



La valutazione della esposizione degli operatori ed accompagnatori ai gradienti di campo magnetico generati dai tomografi da 1,5 E 3 T.

RICCARDO DI LIBERTO
DIRETTORE S.C. FISICA SANITARIA
FONDAZIONE IRCCS POLICLINICO SAN MATTEO-PAVIA
U.O. N. 4

SCOPO DELL'INDAGINE

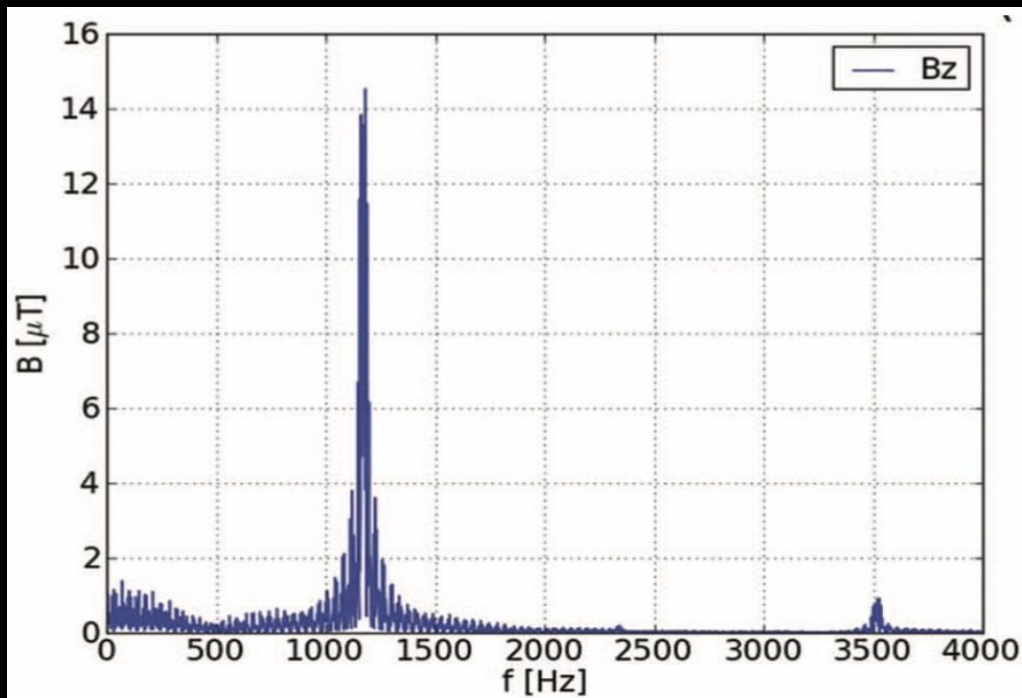
- Valutare il livello di esposizione del **personale addetto** e degli **accompagnatori dei pazienti**
- Mappare la dispersione in sala magnetica dei gradienti di campo magnetico **all'esterno del gantry**
- Definire un metodo per la individuazione delle **distanze di sicurezza**.



STRUMENTO DI MISURA : SMP3 WAVECONTROL

- Sonda isotropica WP10M
- Metodo del Picco Ponderato → secondo ICNIRP per forme d'onda complesse

$$I_{WP} = \max_t \left| \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{L(f_i)} \cos(2\pi f_i t + \theta_i + \varphi(f_i)) \right|, \quad \text{compliance if } I_{WP} \leq 1$$



Frequency spectrum of the magnetic gradient



WP10M sonda
(1 Hz – 10 MHz)



Fondazione IRCCS
Policlinico San Matteo

Quattro tomografi RM investigati

Magnet	MRI Tomograph	Code Name
1.5 T	Siemens Healthineers MAGNETOM Sola system	Tomograph A
	Siemens Healthineers MAGNETOM Aera system	Tomograph B
3 T	Siemens Healthineers MAGNETOM Skyra system	Tomograph C
	Siemens Healthineers MAGNETOM Vida Fit system	Tomograph D

DIVERSE SEQUENZE DIAGNOSTICHE INVESTIGATE

Protocols	MRI Sequences	Code Name
Encephalon	Diffusion Weighted Imaging (DWI) - Echo Planar Imaging (EPI) single shot	E.1.A
	Echo Planar (EP) Diffusion 3 scan trace	E.2.B
	T1 Spin Echo	E.3.B
	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	E.4.B
	T1 Turbo Spin Echo (TSE)	E.5.B
Body	Echo Planar (EP) Diffusion	B.1.B
	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	B.2.B
	T1 Turbo Spin Echo (TSE)	B.3.B

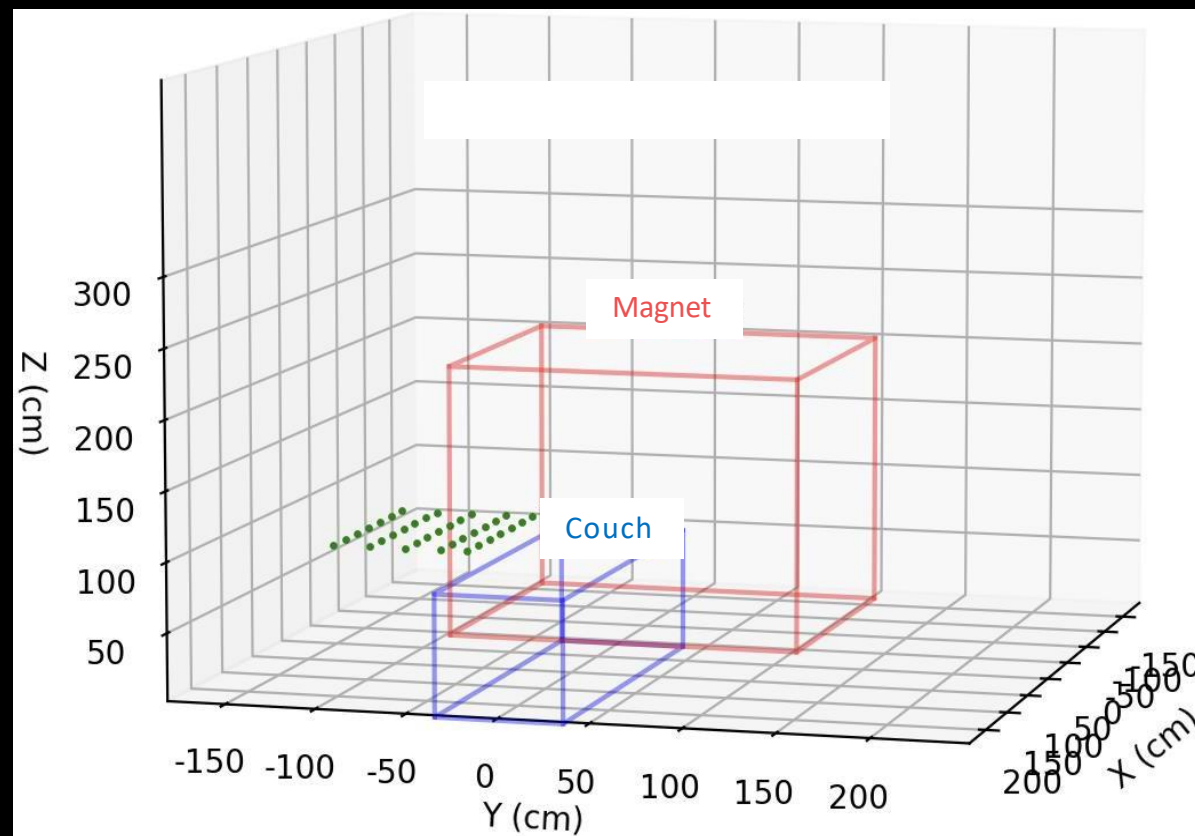
Generate da
tomografi
da 1.5 T

Protocols	MRI Sequences	Code Name
Encephalon	Diffusion Weighted Imaging (DWI) - Echo Planar Imaging (EPI)	E.1.C
	Diffusion Weighted Imaging (DWI) - Echo Planar Imaging (EPI)	E.2.D

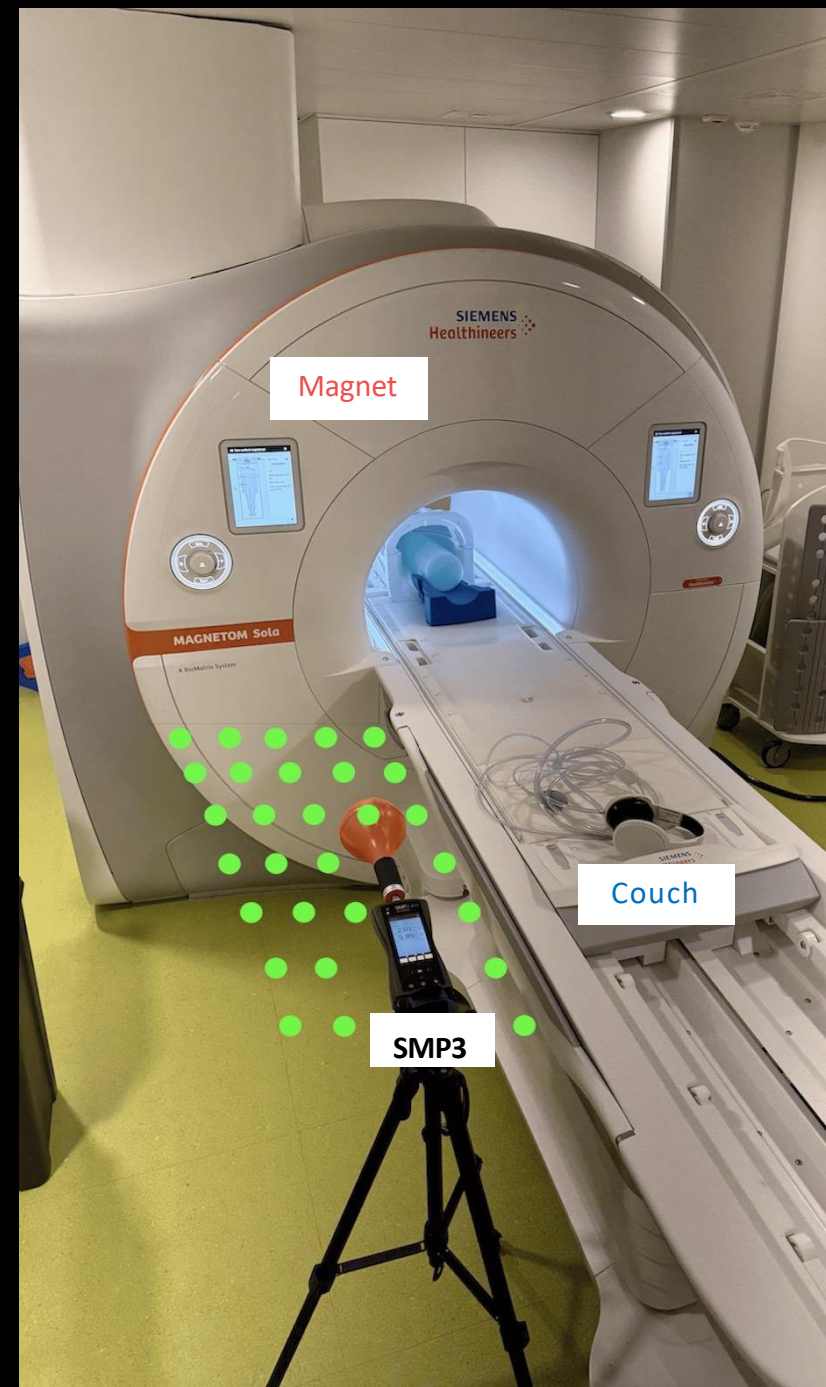
Generate da
tomografi da
3 T



SET-UP SPERIMENTALE



Rosso = Magnet RM
Blu = Lettino del paziente (couch)
Verde = Punti di misura con SMP3



- ✓ AILTEZZADI MISURA
1 METRO DA TERRA
- ✓ Simmetria laterale
rispetto ai lati del
lettino

RISULTATI

Valori espressi come % rispetto a ICNIRP 2010 Popolazione Generale

Sequenza E.1.A (DWI-EPI)

x [cm]	$y = 5$ cm	$y = 40$ cm	$y = 60$ cm	$y = 80$ cm
40	160.4%	95.69%	61.32%	38.97%
60	91.75%	56.74%	41.54%	28.77%
80	48.76%	37.13%	29.31%	22.44%
100	28.86%	24.39%	20.39%	16.16%
120	20.02%	16.53%	14.80%	12.31%
140	14.26%	12.42%	11.25%	9.55%
160	10.50%	9.40%	8.68%	7.69%

Sequenza E.2.B (EPI-Diff. 3 scan)

x [cm]	$y = 5$ cm	$y = 20$ cm	$y = 40$ cm	$y = 60$ cm	$y = 80$ cm
40	210.2%	173.9%	126.6%	71.80%	42.64%
60	105.9%	89.55%	70.04%	50.38%	34.96%
80	60.47%	55.95%	45.18%	34.84%	27.27%
100	40.25%	36.90%	31.04%	25.20%	20.68%
120	30.18%	24.85%	21.96%	18.58%	15.29%
140	24.65%	19.55%	16.31%	14.10%	12.30%
160	21.49%	15.95%	12.27%	10.75%	9.46%

Sequenza E.3.B (T₁ TSE)

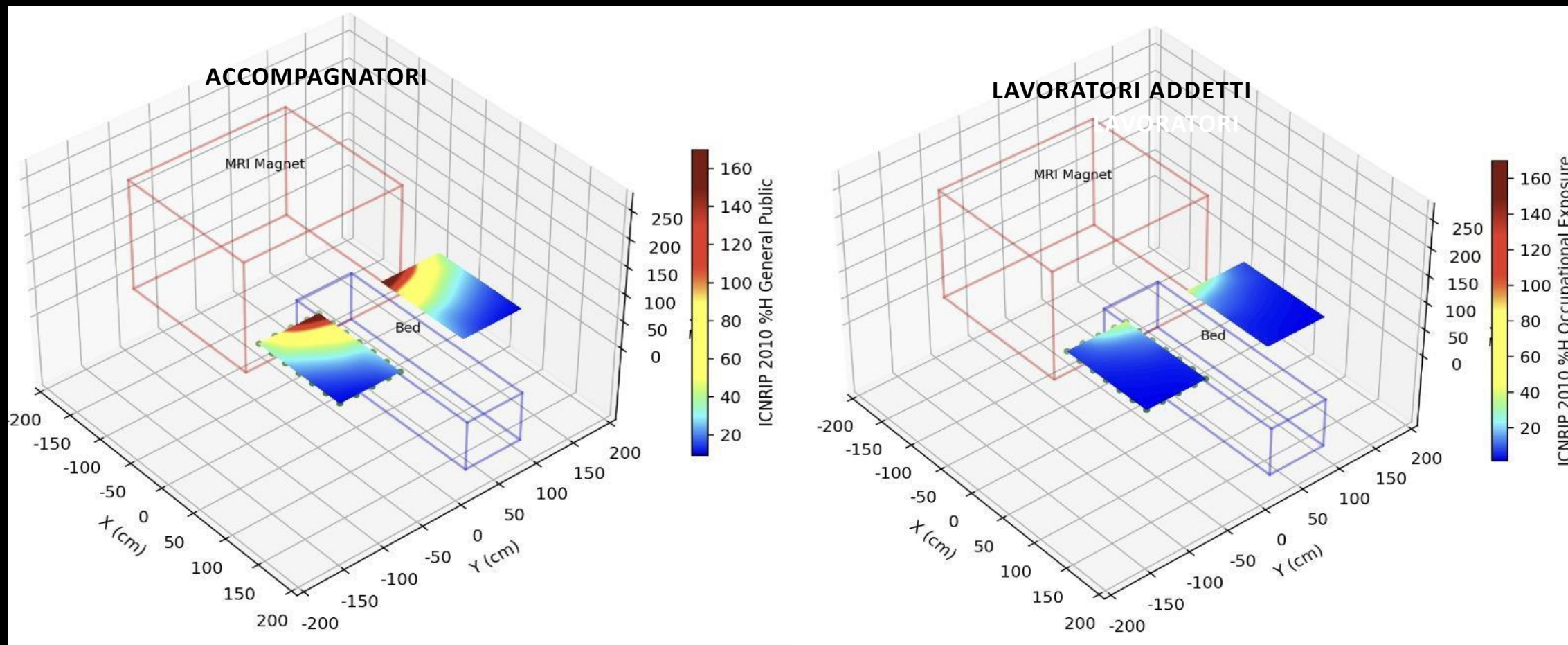
x [cm]	$y = 5$ cm	$y = 20$ cm	$y = 40$ cm	$y = 60$ cm	$y = 80$ cm
40	145.97%	120.76%	87.92%	49.86%	29.61%
60	73.54%	62.18%	48.64%	34.97%	24.29%
80	41.99%	38.85%	31.38%	24.19%	18.94%
100	27.95%	25.63%	21.56%	17.50%	14.36%
120	20.96%	17.26%	15.25%	12.91%	10.62%
140	17.11%	13.57%	11.33%	9.79%	8.54%
160	14.93%	11.07%	8.52%	7.47%	6.57%

Sequenza B.1.B (EP-DWI)

x [cm]	$y = 5$ cm	$y = 20$ cm	$y = 40$ cm	$y = 60$ cm	$y = 80$ cm
40	244.42%	202.21%	147.21%	83.49%	49.58%
60	123.14%	104.13%	81.44%	58.58%	40.65%
80	70.31%	65.05%	52.54%	40.51%	31.72%
100	46.80%	42.91%	36.09%	29.30%	24.05%
120	35.09%	28.90%	25.53%	21.60%	17.77%
140	28.66%	22.73%	18.97%	16.40%	14.30%
160	24.99%	18.55%	14.27%	12.50%	11.00%

ANALISI: MAPPATURA DEI GRADIENTI

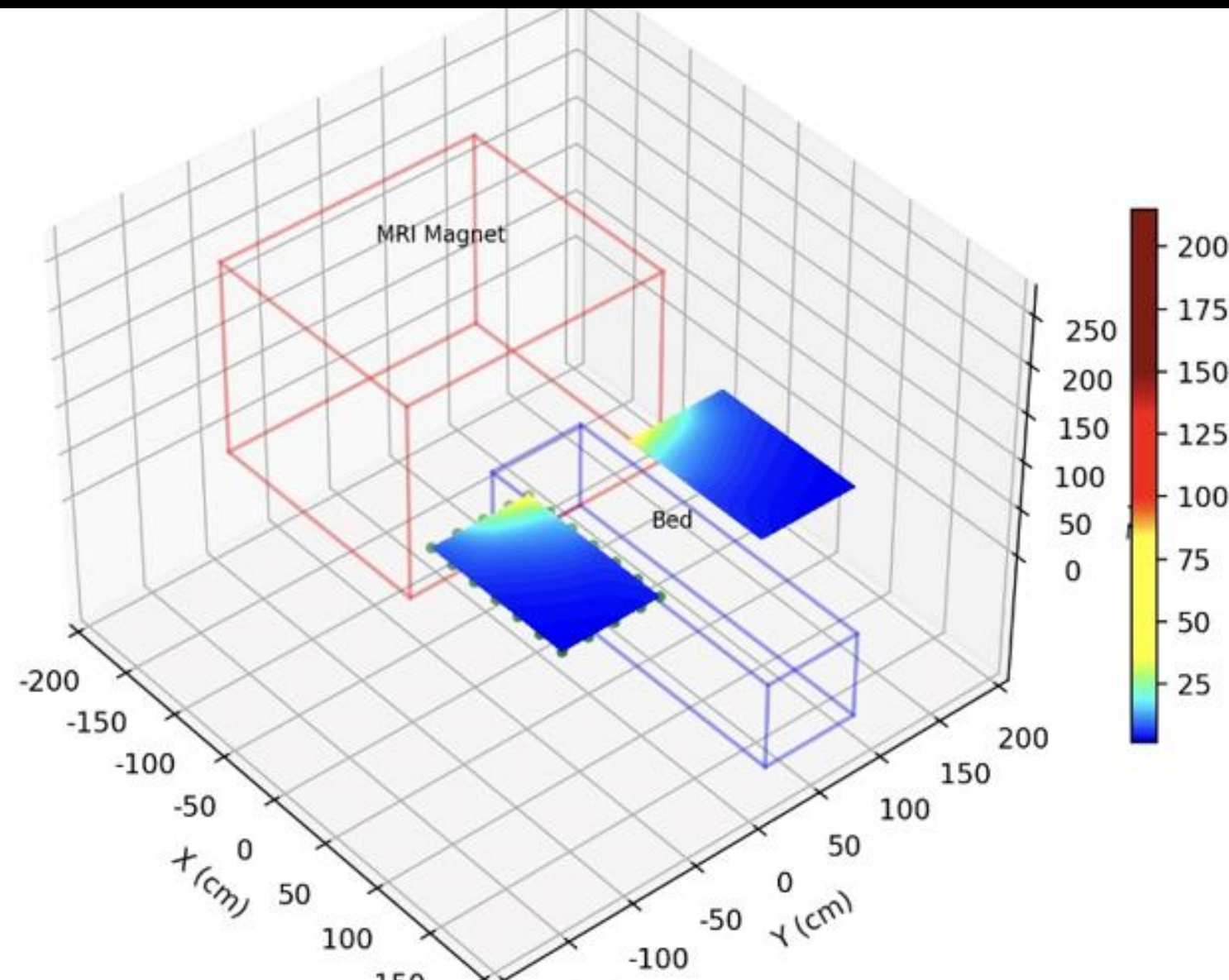
SEQUENZA E.1.A (DWI-EPI)



Rosso = ESPOSIZIONE > 93%

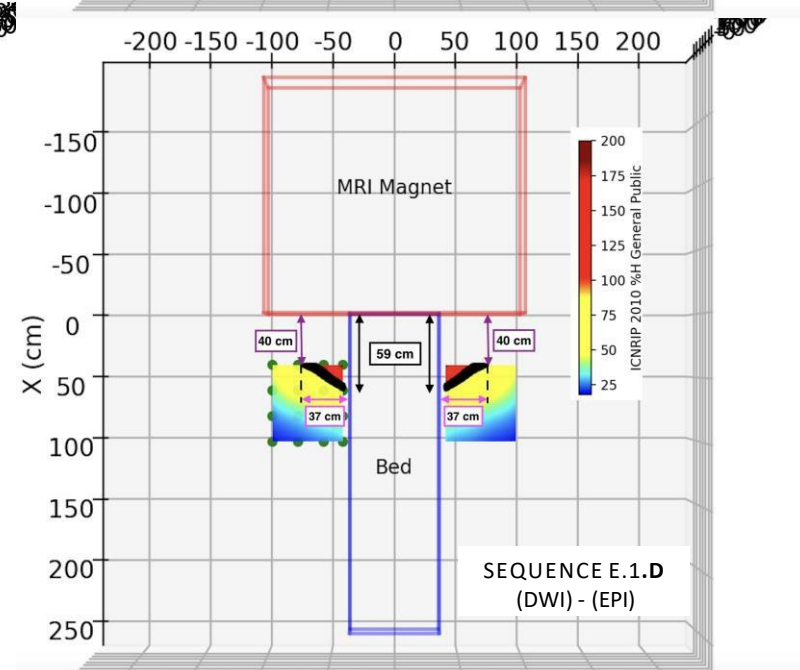
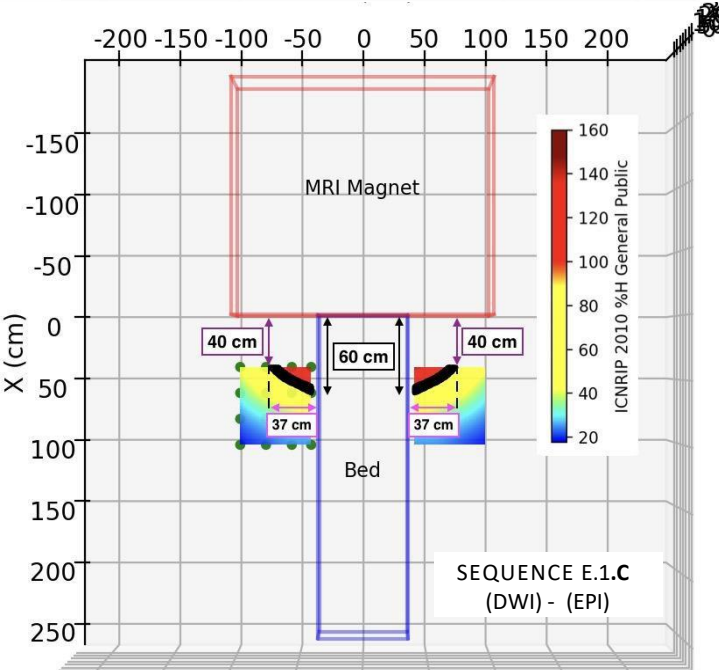
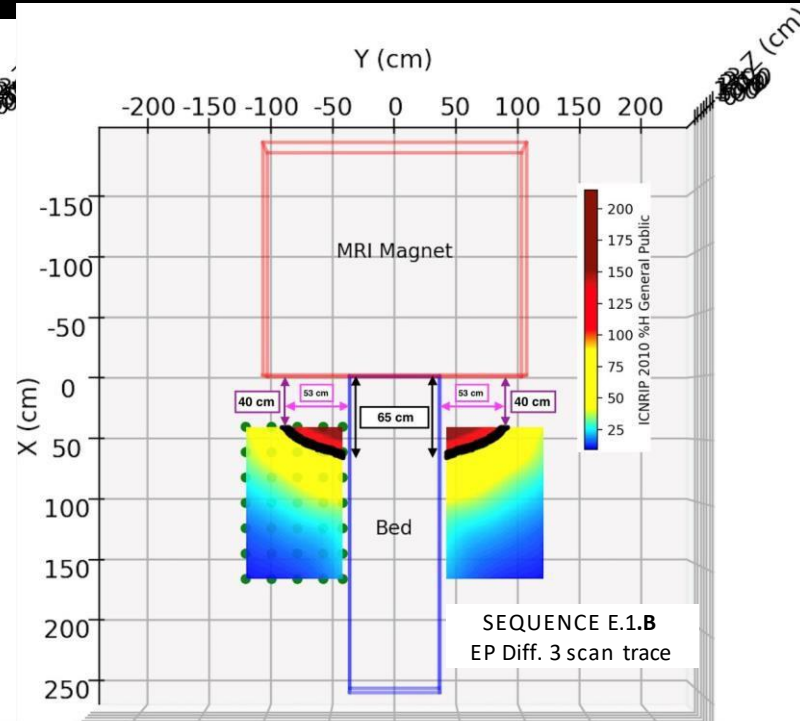
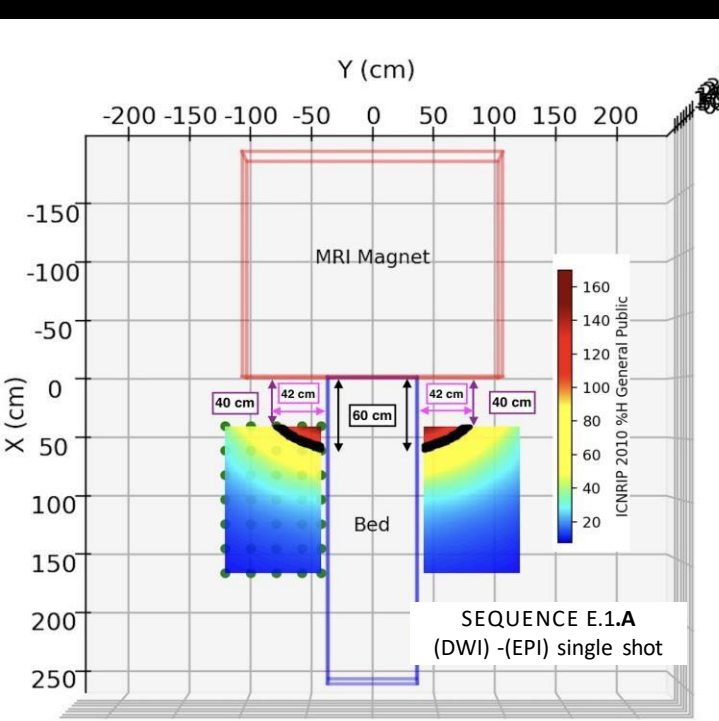
Zona di sicurezza per accompagnatore = prima dell'area rossa

Esposizione dell'operatore dietro al magnete < 60% @40 cm



DISTANZE DI SICUREZZA PER I LAVORATORI

- Il livello di esposizione non supera il 60% del VA INF. fino a 40 cm di distanza dal bore. Le estrapolazioni, basate sull'andamento della intensità misurata lungo il lettino, portano ad un valore non superiore al 80% per le sequenze a più elevata emissione.



DISTANZE DI SICUREZZA PER ACCOMPAGNATORI

- Linea nera** → area in cui l'esposizione = $100\% \pm 7\%$ del livello di riferimento per gli accompagnatori. Sono sufficienti solo **2 punti di misura** in cui trovare il **93% del LR** per tracciare sul pavimento la linea di sicurezza.

Tomograph	Safety Distance
A	(60, ± 5) and (40, ± 42)
B	(65, ± 5) and (40, ± 53)
C	(60, ± 5) and (40, ± 37)
D	(59, ± 5) and (40, ± 37)

CONCLUSIONI FISICHE

- E' stata caratterizzata la distribuzione spaziale dei gradienti in sala magnete
- E' stato verificato sperimentalmente che la distribuzione spaziale non varia al variare delle sequenze (max EPI-DWI-body)
- Sono state rilevate minime differenze nelle distanze di sicurezza tra tomografi 1.5 T e 3 T (59÷65 cm \pm 5 cm @5cm dal lettino)
- E' stato evidenziato sperimentalmente che l'attenuazione dei gradienti all'aumentare della distanza, perpendicolare al lettino non è ideale a causa dell'*active shielding*.

CONCLUSIONI OPERATIVE

- **La distanze di sicurezza è valutabile rapidamente con 2 punti di misura selezionando la sequenza con massima emissione (EPI-DWI body)**
- **In prima analisi non sembrano esserci restrizioni per i lavoratori addetti se permangono in sala**
- **La distanza di sicurezza per gli accompagnatori può essere tracciata sul pavimento della sala RM ed il modulo di accesso alla ZC va integrato con uno specifico consenso informato da acquisire.**



GRAZIE DELLA VOSTRA ATTENZIONE

