limite dell'impianto e il valore limite d'immissione dell'ORNI.

Nelle cellule connettivali sono state osservate rotture dei filamenti di DNA, micronuclei e aberrazioni cromosomiche. In questo contesto sembra essere determinante, oltre all'intensità, anche la modulazione del segnale. Le rotture dei filamenti di DNA di per sé non rappresentano un fatto eccezionale. Si verificano naturalmente e vengono riparate da sistemi propri delle cellule. Attualmente non è chiaro se le rotture dei filamenti accertate come conseguenza dell'esposizione si riparano correttamente o se possono provocare alterazioni permanenti del patrimonio genetico. Il primo caso è supportato dall'osservazione (in esperimenti analoghi con campi a bassa frequenza) che la frequenza delle rotture di filamenti si riduceva dopo alcune ore di esposizione. Il secondo caso invece è sostenuto dalla presenza, oltre a quella delle rotture dei filamenti, di micronuclei e di aberrazioni cromosomiche che sono invece l'espressione di una mutazione permanente. Se questi ultimi risultati verranno confermati con maggior vigore, saranno rilevanti perché potrebbero comportare disfunzioni cellulari. Occorre ancora approfondire le indagini per accertare se gli eventi molecolari riscontrati provocano effettivamente tali disfunzioni. I punti finali oggetto dell'indagine come il ciclo cellulare, la differenziazione cellulare e l'apoptosi non sono stati influenzati in maniera rilevante dalle radiazioni ad alta frequenza. Attualmente rimane da verificare l'importanza degli effetti molecolari accertati per le funzioni cellulari.

Altre indagini avevano l'obiettivo di verificare se l'espressione dei geni è maggiore o minore in seguito all'esposizione alle radiazioni ad alta frequenza. Dalle conoscenze relative ai processi molecolari nella cellula si spera di ottenere maggiori informazioni sulla possibilità, da parte di uno stimolo esterno, di influenzare le funzioni delle cellule. Essendo i geni e le proteine molto numerosi, in questo contesto si è ancora allo stadio della raccolta di dati empirici. L'ipotesi più avanzata è che le radiazioni ad alta frequenza causino stress e la cellula produca, a sua volta, le cosiddette proteine da stress. Le indagini hanno dimostrato che in determinati tipi di cellule l'espressione di singoli geni durante l'esposizione alle radiazioni ad alta frequenza viene influenzata da diversi segni premonitori: la formazione di determinate proteine risulta maggiore, quella di altre invece inferiore. Anche qui sarebbe prevedibile che un'espressione dei geni degenerata possa influenzare punti finali come il ciclo cellulare, la differenziazione cellulare e l'apoptosi, fatto che tuttavia non è stato osservato.

Conclusioni

La quantità di dati scientifici a disposizione è ancora troppo insufficiente per poter permettere una valutazione del rischio per la salute in seguito all'esposizione della popolazione a radiazioni non ionizzanti ad alta frequenza nell'intervallo delle dosi deboli. Gli studi sperimentali sull'uomo e sulle colture cellulari dimostrano che esistono effetti diretti delle radiazioni ad alta frequenza che non possono essere spiegati solo imputandoli al riscaldamento. Esistono solo pochi studi di lungo periodo sull'uomo nel suo ambiente naturale. Sulle conseguenze per la salute dell'uomo in prossimità di stazioni di telefonia mobile esiste ad oggi un solo studio che soddisfa criteri scientifici.

Allo stato attuale delle conoscenze si possono trarre le conclusioni seguenti:

- > nell'intervallo di dosi inferiori ai valori limite raccomandati dall'ICNIRP e quindi anche al di sotto dei valori limite d'immissione dell'ORNI non si sono riscontrate nuove ripercussioni sicure sulla salute;
- > in relazione con l'esposizione ai telefoni cellulari alcuni effetti devono essere considerati probabili. In primo luogo si tratta però di effetti la cui rilevanza per la salute è dubbia. Si verificano se il SAR₁₀ locale è compreso tra i 20 mW/kg e i 2 W/kg e si situa quindi al di sotto del valore limite raccomandato dall'ICNIRP di 2 W/kg. Una valutazione approssimativa indica che, per generare un SAR₁₀ comparabile, le radiazioni degli impianti di trasmissione stazionari dovrebbero avere un'intensità compresa tra il valore limite svizzero dell'impianto e il valore limite d'immissione. Ciò consente di trarre la conclusione generale che in presenza di radiazioni la cui intensità è inferiore al valore limite svizzero dell'impianto gli effetti considerati probabili in relazione con l'esposizione ai telefoni cellulari non si manifestano;
- > sia in relazione con i telefoni cellulari sia con i trasmettitori radiofonici esistono effetti classificati come possibili. Per le radiazioni prodotte dai telefoni cellulari la soglia d'effetto è situata nello stesso intervallo summenzionato (SAR₁₀ compreso tra i 20 mW/kg e i 2 W/kg), mentre per le radiazioni provenienti dai trasmettitori radiofonici corrisponde a un'intensità di campo prossima al valore limite svizzero dell'impianto;
- > una variazione provvisoria o permanente del patrimonio genetico di determinate cellule viene ritenuta possibile, lo stesso dicasi per l'espressione modificata di geni. La soglia inferiore per il SAR (locale) alla quale nell'esperimento è stato osservato un effetto, è pari a 0,3 W/kg. Il significato di questi risultati per le funzioni cellulari rimane non chiaro.

Dalla pubblicazione UM 162 il quadro complessivo è diventato più variegato, ma i contorni continuano a rimanere incerti. Esistono nuovi studi, soprattutto nel campo sperimentale umano, che hanno utilizzato nuove tecniche o che hanno considerato per la prima volta dei parametri fisiologici finora non analizzati. È aumentato il numero degli effetti osservati scientificamente, per i quali attualmente non può essere valutato se siano attribuibili direttamente alle radiazioni. Alcuni di questi effetti sono potenzialmente molto pericolosi per la salute, per altri invece vi sono dubbi sulla loro pericolosità. Contemporaneamente è aumentato anche il numero degli indicatori di salute per i quali non è stata accertata alcuna relazione con le radiazioni ad alta frequenza. In particolare negli studi sperimentali sarebbe auspicabile che, prima di definire nuovi parametri o sviluppare ulteriori metodi di ricerca, i risultati finora ottenuti venissero verificati su collettività più grandi o più sensibili e includendo il ritardo temporale discusso in alcune sedi. Ad oggi non è possibile fare affermazioni sugli effetti di lungo periodo. Negli studi sulla popolazione la stima dell'esposizione rimane un problema notevole. Proprio in riferimento all'indagine sugli effetti di lungo periodo rimane da sperare che possano contribuire a migliorare la situazione gli apparecchi volti a misurare l'esposizione individuale, attualmente in fase di sviluppo.

Dal punto di vista scientifico non esistono le basi per adattare i valori limite dell'ICNIRP e quindi anche i valori limite d'immissione previsti dall'ORNI. Non si

può tuttavia valutare in modo conclusivo se questi valori limite offrono una protezione sufficiente dai danni di lungo periodo. Questo vale anche per l'esposizione nell'ambito dei valori limite dell'impianto previsti dall'ORNI, poiché anche in questo intervallo di dosi esistono indicazioni di possibili conseguenze rilevanti per la salute. Dal punto di vista scientifico sono perciò tuttora necessari sia un approccio orientato alla prevenzione nell'ambito delle radiazioni non ionizzanti sia un rafforzamento della ricerca.