

# INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

INVITANO  
alla

Giornata di Studio dedicata alla presentazione dei  
risultati del progetto: BRIC 2022 - ID36

Valutazione e gestione del rischio derivante da esposizione  
a nuove sorgenti di campo elettromagnetico per la tutela  
dei lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili  
attivi

26 novembre 2025

Palazzo Europa - Sala Gorrieri  
Via Emilia Ovest 101 - 41124, Modena

## Caratterizzazione di sorgenti in ambiente professionale

N.Zoppetti

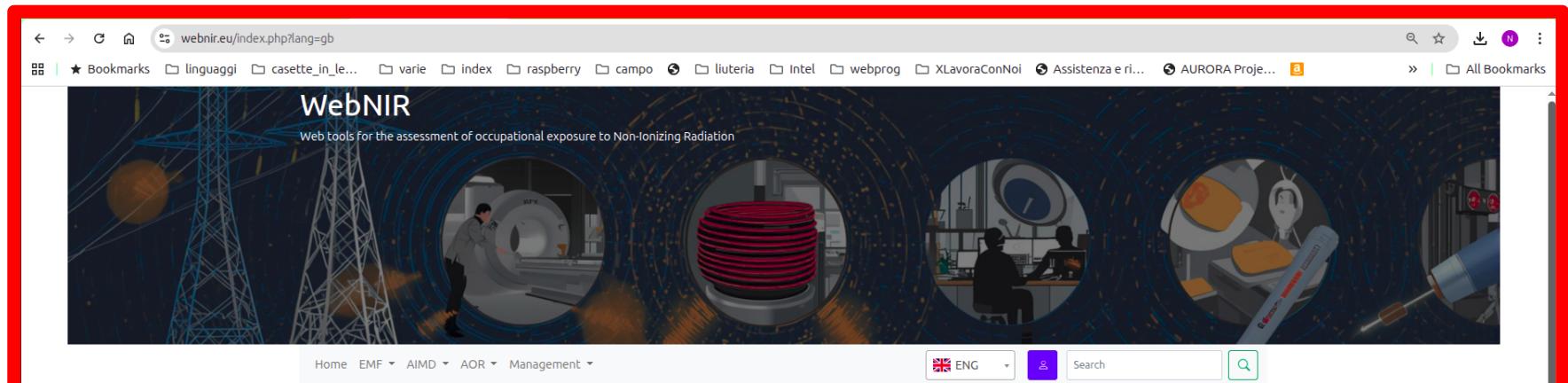
con la collaborazione della dott.sa F.Andreoli

[n.zoppetti@ifac.cnr.it](mailto:n.zoppetti@ifac.cnr.it)



<https://www.webnir.eu/>

<https://webnir2.ifac.cnr.it/>



## WebNIR

Web tools for the assessment of occupational exposure to Non-Ionizing Radiation

Home EMF ▾ AIMD ▾ AOR ▾ Management ▾

ENGLISH                  

WebNIR (Web Tools for the Assessment of Occupational Exposure to Non-Ionizing Radiation) is a web platform designed and developed by the "Nello Carrara" Institute of Applied Physics of the National Research Council as part of a series of projects funded by INAIL (formerly BRIC-2016, 2019, and 2022 calls) focusing on the following topics:

- Web tools to assist in assessing the risk of exposure to electromagnetic fields - including those wearing active implantable medical devices - and artificial optical radiation.
- Development of tools and methods for assessing and managing the risk deriving from exposure to electromagnetic fields for the protection of workers wearing wearable and implantable medical devices.
- Assessment and management of risk arising from exposure to new sources of electromagnetic fields for the protection of workers with active implantable medical devices

Operational web tools for assessing and managing risk from exposure to electromagnetic fields (EMF) are provided, and three thematic areas address specific risk and information domains:

- EMF (Electromagnetic Fields): includes consultation of regulatory limits, technical documentation, calculation tools, and processing of measurements obtained with the most common instruments in this sector.
- DMIA (Active Implantable Medical Devices): is dedicated to risk assessment for wearers of implantable/wearable devices.
- ROA (Artificial Optical Radiation): includes methodologies and web tools dedicated to electromagnetic radiation in the wavelength range between 100 nm and 1 mm.

Over the years, in addition to CNR-IFAC and INAIL, various Italian institutions have been involved in the different projects:

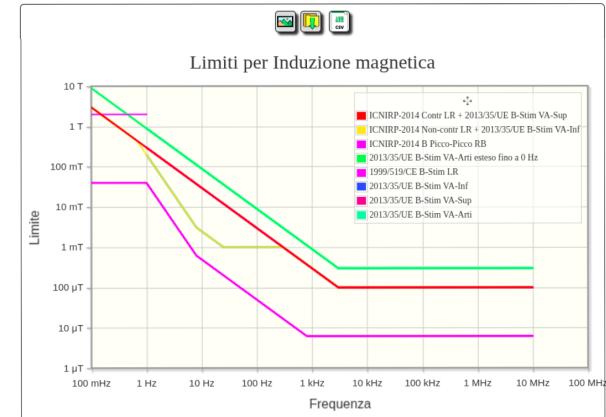
- USL Toscana Sud-Est (Siena)
- Policlinico San Matteo (Pavia)
- Istituto Superiore di Sanità (Rome)
- ARPA Lazio
- Institute of Clinical Physiology (CNR-IFC, Pisa)
- University of Modena and Reggio Emilia

# Sezione CEM-Aspetti generali

- Consultazione, confronto, filtro limiti normativi

[https://webnir.eu/01-CEM/01-Asp\\_generali/norme.php?lang=it](https://webnir.eu/01-CEM/01-Asp_generali/norme.php?lang=it)

- Pdf rif normativi
- Piecewise vs RC filters
- Nella scheda elenco norme i limiti sono raggruppati per documento di definizione
- Nella scheda confronto i limiti sono elencati per agente fisico



Elenco norme Confronto norme Filtro norme Istruzioni

Selezione funzioni

**B (Induzione magnetica)**

- ICNIRP-1998 B-Stim-Occ LR
- ICNIRP-1998 B-Term-Occ LR
- ICNIRP-1998 B-Term-Pop LR
- ICNIRP-1998 B-Stim-Pop LR
- ICNIRP-1998 B-Pop LR
- ICNIRP-1998 B-Pop LR Picco
- 1999/51/CE B-Term LR
- 1999/51/CE B-Term LR
- 1999/51/CE B LR Picco
- ICNIRP-2010 B-Occ LR
- ICNIRP-2010 B-Occ LR
- 2013/23/UE B-Stim VA-Inf
- 2013/35/UE B-Stim VA-Sup
- 2013/35/UE B-Stim VA-Arti
- 2013/35/UE B-Stim VA-Arti
- ICNIRP-2014 B Picco-Picco RB
- ICNIRP-2014 Non-contr LR + 2013/35/UE B-Stim VA-Inf
- ICNIRP-2014 Contr LR + 2013/35/UE B-Stim VA-Sup
- 2013/35/UE B-Stim VA-Arti esteso fino a 0 Hz
- ICNIRP-2020 B-Occ-30min LR
- ICNIRP-2020 B-Occ-6min LR
- ICNIRP-2020 B-Occ LR Picco
- ICNIRP-2020 B-Pop-30min LR
- ICNIRP-2020 B-Pop-6min LR
- ICNIRP-2020 B-Pop LR Picco

DBDTAB (Derivata temporale dell'induzione magnetica (dB/dt))

- ICNIRP-1998 Non-contr LR
- ICNIRP-2014 Contr LR

DELTAB (Variazione percepita dell'induzione magnetica)

- ICNIRP-2014 DELTAB/BS

E (Criteri detrazione)

- ICNIRP-1998 E-Stim-Occ LR

Abbreviazioni e acronimi nei nomi delle funzioni

- Stim: effetti di stimolazione
- Term: effetti termici
- Occ: limite occupazionale
- Pop: limite per la popolazione
- LR: Limite di Riferimento
- VL: Valore Limite di Esposizione
- VA: Valore di Attenzione
- VA Arti: Valore di Attenzione riferito agli arti
- VA Inf: Valore di Attenzione inferiore
- VA Sup: Valore di Attenzione superiore
- RB: Restrizione di base
- Contr: Condizioni controllate
- Non Contr: Condizioni non controllate
- Ent: campo elettrico interno
- Sens: Sensore (esposizioni non controllate)
- Sanit: Sanitario (esposizioni controllate)
- Tot: Totale
- PWL: Funzione peso "PieceWise Linear"
- RCF: Funzione peso "RC Filter"

Parametri e costituzione del grafico

Freccia minima

Freccia massima

Numero di intervalli

Grafico

- Documentazione
  - Procedure standardizzate e protocolli
  - Esempi

# Sezione DMIA

- **Strumenti:** Calcolo tensione indotta all'ingresso di un pacemaker (CEI EN 50527-2-1)  
[https://webnir.eu/02-DMIA/02-Strum\\_calcolo/pacemaker.php?lang=it](https://webnir.eu/02-DMIA/02-Strum_calcolo/pacemaker.php?lang=it)
- **Procedura** schematica guidata per supportare il datore di lavoro nell'effettuare la valutazione dei rischi per i lavoratori portatori di DMIA esposti a campi elettromagnetici

# Strumenti per la valutazione del rischio CEM in ambito occupazionale

- 1) Caratterizzazione della esposizione mediante misure in uno specifico punto (ad esempio una postazione di lavoro).**
- 2) Caratterizzazione della esposizione in un ambiente/locale (zonizzazione)**
- 3) Caratterizzazione esposizione di un soggetto in movimento**
- 4) Modellazione di specifiche classi di sorgenti
- 5) Efficacia schermante schermi ideali

# Obiettivi della caratterizzazione di una sorgente di CEM in ambito occupazionale

- 1)Caratterizzazione della esposizione mediante misure in uno specifico punto (ad esempio una postazione di lavoro).
- 2)Caratterizzazione della esposizione in un ambiente/locale (zonizzazione)
- 3)Caratterizzazione esposizione di un soggetto in movimento

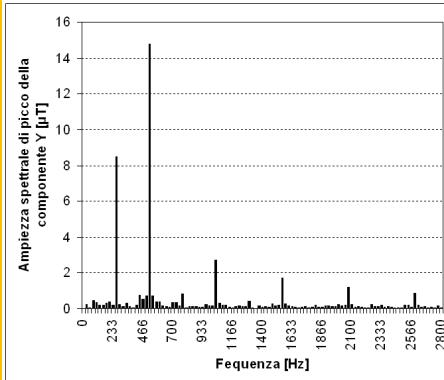
# 1) Caratterizzazione mediante misure puntuali

Un numero  
(misure a 'banda larga')  
NB: anche indici di esposizione

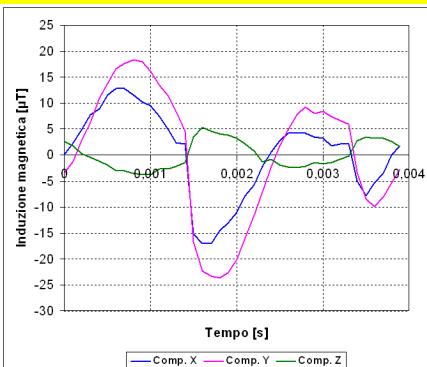
$$B_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\tau}^{\tau+T} [B(t)]^2 dt}$$



Uno spettro  
(misure a banda stretta)

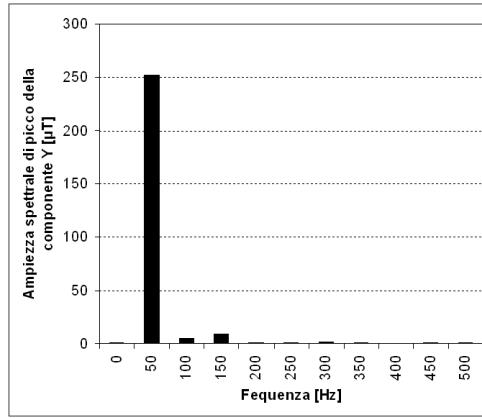
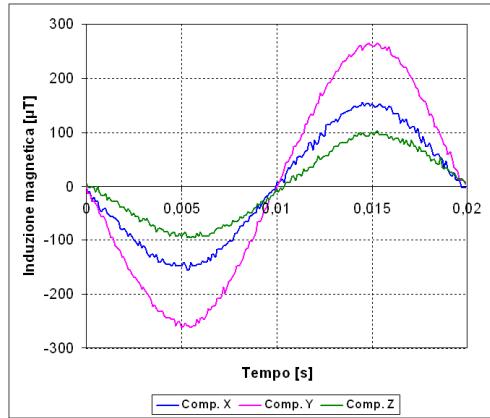


Una forma d'onda  
nel dominio del  
tempo  
(misure nel dominio  
del tempo)

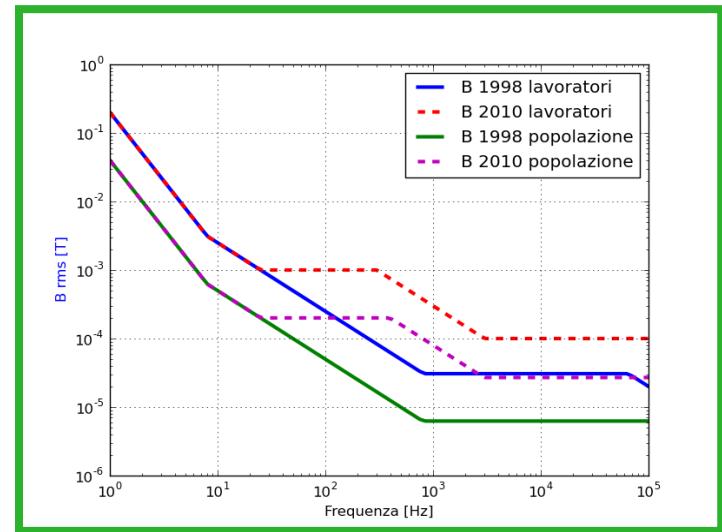


# Acquisizione e archiviazione delle forme d'onda misurate

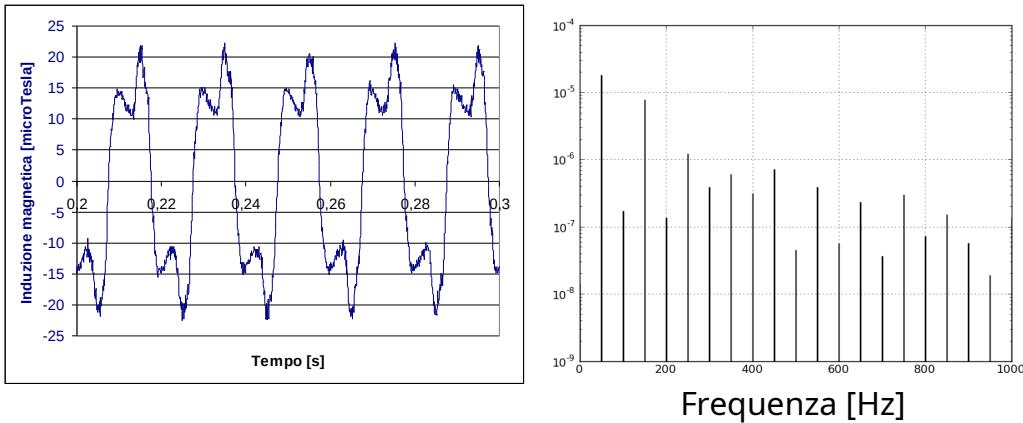
Forma d'onda sinusoidale



Limiti di esposizione variabili con la frequenza



Forma d'onda complessa  
(due o più componenti spettrali significative)



La acquisizione ed archiviazione delle forme d'onda acquista particolare rilevanza in relazione alla possibilità di determinare fuori linea e a posteriori gli indici di esposizione

# 1) Strumenti sviluppati per la caratterizzazione della esposizione in uno specifico punto mediante misure

Misura  
“Grezza”



- Gestione di misure acquisite nel dominio del tempo con diverse catene strumentali
- Gestione di misure nel dominio della frequenza con diversi strumenti

Grazie al supporto del progetto BRIC abbiamo potuto testare nuovi strumenti di misura e supportarli su WebNIR .



# 1) Strumenti sviluppati per la caratterizzazione della esposizione in uno specifico punto mediante misure

- Determinazione di indici di esposizione a partire da dati grezzi (misure in dt/df).

Misura  
“Grezza”

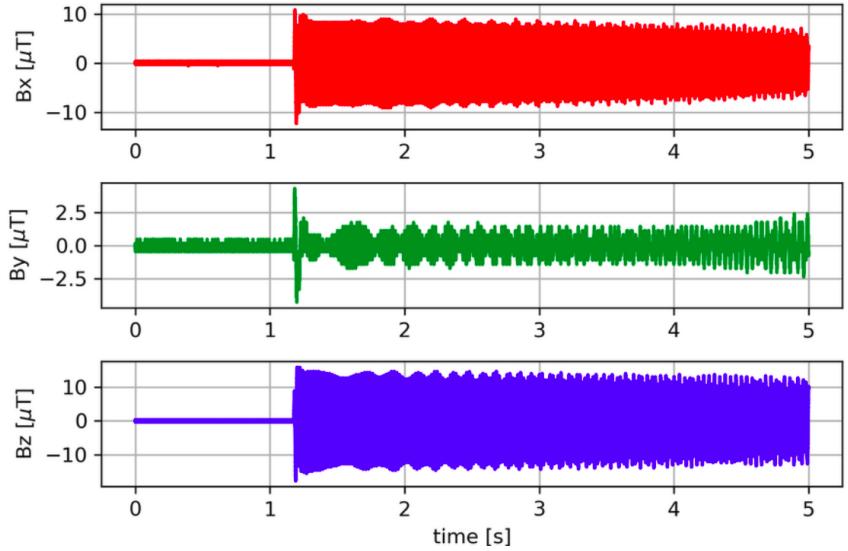
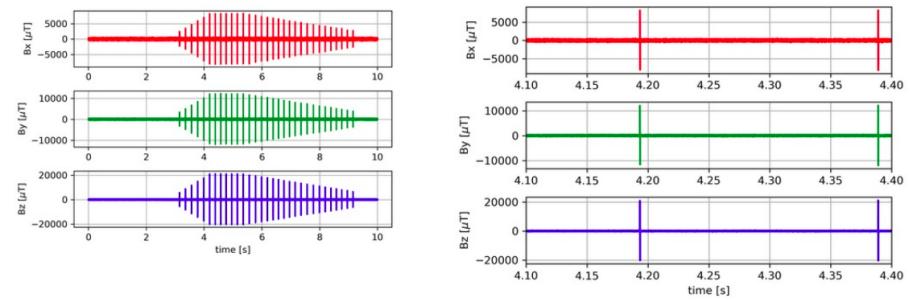
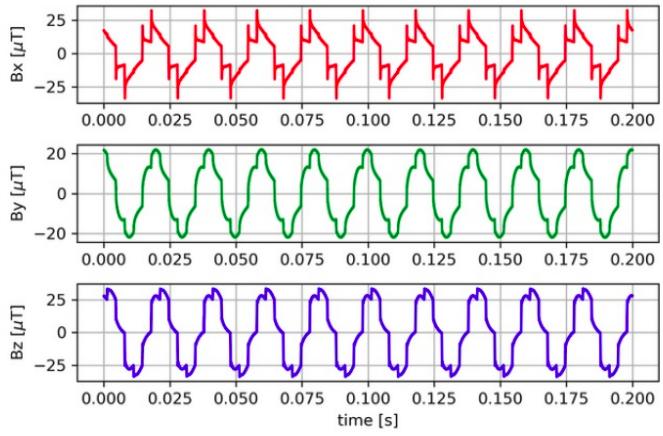
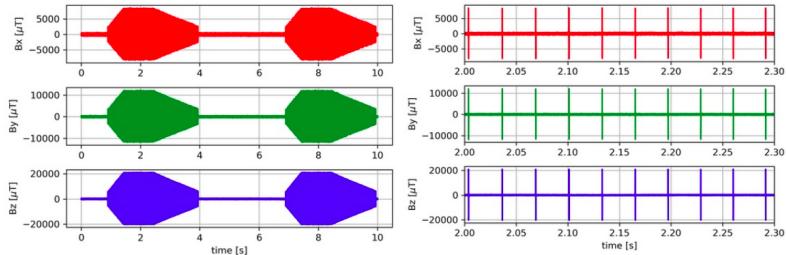


Indice di  
esposizione

Utilizzando questi strumenti ci si  
svincola dalla implementazione  
degli indici di esposizione a bordo  
degli strumenti supportati.



*L'utilizzo di questi strumenti di elaborazione acquisisce particolare  
rilevanza in abbinamento con l'archivio delle forme d'onda*



Durante il progetto abbiamo avuto la possibilità di testare gli strumenti realizzati e di arricchire l'archivio delle forme d'onda in occasione di numerose campagne di misura

## 2) Strumenti sviluppati per la caratterizzazione della esposizione in un ambiente/locale

- Modellazione teorica di specifiche classi di sorgenti
  - ✓ [https://webnir.eu/01-CEM/02-Caratterizz\\_sorgenti/ELET.php?lang=it](https://webnir.eu/01-CEM/02-Caratterizz_sorgenti/ELET.php?lang=it)
  - ✓ [https://webnir.eu/01-CEM/02-Caratterizz\\_sorgenti/ELIC.php?lang=it](https://webnir.eu/01-CEM/02-Caratterizz_sorgenti/ELIC.php?lang=it)
  - ✓ [https://webnir.eu/01-CEM/02-Caratterizz\\_sorgenti/RETT.php?lang=it](https://webnir.eu/01-CEM/02-Caratterizz_sorgenti/RETT.php?lang=it)
- **Supporto alla zonizzazione mediante misure**

## 2) Strumenti di supporto alla zonizzazione riferita a sorgenti confinate

**Zona 0** è la zona all'interno della quale i livelli di esposizione sono sicuramente inferiori o uguali ai limiti di esposizione per la popolazione (conformità alla Raccomandazione Europea 199/519/CE).

**Zona 1** è la zona all'interno della quale i livelli di esposizione superano i limiti di esposizione per la popolazione ma sono inferiori o uguali ai limiti di esposizione per i lavoratori.

**Zona 1b** è la zona nella quale i livelli di esposizione rispettano i limiti per le esposizioni occupazionali *in condizioni controllate* (prevenzione *effetti sanitari*).

**Zona 2** è la zona nella quale i livelli di esposizione **superano** i limiti di esposizione per i lavoratori

Distanza dalla sorgente

**Libero accesso a popolazione e lavoratori**

**Accesso consentito solo a lavoratori PE non portatori di rischi specifici**

**Accesso consentito solo a lavoratori PE non portatori di rischi specifici e specificamente formati ed informati**

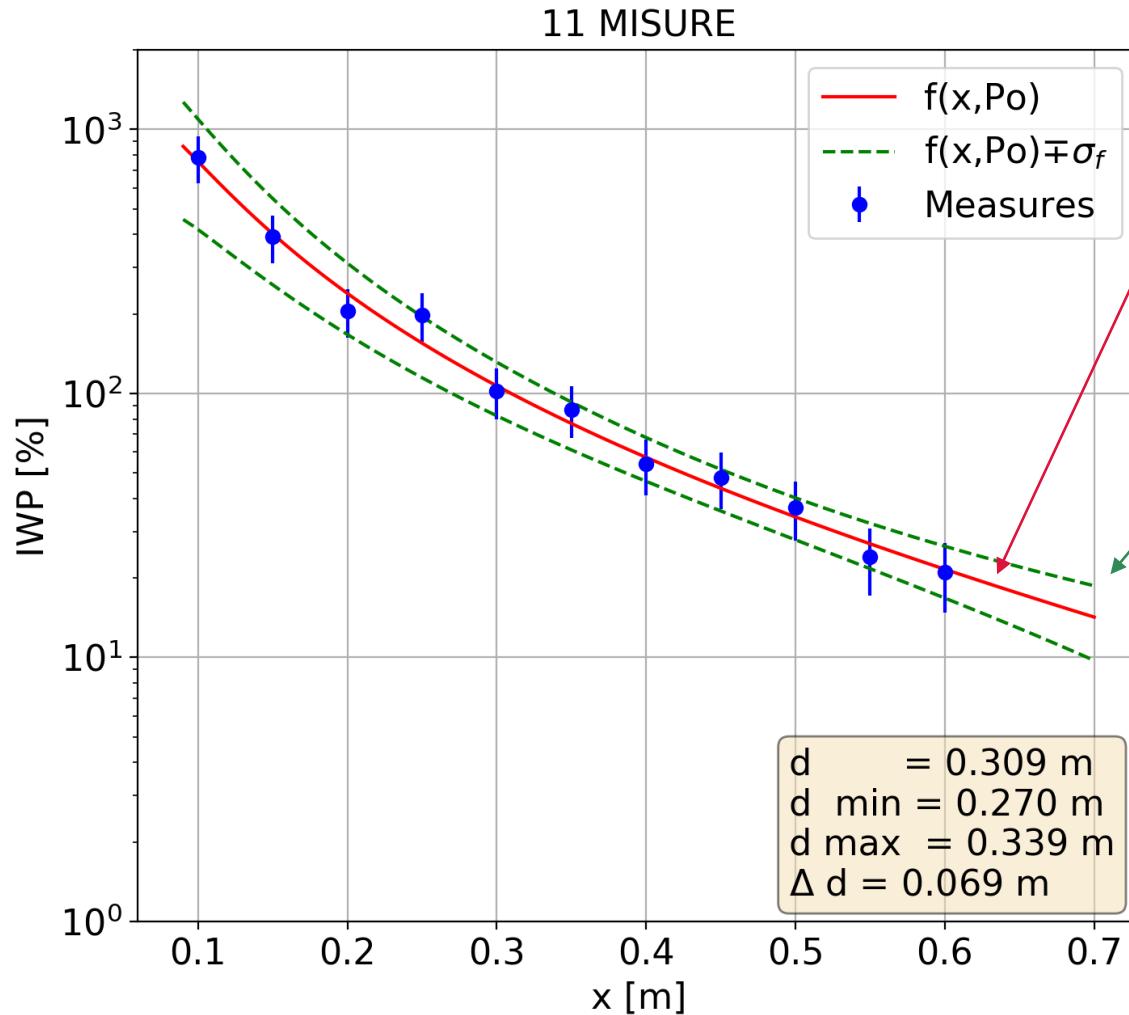
**Accesso interdetto a chiunque (fatte salve le deroghe previste)**

**SORGENTE**

## 2) Strumenti per la determinazione di distanze di rispetto

- Determinare la distanza di rispetto a partire da un numero limitato di misure, grazie ad un metodo di interpolazione flessibile che può essere utilizzato in abbinamento a diversi modelli di sorgente.
- Propagare l'incertezza di misura sul risultato dell'interpolazione e determinare una stima dell'incertezza della distanza di rispetto stessa.
- Determinare le distanze di rispetto con riferimento a diversi indici di esposizione senza dover ripetere le misure

## 2) Strumenti per la determinazione di distanze di rispetto

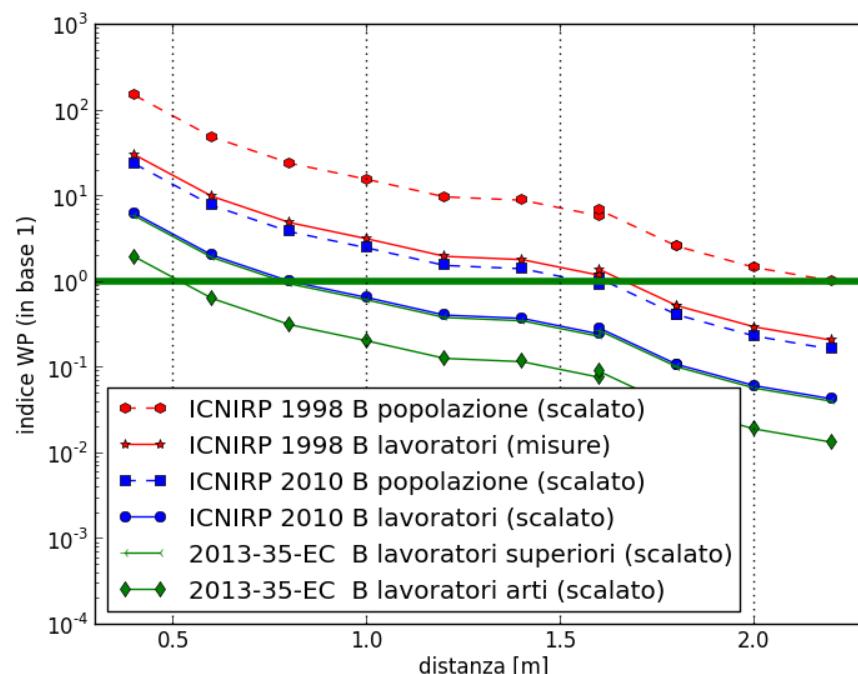


L'interpolazione permette di determinare la curva che "meglio" si adatta alle misure

Propagando gli errori di misura attraverso l'interpolazione (compresi gli errori di posizionamento della sonda) ottengo delle curve interpolanti che tengono conto dell'errore. E di conseguenza ottengo una stima dell'errore con cui si determina la distanza di rispetto.

## 2) Strumenti per la determinazione di distanze di rispetto

a) Gli strumenti di interpolazione spaziale sono stati integrati con quelli di gestione delle forme d'onda e di calcolo degli indici di esposizione in modo da permettere la determinazione della distanza di rispetto relativa a diversi indici di esposizione a fronte di una sola serie di misure a distanza variabile e della acquisizione/disponibilità in archivio della forma d'onda



# 3) Caratterizzazione esposizione di un soggetto in movimento

## Movimento in un campo magnetico statico - Elaborazione delle misure di campo magnetico percepito

Presentazione   **Elaborazione**   Istruzioni   Esempi

### Premessa

Nel 2008 l'allora ISPESL promosse un progetto di ricerca (a cui parteciparono, oltre alla stessa ISPESL, unità operative dell'IFAC e dell'ENEA) per approfondire la valutazione dell'esposizione a CEM degli operatori addetti ai reparti di risonanza magnetica (RM). Il progetto aveva principalmente obiettivi di tipo dosimetrico, per raggiungere i quali fu però necessario mettere a punto anche una metodica di acquisizione della forma d'onda del campo magnetico percepito come variabile nel tempo da un operatore in movimento nel campo magnetostatico. Tale forma d'onda è fondamentale anche per la determinazione delle grandezze radiometriche previste dalla specifica linea guida ICNIRP del 2014, relativa alla prevenzione degli effetti conseguenti a tale movimento, cioè la massima variazione  $\Delta B$  su 3 secondi e gli indici di picco ponderato riferiti ai limiti per gli effetti di stimolazione.

Questa metodica si è successivamente evoluta nella proposta di un possibile approccio standard al problema della valutazione dell'esposizione occupazionale dovuta al movimento di un operatore in un qualunque campo magnetostatico non omogeneo. Tale approccio si incentra su una sonda Narda-Metrolab THM-1176, indossata dall'operatore stesso o da un volontario che ne simula il comportamento. La sonda deve essere fissata in un punto del corpo del soggetto, come mostrato nelle figure. Come punto di fissaggio, viene spesso scelta la testa, per la rilevanza di questo organo in relazione agli effetti dell'esposizione studiata: in questo caso, si può far uso del telaio interno di un caschetto da ciclista, come si vede in figura. La sonda viene poi collegata a un personal computer mediante una prolunga USB sufficientemente lunga. Sul personal computer viene eseguito il software di gestione della sonda fornito di serie dal fabbricante.



### 3) Caratterizzazione esposizione di un soggetto in movimento (*in collaborazione con la dott.ssa F. Andreoli*)

- Abbiamo studiato e supportato in webnir la nuova versione del magnetometro THM1176, che campiona a velocità molto superiori delle precedenti versioni.
- Abbiamo testato le procedure sviluppate in occasione di alcune campagne di misura sia su tomografi da 1,5 T sia da 3T
- Abbiamo studiato il problema legato alla presenza del rumore strumentale in relazione all'applicazione del metodo WP. Tale problema può diventare particolarmente rilevante se si usano frequenze di campionamento superiori a 10 S/sec.

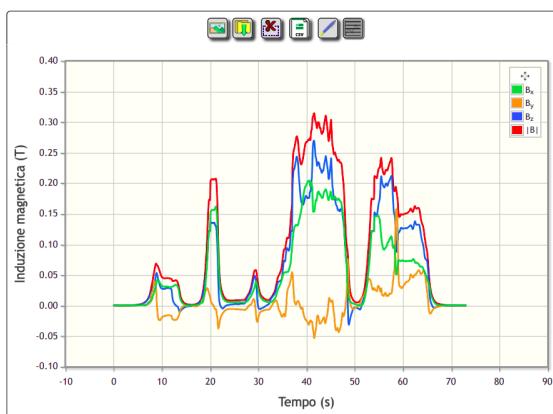


# 3) Caratterizzazione esposizione di un soggetto in movimento (in collaborazione con la dott.ssa F. Andreoli)

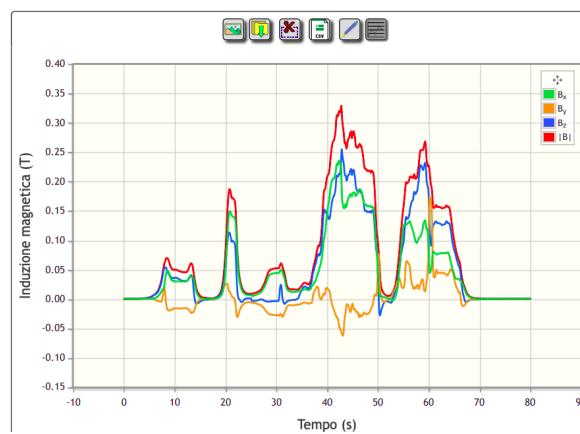
- Sono state ripetute diverse “azioni”, sia per testarne la riproducibilità sia per verificare l'impatto di diverse impostazioni strumentali

#	Azione	Impostazioni acquisizione						Sesso	Max ΔB [3 s] (T)	dB/dt picco (T/s)	1999/519/CE (%)	D.Lgs.81/08 VA Inf. (%)	D.Lgs.81/08 VA sup. (%)	manifestazione effetti
		posizione sonda	acquisizione rate Hz	average	block size	display rate	trigger mode							
2	Preparazione paziente	lato destro verso bore	10	400	10	1	continuos	M	0,7	1,6	1030	231	68	no
8	Preparazione paziente		10	100	10	1	continuos	M	0,5	1,5	1109	248	68	no
9	Preparazione paziente		10	900	10	1	continuos	M	0,5	4,0	2461	563	174	no
10	Preparazione paziente		20	400	20	1	continuos	M	0,4	2,1	1439	323	90	no
11	Preparazione paziente	lato sinistro opposto bore	10	400	10	1	continuos	M	0,3	0,7	459	103	30	no
14	Preparazione paziente		10	900	100	0,1	continuos	M	0,2	0,6	167	50	24	no
15	Preparazione paziente		20	400	200	0,1	continuos		0,3	0,7	266	55	26	no

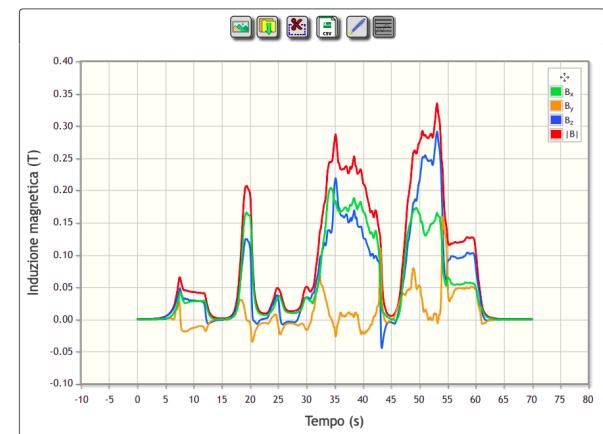
11



14



15



<https://www.webnir.eu/>

webnir.eu/index.php?lang=gb

Bookmarks linguaggi cassette\_in\_le... varie index raspberry campo liuteria Intel webprog XLavoraConNoi Assistenza e ri... AURORA Proje... All Bookmarks

WebNIR

Web tools for the assessment of occupational exposure to Non-Ionizing Radiation

Home EMF AIMD AOR Management

ENGLISH

Search

GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE

- Istituto Superiore di Sanità (Rome)
- ARPA Lazio
- Institute of Clinical Physiology (CNR-IFC, Pisa)
- University of Modena and Reggio Emilia