

CONVEGNO NAZIONALE



I rischi fisici nei luoghi di lavoro

Bologna, mercoledì 17 ottobre 2018

**Sviluppo ed utilizzo di uno strumento
web
per l'elaborazione delle misure di
esposizione al campo magnetico di
bassa frequenza
e la determinazione dell'indice di picco
ponderato**

Daniele Andreuccetti⁽¹⁾, **Moreno Comelli⁽¹⁾**, **Simona D'Agostino⁽²⁾**, Rosaria Falsaperla⁽²⁾, Nicola Zoppetti⁽¹⁾

⁽¹⁾ IFAC-CNR, via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI)

⁽²⁾ INAIL-DIMEILA, via Fontana Candida 1, 00078 Monte Porzio Catone (RM)

La collaborazione INAIL-IFAC

- Ricerca in collaborazione affidata da INAIL a IFAC
- Partner: ISS, USL Siena, Policlinico San Matteo (Pavia)
- CEM, ROA, DMIA
- Sviluppo di strumenti operativi resi disponibili tramite applicativi web
- Piattaforma <http://webnir.ifac.cnr.it>

La piattaforma WebNir

Articolata in 3 sezioni

- Sezione pubblica: aperta a tutti, contiene le applicazioni online che hanno passato la fase di sviluppo e sono state testate dai componenti le unità operative del progetto.
- Sezione gestionale
- Sezione sviluppo



The screenshot displays the WebNir platform interface. At the top, there is a header with logos for IFAC, SSI Azienda USL Toscana sud est, and INAIL. The main content area is divided into three sections:

- Sezione pubblica**: A blue box with the text "ENTRA".
- Sezione gestionale**: A blue box with the text "ACCEDI".
- Sezione sviluppo**: A blue box with the text "ACCEDI".

Below the header, there is a navigation link: "Ti trovi in: > Home".

La piattaforma WebNir

Articolata in 3 sezioni

- Sezione pubblica: si divide a sua volta in 3 sezioni, relative agli strumenti specifici relativi a:
 - CEM (Campi ElettroMagnetici)
 - DMIA (Dispositivi Medici Impiantabili Attivi)
 - ROA (Radiazioni Ottiche Artificiali)
- Sezione gestionale
- Sezione sviluppo



La piattaforma WebNir

Articolata in 3 sezioni

- Sezione pubblica
- Sezione gestionale: rivolta ai membri delle Unità Operative coinvolte nel progetto, contiene informazioni inerenti il progetto, documenti tecnici, amministrativi e relativi a campagne di misura
- Sezione sviluppo

The screenshot displays the top navigation bar of the WebNir platform. It includes logos for IFAC, SSI Azienda USL Toscana sud est, and the Istituto Superiore di Sanità. The main header features the text 'WEBNIR Strumenti WEB per la valutazione dell'esposizione occupazionale alle Radiazioni Non Ionizzanti' and the INAIL logo. Below the header, a dark blue banner contains the text: 'Portale sviluppato nell'ambito del progetto ex bando INAIL Bric-2016 (P4-ID30) 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'. A navigation link 'Ti trovi in: > Home' is visible. The main content area is divided into three columns: 'Sezione pubblica' with an 'ENTRA' button, 'Sezione gestionale' with an 'ACCEDI' button, and 'Sezione sviluppo' with an 'ACCEDI' button.

La piattaforma WebNir

Articolata in 3 sezioni

- Sezione pubblica
- Sezione gestionale
- Sezione sviluppo: utilizzata per testare le nuove applicazioni prima di essere rese disponibili a tutti, aperta ad IFAC ed in parte alle altre Unità Operative

The screenshot displays the WebNir platform interface. At the top, there is a header with logos for IFAC, SSI Azienda USL Toscana sud est, and the Istituto Superiore di Sanità. The main title is "WEBNIR" followed by the text "Strumenti WEB per la valutazione dell'esposizione occupazionale alle Radiazioni Non Ionizzanti". The INAIL logo is also present. Below the header, a blue banner contains the text: "Portale sviluppato nell'ambito del progetto ex bando INAIL Bric-2016 (P4-ID30) 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". Below this banner, there is a navigation bar with the text "Ti trovi in: > Home". The main content area is divided into three columns, each with a blue box containing a button: "Sezione pubblica" with an "ENTRA" button, "Sezione gestionale" with an "ACCEDI" button, and "Sezione sviluppo" with an "ACCEDI" button.

Le applicazioni pubbliche - CEM

Strumenti web accessibili al pubblico

▶ ALTRE ATTREZZATURE

▶ AMBIENTE ESTERNO

▶ APPARECCHIATURE PER USO ESTETICO

▼ APPARECCHI ELETTROMEDICALI E AMBIENTE SANITARIO

Classe	Note	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 magnete 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	PARZ.	Mostra
Coperte, cuscinetti 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

▶ CASA, SCUOLA, UFFICIO E ASSIMILABILI

Strumenti web disponibili

Strumenti di utilità generale

Esegui Visualizzazione dei limiti normativi

Esegui Confronto dei limiti normativi

Documentazione in linea

Esegui Approfondimento del metodo del picco ponderato

Procedure di intervento

Esegui Valutazione dell'esposizione al campo elettrico e magnetico di un apparato elettrobisturi

Applicazioni di calcolo in linea

Esegui Interpolazione semplice di misure di indice e calcolo della distanza di rispetto

Esegui Interpolazione di misure di indice e calcolo della distanza di rispetto

Esegui Analisi dei dati campionati e calcolo degli indici radioprotezionistici

Le varie tipologie di sorgente vengono suddivise per classe, in conformità a quanto previsto dal PAF (Portale Agenti Fisici). Per ogni tipologia l'utente ha accesso a vari strumenti informatici:

- di utilità generale
- documentazione
- procedure di intervento
- applicazioni di calcolo

Le applicazioni pubbliche - CEM

Visualizzazione dei limiti normativi

► ICNIRP GUIDELINES 1994 (STATIC MAGNETIC FIELDS)

▼ ICNIRP GUIDELINES 1998 (EMF UP TO 300 GHZ)

ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics, Vol.74, N.4, April 1998, pp.494-522.

Nome completo

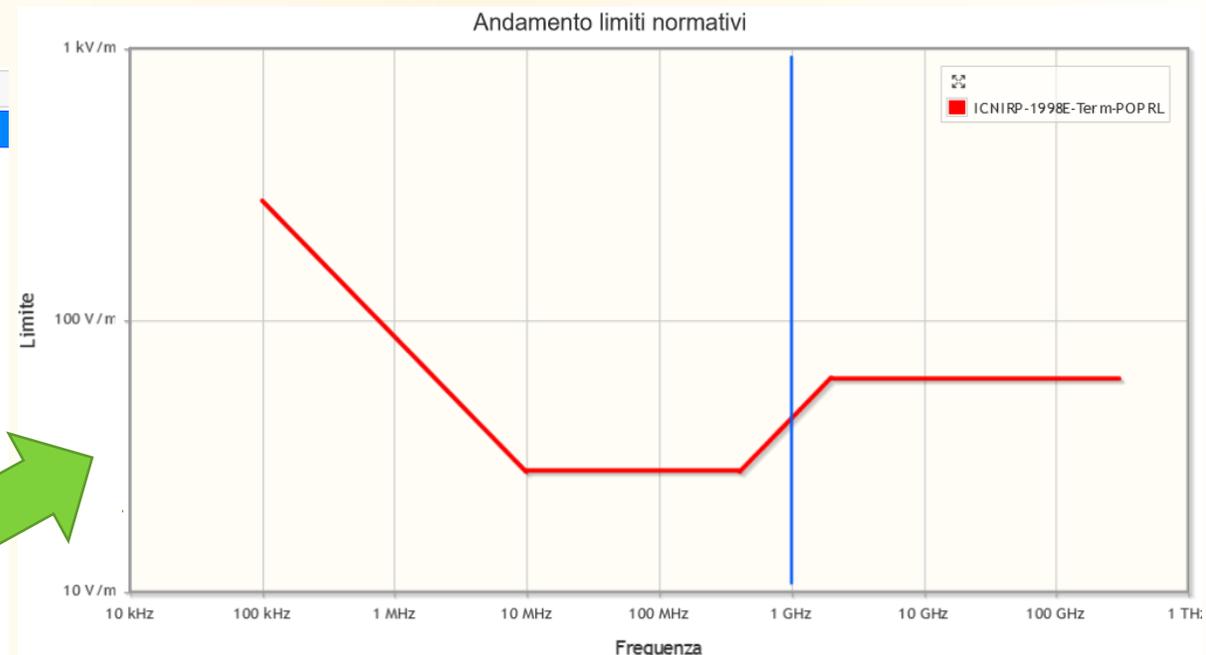
- Linee Guida ICNIRP 1998 - Campo elettrico - Limiti per i lavoratori - Effetti di stimolazione - Livelli di riferimento [Dettagli](#)
- Linee Guida ICNIRP 1998 - Campo elettrico - Limiti per i lavoratori - Effetti termici - Livelli di riferimento [Dettagli](#)
- Linee Guida ICNIRP 1998 - Campo elettrico - Limiti per i lavoratori - Livelli di riferimento di picco [Dettagli](#)
- Linee Guida ICNIRP 1998 - Campo elettrico - Limiti per la popolazione - Effetti di stimolazione - Livelli di riferimento [Dettagli](#)
- Linee Guida ICNIRP 1998 - Campo elettrico - Limiti per la popolazione - Effetti termici - Livelli di riferimento [Dettagli](#)

Nome breve	ICNIRP-1998 E-Term-POP RL
Tipo	Livelli di riferimento, valori di azione (VA), livelli di azione (LA)
Campo	Campo elettrico
Metrica	Valore efficace
Target	Esposizioni della popolazione
Effetto	Effetti termici
Livello	Indifferenziato
Frequenza minima	100 kHz
Frequenza massima	300 GHz
Documento di riferimento	ICNIRP Guidelines 1998 (EMF up to 300 GHz)
Scarica PDF	[INT] [EXT]

Calcola il limite per un valore di frequenza

Frequenza: GHz

Limite: 43.48 V/m



- Elenco di tutte le norme di interesse
- Visualizzazione grafica del limite in funzione della frequenza (linea rossa)
- Valore di campo alla frequenza desiderata (linea blu)

Le applicazioni pubbliche - CEM

Confronto dei limiti (riferiti a grandezze omogenee: Induzione magnetica, Derivata temporale dell'induzione, Campo elettrico, Densità di potenza)

Funzioni

B (Induzione magnetica)

- ICNIRP-1998 B-Stim-OCC RL
- ICNIRP-1998 B-Term-OCC RL
- ICNIRP-1998 B-OCC RL Picco
- ICNIRP-1998 B-Stim-POP RL
- ICNIRP-1998 B-Term-POP RL
- ICNIRP-1998 B-POP RL Picco
- 1999/519/CE B-Stim RL
- 1999/519/CE B-Term RL
- 1999/519/CE B RL Picco
- ICNIRP-2010 B-OCC RL
- ICNIRP-2010 B-POP RL

Accoda Ripristina

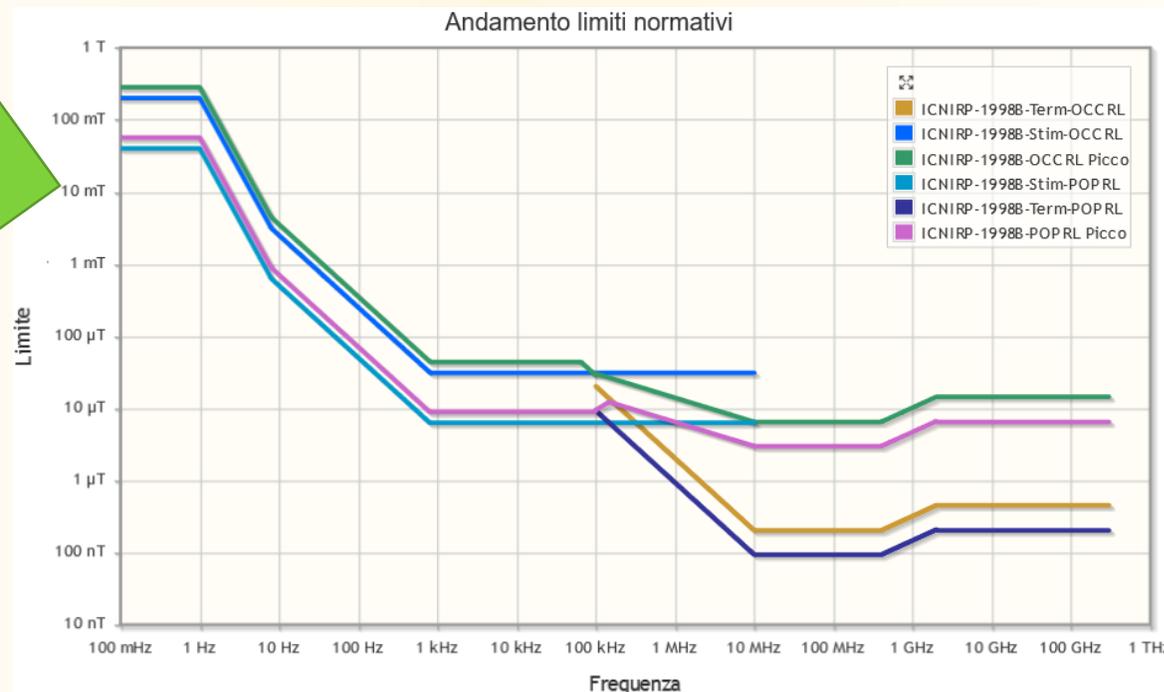
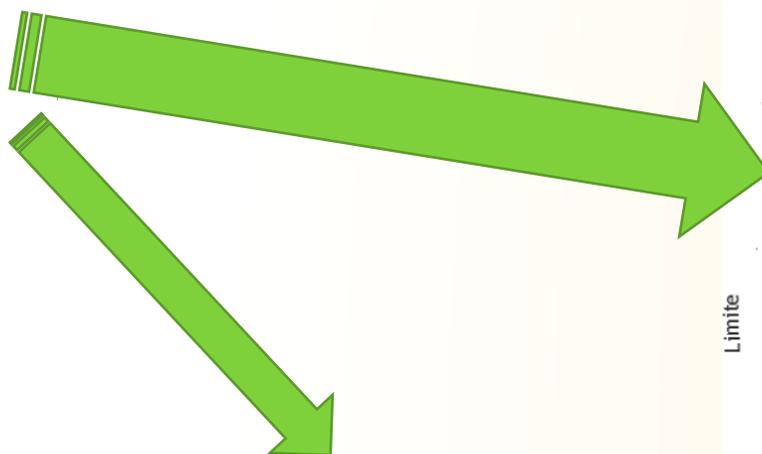
Frequenza minima Non definita

Frequenza massima Non definita

Numero intervalli 1000

Scrivi su file

Grafico Scarica dati Salva PNG



Funzione	Modalità	f min	f max	Campo	Colore	Spessore	Forma
✖ ICNIRP-1998 B-Term-OCC RL	PWL	100 kHz	300 GHz	B	CC9933	3	Continua
✖ ICNIRP-1998 B-Stim-OCC RL	PWL	0 Hz	10 MHz	B	0086FF	3	Continua
✖ ICNIRP-1998 B-OCC RL Picco	PWL	0 Hz	300 GHz	B	339966	3	Continua
✖ ICNIRP-1998 B-Stim-POP RL	PWL	0 Hz	10 MHz	B	0099CC	3	Continua
✖ ICNIRP-1998 B-Term-POP RL	PWL	100 kHz	300 GHz	B	333399	3	Continua
✖ ICNIRP-1998 B-POP RL Picco	PWL	0 Hz	300 GHz	B	CC88CC	3	Continua

È possibile specificare il numero di punti con cui approssimare ciascuna curva, e decidere se esportare il risultato come file di testo

Le applicazioni pubbliche - CEM

Interpolazione e Distanza di Rispetto

Interpolazione di misure di indice e calcolo della distanza di rispetto

File dati tms04.txt

Dimensione totale dei file caricati: 207 B

Dati su base 100

Dati su base 1

Unità di misura per la distanza

Errore assoluto sulla distanza

Errore assoluto sull'indice

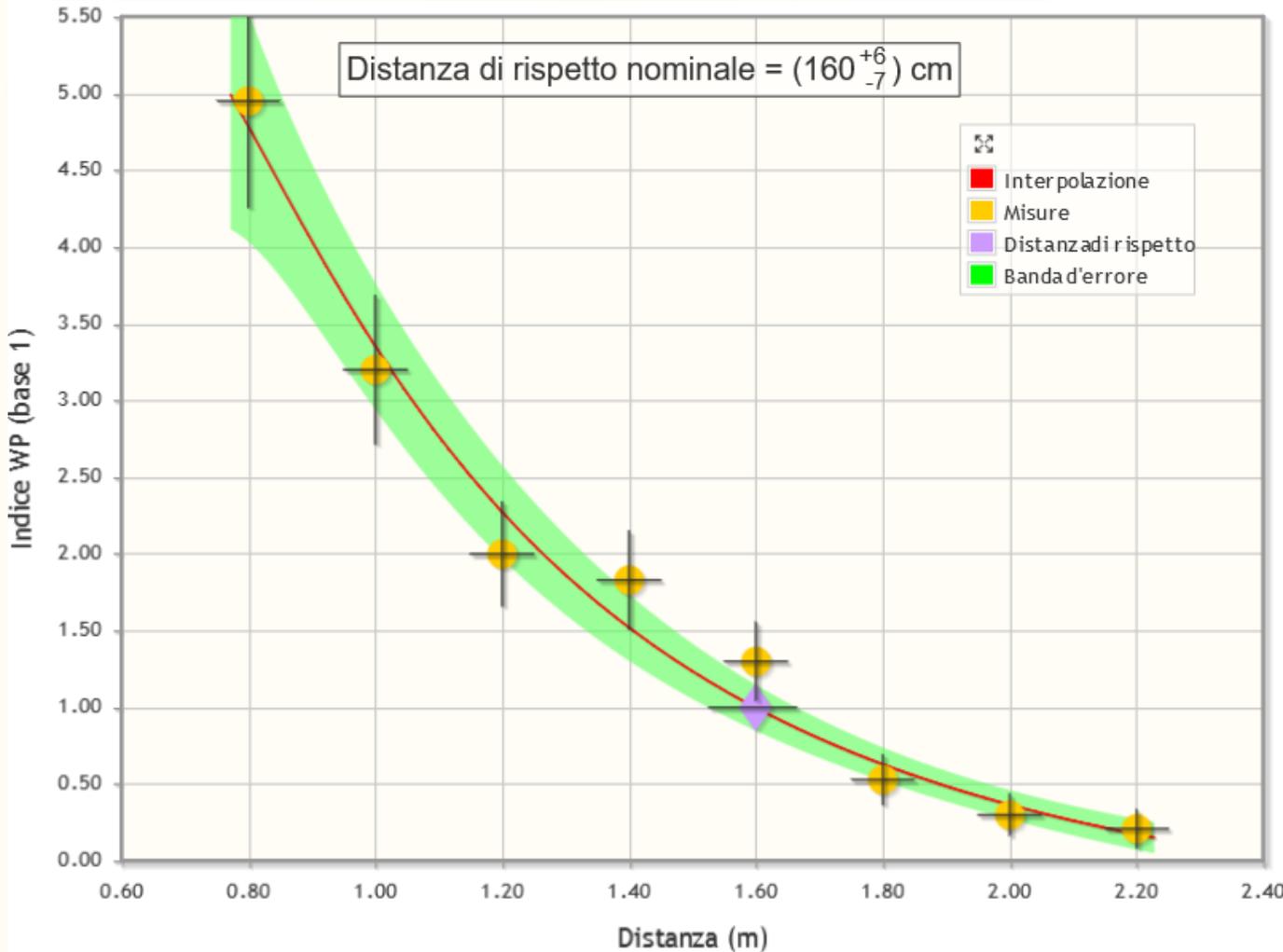
Errore relativo sull'indice %

Grafico con scala y lineare

Grafico con scala y logaritmica

Elabora Reset Salva PNG

#	Commento
0.20	99.99
0.40	17.06
1.16	1.04
1.20	1.00
1.80	0.24



Interpolazione polinomiale di III grado in 1/d
 Gestione di errori su entrambi gli assi
 Generazione di barre e bande d'errore

Le applicazioni pubbliche - CEM

Calcolo dell'Indice di Picco Ponderato (I_{WP})

Narda ELT-400 con sonda da 100 cm²

Mode FS 320 μ T Range Low Mode FS 320 μ T Range High
 Mode FS 80 mT Range Low Mode FS 80 mT Range High

Narda ELT-400 con sonda da 3 cm²

Mode FS 320 μ T Range Low Mode FS 320 μ T Range High
 Mode FS 80 mT Range Low Mode FS 80 mT Range High

Frequenza di campionamento

50 kHz

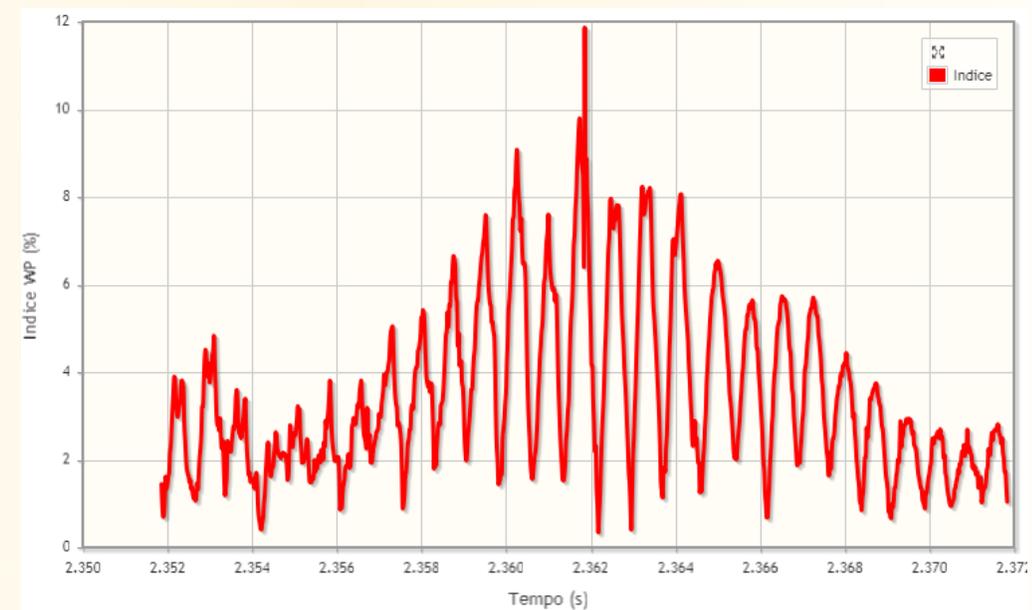
File dati

- PuntoA_X0Y0Z1_1.txt
- PuntoA_X0Y0Z1_2.txt
- PuntoA_X0Y0Z1_3.txt
- PuntoA_X0Y0Z1_4.txt
- PuntoA_X0Y0Z1_5.txt
- PuntoA_X0Y0Z1_6.txt
- PuntoA_X0Y0Z1_7.txt
- PuntoA_X0Y0Z1_8.txt
- PuntoA_X0Y0Z1_9.txt
- PuntoA_X0Y0Z1_10.txt

Dimensione totale dei file caricati: 33 MB

Dati elaborazione	
Periodo di campionamento	0.02 ms
Numero dei campioni (durata)	500000 (10 s)
Valore massimo modulo	58.39 mT @ t=896.06 ms
Valore RMS	20.43 mT
I_{wp} popolazione	430593.91%
I_{wp} lavoratori 1998	86188.70%
I_{wp} lavoratori 2010	13979.34%
I_{wp} lavoratori VA Inf.	13980.19% @ t=5 s 584.46 ms
I_{wp} lavoratori VA Sup.	13224.30%

- Selezione della catena strumentale
- Selezione della modalità di misura
- Impostazione della frequenza di campionamento
- Selezione dei file dati e disposizione ordinata
- Caricamento su server ed elaborazione
- Output tabellare e grafico



Le applicazioni pubbliche - CEM

Movimento in un campo magnetico statico: misure di campo magnetico percepito

I risultati vengono esportati in formato tabellare e grafico.

Elaborazione Note

Elaborazione conclusa con successo

Tempo di calcolo: 1.24 s

Verranno prodotti due grafici:

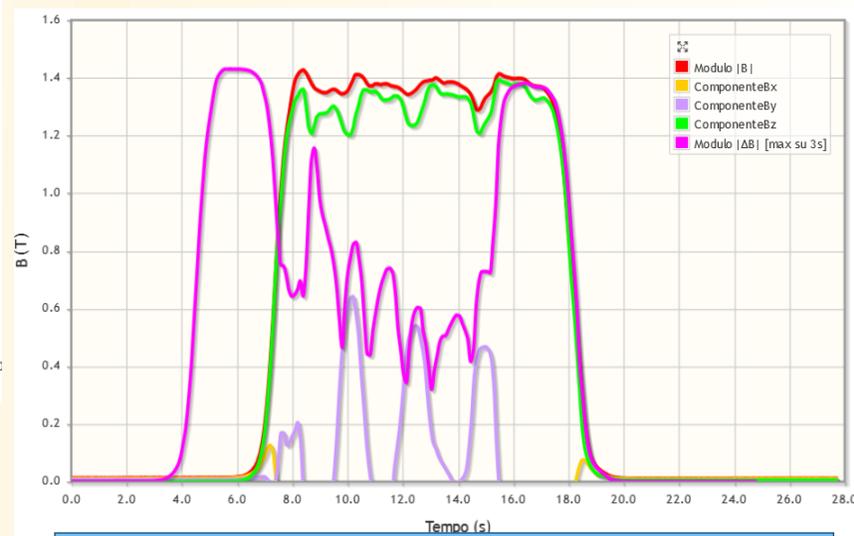
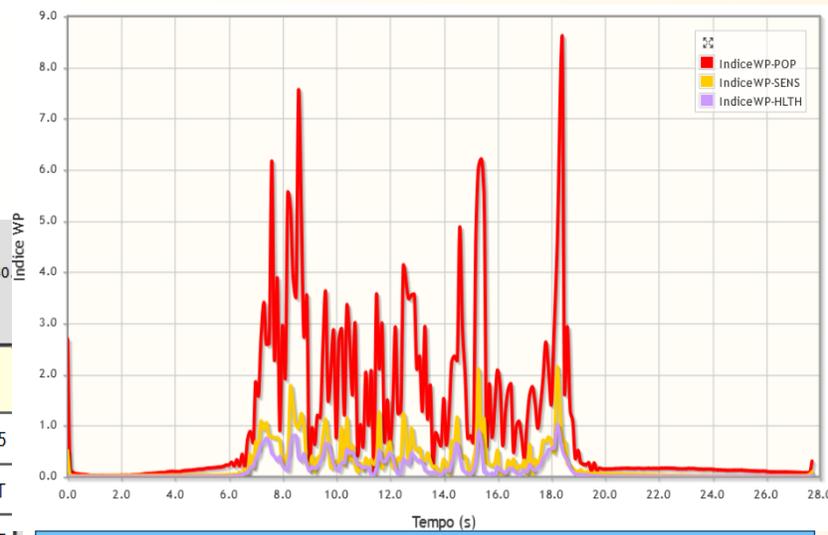
- il primo contiene 5 serie di dati:
 - Modulo e componenti cartesiane del vettore induzione magnetica B (in tutto 4 serie)
 - Massimo del modulo della variazione di B ($\max|\Delta B|$) su una finestra mobile di 3 s
- il secondo contiene 3 serie di dati:
 - Indice di picco ponderato WP-POP riferito ai livelli di riferimento per la popolazione (Raccomandazione 1999/519/CE)
 - Indice di picco ponderato WP-SENS riferito ai valori di azione inferiori per i lavoratori (Direttiva 2013/35/UE)
 - Indice di picco ponderato WP-HLTH riferito ai valori di azione superiori per i lavoratori (Direttiva 2013/35/UE)

Dati elaborazione	
Numero dei campioni	275
Valore di picco	1.427 T
MAX ΔB [3s]	1.430 T
I_{WP} popolazione	8.62
I_{WP} lavoratori VA Inf.	2.15
I_{WP} valoratori VA Sup.	1.02

File dati **anes3.txt**

Dimensione totale dei file caricati: 19 kB

Elabora Reset Salva PNG



- Indice di picco ponderato WP-POP riferito ai livelli di riferimento per la popolazione (Raccomandazione 1999/519/CE)
- Indice di picco ponderato WP-SENS riferito ai valori di azione inferiori per i lavoratori (DL 159, 01/08/2016)
- Indice di picco ponderato WP-HLTH riferito ai valori di azione superiori per i lavoratori (DL 159, 01/08/2016)

- $|B|$
- B_x, B_y, B_z
- $\max |\Delta B|$ [su 3 s]

Le applicazioni pubbliche

Applicazioni di tipo generale:
generazione di grafi da procedure
(ancora in fase di test)

- Genera grafi ad albero interattivi in base ai dati relativi a procedure memorizzate in archivio.
- L'utente sceglie ad ogni passaggio l'opzione da seguire e viene guidato fino alla fine della procedura.
- Il percorso seguito rimane sempre visibile.
- In ogni momento può scegliere da quale livello ripartire.

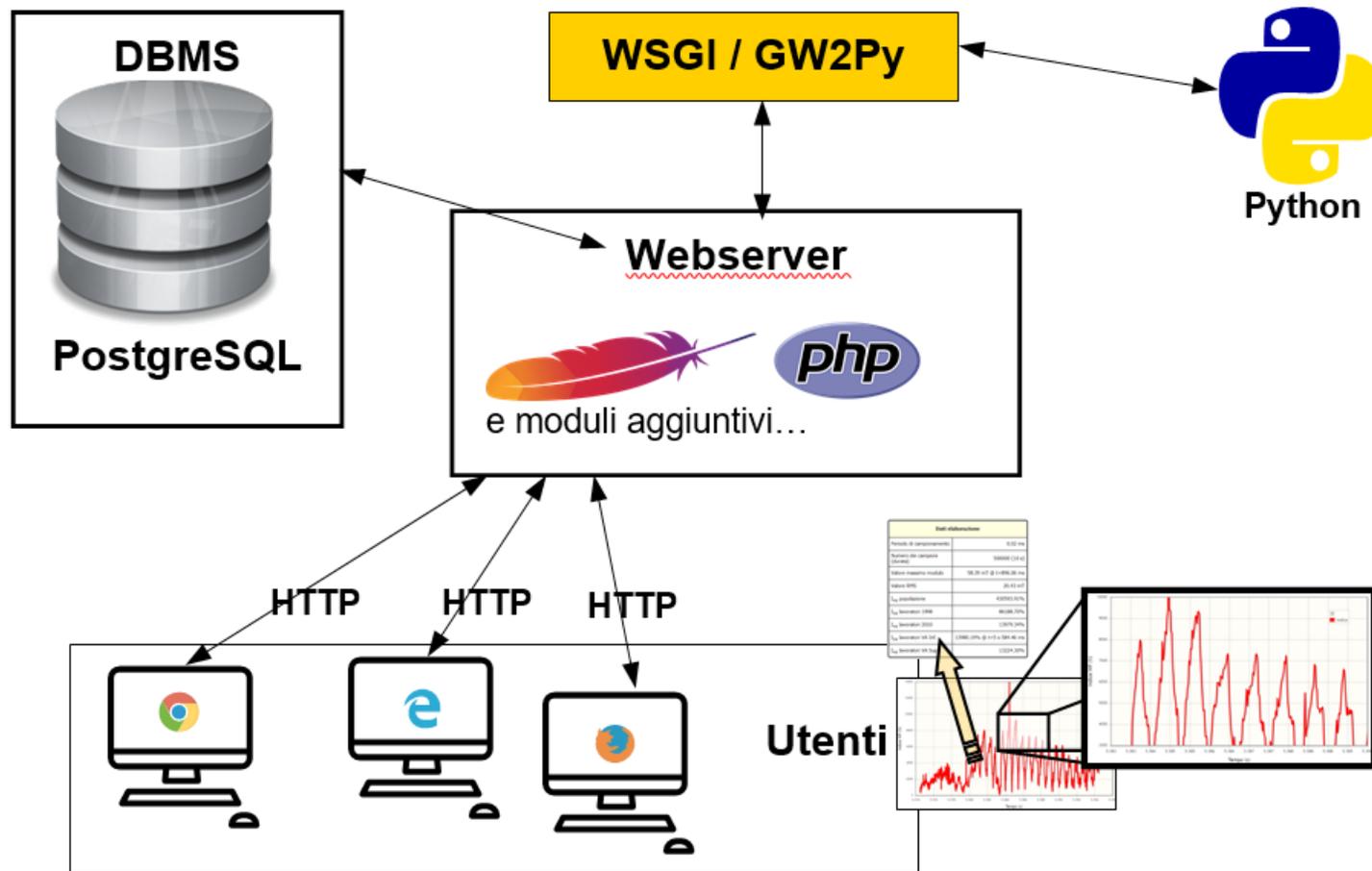
Valutazione sistemi LASER

Ridimensionate la tabella trascinando il bordo destro.

Sono presenti apparecchi LASER?						
NO, non sono presenti apparecchi LASER 	SI, c'è almeno un apparecchio LASER 					
La classe del sistema LASER è conosciuta?						
NO 	SI 					
Qual è la classe del LASER?						
Classe 1 	Classe 1M 	Classe 1C 	Classe 2 	Classe 2M 	Classe 3R 	Classe 3B o 4
Il laser in classe 3R, incorpora al suo interno un Laser in classe 3B o 4?						
NO 	SI 					
<p>Il sistema LASER è in classe 3R, ma incorpora al suo interno un LASER di classe maggiore Verificare che siano state messe in atto le seguenti misure di tutela:</p> <ul style="list-style-type: none"> • presenza di barriere di protezione dall'accesso alla radiazione LASER di classe 3R collegate al sistema di interblocco; • presenza di ulteriori barriere di protezione dall'accesso alla radiazione LASER di classe superiore alla 3R collegate al sistema di interblocco; • sono presenti i DPI oculari (solo se richiesti dal Documento di Valutazione del Rischio); • presenza sul LASER e sul manuale, di etichette indicanti classe e tipo di radiazione emessa; • procedure scritte sul corretto utilizzo; • procedure scritte per l'allineamento; • formazione ed addestramento degli operatori addetti al macchinario; • formazione di tutti i lavoratori sul rischio specifico da LASER. 						
Tutte le condizioni sono verificate 	Una o più condizioni non sono verificate 					

Il gateway verso Python

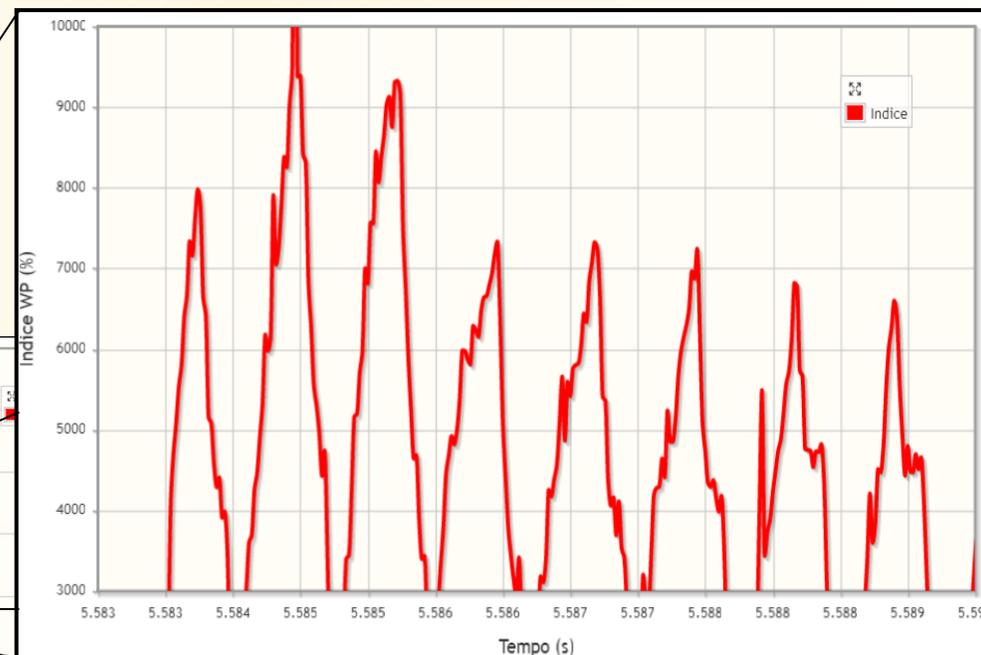
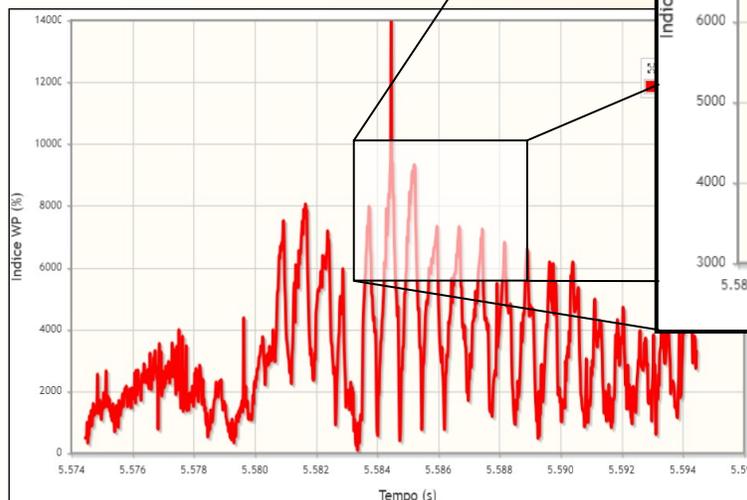
- Richieste elaborazioni complesse
- Python come linguaggio di programmazione lato server
- Necessaria interoperabilità tra ambiente web e Python
- Interfaccia WSGI
- Protocollo GW2Py per lo scambio dei dati



Il sistema di generazione dei grafici

- Lato client o lato server?
jqPlot, un plugin Javascript basato su jQuery
- Approccio standardizzato per generare automaticamente grafici in una pagina web
- Esportazione di tutti i grafici presenti in una pagina in formato PNG

Grafici interattivi
Vari tipi
Personalizzabili
Lin / Log su X e Y
3 assi su X, 10 su Y



Zoom
Legenda
Attivare / disattivare le serie dati
Barre / bande d'errore

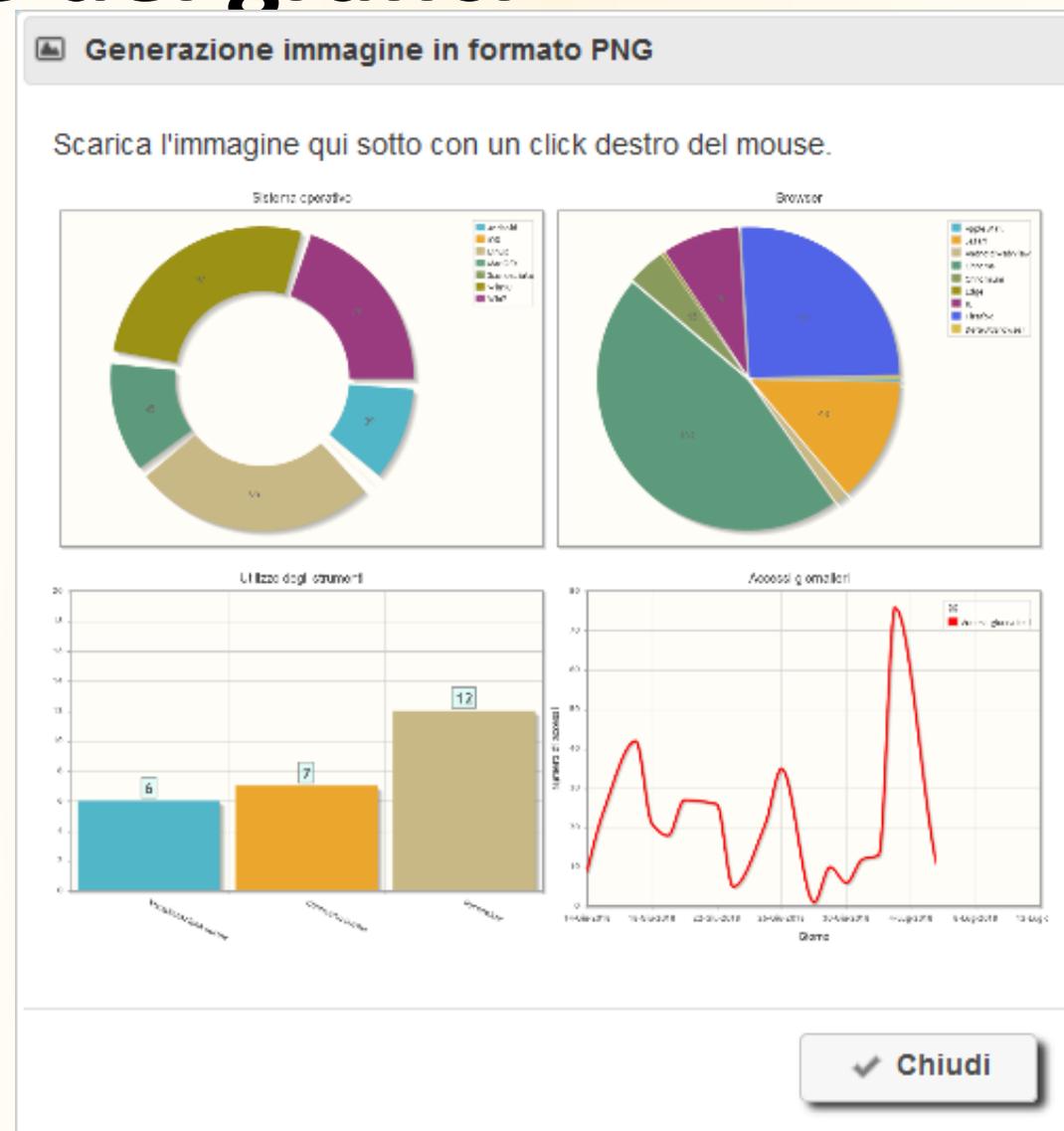
Il sistema di generazione dei grafici

- Lato client o lato server?
jqPlot, un plugin Javascript basato su jQuery
- Approccio standardizzato per generare automaticamente grafici in una pagina web
- Esportazione di tutti i grafici presenti in una pagina in formato PNG

```
{...}
  dstrisp: 1.600046127265111
  esito: true
  grafico1: {...}
    animate: true
    formatString_x1: "%.2f"
    formatString_y1: "%.2f"
    labelx1: "Distanza (m)"
    labely1: "Indice WP (base 1)"
    legend: {...}
      rendererOptions: Object { seriesToggle: false, clear: true }
      show: true
      showSwatch: true
      <prototype>: Object { ... }
    scalax1: "lin"
    scalay1: "lin"
    serie1: {...}
      assex: 1
      assey: 1
      commento: "Interpolazione polinomiale di III grado in (1/d)"
      errymax: Array(30) [ 5.497060169070796, 5.067210177959972, 4.652015937223238, ... ]
      errymin: Array(30) [ 4.492982860223103, 4.170481190271713, 3.8291113726578647, ... ]
      flag_error: "band"
      formatString: "%.2f m, %.2f"
      lineWidth: Array [ 1 ]
      showLine: true
      titolo: "Interpolazione"
      valorx: Array(30) [ 0.772, 0.8222068965517242, 0.8724137931034484, ... ]
      valory: Array(30) [ 4.995021514646949, 4.6188456841158425, 4.240563654940551, ... ]
      <prototype>: Object { ... }
    serie2: Object { commento: "Valori di indice in funzione della distanza", assex: 1, titolo: "Misure", ... }
    serie3: Object { flag_error: "bar", commento: "Distanza di rispetto", assex: 1, ... }
    title: Object { text: "<div style='top:20px; left:80px; position:absolute; z-index:30;'>Distanza di rispetto nominale= 160 cm</div>", textcolor: "#333", escapeHtml: false, ... }
    xmin1: 0
    <prototype>: Object { ... }
  howmany: 8
  metodo: "Interpolazione polinomiale di III grado in (1/d)"
  <prototype>: Object { ... }
```

Il sistema di generazione dei grafici

- Lato client o lato server?
jqPlot, un plugin Javascript basato su jQuery
- Approccio standardizzato per generare automaticamente grafici in una pagina web
- Esportazione di tutti i grafici presenti in una pagina in formato PNG

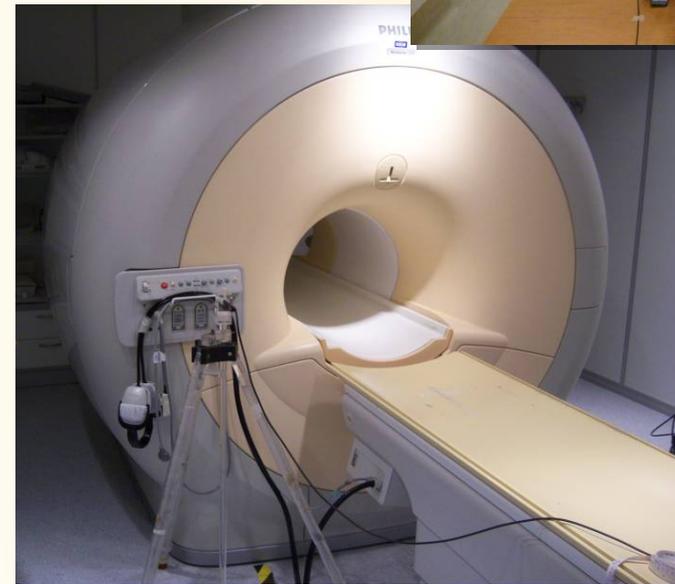


Un esempio applicativo – elaborazione delle misure di campo di gradiente in RM, I_{wp}

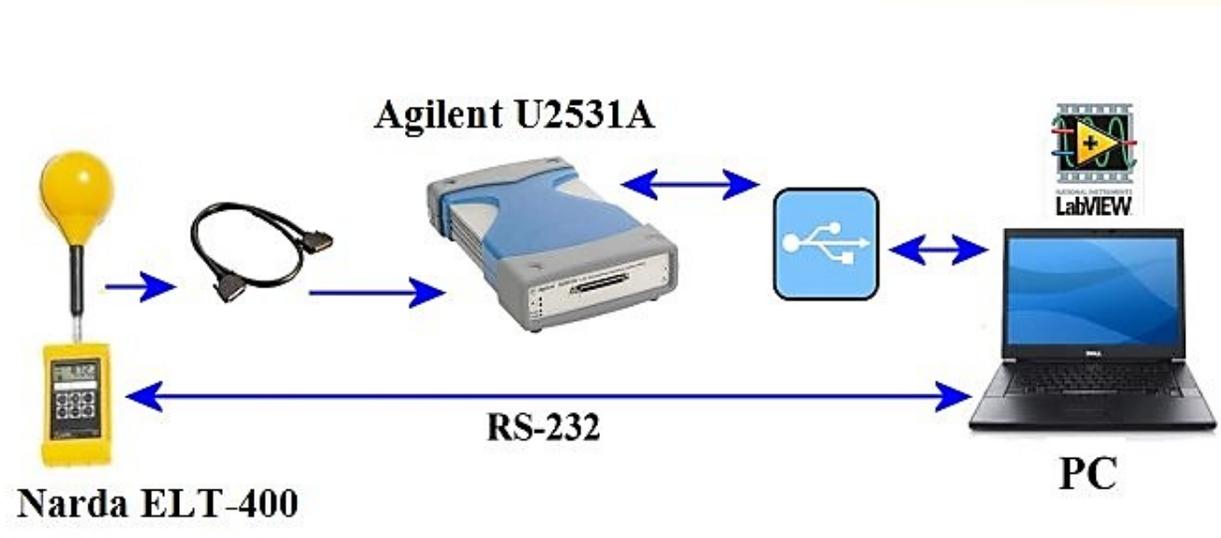
- Campagne di misura
- Catena strumentale per la misura dei campi di gradiente in RM
- Utilizzo dell'applicativo web su piattaforma WebNir: risultati e potenzialità
- Conclusioni
- Sviluppi futuri

Campagne di misura

- INAIL e IFAC collaborano sin dal 2008 nell'ambito della valutazione dell'esposizione occupazionale ai campi elettromagnetici in MRI. Alle numerose campagne di misura ha partecipato anche l'unità operativa ENEA
- Obiettivo: valutare l'esposizione degli operatori sanitari
- Tomografi analizzati: da 1.5 T, 3 T e 7 T



Catena strumentale utilizzata per la misura dei campi di gradiente



L'applicazione web presentata si adatta ai file-dati prodotti da questa catena hardware e software

Registrazione dei campi di gradiente:

- Sonda di campo magnetico Narda ELT-400, con sensore isotropico triassiale
- Acquisitore - digitalizzatore Agilent U2531A
- PC, con programma di gestione dati realizzato in ambiente LabView, dall'unità operativa ENEA

Le uscite analogiche dell'ELT-400 - tre segnali di tensione proporzionali all'intensità delle tre componenti di campo magnetico in cui è immerso il sensore- sono collegate ai tre dei quattro ingressi analogici del sistema di acquisizione, che prontamente digitalizza i segnali

Acquisizioni e posizioni di misura

I dati utilizzati riguardano le misure effettuate presso la Fondazione Imago 7 di Calambrone (PI), dove è presente un tomografo a corpo intero da 7 T, *General Electric Discovery MR950*.

Posizioni di misura scelte:

- **Punto A** - a destra del lettino paziente : 50 cm dal piano frontale del tomografo, 70 cm dall'asse mediano del lettino, due altezze dal pavimento, 120 e 170 cm
- **Punto B** - a sinistra del lettino paziente : stesse coordinate del punto A
- **Punto C** - sopra il lettino paziente: 50 cm dal piano frontale del tomografo, altezza 110 cm dal pavimento



Per un totale di 81 misure, con 11 differenti sequenze del tomografo

Obiettivo delle misure è la valutazione dell'esposizione professionale dovuta alle sequenze di uso comune, indicate dagli operatori sanitari

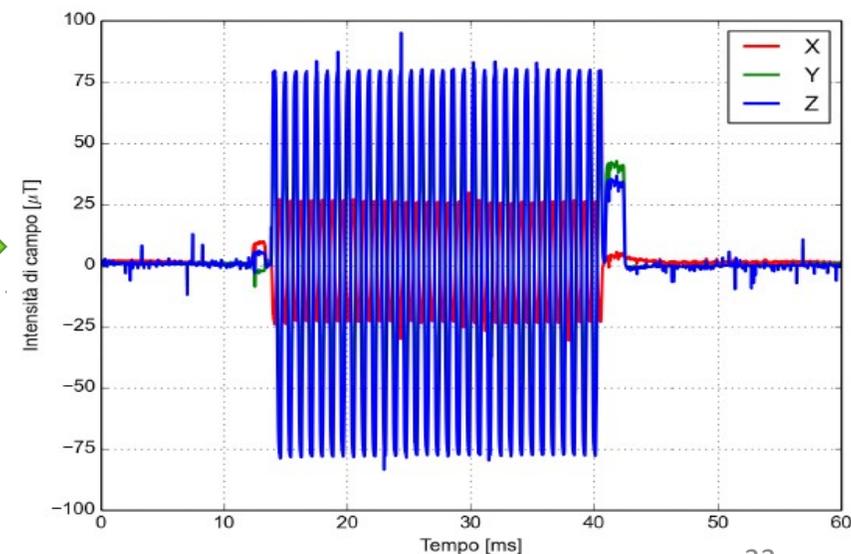
Utilizzo dell'applicativo web su piattaforma WebNir : metodo del picco ponderato

(1/5)

- l'applicativo implementa il metodo del picco ponderato nel dominio del tempo, I_{WP}
 - tale metodo è adatto alle elaborazioni di forme d'onda complesse ovvero il cui spettro contiene contributi a varie frequenze, come avviene appunto per i campi di gradiente
- ↳ L'indice I_{WP} viene calcolato sulle misure di campo magnetico di gradiente prodotte dalla catena di misura presentata

Il valore di questo indice deve restare al di sotto del 100% - o a 1 - per garantire il rispetto dei valori di riferimento normativi: D.Lgs. 159/2016

Campo di gradiente in RM - singolo burst sinusoidale



Utilizzo dell'applicativo web su piattaforma WebNir: procedimento di analisi

(2/5)

1. Accesso alla **Sezione pubblica**
2. Scelta area : *CEM*
3. Selezionare: *Ricerca per classi di sorgente*
4. *Aprire l'archivio : apparecchi elettromedicali e ambiente sanitario*
5. Scegliere: tomografi per risonanza magnetica – con specifica *campo magnetico di gradiente* → *Mostra*
6. Cliccare: *Esegui - Analisi dei dati campionati e calcolo degli indici radioprotezionistici*

The screenshot displays the WebNir application interface. On the left, a navigation menu lists various categories, with 'APPARECCHI ELETTROMEDICALI' expanded to show 'Tomografi per risonanza magnetica'. A red box highlights this category. The central panel, titled 'Strumenti web disponibili', lists several tools under different categories: 'Strumenti di utilità generale' (Visualizzazione dei limiti normativi, Confronto dei limiti normativi), 'Documentazione in linea' (Approfondimento del metodo del picco ponderato), 'Procedure di intervento' (Valutazione dell'esposizione ai campi magnetici di gradiente in RM), and 'Applicazioni di calcolo in linea' (Interpolazione semplice di misure di indice e calcolo della distanza di rispetto, Interpolazione di misure di indice e calcolo della distanza di rispetto, and **Analisi dei dati campionati e calcolo degli indici radioprotezionistici**). A red box highlights the last tool. At the bottom right of this panel is a 'Chiudi' button. On the right sidebar, a table lists 'Strumenti' with columns for 'SI' and 'NO'. A 'Mostra' button is highlighted in red in the table.

Utilizzo dell'applicativo web su piattaforma WebNir: procedimento di analisi

(3/5)

Modalità operativa da selezionare:

- 1) Impostazione modalità operativa: ELT-400 con sensore da 100 cm²; modalità FS 320 μT – Range Low (per il punto A) e High (per il punto C)
- 2) Selezione della frequenza di campionamento
- 3) Caricamento dei 10 (o 20) file di una sola misura- con possibilità di spostarli nell'ordine corretto
- 4) **Elaborazione**

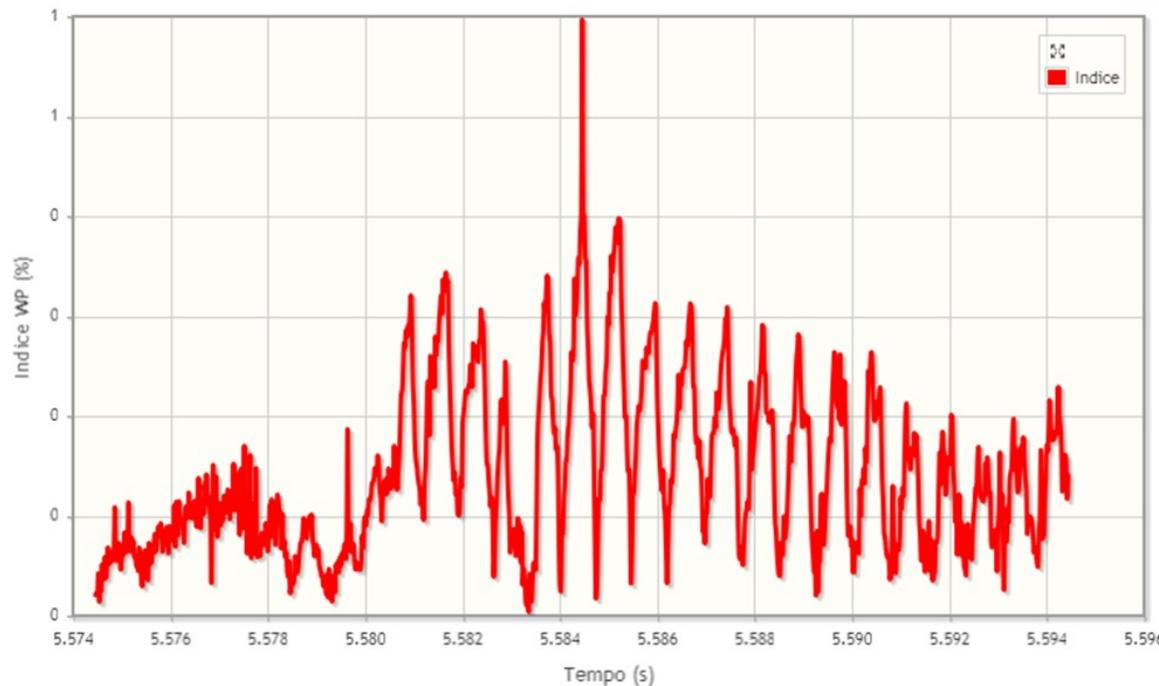


The screenshot shows the configuration interface for the Narda ELT-400 device. It features two main sections for sensor selection, each with four radio button options. The first section is titled "Narda ELT-400 con sonda da 100 cm²" and the second is "Narda ELT-400 con sonda da 3 cm²". Below these are controls for the sampling frequency, set to 50 kHz, and a file upload area labeled "File dati" with the text "Nessun file selezionato". At the bottom, there are three buttons: "Elabora" (with a calculator icon), "Reset" (with a refresh icon), and "Salva PNG" (with a PNG icon).

Utilizzo dell'applicativo web su piattaforma WebNir: risultati

(4/5)

Restituzione dei risultati in grafici e tabelle – un esempio di calcolo



I_{WP} percentuale, utilizzando come limiti i VA inferiori introdotti dal D.Lgs.159/2016 nel range 1Hz- 10 MHz

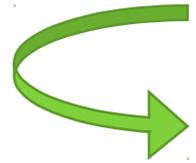
Periodo di campionamento	0.02 ms
Numero dei campioni (durata)	500000 (10 s)
Valore massimo modulo	2.491 μ T @ t=0.9 s
Valore RMS	0.9 μ T
I_{WP} popolazione	18.37 %
I_{WP} lavoratori 1998	3.68 %
I_{WP} lavoratori 2010	0.60 %
I_{WP} lavoratori VA Inferiori	0.60% @ t=5.584 s
I_{WP} lavoratori VA Superiori	0.56%

Informazioni più approfondite sull'elaborazione

Utilizzo dell'applicativo web su piattaforma WebNir: potenzialità

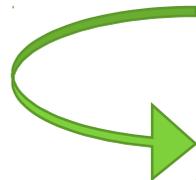
(5/5)

- Tempi di calcolo brevi (≈ 20 s)



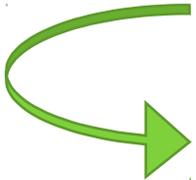
elaborazione rapida di una consistente quantità di dati

- Grafici esemplificativi



si distingue in maniera ottimale sia il valore assunto dall' I_{WP} , che l'istante in cui esso viene raggiunto

- Tabelle esaustive



Si ottengono molteplici informazioni : I_{WP} relativo ai VA inferiori, ai VA superiori, valore RMS etc.

...velocità di elaborazione



Configurazione	Punto	Nome file	Secondi	Indici %					RMS μ T	Abs Max μ T
				VA _{sup}	VA _{inf}	WP_Pop '98	WP_Lav '98	WP_Lav '10		
EPI1	A_120	XOYOZ1	1-10	0.6	0.6 @ t=5.58s	18.4	3.7	0.6	0.9	2.5 @ t=0.89
EPI6	A_120	XOYOZ8	1-10	0.6	0.6 @ t=2.97s	18.2	3.6	0.6	0.9	2.6 @ t=0.9
EPI8	A_120	XOYOZ10	1-10	0.6	0.6 @ t=3.15s	19.3	3.9	0.6	0.8	2.5 @ t=6.65s
EPI11	A_120	XOYOZ13	1-10	0.5	0.6 @ t=4.86s	20.3	4.1	0.6	0.8	2.7 @ t=8.11s
DWI02	A_120	XOYOZ21	1-10	0.8	0.8 @ t=5.01s	30.5	6.1	0.8	1.6	4.5 @ t=2.47s
DWI02	A_120	XOYOZ21	11-20	0.8	0.8 @ t=2.85	30	6	0.8	1.7	4.7 @ t=1.71s
DWI02	A_120	X1YOZ21	16-26	0.8	0.9 @ t=7.97	30.4	6.1	0.9	1.7	4.9 @ t=2.15s
DWI03	A_120	XOYOZ22	1-10	0.8	0.8 @ t=3.59s	29.2	5.9	0.8	1.6	4.4 @ t=2.58s
DWI03	A_120	XOYOZ22	11-20	0.8	0.8 @ t=8.28s	28.8	5.8	0.8	1.7	4.5 @ t=7.52s
DWI03	A_120	X1YOZ22	16-26	0.8	0.8 @ t=2.10s	30	6	0.8	1.7	4.8 @ t=6.54s
DWI04	A_120	XOYOZ23	1-10	0.5	0.6 @ t=9.44s	18.9	3.8	0.6	1.1	2.8 @ t=7.93s
DWI04	A_120	XOYOZ23	11-20	0.5	0.5 @ t=8.8s	18.6	3.7	0.5	1.2	3.3 @ t=9.94s
DWI04	A_120	X1YOZ23	16-26	0.6	0.6 @ t=7.96	20	4	0.6	1.3	3.3 @ t=7.55s
EPI1	A_170	XOY1Z1	1-10	0.6	0.6 @ t=5.22	17.9	3.6	0.6	0.8	2.5 @ t=1.5s
EPI6	A_170	XOY1Z8	1-10	0.6	0.7 @ t=8.44	18.5	3.7	0.7	0.8	2.6 @ t=6.52s
EPI8	A_170	XOY1Z10	1-10	0.7	0.7 @ t=4.92	20.4	4.1	0.7	0.7	2.7 @ t=7.92s
EPI11	A_170	XOY1Z13	1-10	0.6	0.6 @ t=1.67s	17.9	3.6	0.6	0.7	2.8 @ t=7.08s
DWI02	A_170	XOY1Z21	1-10	0.6	0.6 @ t=7.35s	19.1	3.8	0.6	1	2.9 @ t=7.23s
DWI02	A_170	XOY1Z21	11-20	0.6	0.6 @ t=4.54s	19	3.8	0.6	1.2	3 @ t=9.37
DWI02	A_170	X1Y1Z21	16-26	0.6	0.6 @ t=3.93	19.3	3.9	0.6	1.1	2.9 @ t=7.12

Sunto parziale dei risultati della campagna di misura dei campi di gradiente, Imago 7

Analisi completa dello scenario

Conclusioni

Lo strumento Web, per il calcolo dell'indice di picco ponderato, applicato alla valutazione dell'esposizione dovuta ai campi di gradiente in RM , si è dimostrato:

- **Facile utilizzo** : praticità dell'interfaccia utente, del caricamento dei dati, della scelta della modalità operativa etc.
- **Rapido** : tempi di calcolo dell'ordine della decina di secondi
- **Efficace** : risultati radioprotezionistici presentati in un formato di immediata comprensione, non servono ulteriori manipolazioni da parte dell'utente

Sviluppi futuri

- Lo strumento web potrà essere utilizzato per la determinazione dell'indice di picco ponderato (I_{WP}) anche nel *dominio della frequenza*
- sarà in grado di adattarsi alla più ampia tipologia possibile di strumenti di misura e di forme d'onda campionate

Si creerà una piattaforma utilizzabile anche da chi non possiede conoscenze specialistiche potendo così effettuare valutazioni affidabili dell'esposizione

Grazie per l'attenzione