

**Convegno Nazionale sulla tutela della  
salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro**

**Quartiere Fieristico di Bologna  
Giovedì 17 ottobre 2019**

**Strumenti operativi per la valutazione  
del rischio da CEM**

**Daniele Andreuccetti<sup>(1)</sup>, Rosaria Falsaperla<sup>(2)</sup>**

***(1) IFAC-CNR, Sesto Fiorentino (Firenze)***

***(2) INAIL-DiMEILA, Monte Porzio Catone (Roma)***

- Il Decreto Legislativo 1° agosto 2016 n.159 di recepimento della Direttiva Europea 2013/35/UE ha previsto esplicitamente che la valutazione dell'esposizione dei lavoratori alle radiazioni non ionizzanti possa essere effettuata anche basandosi sulle “informazioni reperibili presso banche dati dell'INAIL o delle regioni”.
- Gli art. 28 e 29 del D.Lgs. 81/2008 prevedevano già che l'INAIL rendesse disponibili “strumenti tecnici e specialistici a supporto dei processi di standardizzazione, semplificazione e riduzione dei livelli di rischio”.
- L'INAIL ha bandito nel 2016 un progetto di ricerca in collaborazione (BRIC) avente l'obiettivo di sviluppare e raccogliere in una piattaforma web una serie di strumenti operativi pensati per dare supporto agli operatori della prevenzione nelle attività di valutazione e riduzione del rischio da esposizione ai campi elettromagnetici (CEM) e alle radiazioni ottiche artificiali (ROA) e di analisi e gestione dei rischi per i portatori di dispositivi medici impiantabili attivi (DMIA).
- Il progetto, che ha preso l'avvio nel giugno 2017 e giungerà alla conclusione a fine 2019, ha portato alla realizzazione della “piattaforma WebNir”.

- **Il bando**

Esposizione occupazionale ai campi elettromagnetici e alle radiazioni ottiche artificiali: sviluppo di strumenti operativi informatizzati implementabili su piattaforma web, finalizzati alla valutazione e riduzione dei livelli di rischio, anche in riferimento a lavoratori con dispositivi medici impiantabili attivi.

- **Il progetto**

Strumenti web di ausilio alla valutazione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici – anche in riferimento ai portatori di dispositivi medici impiantabili attivi – e a radiazioni ottiche artificiali.

- **Il gruppo di lavoro**

- Unità Operativa **IFAC-CNR** (Firenze) (capofila o “destinatario istituzionale”)
  - Daniele Andreuccetti, Moreno Comelli, Nicola Zoppetti
- Unità Operativa Associata **INAIL-DIMEILA** (Roma)
  - Rosaria Falsaperla, Claudia Gilberti, Giancarlo Burriesci
- Unità Operativa **Azienda USL Toscana Sud-Est** (Siena)
  - Iole Pinto, Andrea Bogi, Nicola Stacchini
- Unità Operativa **Policlinico San Matteo** (Pavia)
  - Riccardo Di Liberto
- Unità Operativa **Istituto Superiore di Sanità** (Roma)
  - Giovanni Calcagnini, Federica Censi, Eugenio Mattei

- **Il prodotto**

La piattaforma WebNir ( <http://webnir.ifac.cnr.it> )

## La piattaforma WebNir

Si articola in tre sezioni.

## La sezione pubblica

È un contenitore di **documenti** ed **applicazioni**. Si articola a sua volta in tre **aree tematiche**. In questa presentazione ci occuperemo in particolare dell'**Area CEM**.



The screenshot shows the public section of the website. At the top, there are logos for IFAC, SSI Azienda USL Toscana sud est, and the Istituto Superiore di Sanità. The central banner features the 'WEBNIR' logo and the text 'Strumenti WEB per la valutazione dell'esposizione occupazionale alle Radiazioni Non Ionizzanti'. To the right is the INAIL logo with the text 'ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO'. Below the banner, a breadcrumb trail reads 'Ti trovi in: > Home > Sezione pubblica > Progetto INAIL Bric-2016 P4-ID30 - Sezione pubblica' and the user is identified as 'Utente IFAC'. The main content area is divided into three columns: 'Area CEM' with a light blue box containing 'Campi Elettromagnetici', 'Area DMIA' with a light green box containing 'Dispositivi Medici Impiantabili Attivi', and 'Area ROA' with a light yellow box containing 'Radiazioni Ottiche Artificiali'.

Daniele Andreuccetti, Moreno Comelli e Nicola Zoppetti, IFAC-CNR, 2017-2019

Ultimo aggiornamento il 02/07/2019 alle 17:04  
 Informativa sui cookie

## Tipologia di contenuti

- Analisi, anche comparativa, della **normativa** di radioprotezione sui campi elettromagnetici.
- Breve **inventario strutturato di sorgenti** occupazionali di campi elettromagnetici, con indicazioni sulla **giustificabilità a priori**.
- **Applicazioni web**, pensate per risolvere alcuni tra i più comuni problemi di calcolo ed elaborazione dati che si incontrano nell'attività di valutazione dell'esposizione occupazionale a CEM e ROA e nello studio dei rischi CEM per i portatori di DMIA.
- **Documenti procedurali**, che riepilogano le principali indicazioni operative idonee a guidare gli operatori nel processo di valutazione dell'esposizione a CEM e ROA per alcune tipologie di sorgenti.
- **Documenti tecnico-scientifici**, che approfondiscono alcune questioni tecniche rilevanti e/o complesse.

## Accesso all'Area CEM – ricerca degli strumenti

L'Area CEM è organizzata secondo due modalità di consultazione.

The screenshot shows the WEBNIR website interface. At the top, there are logos for IFAC, Azienda USL Toscana sud est, Università di Siena, and Istituto Superiore di Sanità. The main header includes the text "WEBNIR Strumenti WEB per la valutazione dell'esposizione occupazionale alle Radiazioni Non Ionizzanti" and the INAIL logo (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro). Below the header, a breadcrumb trail reads "Ti trovi in: > Home > Sezione pubblica > CEM". A left sidebar menu is titled "Sezione pubblica" and contains three items: "Campi Elettromagnetici", "Dispositivi Medici Implantabili", and "Radiazioni Ottiche Artificiali". The main content area is titled "STRUMENTI WEB DI AUSILIO ALLA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI" and features two large buttons: "Ricerca per tipologia di strumenti" and "Ricerca per classi di sorgenti". At the bottom of the page, there is a footer with the text "Daniele Andreuccetti, Moreno Comelli e Nicola Zoppetti, IFAC-CNR, 2017-2019" on the left and "Ultimo aggiornamento il 02/09/2019 alle 13:55 Informativa sui cookie" on the right.

## Ricerca per tipologia di strumenti

Si propone all'utente un **elenco di strumenti** organizzati in gruppi omogenei in base al tipo di funzione svolta.

### CAMPI ELETTROMAGNETICI RICERCA DI STRUMENTI WEB PER TIPOLOGIA

#### Aspetti generali

- Consultazione dei limiti normativi
- Confronto dei limiti normativi
- Elenco strutturato di sorgenti

#### Calcolo della distanza di rispetto

- Interpolazione di misure di indice e calcolo della distanza di rispetto
- Interpolazione di misure di indice e calcolo della distanza di rispetto con determinazione dell'incertezza

#### Applicazioni per la caratterizzazione di sorgenti nell'ambiente esterno

- Calcolo dell'induzione magnetica generata da più sistemi di conduttori rettilinei indefiniti
- Calcolo dell'induzione magnetica generata da più sistemi di conduttori elicoidali indefiniti

#### Applicazioni per l'elaborazione di file dati da misure di esposizione

- Movimento in un campo magnetico statico: elaborazione delle misure di campo magnetico percepito
- Calcolo degli indici radioprotezionistici per sorgenti di campo magnetico di frequenza bassa e intermedia
- Elaborazione di misure di campo acquisite nel dominio del tempo
- Elaborazione di misure di campo acquisite nel dominio della frequenza
- Caricamento, riconoscimento ed elaborazione generale di file dati

#### Applicazioni a supporto della riduzione a conformità

- Calcolo dell'efficacia di schermatura di uno schermo ideale

#### Procedure e metodologie

- Valutazione del campo magnetico di una saldatrice

## Ricerca per classi di sorgenti

Si propone all'utente un **elenco di sorgenti occupazionali di campi elettromagnetici**, per ciascuna delle quali sono indicati gli strumenti applicabili; l'elenco è organizzato in classi di sorgenti affini per ambito di applicazione.

**CAMPI ELETTROMAGNETICI**  
**ELENCO STRUTTURATO DI SORGENTI**  
**RICERCA DI STRUMENTI PER CLASSI DI SORGENTI**

Strumenti Istruzioni

▼ APPARECCHI ELETTROMEDICALI E AMBIENTE SANITARIO

Classe	Specifica	Giustificabile	PAF	Strumenti
Tomografi per risonanza magnetica	Campo magnetico statico	NO	NO	Mostra 
Tomografi per risonanza magnetica	Campo magnetico di gradiente	SI se fuori dalla sala magnetica durante l'esame	NO	Mostra 
Tomografi per risonanza magnetica	Campo elettromagnetico a radiofrequenza	SI	NO	Mostra 
Apparecchi per magnetoterapia		NO	SI	Mostra 
Apparati per diatermia, marconiterapia, radarterapia, ipertermia, Tecar terapia		NO	PARZIALE	Mostra 
Coperte, cuscini e materassi termici uso medico		SI	SI	Mostra 
Defibrillatori		NO	SI	Mostra 
Elettrobisturi		NO	SI	Mostra 
Stimolatori magnetici transcranici		NO	SI	Mostra 

▶ ATTREZZATURE DA LABORATORIO PER ANALISI O CONTROLLO QUALITÀ

▶ ATTREZZATURE INDUSTRIALI

▶ APPARECCHIATURE PER USO ESTETICO

▶ CASA, SCUOLA, UFFICIO E ASSIMILABILI

▶ AMBIENTE ESTERNO

## Caratteristiche comuni delle applicazioni

- Ogni applicazione dispone di una scheda **Presentazione** (finalità, impostazione, modalità di utilizzo, limitazioni) e di una scheda **Istruzioni** (indicazioni operative).
- A seconda della complessità, è presente una scheda **Elaborazione** oppure due schede separate **Inserimento dati** e **Risultati**.
- I **dati prodotti**, quando non banali, sono esportabili in **formato CSV** per eventuali elaborazioni fuori linea.
- I **grafici dei risultati** sono completamente **personalizzabili**. Inoltre, i grafici come **immagini** sono esportabili in **formato PNG**, mentre i **dati** che li costituiscono e tutte le **impostazioni di visualizzazione** sono esportabili in **un unico documento JSON**; questo consente in modo agevole:
  - di **conservare** i dati dei grafici per usi futuri;
  - di **condividere** i dati dei grafici tra utenti diversi;
  - di **tornare** su WebNir a **visualizzare** in un secondo momento i grafici prodotti.

# Esempio: interpolazione di misure di indice e calcolo DR

Presentazione **Inserimento dati** Risultati Istruzioni

Scegliere il file dati e inserire i dati richiesti

File dati saldatrice\_TPS500i-MIG\_sonda-3cm

Indici su base percentuale  
 Indici su base unitaria

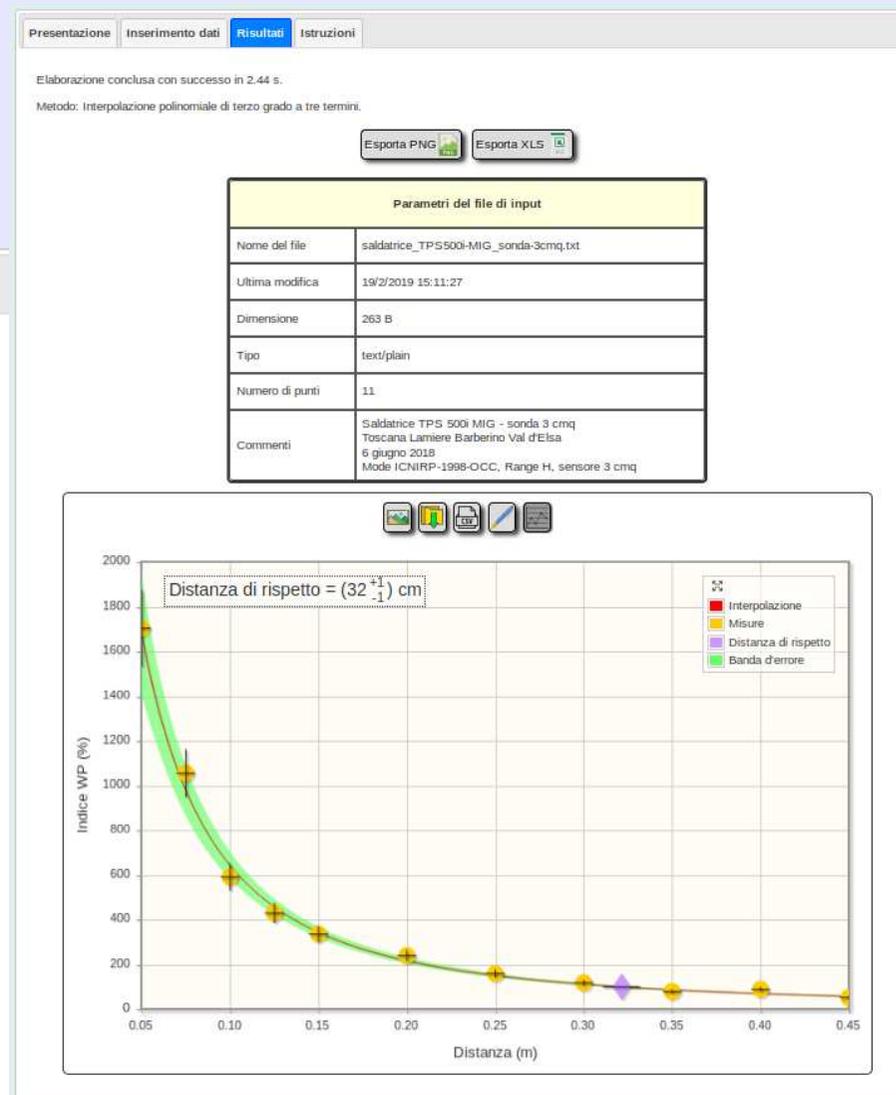
Unità di misura per la distanza (nel file)

Errore assoluto sulla distanza

Errore assoluto sull'indice

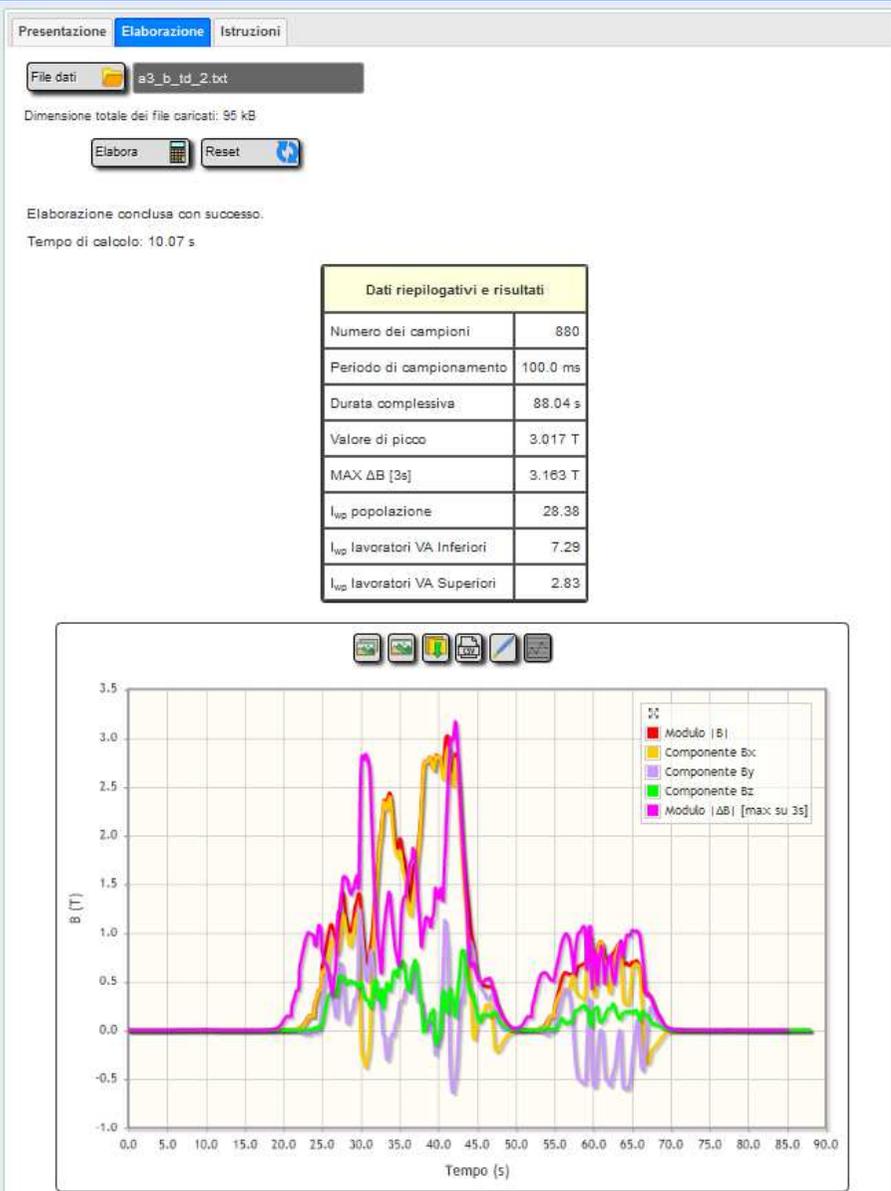
Errore relativo sull'indice  %

Grafico con asse delle ordinate lineare  
 Grafico con asse delle ordinate logaritmico



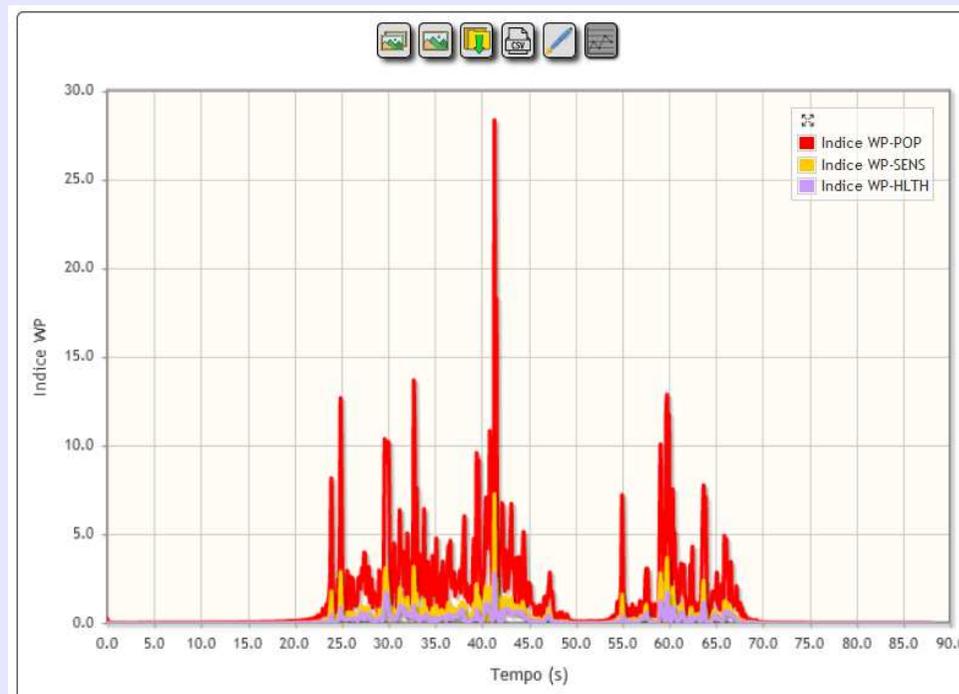
## Applicazioni già pubblicate ...

- Visualizzazione, analisi e confronto dei **limiti normativi**.
- **Interpolazione** di misure di **indice** e calcolo della **distanza di rispetto**.
- Elaborazione di misure di **campo magnetico percepito** acquisite con sonda Metrolab THM1176 in caso di movimento in un campo magnetostatico non omogeneo.
- Analisi di forme d'onda campionate nel **dominio del tempo** con varie catene strumentali (anche autoassemblate) e calcolo dell'**indice di picco ponderato** e di altri indici radioprotezionistici riferiti alle principali normative pertinenti.
- Calcolo dell'induzione magnetica dispersa da sistemi di **elettrodotti aerei** o interrati e determinazione della **DPA** e della **fascia di rispetto**.
- Valutazione dell'**efficacia schermate di schermi ideali** (piani, omogenei, indefiniti).



## Movimento in un campo magnetico statico

### Elaborazione delle misure di campo magnetico percepito rilevato con sonda Narda-Metrolab THM1176



## CALCOLO DEGLI INDICI RADIOPROTEZIONISTICI

### PER SORGENTI DI CAMPO MAGNETICO DI FREQUENZA BASSA E INTERMEDIA

DATI ACQUISITI CON SONDA NARDA ELT-400, ACQUISITORE AGILENT U2351A E SOFTWARE LABVIEW ENEA

Presentazione **Elaborazione** Istruzioni

**Narda ELT-400 con sonda da 100 cm<sup>2</sup>**

Mode FS 320  $\mu$ T Range Low     Mode FS 320  $\mu$ T Range High  
 Mode FS 80 mT Range Low     Mode FS 80 mT Range High

**Narda ELT-400 con sonda da 3 cm<sup>2</sup>**

Mode FS 320  $\mu$ T Range Low     Mode FS 320  $\mu$ T Range High  
 Mode FS 80 mT Range Low     Mode FS 80 mT Range High

Frequenza di campionamento:  kHz

File dati

- a\_x0y0z01\_01.lvm
- a\_x0y0z01\_02.lvm
- a\_x0y0z01\_03.lvm
- a\_x0y0z01\_04.lvm
- a\_x0y0z01\_05.lvm
- a\_x0y0z01\_06.lvm
- a\_x0y0z01\_07.lvm
- a\_x0y0z01\_08.lvm
- a\_x0y0z01\_09.lvm
- a\_x0y0z01\_10.lvm

Dimensione totale dei file caricati: 33 MB

Elabora

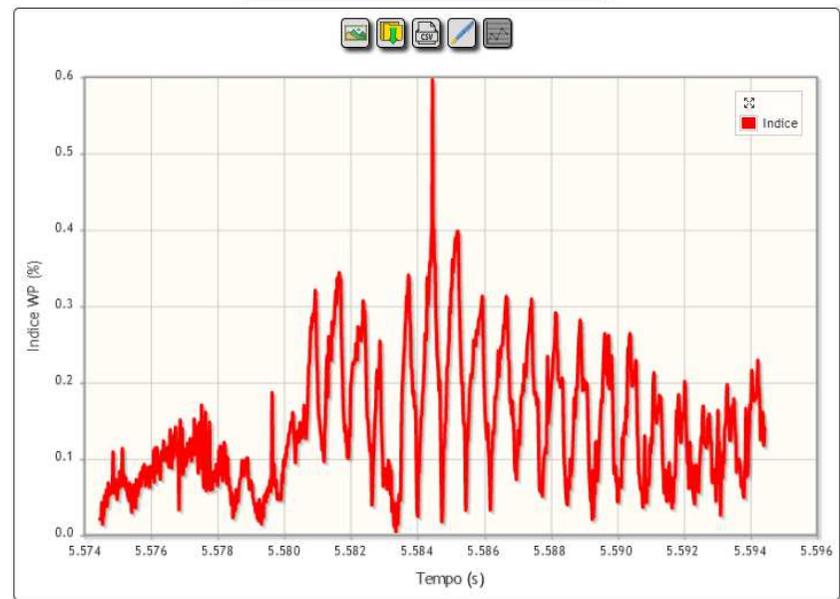


Caricati 34.74 MB su 34.74 MB in 2.96 s (100% completato).

Elaborazione conclusa con successo.

Tempo di calcolo: 2.96 s

Dati elaborazione	
Periodo di campionamento	0.02 ms
Numero dei campioni (durata)	500000 (10 s)
Valore massimo modulo	2.491 $\mu$ T @ t=896.06 ms
Valore RMS	871.7 nT
$I_{wp}$ popolazione	18.37%
$I_{wp}$ lavoratori 1998	3.68%
$I_{wp}$ lavoratori 2010	0.60%
$I_{wp}$ lavoratori VA Inf.	0.60% @ t=5 s 584.46 ms
$I_{wp}$ lavoratori VA Sup.	0.56%



## Calcolo dell'efficacia di schermatura di uno schermo ideale

**Shielding Effectiveness (SE)** di una lastra di ferro puro al 99.95%, per frequenze da 10 Hz a 1 kHz e vari spessori, nei confronti di una sorgente di campo magnetico posta a 50 cm di distanza dallo schermo.

Presentazione **Inserimento dati** Risultati Istruzioni

**Modalità di calcolo della schermatura**

- Calcolo per spessore dello schermo, distanza dalla sorgente, frequenza e materiale noti e fissi
- Calcolo in funzione della frequenza per vari materiali
- Calcolo in funzione dello spessore dello schermo per vari materiali
- Calcolo in funzione della frequenza e dello spessore dello schermo
- Calcolo in funzione della frequenza e della distanza dalla sorgente
- Calcolo in funzione dello spessore dello schermo e della distanza dalla sorgente
- Calcolo in funzione della distanza dalla sorgente per vari materiali

**Dati relativi ai materiali**

Materiali in archivio				
Nome	$\alpha$	$\mu_r$	$f_{1/2}$	$\alpha$
Ferro (puro al 99.95%)	9.96e+06	10000	100000	0.2

**Parametri di calcolo**

Materiale: Ferro (puro al 99.95%)

Frequenza minima: 10 Hz

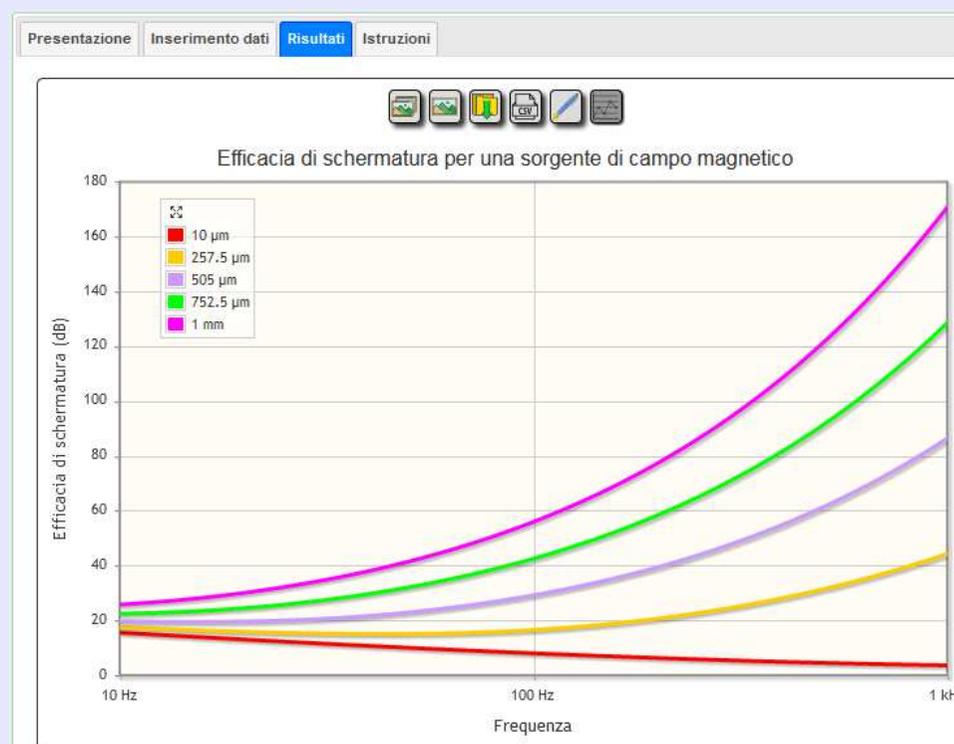
Frequenza massima: 1 kHz

Distanza dalla sorgente: 50 cm

Spessore minimo: 10  $\mu\text{m}$

Spessore massimo: 1 mm

Calcola



## ... e altre che seguiranno a breve.

- Analisi di spettri (**dominio della frequenza**) acquisiti con varie catene strumentali (Narda-PMM EHP-50 e EHP-200, Microrad NHT-3D) e calcolo degli **indici radioprotezionistici**.
- **Integrazione** di tutte le applicazioni per l'elaborazione di file-dati di **misure strumentali**.
- **Modellazione numerica** di sorgenti quasistatiche di **induzione magnetica**.
- **Procedure e metodologie** standardizzate di intervento, validate con specifiche campagne di misura in molte situazioni tipiche (saldatrici, varie sorgenti sanitarie, apparecchiature di analisi industriale,...).
- Documenti di **approfondimento tecnico** su questioni specifiche (metodo del picco ponderato, errore di prossimità, perturbazione dovuta all'operatore,...).

## Le altre aree tematiche

STRUMENTI **WEB** DI AUSILIO ALLA VALUTAZIONE  
DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI  
PER PORTATORI DI **DISPOSITIVI MEDICI IMPIANTABILI ATTIVI**

Stima della tensione indotta all'ingresso di un  
pacemaker

### STIMA DELLA TENSIONE INDOTTA ALL'INGRESSO DI UN PACEMAKER

Presentazione

Parametri di calcolo

Istruzioni

Limiti di immunità dei pacemaker

Riepilogo formule

Questo strumento permette di calcolare la tensione indotta ai terminali di ingresso di un *pacemaker*, in funzione delle sue condizioni di esposizione (in particolare, dei valori di intensità di campo elettrico e/o di campo magnetico), attraverso l'implementazione delle formule riportate nell'appendice della norma CEI EN 50527-2-1 ed. 2 (2016), con riferimento alla situazione di caso peggiore, in cui l'area formata dal *pacemaker* e dall'elettrocatetere nel corpo umano è di 225 cm<sup>2</sup>.

Il valore di tensione indotta così ottenuto può essere confrontato con i livelli di immunità che i *pacemaker* devono soddisfare, alle varie frequenze, per verificarne la compatibilità nelle effettive condizioni di esposizione.

Lo strumento può essere utilizzato per frequenze comprese tra 16,6 Hz e 60 Hz, e tra 150 kHz e 450 MHz. Nell'intervallo tra 60 Hz e 150 kHz non esistono studi validati che permettano di correlare il campo elettrico con la tensione indotta sul *pacemaker*, per cui lo strumento non supporta questo intervallo di frequenze.

Nell'intervallo da 16,6 Hz a 60 Hz sono state implementate due formule per distinguere il caso di *sensing* del *pacemaker* programmato in unipolare o bipolare. Queste tengono conto dell'assunzione fatta nella norma tecnica EN 45502-2-1:2003, per cui la massima tensione indotta in modalità unipolare è sempre almeno 10 volte maggiore rispetto al caso bipolare. Per frequenze superiori a 150 kHz, si considera soltanto il caso unipolare, indipendentemente dalla modalità di programmazione del *pacemaker*.

## Le altre aree tematiche

STRUMENTI **WEB** DI AUSILIO ALLA VALUTAZIONE  
DELL'ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE ALLE **RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI**

Procedura valutazione sistemi laser  
(sul Portale Agenti Fisici)

Guida all'utilizzo della procedura  
rischio laser (sul Portale Agenti Fisici)

Grafo interattivo per la procedura valutazione  
sistemi laser



### VALUTAZIONE DI SISTEMI LASER

Visualizzazione grafica della procedura Istruzioni

Esporta PNG

Sono presenti apparecchi laser?						
NO, non sono presenti apparecchi laser <input type="radio"/>	SI, c'è almeno un apparecchio laser <input checked="" type="radio"/>					
La classe del sistema laser è conosciuta?						
NO <input type="radio"/>	SI <input checked="" type="radio"/>					
Qual è la classe del laser?						
Classe 1 <input type="radio"/>	Classe 1M <input type="radio"/>	Classe 1C <input type="radio"/>	Classe 2 <input checked="" type="radio"/>	Classe 2M <input type="radio"/>	Classe 3R <input type="radio"/>	Classe 3B o 4 <input type="radio"/>
Il laser in classe 2, incorpora al suo interno un laser in classe 3B o 4?						
SI <input type="radio"/>	NO <input checked="" type="radio"/>					
<p>Il laser è in classe 2; questo tipo di laser è sicuro per la cute ma non è intrinsecamente sicuro per gli occhi (come invece avviene per i laser in classe 1); tuttavia la protezione degli occhi è in genere garantita dal normale riflesso di avversione alla luce intensa</p> <p>EVITARE DI FISSARE IL FASCIO DIRETTO, mentre le esposizioni momentanee non sono nocive.</p> <p>È da tener presente che l'istinto di avversione può essere deliberatamente ignorato fissando intenzionalmente il fascio o può essere ridotto dall'assunzione di alcool, droghe o taluni farmaci.</p> <p>Inoltre soggetti con patologie che alterino la visione di alcuni colori (discromatopsie congenite) sono a maggior rischio perché in essi non si manifesta adeguatamente l'abbagliamento.</p> <p>Le operazioni di manutenzione vanno effettuate da personale qualificato.</p> <p>Per un utilizzo corretto seguire quanto riportato nel manuale d'uso e manutenzione e nella presente procedura.</p>						
La procedura è conclusa.						

## Conclusioni

La **piattaforma WebNir** mette a disposizione una serie di strumenti pensati sia con finalità di formazione individuale, sia per fornire supporto all'attività di **valutazione dell'esposizione occupazionale alle radiazioni non ionizzanti**, in particolare nelle fasi di elaborazione e interpretazione dei dati misurati.

Essa contribuisce quindi a dare risposta in modo concreto alle aspettative aperte dal D.Lgs. 81/2008, in particolare dove si chiama in causa *la possibilità di far uso di informazioni reperibili presso banche dati e siti web*.

La piattaforma, pertanto, può costituire un riferimento di utile e frequente consultazione per gli **operatori pubblici e privati** investiti dei compiti di **prevenzione e protezione dalle radiazioni non ionizzanti**, coadiuvandoli – specie in carenza di formazione e conoscenze specifiche e specialistiche – nell'eseguire valutazioni affidabili dell'esposizione, almeno in relazione alle sorgenti e alle problematiche più diffuse.

## Crediti

Il presente lavoro si è avvalso del supporto finanziario fornito dall'**INAIL** nell'ambito del progetto a Bando **Bric-2016, Programma 4, Tematica 30**.

**È tutto, grazie!**

**Daniele Andreuccetti  
Rosaria Falsaperla**

**Convegno Nazionale sulla tutela della  
salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro**

**Quartiere Fieristico di Bologna  
Giovedì 17 ottobre 2019**