



VII Convegno Nazionale Agenti Fisici

Monitoraggio ambientale: dalla produzione all'analisi del dato

5, 6, 7 giugno 2019 - Stresa, Hotel La Palma



SEGRETARIO SCIENTIFICO

Giovanni d'Amore, Arpa Piemonte

COMITATO SCIENTIFICO

Sara Adda	Arpa Piemonte
Giovanni Agnesod	Arpa Valle d'Aosta
Luca Albertone	Arpa Piemonte
Elisabetta Angelino	Arpa Lombardia
Enrico Bonansea	Arpa Piemonte
Francesco Caridi	Arpa Calabria
Maria Clivia Losana	Arpa Piemonte
Daniele Contini	ISAC - CNR Lecce
Marc De Cort	JRC - Ispra (VA)
Pierino De Felice	ENEA - INMRI
Rosaria Falsaperla	INAIL
Jacopo Fogola	Arpa Piemonte
Michele Guida	Università di Salerno
Gaetano Licitra	ARPAT Toscana
Francesco Lollobrigida	Arpa Piemonte
Anna Mastroberardino	Università della Calabria
Renata Pelosini	Arpa Piemonte
Anna Maria Siani	Sapienza Università di Roma
Pasquale Spezzano	ENEA Roma
Giancarlo Torri	ISIN

COMITATO ORGANIZZATORE

Laura Anglesio	Arpa Piemonte
Guido Barberi	Arpa Piemonte
Elisa Bianchi	Arpa Piemonte
Daniela Checchinato	Arpa Piemonte
Luisella Garlati	AIRP - Polimi
Sonia Gustin	Arpa Piemonte
Mauro Magnoni	AIRP - Arpa Piemonte
Rosa Mottola	Arpa Piemonte
Giovanna Mulatero	Arpa Piemonte
Gianmario Nava	Arpa Piemonte
Laura Porzio	Arpa Piemonte
Paola Quaglini	Arpa Piemonte
Fulvio Raviola	Arpa Piemonte

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Anna Prandstatter, Arpa Piemonte
Tel. +390125645328
agenti_fisici@arpa.piemonte.it

ISCRIZIONI

Le iscrizioni, esclusivamente online sul sito:
www.airp-asso.it/?page_id=931&event_id=30

Accreditato ECM

Con il patrocinio di:

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Istituto Superiore di Sanità



Applicazione *online* per l'acquisizione e l'elaborazione di dati nel dominio del tempo e della frequenza nella valutazione dell'esposizione a CEM

Moreno Comelli, Daniele Andreuccetti

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

M.Comelli@ifac.cnr.it

Riassunto

L'Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IFAC-CNR), nell'ambito di un progetto di ricerca finanziato dall'INAIL che vede coinvolte, oltre all'IFAC (in qualità di capofila) e all'INAIL, altre tre unità operative (Azienda USL Toscana Sud Est, Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo e Istituto Superiore di Sanità), sta sviluppando WEBNIR, una piattaforma web ad accesso libero, attraverso la quale sono rese disponibili, tra le altre, alcune applicazioni relative alla valutazione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici (CEM).

In questo lavoro viene descritta in particolare l'applicazione che permette di elaborare in maniera automatizzata i file prodotti da varie catene strumentali, operanti nel dominio del tempo o della frequenza, per eseguire operazioni di analisi e verifica del rispetto di valori di esposizione, il calcolo di indici radioprotezionistici riferiti alla normativa vigente e la visualizzazione grafica dei dati di partenza e dei risultati delle elaborazioni.

Secondo il progetto iniziale, si prevedeva di strutturare la procedura solo sulla base delle caratteristiche degli strumenti di misura più comuni, implementando algoritmi di scansione specifici per ciascuna delle catene strumentali per cui fosse noto il formato di file restituito. In seguito, questo approccio è stato ampliato in modo da accettare file del tipo più generico possibile, potenzialmente prodotti da qualunque catena di misura, purché in formato aperto (file di testo o foglio di calcolo), a condizione che - per i file-dati la cui struttura non sia già nota al sistema - l'utente fornisca alla procedura di importazione i parametri necessari alla sua corretta interpretazione, secondo un modello prestabilito ma sufficientemente flessibile.

L'applicazione sviluppata, oltre a visualizzare l'andamento, nel rispettivo dominio (tempo o frequenza), dei dati acquisiti, consente di eseguire una serie di operazioni standardizzate per il calcolo e la rappresentazione visiva di grandezze rilevanti da un punto di vista radioprotezionistico, ma non sempre rese disponibili dalla catena di misura utilizzata (per esempio: indici di esposizione, variazione $\Delta B/3s$). Inoltre, l'interfaccia permette di personalizzare l'aspetto dei grafici prodotti tramite l'utilizzo di un'apposita utility, che intercetta i risultati delle varie elaborazioni e modifica l'output in base alle impostazioni scelte dall'utente.

INTRODUZIONE

È stato sviluppato e messo a disposizione del pubblico (Andreuccetti et al., 2017-2019) uno strumento, basato su interfaccia web, che consente di importare file generati nel dominio del tempo o della frequenza da catene di misura nell'ambito CEM, e quindi procedere alla visualizzazione grafica e, nel caso in cui i dati lo consentano, di accedere a strumenti di elaborazione per determinare, ad esempio, vari indici radioprotezionistici, tra cui gli indici di picco ponderato secondo le principali normative, visualizzare l'andamento della variazione $\Delta B/3s$, lo spettro, o eseguire l'interpolazione su vari indici a seguito di misure su uno solo di essi.

Tale applicativo è costituito da componenti che si relazionano in modo da permetterne una completa gestione da parte dell'amministratore del sistema, e l'importazione dei dati e l'esecuzione delle utility di elaborazione da parte degli utilizzatori.

Sia le informazioni necessarie alla gestione del sistema, sia i dati relativi alla strumentazione di misura, sono memorizzati in un database relazionale (RDB), gestito tramite interfaccia web.

Le utility di elaborazione sono state sviluppate in linguaggio PHP se rivolte all'acquisizione dei file in input, in Python qualora si sia resa necessaria una maggiore efficienza computazionale.

Il dialogo tra l'interfaccia web e l'ambiente Python è garantito da uno strato intermedio bidirezionale, il GateWay to Python (GW2Py), che rende disponibili a una procedura Python (e viceversa) i dati inseriti in una pagina HTML e trasmessi sulla rete con protocollo HTTP.

La produzione di grafici ottenuti dalle applicazioni realizzate è stata infine realizzata tramite jqPlot, un plugin Javascript basato sul framework jQuery.

Sono stati definiti dei formati standard (uno per i dati nel dominio del tempo e uno per quelli nel dominio della frequenza) in cui convertire i file generati dalla strumentazione prima di procedere alla loro elaborazione. In questo modo la procedura di analisi è standardizzata e per ogni file è necessario personalizzare solamente la fase in cui viene omogeneizzato al formato convenuto. Inoltre, questo ha permesso di sviluppare un sistema che, generalizzando quanto prodotto per alcune catene di misura note, elabora file ottenuti - in linea di principio - da qualunque catena purché rispetti certe caratteristiche che si è cercato di mantenere il più possibile universali.

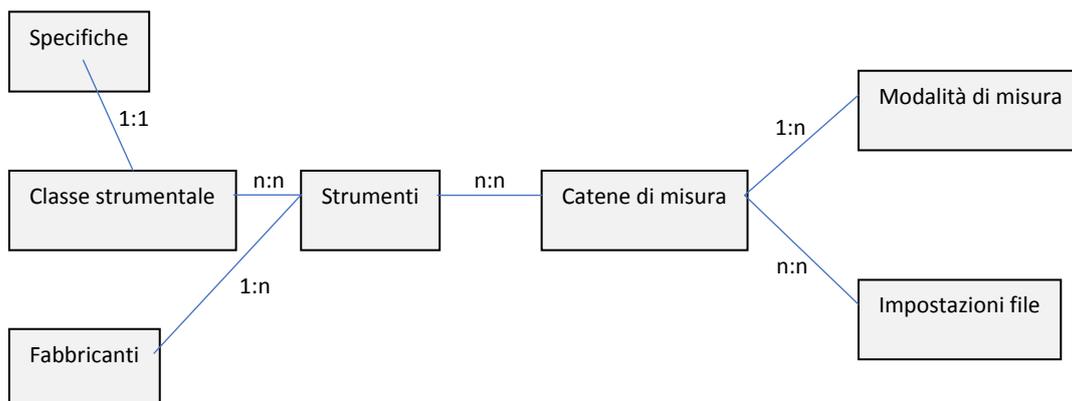
IL DATABASE DI GESTIONE

Il sistema di gestione della strumentazione di misura tramite RDB ha semplificato il procedimento di analisi delle varie tipologie di file in output dalle diverse catene strumentali. Lo stesso approccio è stato infatti utilizzato sia per collegare una tipologia di file alle catene in archivio, sia per descrivere analiticamente la struttura del file stesso (fig. 1).

Sono state realizzate pagine specifiche per tutti gli aspetti inerenti alla gestione della strumentazione (fabbricanti, classi strumentali, specifiche tecniche, strumenti di misura, catene, impostazioni dei file).

In particolare, a una catena viene associato un file con caratteristiche di formattazione specifiche. Il sistema relazionale consente di gestire in maniera agevole strumenti che generano file di output formattati allo stesso modo. Per ogni impostazione è necessario specificare i parametri che permettono di interpretare correttamente la formattazione del file di output (in formato testuale o foglio di calcolo), e caricare un file di esempio da visualizzare nel sistema di gestione delle catene associate a questa impostazione.

Figura 1– Struttura relazionale dello schema relativo alla strumentazione di misura.



Il template relativo all'interfaccia di gestione, comune a tutti questi elementi, prevede:

- un sistema evoluto di filtri in base ai campi della tabella per cui si possono definire gli elementi da includere, escludere, se effettuare un'intersezione sugli oggetti definiti, se considerare o no caratteri speciali ed elementi vuoti o di tipo NULL;
- un modulo per la definizione dell'ordinamento dei risultati, con opzione ascendente o discendente e possibilità di forzare un cast sul tipo di dato;
- un sistema per la gestione multipagina con definizione del numero di risultati per pagina, e pulsanti per accesso alle altre pagine;
- tabella di gestione dei singoli record con possibilità di inserire, modificare o eliminare elementi.

L'INTERFACCIA DELL'APPLICAZIONE

L'interfaccia utente è costituita due sezioni dedicate a catene strumentali presenti in archivio, operanti rispettivamente nel dominio del tempo e della frequenza, da una sezione per accettare file forniti dall'utente in formato personalizzato (fornendo tutti i parametri necessari alla loro corretta interpretazione), e infine da una dedicata alla personalizzazione dell'aspetto dei grafici.

La selezione ed importazione dei file è diversa a seconda che si voglia utilizzare una delle schede relative a procedure specializzate o quella dedicata ai formati non standard. Al momento dell'invio dei dati al server, le due procedure vengono allineate e offrono le stesse opzioni all'utente. Schematicamente, si comportano come visualizzato in tab. 1.

Tabella 1 - Successione dei passaggi per le due modalità di selezione dei file.

Catena da archivio	File generici
<ul style="list-style-type: none"> Scelta di una catena di misura Impostazione dei parametri 	<ul style="list-style-type: none"> Selezione del dominio (tempo o frequenza) Definizione dei parametri specifici per il dominio selezionato Definizione dei parametri relativi alla modalità di misura (fattore di conversione, offset in tensione, unità di misura) Eventuale scelta della catena da archivio, per modificare in seguito solo alcuni parametri Impostazione dei parametri per la scansione del file Esportazione degli stessi in formato JSON
<ul style="list-style-type: none"> Selezione e caricamento dei file Eventuale ordinamento dei file 	
	<ul style="list-style-type: none"> Eventuale test di verifica sul formato dei file
<ul style="list-style-type: none"> Invio dei file al server 	

FILE DATI DA STRUMENTI NEL DOMINIO DEL TEMPO

In questa sezione l'utente può selezionare una catena di misura presente in archivio e la grandezza misurata. Se è richiesta l'impostazione di alcuni parametri, viene generata l'interfaccia necessaria per la loro definizione (Andreuccetti et al., 2018). Ad esempio, per una strumentazione basata su un analizzatore Narda ELT-400 (fig. 2), vanno specificati:

- tipo di sonda (3 cm² o 100 cm²),
- impostazioni dello strumento,
- frequenza di campionamento impostata nell'acquisitore collegato all'uscita analogica.

Figura 2– Interfaccia per la selezione di una catena strumentale da archivio, definizione delle impostazioni di misura, caricamento e ordinamento dei file.



Selezionando i file dati, l'interfaccia consente di ordinarli tramite un semplice trascinarsi del mouse, in modo che, una volta trasmessi al server, vengano elaborati nello stesso ordine in cui sono stati generati dalla strumentazione.

In seguito, inviando i dati al server, si attivano le opzioni di visualizzazione ed elaborazione. Queste verranno analizzate nel seguito, dopo aver introdotto la gestione di file generici, in quanto le due modalità di analisi coincidono a partire dal caricamento dei file.

FILE DATI DA STRUMENTI NEL DOMINIO DELLA FREQUENZA

Le procedure dedicate all'elaborazione di file dati generati da specifiche catene di misura operanti nel dominio della frequenza sono attualmente in fase di sviluppo e non sono disponibili al pubblico. Sono comunque strutturate in maniera analoga a quelle nel dominio del tempo. Una volta caricato il file dati sul server, si viene rimandati alla sezione comune relativa alla produzione dei grafici e all'elaborazione.

FILE DATI GENERICI DA STRUMENTI IN ARCHIVIO O DA CATENA PERSONALIZZATA

Qualora si rendesse necessario gestire file non riconducibili ad un modello memorizzato in archivio, è necessario specificarne i parametri che ne consentano la corretta interpretazione prima dell'elaborazione vera e propria.

A seconda del dominio scelto dall'utente (Tempo o Frequenza), viene generato un menu nel quale inserire i parametri per caratterizzare ciascun dato: nel dominio del tempo, uno tra risoluzione temporale, frequenza di campionamento e colonna contenente i valori di tempo; nel dominio della frequenza, fattori di integrazione e uno tra distanza spettrale, larghezza di banda di risoluzione e colonna contenente i valori di frequenza.

Contestualmente, compaiono i dati relativi alle catene di misura presenti in archivio relativamente al dominio selezionato. Una volta selezionata la catena, si specificano eventuali impostazioni strumentali e il formato del file in output.

Allo stesso tempo, una scheda denominata 'Struttura file' (fig. 3) viene popolata con i parametri relativi al formato del file associato a questa catena di misura, secondo i parametri specificati. In particolare, sono riportate le informazioni:

- se file di testo o di foglio di calcolo, e in tal caso il progressivo del foglio da considerare;
- il numero di righe iniziali da saltare (o una stringa contenuta nell'ultima riga da saltare);
- il progressivo delle colonne da saltare;
- il simbolo delle grandezze fisiche;
- il carattere che funge da separatore tra i dati;
- come gestire eventuali dati non validi;
- se le colonne che riportano i dati sono ripetute più volte.

Figura 3 - Scheda 'Struttura file'.



Questi dati sono convertibili in e da un oggetto JSON, tramite apposite funzioni. Questo permette di memorizzare i parametri relativi ad un particolare tipo di file, e riutilizzare in un secondo tempo

una struttura nota senza fare riferimento a dati in archivio o dover procedere ad un nuovo inserimento manuale.

L'utente può quindi selezionare i propri file, disponendoli in modo da essere elaborati secondo l'ordine in cui sono stati prodotti.

È inoltre disponibile una procedura che verifica la compatibilità dei file selezionati con il formato associato alla catena selezionata.

A questo punto i file possono essere inviati al server. Le successive elaborazioni si riallineano con quelle per le catene di misura per cui sono previste le procedure di scansione specifiche. In particolare, si viene rimandati alla scheda relativa al dominio cui sono riferiti i file dati.

Qualora si debbano analizzare file-dati che non provengono né dalle catene per cui sono state definite procedure specifiche, né dalle catene inserite in archivio e per le quali sia stato definito un formato di file specifico, è necessario ricorrere all'inserimento manuale dei parametri che definiscono la struttura del file.

LA VISUALIZZAZIONE DEI DATI

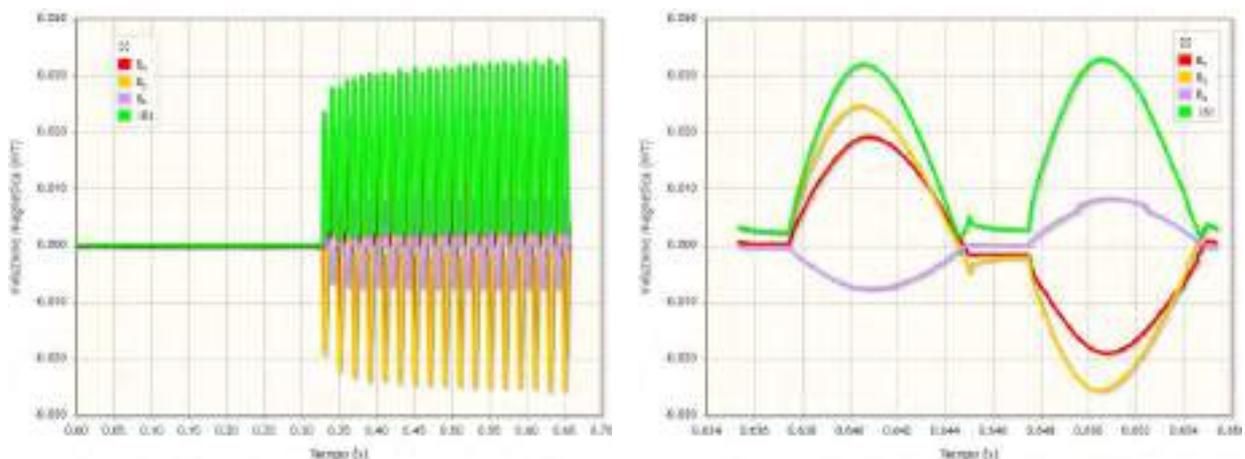
Quando l'utente carica i file sul server, questi vengono interpretati a seconda delle impostazioni specificate (sia che si tratti di un modello di file da archivio, sia di uno personalizzato), e viene rimandato alla sezione relativa (tempo o frequenza). Qui viene presentata una scheda contenente una tabella riassuntiva dei dati inviati, ed una in cui sono presenti le opzioni di visualizzazione ed elaborazione dei dati.

Se i dati inviati al server appartengono al dominio della frequenza o è presente solo il modulo del campo, è prevista la sola visualizzazione dei dati acquisiti (fig. 4). Questo è possibile nelle due seguenti modalità.

- **Tutti i dati (condensati).** Visualizza i dati nell'intero intervallo di tempo o di frequenza, ma in formato condensato in modo da non sovraccaricare eccessivamente client e server in caso di quantità considerevoli di dati.
- **Zoom intorno al massimo.** Vengono visualizzati solo i dati attorno al valore massimo, in formato non condensato.

È possibile restringere l'intervallo di interesse (nel tempo o nella frequenza) impostando manualmente gli estremi desiderati. In questo modo si otterrà un grafico più aderente ai dati originali nella sola zona di interesse, dal momento che i dati vengono condensati a partire da un set più ristretto.

Figura 4 - Visualizzazione dello stesso set di dati utilizzando le due opzioni: "Tutti i dati condensati" (a sinistra) e "Zoom intorno al massimo" (a destra).

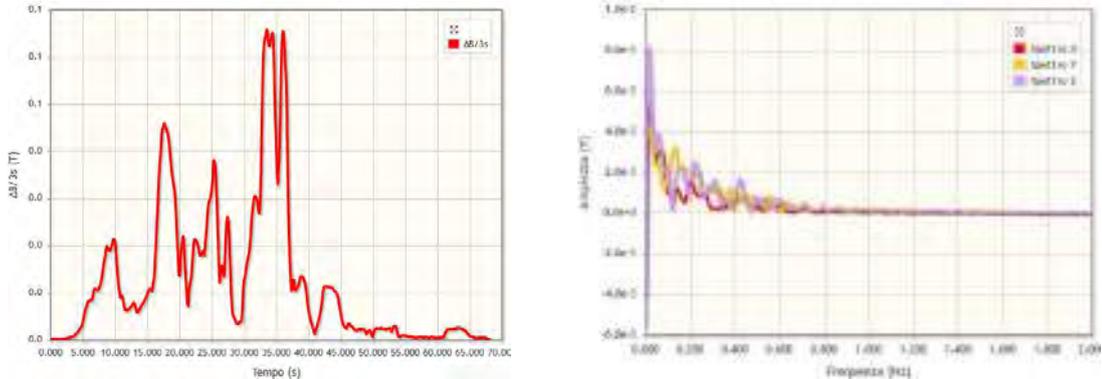


LE ELABORAZIONI NEL DOMINIO DEL TEMPO

Qualora i dati nel dominio del tempo includano le componenti di induzione magnetica, si attivano ulteriori opzioni. In particolare, è possibile generare una tabella ed un grafico riportanti, rispettivamente, i dati relativi a $\text{Max } \Delta B/3s$ e il suo andamento nel tempo (fig. 5, a sinistra) e una tabella con i dati relativi al calcolo dello spettro (in cui sono visualizzate la grandezza fisica

misurata, il numero di componenti spettrali e la risoluzione in frequenza) e due grafici che ne riportano l'andamento, in formato continuo e discreto (fig. 5, a destra, per quanto riguarda il formato continuo):

Figura 5 - Grafico relativo a Max $\Delta B/3s$ (a sinistra) e visualizzazione continua dello spettro (a destra).



Una volta calcolato lo spettro, si attiva un'ulteriore sezione, che consente di calcolare gli indici di picco ponderato e gli indici della somma spettrale lineare nel dominio della frequenza.

LA PERSONALIZZAZIONE DEI GRAFICI

Quando viene generato un grafico, è possibile salvarlo in formato PNG e personalizzare i parametri per ridisegnarlo tramite un'apposita maschera di inserimento (Figura 6), in cui l'utente può impostare i parametri di interesse (titolo, colori, formato delle serie, assi...).

I parametri di personalizzazione di un grafico sono esportabili in (e successivamente importabili da) formato JSON, in modo da evitare di reinserirli manualmente dopo una successiva elaborazione.

Figura 6 - Inserimento dei parametri per la personalizzazione dei grafici.



CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

L'applicazione disponibile online mette a disposizione al pubblico, e in particolare ai tecnici operanti nel settore della protezione dall'esposizione ai campi elettromagnetici, una serie di strumenti automatizzati che consentono la determinazione di grandezze rilevanti (come indici radioprotezionistici o distanze di rispetto) ottenibili dai dati forniti dall'utente in seguito a proprie misure.

Per alcune catene di misura operanti nel dominio del tempo sono state sviluppate procedure specifiche che consentono di selezionare la catena utilizzata e caricare i propri file. Lo stesso tipo di lavoro è in corso per quanto riguarda il dominio della frequenza.

Gli operatori possono inoltre utilizzare una funzionalità avanzata che consente loro di caricare file ottenuti da una generica catena di misura, specificandone in dettaglio il formato. È inoltre possibile

fornire i dettagli tecnici relativi ad una nuova catena (e le specifiche associate ai file prodotti) richiedendo che questa sia inserita in archivio ed essere così messa a disposizione di altri tecnici eventualmente interessati.

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.

BIBLIOGRAFIA

Andreuccetti D., Comelli M., Zoppetti N., *WEBNIR. Piattaforma web sviluppata 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.* 2017-2019. (<http://webnir.ifac.cnr.it/>).

Andreuccetti D., Comelli M., D'Agostino S., Falsaperla R., Zoppetti N., *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*, 2018, Atti del convegno dBA2018, I rischi fisici nei luoghi di lavoro, ISBN 978-88-940868-6-7.