

**Programma Strategico del Ministero della Salute:
Sicurezza e tecnologie sanitarie
Capofila: Istituto Superiore di Sanità**

**Progetto 2: Rischi diretti e indiretti per la salute e la sicurezza di lavoratori e pazienti
derivanti dall'utilizzo nelle strutture sanitarie di tecnologie emergenti basate sui
campi elettromagnetici**

Destinatario Istituzionale: INAIL

RELAZIONE FINALE SULLE ATTIVITÀ DEL PROGETTO

OBIETTIVI DEL PROGETTO

Obiettivo principale del progetto è la definizione di procedure per l'utilizzo in sicurezza delle tecnologie basate sui campi elettromagnetici in ambiente sanitario (diagnosi, terapia, telecomunicazioni, ecc.), in un'unica prospettiva che integri la protezione dei lavoratori e l'ottimizzazione dei benefici sui pazienti. In particolare:

- messa a punto di tecniche per la valutazione dell'esposizione occupazionale per apparati che emettono campi elettrici e magnetici presenti nelle strutture sanitarie e in particolare nei siti di Risonanza Magnetica.
- valutazione dell'efficacia e appropriatezza delle normative per la protezione della salute dei lavoratori esposti ai campi elettromagnetici utilizzati in RM;
- valutazione dei rischi per il lavoratore portatore di dispositivi impiantabili attivi nell'ambiente elettromagnetico caratteristico di una struttura ospedaliera;
- valutazione degli aspetti protezionistici connessi all'introduzione di tecnologie wireless in ambiente ospedaliero,
- definizione di procedure per l'utilizzo in sicurezza delle tecnologie basate sui campi elettromagnetici in ambiente sanitario (diagnosi, terapia, telecomunicazioni, ecc.), in un'unica prospettiva che integri la protezione dei lavoratori e l'ottimizzazione dei benefici sui pazienti.

PARTECIPANTI E QUOTE DI FINANZIAMENTO (TOTALE CONTRIBUTO MINISTERO 280.000 EURO)

Unità interne al progetto (con finanziamento come da piano approvato dal Ministero):

- U.O. I - INAIL - Dipartimento di Igiene del Lavoro ex Ispesl- Laboratorio Radiazioni Non Ionizzanti (34.000 Euro)
- U.O. II - ISS - Radiazioni Non Ionizzanti (93.000 Euro). All'unità operativa, inizialmente costituita esclusivamente da personale del reparto di Radiazioni Non Ionizzanti del Dipartimento di Tecnologie e Salute dell'ISS, si sono aggiunte, senza

oneri a carico del progetto, due unità di personale a tempo indeterminato dell'ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

- U.O. III - ISS - Bioingegneria Cardiovascolare (93.000 Euro)
- U.O. IV - CNR - Istituto di Fisica Applicata Nello Carrara (IFAC) (30.000 Euro)
- U.O. V - ENEA - Unità Tecnica di Biologia delle Radiazioni e Salute dell'Uomo (UT BIORAD) (30.000 Euro).

Unità esterna collaborante (senza finanziamento Ministero):

- U.O. VI - Policlinico S. Matteo (Pavia).

Strutture ospedaliere collaboranti:

- Ospedale San Giovanni Calibita Fatebenefratelli (Roma)
- Ospedale Pediatrico Bambino Gesù (Roma)

1. INTRODUZIONE

Come già evidenziato nella relazione relativa alla prima annualità, l'avvio delle attività del progetto è stata penalizzata dalle problematiche di attuazione della legge 30 luglio 2010 n. 122, di conversione con modificazioni del Decreto legge 31 maggio 2010 n. 78, che ha disposto la soppressione dell'ISPESL e la contestuale attribuzione all'INAIL di tutte le funzioni del medesimo, incluso ogni rapporto attivo o passivo. La fase iniziale è stata pertanto rallentata per tutte le unità operative a causa della necessità di allineare le procedure amministrative nel nuovo contesto e integrare la struttura dell'ex-ISPESL all'interno dell'INAIL. Di tale condizione hanno soprattutto sofferto le unità operative INAIL, ENEA e CNR-IFAC, che sono entrate nella disponibilità dei fondi erogati dal Ministero con forte ritardo.

L'accordo di collaborazione tra INAIL ed Istituto Superiore di Sanità relativo al progetto è stato infatti sottoscritto in data 8 marzo 2011 e l'Istituto Superiore di Sanità ha potuto emettere mandato di pagamento all'INAIL della prima rata, per un importo di 56.400 Euro, in data 14 giugno 2011.

Detto importo, per problematiche di natura contabile legate all'attribuzione dei capitoli di spesa, non è stato in ogni caso immediatamente utilizzabile da parte dell'U.O. INAIL, delle U.O. CNR IFAC e ENEA con le quali le convenzioni con INAIL sono state stipulate rispettivamente il 28 giugno 2012 (CNR-IFAC) e il 30 luglio 2012 (ENEA).

Questa indisponibilità delle risorse economiche ha comportato ritardi anche sull'acquisizione del personale. L'U.O. INAIL ha potuto attribuire pertanto l'incarico di collaborazione previsto solo in data 2 maggio 2013 e per un periodo limitato di 5 mesi sul totale atteso di 9. La seconda proroga concessa dal Ministero (fino al 30 dicembre 2013), ha poi permesso di prolungare tale incarico di ulteriori 3 mesi.

Per quanto riguarda la UO ENEA, per lo stesso motivo il previsto contratto per un'unità di personale è stato attribuito il 1 agosto 2013, e quindi è rendicontabile per un periodo di cinque mesi (fino al 30 dicembre 2013). Poiché trattasi di un contratto subordinato a tempo determinato, le risorse economiche previste dal piano esecutivo del Progetto ne hanno comunque coperto pressoché interamente il costo per il periodo di riferimento.

Relativamente a INAIL, capofila del progetto e U.O. I, le difficoltà del quadro descritto, unitamente al fatto che tutte le attività di coordinamento e sperimentali sono state

effettuate a Roma, hanno di fatto comportato un utilizzo estremamente ridotto delle risorse economiche previste dal piano esecutivo del Progetto, che pertanto saranno quasi integralmente restituite al Ministero.

2. SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE

Il Progetto è stato caratterizzato da una forte sinergia tra tutte le unità operative coinvolte. E' stato prima di tutto prodotto e condiviso un piano esecutivo articolato in Work-Package (allegato 1), al fine di consentire un'ottimale programmazione e verifica delle attività svolte. Il piano di lavoro e la metodologia per lo svolgimento del progetto è stato articolato su 5 Work-Package (WP), il cui dettaglio è riportato in allegato. Nelle varie attività si è pienamente integrata l'U.O. VI - Policlinico S. Matteo (Pavia), a proprie spese, in virtù della elevata esperienza e competenza nello specifico settore della protezione dai campi elettromagnetici in relazione alle tecnologie sanitarie.

Il coordinamento del progetto, da parte del responsabile scientifico, è stato curato dall'U.O. I-INAIL.

Si elencano di seguito i 5 WP:

WP1: Stato dell'arte. Tecnologie e pratiche che comportano esposizione ai campi elettromagnetici in ambiente sanitario.(WP Leader INAIL).

Output del WP:

condivisione tra le UU.OO. delle conoscenze ed esperienze generali sul tema;
accordi con strutture sanitarie;
individuazione delle tecnologie, sorgenti e pratiche su cui focalizzare l'interesse.

WP2: Metodologie per la valutazione (radiometrica e dosimetrica) dell'esposizione. (WP Leader U.O. IV – CNR-IFAC per le valutazioni in bassa frequenza, e U.O. V – ENEA per le valutazioni in alta frequenza).

Output del WP:

condivisione tra le UU.OO. delle conoscenze ed esperienze sulle metodologie di valutazione dell'esposizione;
report (sintetico) sulle procedure di valutazione;
report di misura in relazione alle nuove indagini effettuate.

WP3: Esposizione occupazionale in Risonanza Magnetica: efficacia e appropriatezza delle normative protezionistiche. (WP leader U.O. II – ISS - Radiazioni Non Ionizzanti)

Output del WP:

report sulle attività;
report sulle procedure operative.

WP4: Valutazione dell'interferenza elettromagnetica su dispositivi medici impiantabili attivi (DMIA). (WP leader U.O. III – ISS - Bioingegneria Cardiovascolare).

Output del WP:

report sulle attività.

WP5: Procedure operative per la protezione dei lavoratori e disseminazione dei risultati.

(WP Leader INAIL).

Output del WP:

report sulle procedure operative;

fact sheet per gli operatori, le strutture e direzioni sanitarie, i responsabili RSPP, i pazienti.

In aderenza a questa suddivisione operativa, sono di seguito illustrate le attività svolte, riunendo un'unica sintesi quelle cui hanno preso parte congiuntamente le diverse unità operative.

L'U.O. III - ISS, data la peculiarità della competenza specifica, ha svolto per lo più la sua attività individualmente, mantenendo in ogni caso un rapporto estremamente collaborativo con le altre unità operative, in particolare nell'effettuazione delle campagne di misura.

2.1.1 ATTIVITÀ WP1

- Attivazione degli strumenti di comunicazione e collaborazione all'interno del gruppo di lavoro. Nella fase iniziale, sono stati predisposti alcuni strumenti di comunicazione e condivisione di risorse, utili a semplificare il lavoro di gruppo e favorire la collaborazione tra le unità operative del Progetto. Sono stati attivati a questo scopo gli strumenti seguenti:

- o una lista di posta elettronica, che ha permesso di distribuire – con un unico indirizzo – messaggi a tutti i membri delle unità operative del progetto e ad alcuni collaboratori esterni; a fine progetto, la lista ha totalizzato oltre 1000 messaggi ed è risultata essere uno strumento chiave non solo per le attività di tipo logistico-organizzativo, ma anche per lo scambio di materiale e informazioni scientifiche, in particolare in relazione alle fasi di esecuzione di campagne di misura, di elaborazione dei risultati e di preparazione di comunicazioni a convegno e pubblicazioni;

- o un sito Web dedicato alle attività del progetto, attraverso il quale è stato possibile condividere agevolmente materiale di dimensioni rilevanti (per esempio: dati, immagini e filmati delle campagne di misura; testi, pubblicazioni, presentazioni) in modo più efficiente di quanto sarebbe stato possibile mediante la sola posta elettronica.

Il sito comprende una sezione di lavoro – con accesso protetto mediante username e password- e una sezione pubblica ad accesso libero. La sezione di lavoro contiene in particolare:

- l'elenco e la composizione delle unità operative, con i riferimenti di contatto dei membri;
- la documentazione tecnica prodotta dalla unità operative;
- il materiale acquisito in occasione delle campagne di misura: dati, elaborazioni, fotografie e filmati;
- una pagina di consultazione della raccolta bibliografica attinente le tematiche di interesse per l'attività scientifica del Progetto. Il materiale reperito (e via via aggiornato nel corso dello svolgimento del progetto stesso) è stato inserito in un archivio informatizzato accessibile via rete, organizzato per tipologia di problematica affrontata (per esempio:

Elettrobisturi, Risonanza magnetica, Stimolazione magnetica etc.). Una pagina riepilogativa del sito Web sopra descritto elenca le pubblicazioni inserite in archivio e permette di scaricare ciascuna di esse in formato PDF. L'archivio bibliografico a fine progetto contiene 235 pubblicazioni.

La sezione pubblica del sito – raggiungibile senza restrizioni di accesso all'indirizzo <http://embiolab.ifac.cnr.it/SitesP2pub/> – permette invece di accedere alle pubblicazioni e alle presentazioni a convegno realizzate dalle unità operative e riconducibili alle attività del Progetto.

Nell'allegato 2 sono riprodotte alcune delle pagine del sito. **(attività a cura dell'U.O. CNR-IFAC).**

- Ricerca e raccolta della letteratura di interesse per gli obiettivi del progetto, finalizzata alla individuazione delle sorgenti e delle pratiche operative maggiormente significative. Le risultanze di questa rassegna, presenti sul sito Web precedentemente descritto, sono state propedeutiche alla scelta delle sorgenti da indagare e conseguentemente dei siti sanitari disponibili allo scopo. Si è deciso pertanto di focalizzare l'interesse sui presidi di Risonanza Magnetica e sugli apparati di elettrobisturi e di conseguenza sono state selezionate più strutture sanitarie sul territorio nazionale, disponibili ad ospitare campagne di misura ed effettuati sopralluoghi preliminari presso le stesse. Per quanto riguarda la Risonanza Magnetica (RM) è stata anche approfondita l'indagine a livello nazionale sulle pratiche di maggior interesse protezionistico, in quanto comportano la presenza di personale sanitario nella sala RM durante l'esame, anche sulla base delle indicazioni dedotte dalle esperienze di ricerca precedentemente condotte nell'ambito delle attività ex Ispesl, e sono state individuate le situazioni in cui siano prevedibili elevate esposizioni del personale sanitario (es. esami su bambini o pazienti anestetizzati). **(UU.OO. partecipanti: INAIL, ISS – Radiazioni Non Ionizzanti, CNR-IFAC, ENEA, Policlinico S. Matteo).**
- Predisposizione di una scheda “sorgenti CEM” nelle strutture sanitarie (allegato 3) **(attività a cura dell'U.O. Policlinico S. Matteo).**

La ricognizione delle fonti di esposizione ai campi elettromagnetici presenti nelle strutture sanitarie è stato uno dei primi obiettivi che il progetto si è posto. Questa attività ha prodotto un documento riepilogativo, redatto dall'U.O. 6 (Policlinico San Matteo di Pavia) e riportato in allegato 3. La ricognizione ha permesso di mettere in evidenza non solo la numerosità e la varietà delle sorgenti di campi elettromagnetici presenti nelle strutture sanitarie, ma anche la scarsa consapevolezza che gli operatori coinvolti e il personale addetto alla sicurezza hanno a proposito di questo fattore di rischio fisico. È emersa quindi l'esigenza di acquisire informazioni sui livelli di esposizione determinati dalle sorgenti in questione. Nei casi più complessi – come l'esposizione agli apparati per risonanza magnetica e agli elettrobisturi – si è anche evidenziata la necessità di predisporre e diffondere delle idonee procedure di valutazione dell'esposizione stessa: sebbene, infatti, su questi argomenti siano disponibili numerosi articoli scientifici, non esiste tuttavia ancora una metodica

consolidata a livello nazionale che permetta agli organi di controllo nazionali di gestire la valutazione del rischio in modo omogeneo.

- Individuazione, mediante ricerca bibliografica, delle raccomandazioni operative delineate, in ambito internazionale, per la riduzione dell'esposizione e degli effetti dovuti ai campi magnetici per il personale di Risonanza Magnetica. E' stato redatto un documento (allegato 4) nel quale si riportano le indicazioni operative reperibili in letteratura per la riduzione dell'esposizione sia del personale sanitario, sia di quello che opera all'interno di siti di Risonanza Magnetica per attività connesse quali ad esempio la pulizia e manutenzione degli apparati. Il documento è stato redatto nel corso del primo anno di attività del Progetto, ovvero prima della pubblicazione, a giugno 2013, della direttiva 2013/35/UE per la protezione dei lavoratori dall'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici. Poiché tale direttiva, che abroga la 2004/40/CE, introduce uno specifico approccio per la protezione dei lavoratori in RM, il documento dovrà essere verosimilmente aggiornato alla luce delle indicazioni che verranno fornite dalle guide pratiche previste dall'art.14 della direttiva medesima (**attività a cura dell' U.O. INAIL**).

2.2 ATTIVITÀ WP2

- Interconfronto tra diversi software di dosimetria numerica dei campi elettromagnetici a bassa frequenza (fino a qualche centinaio di kilohertz, kHz), con la finalità di verificarne la compatibilità dei risultati nelle medesime condizioni di simulazione. L'attenzione è stata focalizzata sulla bassa frequenza in quanto ad oggi meno indagata nell'ambito della modellistica numerica. Obiettivi primari di questo interconfronto consistono nella possibilità di dare risposta ad una serie di esigenze tra cui:
 - o validare i risultati dosimetrici di ogni singolo applicativo, in modo più approfondito di quanto sia fattibile attraverso verifiche sperimentali o confronti con soluzioni analitiche di problemi elementari;
 - o evidenziare i punti di forza ed i limiti dei pacchetti software analizzati, in modo da individuare gli ambiti applicativi più adatti ad ognuno di essi;
 - o stabilire se – e fino a che punto – programmi distinti, applicati alla soluzione del medesimo problema, forniscano risultati compatibili, pur facendo uso di metodi diversi per la modellizzazione delle sorgenti e/o per la formulazione e la soluzione numerica delle equazioni di accoppiamento con l'oggetto esposto;
 - o ricavare indicazioni sul livello tipico di accuratezza che può caratterizzare i risultati della dosimetria numerica.

Un quadro sinottico delle varie simulazioni effettuate è fornito nell'allegato 5. **(UU.OO. partecipanti: INAIL, ISS – Radiazioni Non Ionizzanti, CNR-IFAC, ENEA).**

- Realizzazione di un prototipo di set-up sperimentale per la misura delle proprietà dielettriche di tessuti biologici a bassissime frequenze ($f < 10$ Hz), relativamente alle quali vi è ad oggi una carenza di dati sperimentali. Le proprietà dielettriche dei tessuti (permittività ϵ e conducibilità σ) sono utilizzate nei modelli di organismo impiegati per il calcolo delle grandezze dosimetriche interne (a queste frequenze campo

elettrico *in situ* e densità di corrente indotta), utili ai fini del confronto con i limiti di esposizione. Agli scopi del progetto, l'interesse nella determinazione di queste grandezze è legata alle valutazioni dosimetriche relative all'esposizione degli operatori sanitari in RM, in particolare per quanto riguarda gli aspetti connessi al movimento nel campo magnetico statico non uniforme. Il prototipo del set-up di misura è stato realizzato **dall' U.O. ENEA (allegato 6)**.

- Messa a punto di un sistema di misura per i campi magnetici di gradiente presenti in risonanza magnetica. Per la misura di questi segnali, che presentano forme d'onda complesse con contributi spettrali fino a qualche kHz, è stata messa a punto una catena di misura *ad-hoc* – il cui schema a blocchi è riportato nell'allegato 7. (**attività a cura dell' U.O. ENEA**).
- Valutazione dell'esposizione degli operatori sanitari in RM. Sono stati estesi ai tomografi a 3 T a corpo intero il protocollo operativo e la metrica di valutazione messi a punto dalle UU.OO. in esperienze precedenti al progetto per i diversi segnali di RM (campo magnetico statico, campi magnetici di gradiente e campo pulsato a radiofrequenza). Sono stati valutati anche gli aspetti attinenti il movimento dell'operatore nel gradiente di campo magnetico statico. Poiché i risultati di attività di ricerca condotte dalle UU.OO. in esperienze precedenti, unitamente ai dati della letteratura, hanno evidenziato la non rilevanza ai fini protezionistici dei segnali in radiofrequenza, l'attenzione è stata focalizzata sugli aspetti di misura e metrica di valutazione dei segnali di campi magnetici di gradiente (CMG) e del campo magnetico in bassa frequenza "*percepito*" dall'operatore in seguito al movimento nel gradiente di campo magnetico statico. Relativamente a quest'ultimo aspetto, nell'approccio adottato si è trasformato infatti il problema di un soggetto in moto in un campo statico non omogeneo in quello di un soggetto immobile in un campo magnetico omogeneo variabile nel tempo a bassissima frequenza (pochi Hz). La metodica di valutazione proposta in questo caso ha solo il carattere di indagine scientifica e dovrà essere rivista alla luce delle indicazioni contenute nella prevista pubblicazione delle pertinenti linee guida dell'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Tali linee guida comporteranno peraltro anche l'aggiornamento dei requisiti protezionistici stabiliti dalla Direttiva 2013/35/UE su questa problematica, secondo quanto previsto dall'art. 11 comma 2) della direttiva medesima. Per quanto riguarda l'elaborazione dei segnali acquisiti, sono stati approfonditi anche gli aspetti legati all'applicazione del metodo del picco ponderato (MPP) nel dominio del tempo (DT) e nel dominio della frequenza (DF) per confrontare i risultati e fornire informazioni utili all'implementazione del metodo stesso. Il MPP per la valutazione di segnali complessi (non sinusoidali) è stato proposto come metodo di elezione dall'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) ed esplicitamente recepito come approccio preferenziale nella Direttiva Europea 2013/35/UE.

Tale attività, conseguente al lavoro sviluppato nell'ambito del WP1, si è avvalsa della collaborazione di strutture ospedaliere che, oltre ad ospitare le campagne di misura, hanno fornito il necessario supporto per simulare condizioni realistiche di esposizione (sequenze e pratiche operative) con particolare riferimento a condizioni di "caso

peggiore”, aventi maggiore interesse protezionistico. L’attività è descritta nel dettaglio nell’allegato 8 (**UU.OO. partecipanti: INAIL, CNR-IFAC, ENEA**).

- Valutazione dell’esposizione ai campi elettromagnetici prodotti dagli apparati di elettrobisturi. E’ stata affrontata in modo approfondito la problematica della valutazione dell’esposizione ai campi elettromagnetici determinata dagli apparati elettrobisturi, con l’obiettivo di predisporre e validare una procedura condivisa da proporre agli addetti alla sicurezza come strumento idoneo alla valutazione del rischio nelle strutture sanitarie. A questo fine, è stata ideata e realizzata in forma prototipale una configurazione di misura riproducibile in laboratorio, basata su una disposizione il più possibile standardizzata delle varie parti (generatore, conduttori, manipolo, fantoccio) e finalizzata alla determinazione delle distanze dal conduttore del manipolo, oltre le quali sono rispettati i limiti normativi. E’ stata effettuata anche una classificazione degli esposti (medico chirurgo, personale sanitario, esposti accidentali) che ha permesso di individuare nel personale sanitario il destinatario principale della procedura in corso di sviluppo. L’esposizione del chirurgo, data la prossimità con la sorgente, non può essere valutata in modo attendibile con metodi radiometrici (cioè con misure del campo elettrico e del campo magnetico non perturbati dal corpo del soggetto esposto, mirate alla verifica del rispetto dei livelli di azione), ma occorre invece ricorrere a metodi dosimetrici (cioè al calcolo numerico del campo elettrico indotto all’interno dei tessuti, finalizzato alla verifica del rispetto dei valori limite di esposizione) basati su una modellazione specifica del teatro espositivo. La problematica relativa al “fantoccio”, cioè al carico fittizio da utilizzare in sostituzione del corpo del paziente, è stata affrontata in modo approfondito e per l’effettuazione delle campagne di misura è stato realizzato un fantoccio preparato *ad hoc* con del gel salino avente caratteristiche dielettriche simili al tessuto umano alle frequenze di impiego, che ha permesso una analisi approfondita dei segnali emessi dall’elettrobisturi nelle diverse modalità di funzionamento (taglio e coagulo) in condizioni di presenza/assenza di arco elettrico.

E’ stato anche analizzato il problema della schermatura del conduttore che collega il generatore al manipolo, ritenuto responsabile del principale contributo al campo elettrico. I risultati delle misure sembrano dimostrare che l’applicazione di un qualche tipo di schermatura riduca considerevolmente il campo elettrico disperso dal conduttore del manipolo dell’elettrobisturi, pur se restano ancora aperti alcuni problemi tecnici da approfondire.

Dettagli sull’attività sono riportati nell’allegato 9. (**UU.OO. partecipanti: INAIL, ISS – Radiazioni Non Ionizzanti, CNR-IFAC, ENEA, Policlinico S. Matteo. Supporto da parte dell’U.O. ISS - Bioingegneria Cardiovascolare**).

- Valutazione preliminare dell’esposizione ad altre sorgenti di campi elettromagnetici in ambito sanitario. Oltre agli apparati per la risonanza magnetica e agli elettrobisturi descritti in dettaglio in apposite sezioni di questa relazione, sono state prese in considerazione anche altre sorgenti di campi elettromagnetici presenti negli ambienti sanitari, effettuando su di esse alcune campagne di misura preliminari. Queste hanno avuto principalmente lo scopo di raccogliere dati utili a delineare un quadro generale che possa servire anche a creare la giusta attenzione e consapevolezza sia

nel personale sanitario addetto alla sicurezza, sia in chi gestisce l'approvvigionamento delle nuove apparecchiature. Le più interessanti tra queste sorgenti sono risultate essere i **defibrillatori** e gli apparati per la **stimolazione magnetica transcranica**. Ulteriori dettagli su questa attività sono riportati nell'allegato 10. (**Attività a cura dell' U.O. IFAC-CNR**).

2.3 ATTIVITÀ WP3

È stata effettuata un'analisi dell'evoluzione delle normative di protezione, nazionali e internazionali, generali e specifiche per la RM, dai rischi connessi alle esposizioni ai campi elettromagnetici, al fine di una valutazione dell'efficacia e appropriatezza delle normative stesse, e ove possibile fornire indicazioni sia agli operatori che al legislatore affinché un'efficace protezione dei lavoratori si coniughi con la necessità che non vengano ostacolate pratiche di elevato beneficio sanitario per i pazienti .

Sono stati presi in esame anche gli aspetti normativi relativi agli esami diagnostici RM nella donna in gravidanza, in quanto la normativa nazionale attualmente prevede delle limitazioni che, in contrasto con i più recenti orientamenti protezionistici internazionali, precludono la possibilità di effettuare esami RM anche in casi in cui questi ultimi potrebbero essere dirimenti ai fini della salute sia della madre che del feto.

Gli esiti di questa attività sono riportati nell'allegato 11 (**UU.OO. partecipanti: INAIL, ISS – Radiazioni Non Ionizzanti**).

2.4 ATTIVITÀ WP4

L'U.O. III ISS - Bioingegneria Cardiovascolare ha sviluppato le seguenti attività:

- Identificazione delle sorgenti elettromagnetiche presenti in ambiente sanitario potenzialmente più critiche per pazienti/lavoratori portatori di DMIA. L'imaging mediante risonanza magnetica (MRI) è stato individuato come lo strumento di diagnosi clinica più critico per le sue potenziali interferenze con pazienti/lavoratori portatori di DMIA. La tecnologia WiFi ed i sistemi RFID sono stati invece identificati come tecnologie ICT emergenti;
- Sviluppo di simulatori di paziente/lavoratore portatore di DMIA per la valutazione dei rischi da interferenza elettromagnetica e definizione dei setup sperimentali di prova per valutare i rischi derivanti da sistemi MRI, sorgenti WiFi ed RFID. In particolare nel caso della RM, i simulatori dove alloggiare i DMIA sono stati realizzati in modo che possano essere utilizzati sia nel caso di paziente sottoposto ad indagine diagnostica che di lavoratore portatore di DMIA che operi nelle vicinanze di un sistema MRI. Per quanto riguarda le prove in ambiente MRI, il simulatore è stato dotato di sensori per rilevare in tempo reale l'attività del DMIA durante la scansione e misurare le correnti indotte dai campi di gradiente lungo l'elettrocattetero. Per quanto riguarda l'esposizione ai segnali WiFi ed RFID, il simulatore di paziente è stato dotato di un sistema per la lettura dell'attività del DMIA e per la simultanea generazione di un segnale fisiologico simulato, al fine di valutare il corretto funzionamento del DMIA quando esposto al segnale elettromagnetico, sia nelle sue funzioni di stimolazione che acquisizione.

- Sviluppo di un sensore miniaturizzato compatibile con l'ambiente MRI che possa essere utilizzato all'interno dei simulatori di paziente per misurare le correnti indotte lungo gli elettrocateri dai campi di gradiente durante la scansione e per monitorare in tempo reale l'attività del dispositivo impianto durante l'esposizione al campo elettromagnetico;
- Definizione e implementazione di sistemi di esposizione da laboratorio capaci di riprodurre in modo controllato i segnali Wi-Fi ed RFID, anche a potenze superiori rispetto a quelle concesse ai dispositivi commerciali, così da poter effettuare test di tipo provocativo.

I simulatori di paziente/lavoratore sono stati utilizzati in varie campagne di misura condotte sia in ambiente sanitario che in laboratorio, utilizzando come DMIA un impianto di pacemaker. La campagna di misura in RM, finalizzata a verificare potenziali interferenze su DMIA conseguenti al movimento di un operatore nel campo magnetico statico, è stata effettuata con il **supporto delle UU.OO. INAIL, CNR-IFAC, ENEA.**

La descrizione dettagliata delle attività svolte è riportata nell'allegato 12 (primo anno) e allegato13 (anni successivi).

2.4 ATTIVITÀ WP5

Le attività di questo Work Package, in particolare per quanto riguarda gli output previsti, hanno fortemente risentito delle difficoltà iniziali di avvio del progetto. Inoltre la direttiva 2013/35/UE, che abroga la 2004/40/CE ed è stata pubblicata solo pochi mesi prima della chiusura del progetto, ha introdotto innovazioni rilevanti per quanto riguarda la protezione dalle esposizione ai campi in bassa frequenza ($f < 10$ MHz), per l'attuazione delle quali saranno rilevanti le indicazioni delle guide pratiche applicative previste dall'art. 14 della direttiva stessa. Restando ancora aperti alcuni aspetti relativi alla valutazione e gestione del rischio, non è stato possibile definire e divulgare le previste procedure operative per la salvaguardia della salute dei lavoratori. Tuttavia nell'ambito delle attività degli altri WP si sono evidenziati alcuni aspetti di cui si dovrà comunque tenere conto nella stesura di dette procedure, applicabili in generale a tutte le sorgenti quali:

- distinguere per ogni sorgente le categorie di esposti (paziente - operatore principale - operatori ausiliari - pubblico);
- determinare, per ogni categoria individuata, il metodo più appropriato per la valutazione dell'esposizione (radiometrico/dosimetrico)
- valutare le distanze di sicurezza dalla sorgente oltre le quali siano rispettati i limiti normativi pertinenti (lavoratori/popolazione), come delineato ad esempio in dettaglio nell'allegato 9 relativamente agli apparati di elettrobisturi. Questo approccio si rivela particolarmente utile per la protezione dagli effetti indiretti (interferenze su dispositivi medici impiantati).

3 RISULTATI COMPLESSIVI RAGGIUNTI

Come previsto dal piano esecutivo, l'attività del progetto si è sviluppata seguendo due linee di ricerca fondamentali, ovvero valutazione dell'esposizione degli operatori a sorgenti di campi elettromagnetici in ambito sanitario e analisi dei rischi per i portatori di dispositivi medici impiantabili attivi (DMIA) derivanti dalle possibili interazioni di questi dispositivi con

l'ambiente elettromagnetico circostante. Il progetto è infatti finalizzato a fornire metodologie per una valutazione complessiva del rischio connesso alle mansioni lavorative in ambiente ospedaliero

In relazione al primo aspetto, si è deciso di focalizzare l'interesse sui presidi di Risonanza Magnetica e sugli apparati di elettrobisturi, ritenuti più significativi dal punto di vista protezionistico, sia per quanto attiene gli aspetti metrologici sia per la scelta della metrica di valutazione, ai fini del confronto con i limiti normativi, dei segnali rilevati. Per entrambe queste sorgenti, la valutazione del rischio presenta infatti notevoli complessità e non sono ad oggi disponibili protocolli operativi standardizzati. Per quanto riguarda la RM, è stato evidenziato che, non essendo in Italia praticata la RM interventistica, la condizione espositiva di maggiore interesse dal punto di vista protezionistico è rappresentata dai casi in cui sia richiesta la presenza di un operatore all'interno della sala magnete durante tutto l'esame, come ad esempio nel caso degli anestesisti per gli esami cardiaci sui bambini. Avvalendosi della collaborazione delle strutture ospedaliere che hanno partecipato all'attività di ricerca, sono state pertanto effettuate campagne di misura su tomografi a 3 T a corpo intero, dove è stata implementata una metodica basata sull'approccio innovativo messo a punto dalle UU.OO. partecipanti per la valutazione dei segnali con forma d'onda complessa, con riferimento sia i campi magnetici di gradiente (CMG) a bassa frequenza, sia al movimento nel gradiente di campo magnetico statico (CMS). Relativamente ai CMG in tutti i casi esaminati la valutazione ha evidenziato, nelle posizioni solitamente occupate dal personale sanitario, il rispetto dei livelli di riferimento stabiliti dall'International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) nel 2010 per i campi in bassa frequenza (1 Hz – 10 MHz). Tali limiti coincidono con i livelli di azione inferiori stabiliti dalla nuova direttiva 2013/35/UE per la protezione dei lavoratori dall'esposizione ai campi elettromagnetici. Tale direttiva, che abroga la 2004/40/CE, è stata pubblicata a giugno 2013 e dovrà essere recepita dagli Stati membri entro il 1 luglio 2016. La direttiva prevede tuttavia la possibilità di deroghe nel caso dei lavoratori addetti alla RM, e anche questo aspetto, come altri aspetti normativi, è stato analizzato nell'ambito del progetto.

Anche la valutazione degli aspetti legati al movimento nel CMS, basata su azioni simulate dal personale sanitario che ha partecipato volontariamente alle campagne di misura, non ha evidenziato particolari criticità pur se la metodica proposta in questo caso ha solo un carattere accademico e dovrà essere rivista alla luce delle indicazioni contenute nella prevista pubblicazione delle pertinenti linee guida dell'ICNIRP.

Relativamente alla RM è stata effettuata anche un'analisi critica dell'evoluzione delle normative di protezione, nazionali e internazionali generali e specifiche, che ha messo in luce alcuni aspetti da prendere in considerazione in futuri approfondimenti tecnico-regolatori che dovranno essere messi in atto in vista del recepimento della direttiva europea 2013/35/UE previsto entro il 1 luglio 2016. L'analisi ha inoltre evidenziato alcune criticità presenti nella normativa nazionale relativa alle autorizzazioni all'installazione e uso di apparecchiature RM ad uso diagnostico, che prevede misure di sicurezza risalenti a oltre venti anni fa, nonostante l'aggiornamento delle conoscenze scientifiche in materia di protezione della salute dalle esposizioni ai campi elettromagnetici. Una prima criticità consiste nel fatto che la protezione dei lavoratori nei confronti delle esposizioni al campo

magnetico statico si basa su concetti di protezione ritenuti superati dalla comunità scientifica, sia per quanto riguarda i valori numerici dei limiti di esposizione, eccessivamente cautelativi, sia perché vincola i limiti di esposizione al CMS al tempo di esposizione, implicando complesse procedure per la verifica del rispetto dei limiti che in realtà non hanno alcuna utilità ai fini della sicurezza dei lavoratori. Una seconda criticità della normativa nazionale è relativa alle misure di sicurezza previste nei confronti delle pazienti in gravidanza. La normativa nazionale, infatti, prevede attualmente delle limitazioni che, in contrasto con i più recenti orientamenti protezionistici internazionali, precludono la possibilità di effettuare esami RM anche in casi in cui questi ultimi potrebbero essere dirimenti ai fini della salute sia della madre che del feto.

Si auspica che tali criticità possano essere superate al più presto, nell'ambito del recepimento della direttiva europea 2013/35/UE, anche in considerazione del fatto che già l'Art. 212 del D.Lgs. 81/08 prevedeva l'elaborazione da parte del Ministero della salute di linee guida specifiche per il settore dell'utilizzo sanitario della RM, o di altro atto legislativo.

Passando agli apparati di elettrobisturi, tra i risultati già acquisiti si può citare l'aver studiato e realizzato in forma prototipale una configurazione di misura riproducibile in laboratorio, basata su una disposizione il più possibile standardizzata delle varie parti (generatore, conduttori, manipolo, fantoccio) e finalizzata alla determinazione delle distanze di rispetto dal conduttore del manipolo, oltre le quali siano rispettati i limiti normativi.

La problematica relativa al "fantoccio", cioè al carico fittizio da utilizzare in sostituzione del corpo del paziente, è stata affrontata in modo approfondito, giungendo a concludere che le misure di campo elettrico possono essere convenientemente eseguite "a circuito aperto" (cioè col manipolo dell'elettrobisturi non in contatto col simulatore del corpo del paziente), poiché in quel caso il campo elettrico è massimo; la condizione a circuito aperto non è solo accademica, perché corrisponde a situazioni operative che si possono verificare nell'uso effettivo. Il campo magnetico deve essere misurato invece con l'elettrobisturi richiuso su carico resistivo standard di basso valore (100-200 Ω), meglio se ottenuto utilizzando un'attrezzatura commerciale per il collaudo degli elettrobisturi.

Le prime misure hanno evidenziato la prevalenza, dal punto di vista radioprotezionistico, del campo elettrico rispetto al campo magnetico e dei limiti per la prevenzione degli effetti di stimolazione rispetto agli effetti termici: in particolare, il campo elettrico è maggiore nelle modalità di coagulazione, in cui al manipolo vengono applicate le tensioni di picco più elevate. Schermando il conduttore di collegamento del manipolo si potrebbe ottenere una sostanziale riduzione del livello di campo elettrico disperso, ma occorre chiarire preventivamente se vi possono essere conseguenze sul funzionamento clinico dell'elettrobisturi. Per il campo magnetico, la prevalenza degli effetti non termici deve essere verificata alla luce di una migliore caratterizzazione del ciclo di servizio dell'elettrobisturi nella pratica chirurgica.

In relazione ai defibrillatori e agli apparati per la stimolazione magnetica transcranica, dalle valutazioni preliminari eseguite è emerso che in prossimità di tali apparati possono essere superati i livelli di riferimento normativi, sia occupazionali, sia per la popolazione generale.

Sarebbe pertanto opportuno mettere in atto specifiche misure di tutela per prevenire il rischio derivante dall'esposizione ai campi elettromagnetici per i lavoratori e i soggetti che si trovino a stazionare in prossimità delle aree dove questi apparati vengono impiegati.

I risultati delle attività descritte sono stati diffusi mediante contributi a congresso nazionali ed internazionali e sono accessibili nella sezione pubblica del sito web dedicata al progetto (<http://embiolab.ifac.cnr.it/SitesP2pub/>).

Per quanto riguarda la valutazione dell'interferenza elettromagnetica su DMIA (rischi indiretti), l'attività di ricerca svolta nell'ambito del programma strategico ha portato alla realizzazione di simulatori di paziente con DMIA che potranno essere utilizzati per la valutazione dei rischi derivanti dall'esposizione all'ambiente MRI, sia nel caso di paziente sottoposto ad indagine diagnostica che di lavoratore portatore di DMIA che opera nelle vicinanze di un sistema MRI. Le prove in ambiente sanitario hanno evidenziato come, per un paziente sottoposto a MRI, il segnale prodotto durante la scansione possa indurre inibizione inappropriata dello stimolatore impiantato, quando questo non si trova in specifiche modalità di programmazione (i.e. stimolazione asincrona). E' stato dimostrato come i campi di gradiente abbiano la potenzialità di indurre correnti di intensità vicina alla soglia di stimolazione solo durante l'intervallo di pacing e come tali correnti abbiano anche la capacità di modificare l'impulso di stimolazione, con il rischio di portarlo sotto soglia e rendere inefficace la stimolazione stessa. I rischi descritti per il paziente portatore di pacemaker non hanno trovato riscontro per le condizioni di esposizione del lavoratore portatore di pacemaker. In questo caso un possibile rischio è stato però identificato nel movimento all'interno del campo magnetico statico presente in una sala per MRI (anche non durante la scansione). Dispositivi non programmati in specifiche modalità (i.e. stimolazione asincrona) possono infatti risentire di movimenti troppo rapidi ed interrompere in modo inappropriato la propria attività di stimolazione.

Il segnale WiFi si è dimostrato sostanzialmente innocuo per il paziente/lavoratore portatore di pacemaker: nessuna interferenza è stata infatti rilevata anche a potenze superiori rispetto a quelle concesse ai dispositivi commerciali.

Fenomeni di interferenza sono stati registrati (soprattutto alle basse frequenze (125 kHz e 13.56 MHz) per i terminali RFID, anche per potenze comparabili con quelle di dispositivi commerciali.

Nell'insieme, relativamente agli effetti indiretti il progetto ha evidenziato come le condizioni di esposizione al campo generato da sistemi per MRI siano significativamente diverse per il paziente portatore di DMIA sottoposto ad indagine diagnostica, rispetto al lavoratore portatore di DMIA che opera all'interno dell'ambiente MRI. Le diverse condizioni di esposizione implicano anche una diversa gestione del rischio: per il paziente candidato a un esame MRI i nuovi dispositivi certificati come MR-conditional garantiscono l'assenza di rischi (o quantomeno la presenza di rischi accettabili) in determinate condizioni di utilizzo; le stesse condizioni non possono essere invece applicate al caso del lavoratore, per il quale deve essere effettuata una diversa valutazione dei rischi. I terminali WiFi, se conformi ai limiti di emissione fissati dalle normative vigenti in materia, non rappresentano un rischio rilevante per i pazienti con DMIA. Più critici sono invece i sistemi RFID, in

particolare quelli operanti alle basse frequenze (LF e HF). Tuttavia, la gravità degli eventi osservati non determina un rischio immediato per la salute pubblica, ma suggerisce come il problema dell'interferenza da RFID su portatori di PMK e simili DMIA debba sicuramente essere tenuto in considerazione, anche in relazione al forte sviluppo di queste nuove forme di comunicazione RF.

Anche i risultati di questa attività sono stati diffusi alla comunità scientifica mediante contributi a congresso nazionali ed internazionali e pubblicazioni su rivista (alcune già disponibili, altre in fase di revisione).

5 PUBBLICAZIONI E CONTRIBUTI A CONGRESSO INERENTI IL PROGETTO

5.1 PUBBLICAZIONI

- Mattei E, Censi F, Triventi M, Bartolini P, Delogu A, Angeloni A, Del Guercio M, Calcagnini G: "*Sviluppo di un sistema ottico per la misura delle correnti indotte su cateteri endocavitari dai campi di gradiente in ambiente MRI*". Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2013 (Rapporti ISTISAN 13/40).
- Zoppetti N, Andreuccetti D, Bogi A, Stacchini N e Pinto I: "*Misure di campi elettrici e magnetici generati da defibrillatori*". IFAC-CNR Technical, Scientific and Research Reports (ISSN 2035-5831), Vol.5 (2013), pp.167-192. IFAC-TSRR-RR-12-013 (68-4). Firenze, dicembre 2013.
- Zoppetti N, Andreuccetti D, Bogi A, Stacchini N e Pinto I: "*Misure di campo magnetico generato da stimolatori magnetici transcranici*". IFAC-CNR Technical, Scientific and Research Reports (ISSN 2035-5831), Vol.5 (2013), pp.193-208. IFAC-TSRR-RR-12-1-013 (68-5). Firenze, dicembre 2013.
- Mattei E, Gentili G, Censi F, Triventi M, Calcagnini G: "*Impact of capped and uncapped abandoned leads on the heating of an MR-conditional pacemaker implant*". Magn Reson Med. 2014 Jan 16. doi: 10.1002/mrm.25106.
- Mattei E, Censi F, Delogu A, Ferrara A, Calcagnini: "*Setups for in vitro assessment of RFID interference on pacemakers*". G. Phys Med Biol. 2013 Aug 7;58(15):5301-16.
- Falsaperla R, Andreuccetti D, Ardoino L, Barbieri E, Contessa GM, Pinto R, Polichetti A, Zoppetti N: "*Dosimetria numerica a bassa frequenza: risultati preliminari di un interconfronto tra diversi software*" - Bollettino AIRP, Anno XXXIX Volume 171, n.3,4 – Agosto 2012. ISSN 1591-3481 e ISSN 2281-180X. http://www.airpcomunica.it/bollettini/bollettino%203-4%202012_web.pdf.
- Zoppetti N, Andreuccetti D, Bogi A e Pinto I: "*Esposizione occupazionale a campi magnetici con forma d'onda complessa: tre casi studio in ambito industriale e sanitario*". Bollettino AIRP (ISSN 1591-3481), Anno XXXIX, Vol.171, N.3-4, Agosto 2012, pag.121-128; ISSN1591-3481 e ISSN 2281-180X. http://www.airpcomunica.it/bollettini/bollettino%203-4%202012_web.pdf.
- Mattei E, Censi F, Triventi M, Bartolini P, Calcagnini G. "*Radiofrequency identification and medical devices: the regulatory framework on electromagnetic compatibility. Part II: active implantable medical devices*". Expert Rev Med Devices. 2012 May; 9(3):289-297.

- Mattei E, Censi F, Triventi M, Calcagnini G: *“Electromagnetic immunity of implantable pacemaker exposed to Wi-Fi devices”*. In fase di seconda revisione su Health Physics Journal.

5.2 PARTECIPAZIONE A CONVEGNI NAZIONALI E INTERNAZIONALI

- Pinto R, Zoppetti N, Merla C, Lodato R, Falsaperla R, Lopresto V, Contessa G M, Andreuccetti D: *“Il metodo del picco ponderato per la valutazione dell’esposizione occupazionale ai campi di gradiente emessi dagli apparati di risonanza magnetica”*. 8° Congresso Nazionale AIFM, Torino, 16 - 19 novembre 2013.
- Andreuccetti D, Ardoino L, Barbieri E, Bartolini P, Burriesci G, Calcagnini G, Coniglio A, Di Liberto R, Falsaperla R, Lopresto V, Mattei E, Pinto R, Polichetti A, Tomaiuolo M, Zoppetti N: *“Verso la definizione di una procedura condivisa per la valutazione dell’esposizione occupazionale ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrobisturi”*. Atti del XXXVI Convegno AIRP 2013: “Il nuovo sistema radiologico: situazioni di esposizione programmate, esistenti e di emergenza”, Palermo, 18 - 20 settembre 2013.
- Andreuccetti D, Bogi A, Pinto I, Stacchini N e Zoppetti N: *“Sorgenti di campo elettrico e magnetico con forma d’onda complessa in ambito sanitario”*. Atti del XXX Congresso Nazionale AIDII (Associazione Italiana degli Igienisti Industriali), Maranello (MO), 26-28 giugno 2013, ISBN 978-88-86293-22-8, pag.587-592.
- Pinto R, Zoppetti N, Merla C, Lodato R, Falsaperla R, Lopresto V, Contessa G M, Andreuccetti D: *“The weighted-peak method in time and frequency domain: an operative application to the analysis on MRI gradient signals”*. Proc. BIOEM2013, Thessaloniki (Greece), 10 -14 June 2013.
- Merlino A, Quadrio G, Andreuccetti D, Zoppetti N, Bogi A, Pinto I, Diamanti L, Pasqualini N e Zani P: *“Misure di campo elettromagnetico in ambito sanitario”*. Atti del XXXV Congresso Nazionale di Radioprotezione AIRP, Venezia, 17-19 ottobre 2012, pag.72-81, pubblicazione in formato elettronico, ISBN 978-88-88648-35-4.
- Mattei E, Calcagnini G, Triventi M, Delogu A, Del Guercio M, Angeloni A, Bartolini P: *“An optically coupled system for quantitative monitoring of MRI gradient currents induced into endocardial leads”*. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2013. Mattei E, Censi F, Triventi M, Bartolini P, Calcagnini G: *“Filtering of the MRI gradient fields interference for the detection of pacemaker activity”*. GNB2012, June 26th-29th 2012, Rome, Italy.
- Mattei E, Ferrara A, Censi F, Triventi M, Bartolini P, Calcagnini G: *“Electromagnetic interference of 125 kHz RFI systems on implantable pacemakers”*. GNB2012, June 26th-29th 2012, Rome, Italy.
- Falsaperla R, Andreuccetti D, Ardoino L, Barbieri E, Contessa G.M, Pinto R, Polichetti A, Zoppetti N: *“Interconfronto tra pacchetti software per la dosimetria numerica a bassa frequenza”*. Atti del Quinto Convegno Nazionale "Il controllo degli agenti fisici: ambiente, salute e qualità della vita", Novara – 6-8 giugno 2012, pubblicazione in formato elettronico, ISBN 978-88-7479-118-7.

- Zoppetti N, Andreuccetti D, Bogi A e Pinto I: *"Impatto dell'evoluzione normativa sulla valutazione del rischio da esposizione occupazionale a campi magnetici fino a 100 kHz in ambito industriale e sanitario"*. Atti del Quinto Convegno Nazionale "Il controllo degli agenti fisici: ambiente, salute e qualità della vita", Novara, 6-8 giugno 2012, pubblicazione in formato elettronico, ISBN 978-88-7479-118-7.
- Andreuccetti D e Zoppetti N: *"La modellizzazione delle interazioni CEM - corpo umano"*. Atti (su supporto elettronico) del VII Congresso Nazionale dell'AIFM (Associazione Italiana di Fisica Medica), Squillace (CZ), 13-16 settembre 2011.
- Mattei E, Calcagnini G, Censi F, Triventi M, Desantis C, Menna P, and Bartolini P: *"Electromagnetic Compatibility between Implantable Cardiac Pacemakers and RFID Systems: Experimental Set-up, Test Protocol and Preliminary Results"* Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, Marrakesh, Morocco, Mar. 20:23, 2011.
- Lodato R, Mancini S, Contessa GM, Brugaletta V, Andreuccetti D, Zoppetti N and Rossi: *"Set up for gradients field measurement in MRI"*. Abstract collection of the X International Congress of the European Bioelectromagnetics Association (EBEA2011), Rome (Italy), 21-24 February 2011, ISBN 978-88-8286-231-2 (extended abstract n.5154).
- Mattei E, Calcagnini G, Censi F, Triventi M, Bartolini P. *"RFID and pacemakers: Electromagnetic compatibility regulatory issues"*. 10th International Conference of the European Bioelectromagnetic association. EBEA 2011, Rome Italy: 2pp.
- Andreuccetti D, Zoppetti N, Lodato R, Lovisolo G, Contessa GM, Falsaperla R and Rossi P: *"Numerical assessment of induced current density due to occupational exposure to MR gradient fields"*. Abstract collection of the X International Congress of the European Bioelectromagnetics Association (EBEA2011), Rome (Italy), 21-24 February 2011, ISBN 978-88-8286-231-2 (extended abstract n.5164).

Il Responsabile Scientifico
Dott.ssa Rosaria Falsaperla



ELENCO ALLEGATI:

- Allegato 1: Piano esecutivo completo.
- Allegato 2: Pagine illustrative del sito web di progetto realizzato da IFAC-CNR.
- Allegato 3: Scheda sorgenti CEM - San Matteo.
- Allegato 4: Indicazioni operative INAIL per la riduzione dell'esposizione e degli effetti dovuti ai campi magnetici per il personale RM.
- Allegato 5: Protocollo interconfronto pacchetti software dosimetria numerica.
- Allegato 6: Report finale ENEA sullo studio di fattibilità per un set-up sperimentale di misura delle proprietà dielettriche di tessuti biologici a frequenze <10 Hz.
- Allegato 7: Report ENEA sistema di elaborazione e misura in RM.
- Allegato 8: Descrizione campagne di misura in Risonanza Magnetica.
- Allegato 9: Valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici prodotti dagli apparati di elettrobisturi.
- Allegato 10: Valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici prodotti dai defibrillatori e dagli apparati per la stimolazione magnetica transcranica.
- Allegato 11: Analisi dell'efficacia e appropriatezza delle normative protezionistiche in Risonanza Magnetica
- Allegato 12: Relazione attività svolte dall'U.O. III ISS – Bioingegneria cardiovascolare nel primo anno di attività.
- Allegato 13: Relazione conclusiva attività svolte dall'U.O. III ISS – Bioingegneria cardiovascolare.