

- Pomiar RF
- Pomiar pola magnetycznego
- Konserwacja

Protokół pomiarowy

Pomiar pola magnetycznego		24/01/MKR	
Data pomiaru:		19.01.2024	
Inżynier Pomiarowy:		M. Krzysteczko / OLBRICH GmbH	
Przedmiot pomiaru:		Wstępny pomiar pola magnetycznego w miejscu instalacji systemu MRI	
projekt:	Nazwa	SP ZOZ MSWiA	
	Ulica	Fabryczna 27	
	Miasto Kraj	15-471 Białystok Polska	
Nr projektu:		23-373	
Rodzaj kabiny:		Klatka Faradaya Olbrich Shielding	
rodzaj systemu MRI		Siemens Magnetom Altea 1.5T	
protokół pomiarowy		Opis pomiaru	Strona 2 do 3
		Rysunek układu z punktami pomiarowymi	Strona 4 do 6
		Wyniki pomiaru pola magnetycznego	Strona 7 do 11
		Dyskusja	Strona 12 do 13
		Wymagania dotyczące lokalizacji	Strona 14

Protokół pomiarowy dotyczący magnetyzmu

Przegląd w miejscu instalacji

0.1 Pomiary magnetyczne

01.1 Procedura pomiarowa, pomiar pola magnetycznego

Siłę i fluktuację ziemskiego pola magnetycznego oraz wpływ magnetyczny związanego z nim obszaru w miejscu instalacji systemu MRI mierzy się za pomocą miernika pola magnetycznego typu FMS1–3d (Stefan Mayer Instruments).

Za pomocą tego rodzaju miernika pola magnetycznego można zmierzyć aktualną wartość pola magnetycznego w każdym kierunku (Z, X lub Y), kompensując lokalne pole magnetyczne Ziemi. W ten sposób fluktuacja pola może być oceniana z bardzo dużą dokładnością. Za pomocą transformatora A/C ciągle analogowe napięcie wyjściowe odpowiadające natężeniu pola mierzonemu przez FMS1–3d może być rejestrowane i analizowane w czasie rzeczywistym przez komputer.

Oprogramowanie umożliwia również różne obliczenia i analizę FFT zarejestrowanego pola, zarówno w czasie rzeczywistym, jak i później na podstawie zapisanych wyników pomiarów.

Zastosowanie dwóch mierników pola magnetycznego typu FMS1–3d pozwoliło na połączenie jednoczesnych pomiarów pola magnetycznego w trzech kierunkach i w dwóch różnych lokalizacjach w czasie rzeczywistym.

Dzięki możliwości jednoczesnego pomiaru trzech kierunków w dwóch punktach lub w różnych miejscach, możemy zlokalizować źródło zakłóceń o różnych fluktuacjach pola w czasie rzeczywistym.

01.2 Aparatura pomiarowa

Poz.	Opis	Typ	Producent
01	Czujnik pola magnetycznego 001	FMS1–3d	Stefan Mayer Instrumenty
02	Wzmacniacz 3-kanalowy 002	WZMACNIACZ – 3-kanalowy	Stefan Mayer Instrumenty
03	Czujnik pola magnetycznego 003	FMS1–3d	Stefan Mayer Instrumenty
04	Wzmacniacz 3-kanalowy 004	WZMACNIACZ – 3-kanalowy	Stefan Mayer Instrumenty
05	Cewka pola magnetycznego 005	MFC - 2	Stefan Mayer Instrumenty
06	Transformator A/C	Złącze USB-AD16F	Systemy BMCM
07	Laptop	440	Lenovo

- Pomiar RF
- Pomiar pola magnetycznego
- Konserwacja

0.2 Pomiar drgań

02.1 Procedura pomiarowa, pomiar drgań

Wibracje w miejscu instalacji systemu MRI zostały zmierzone za pomocą wysokoczułego czujnika drgań typu 731A oraz wzmacniacza kondycjonera P31 firmy Wilcoxon. System składa się z przetwornika piezoelektrycznego wraz z przedwzmacniaczem. Moduł czujnika akcelerometru przekształca aspekt przyspieszenia ruchu na sygnał elektryczny używany do analizy. Na laptopie sygnał może być prezentowany w czasie rzeczywistym za pomocą przetwornika A/C dla zakresu niskich częstotliwości DC do 1000 Hz. Sonda jest wrażliwa na kierunek, co oznacza, że mierzone są tylko drgania wzdłuż osi sondy i można dostrzec wektor względny w odniesieniu do orientacji sondy. Wysoce czuły system pomiarowy umożliwia długotrwałe monitorowanie drgań w czasie rzeczywistym, a także analizę wyników zmierzonych przyspieszeń FFT.

02.2 Aparatura pomiarowa

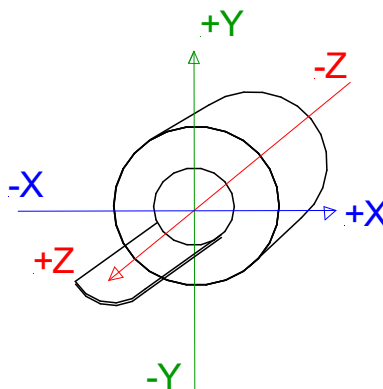
Poz.	Oznaczenie	Typ	Producent
01	Miernik drgań	Zobacz materiał P31	Wilcoxon
02	Czujnik	Zobacz materiał 731A	Wilcoxon
03	Przetwornik analogowo-cyfrowy	Złącze USB-AD16F	Systemy BMC
04	Laptop	440	Lenovo

0.3 Sytuacja na budowie, układ i punkty pomiarowe

03.1 Lokalizacja

Lokalizacja rezonansu magnetycznego w budynku -
Wysokość pomieszczenia Podłoga MRI (3.) -
Wysokość pokoju piętro poniżej (2.) -

trzecie piętro
ok. 3,0m
ok. 3,0 m.



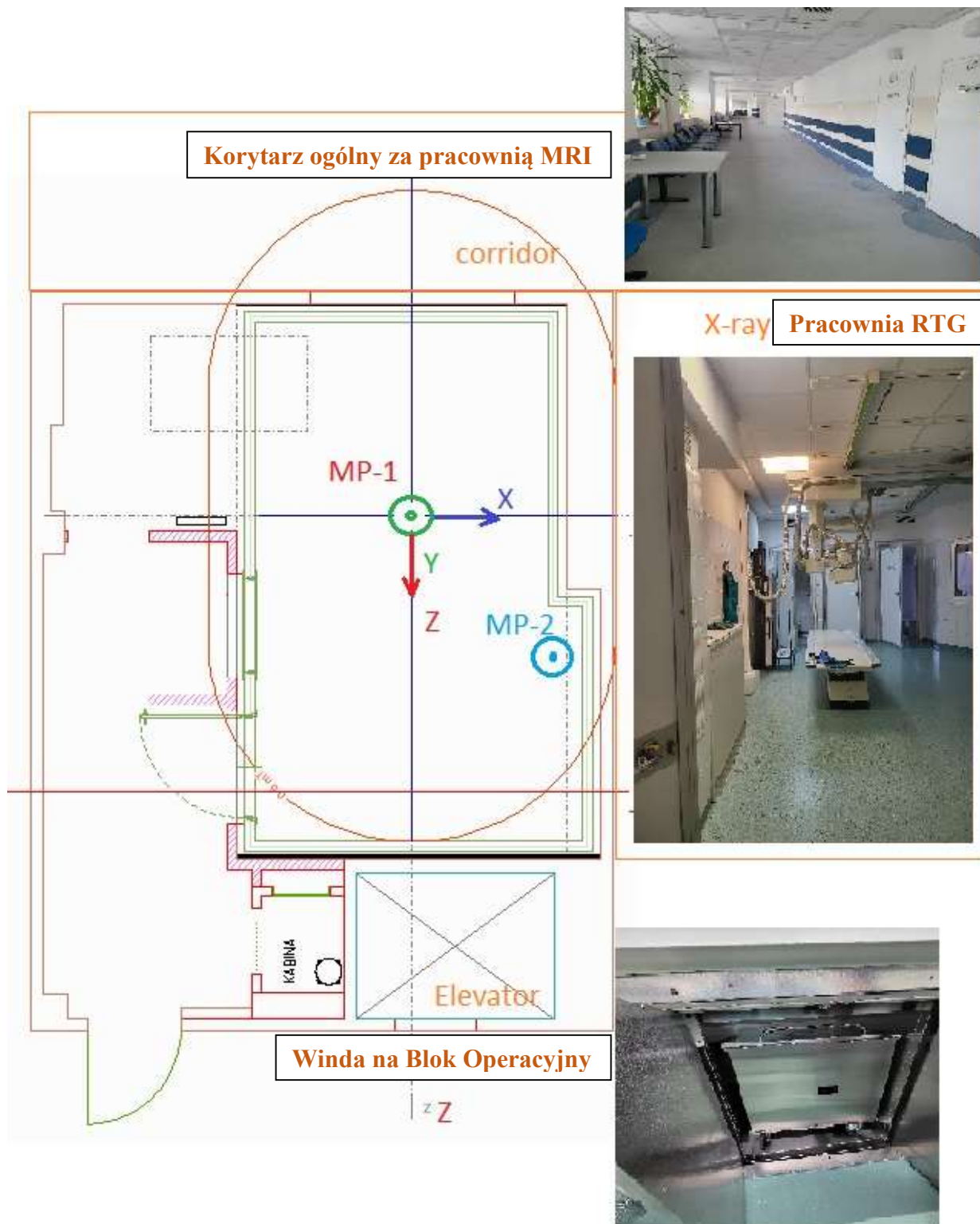
Sytuacja wokół planowanego i alternatywnego miejsca rezonansu magnetycznego:

Pomiar B0 odbył się w istniejącym budynku Szpitala MSWiA w Białymstoku. Lokalizacja znajduje się na trzecim piętrze. Pomieszczenia znajdują się w początkowej fazie budowy i są obecnie przekształcane na potrzeby pracowni rezonansu magnetycznego.

- Nad lokalem znajdują się przyległe sale operacyjne (OP).
- Poniżej planowanego centrum ISO znajduje się sala chorych do laseroterapii.
- Po prawej stronie znajduje się system rentgenowski.
- Po lewej stronie znajdują się pokoje do samodzielnego użytku.
- Bezpośrednio za tylną ścianą znajduje się korytarz.
- Z przodu znajduje się mała winda, służąca wyłącznie do transportu narzędzi operacyjnych ze stanowiska sterylizacji na poziomie -1 do bloku operacyjnego na poziomie 4. Podczas pomiaru B0 zasymulowano kilka przejazdów windą. Przeniesiono również aparat rentgenowski. Wartości pomiarowe wykonano w dwóch punktach pomiarowych, MP-1 i MP-2, w trzech kierunkach każdy (X, Y, Z), zarejestrowanych jako pomiar długotrwały.

- Pomiar RF
- Pomiar pola magnetycznego
- Konserwacja

03.2 Rzut lokalizacji pracowni i punkty pomiarowe



- Pomiar RF
- Pomiar pola magnetycznego
- Konserwacja

03.3 Przekrój lokalizacji pracowni

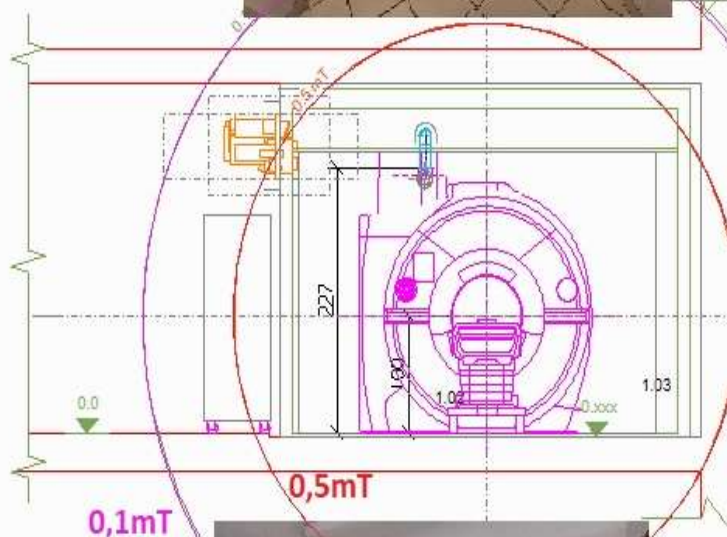
Blok Operacyjny nad Rezonansem

Adjoining rooms from the
OP-department



Specyfikacja Siemens:
0,05 mT, czyli min.
odległość od osi X/Y
4,0m dla wzmacniaczy
obrazów RTG

Siemens Spec: 0,05 mT,
Radial X/Y axis 4,0 m. for
X-Ray image intensifiers,



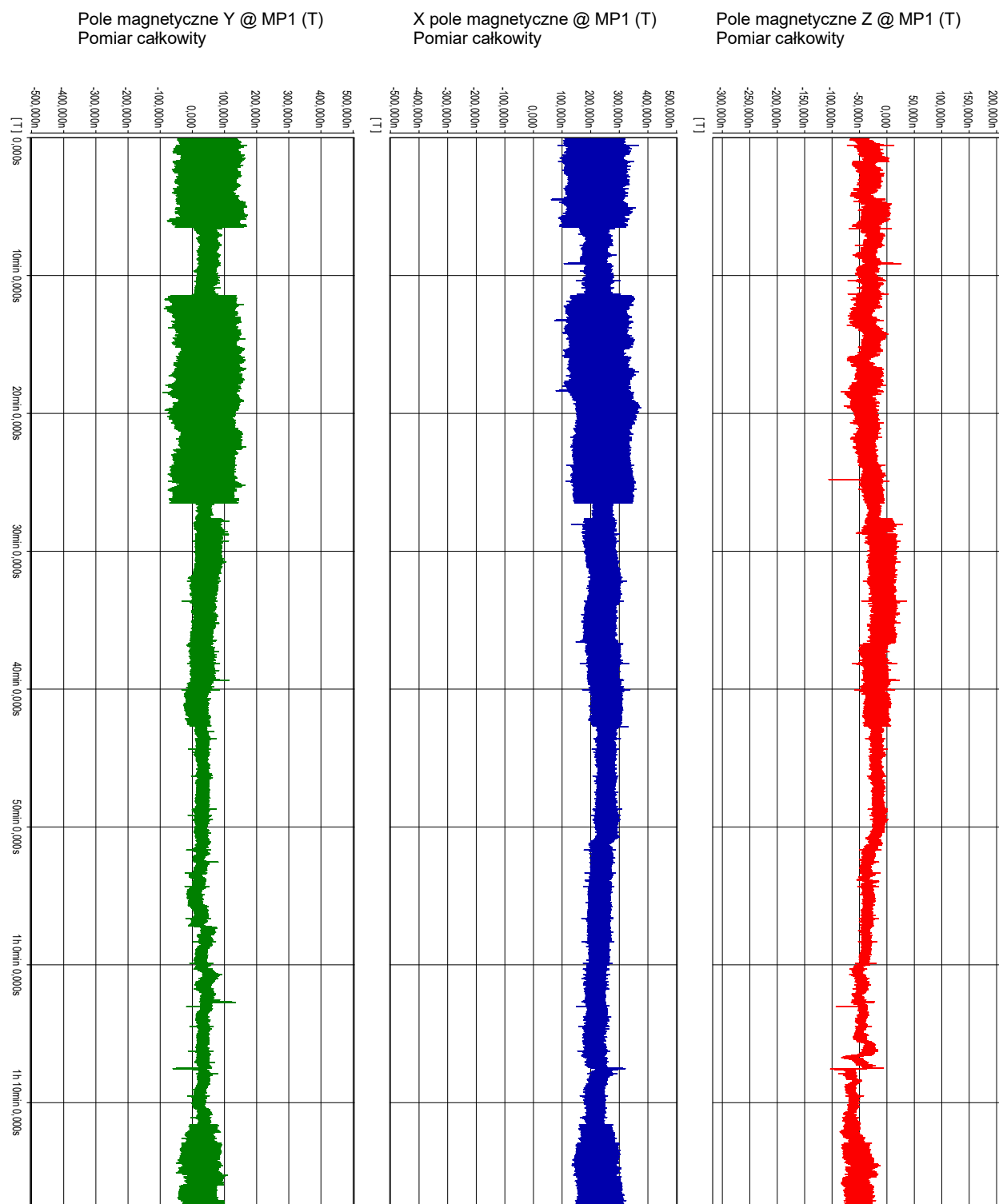
Patient room

**Rehabilitacja
– pokoje zabiegowe**

- Pomiar RF
- Pomiar pola magnetycznego
- Konserwacja

0.4 Wyniki pomiarów

04.1 Pierwszy pomiar, MP-1, wykres 01



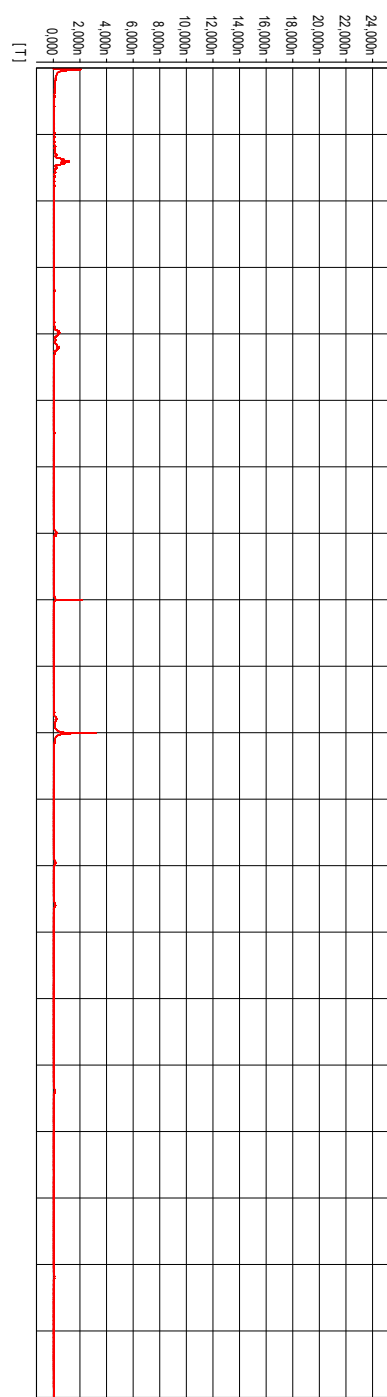
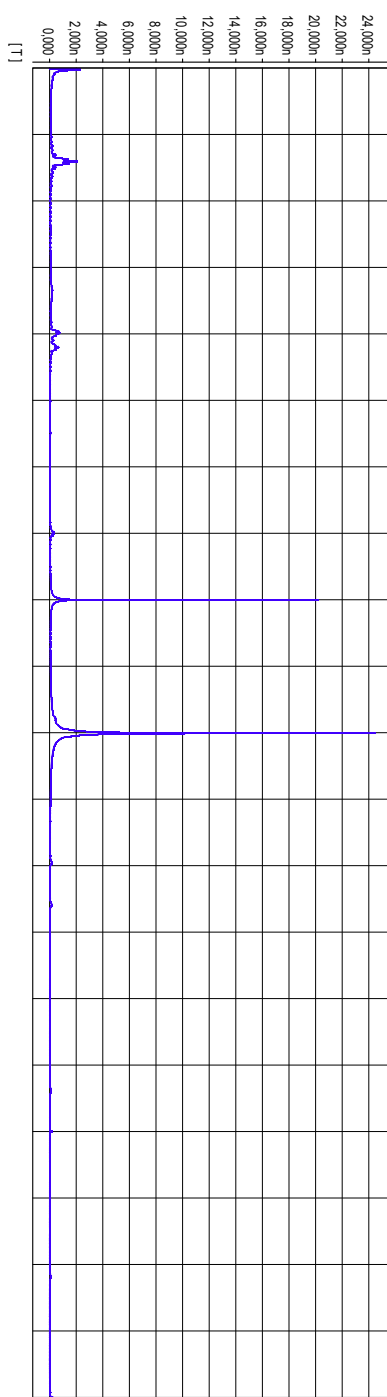
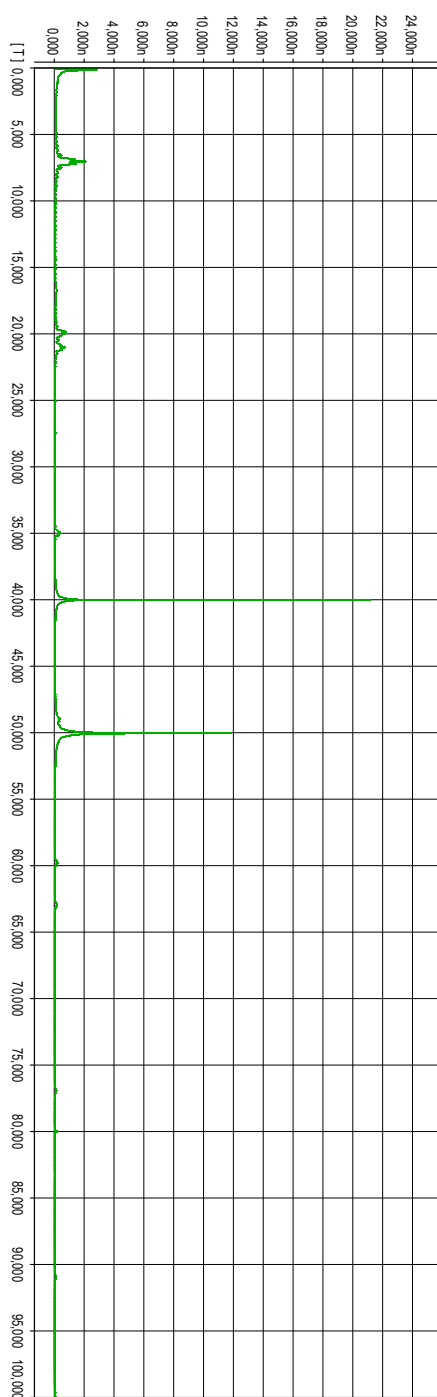
- Pomiar RF
- Pomiar pola magnetycznego
- Konserwacja

04.2 Pierwszy pomiar, MP-1, wykres 02

Pole magnetyczne Y @ MP1 (T)
Analiza spektralna

X pole magnetyczne @ MP1 (T)
Analiza spektralna

Pole magnetyczne Z @ MP1 (T)
Analiza spektralna



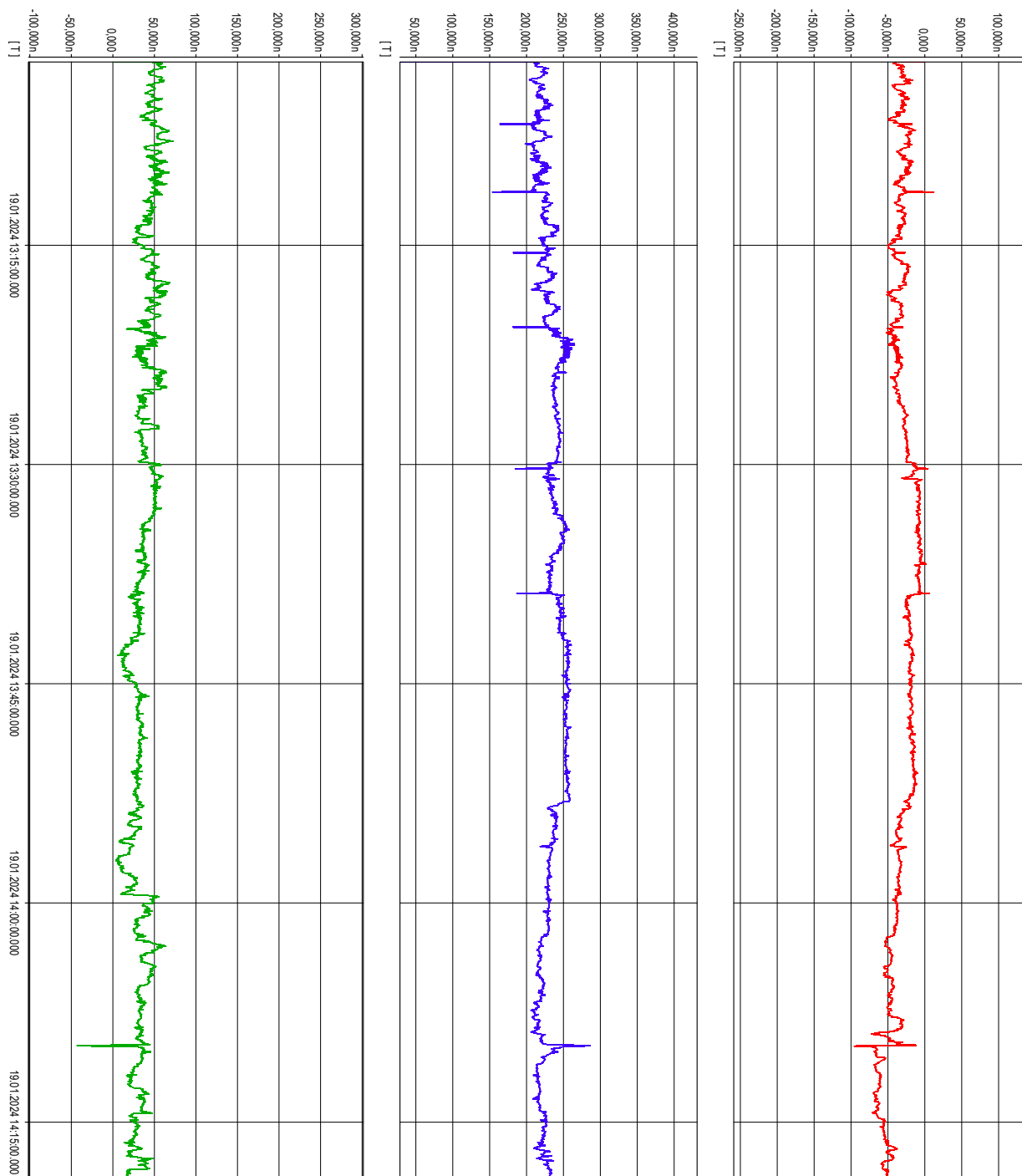
- Pomiar RF
- Pomiar pola magnetycznego
- Konserwacja

04.3 Pierwszy pomiar, MP-1, DC - zakłócenia całkowite, wykres 03.

Pole magnetyczne Y @ MP1 (T)
częstotliwość < 1 Hz (kwazistatyczne)
Max. P-P - 88 nT

X pole magnetyczne @ MP1 (T)
częstotliwość < 1 Hz
(kwazistatyczne)
Max. P-P - 70 nT

Pole magnetyczne Z @ MP1 (T)
częstotliwość < 1 Hz
(kwazistatyczne)
Max. P-P - 100 nT



- Pomiar RF
- Pomiar pola magnetycznego
- Konserwacja

04.4 Pierwszy pomiar, MP-1, wykres 04

Pole magnetyczne Y @ MP1 (T)

Częstotliwość 50 Hz, P-P

max – 35 nT

X pole magnetyczne @ MP1 (T)

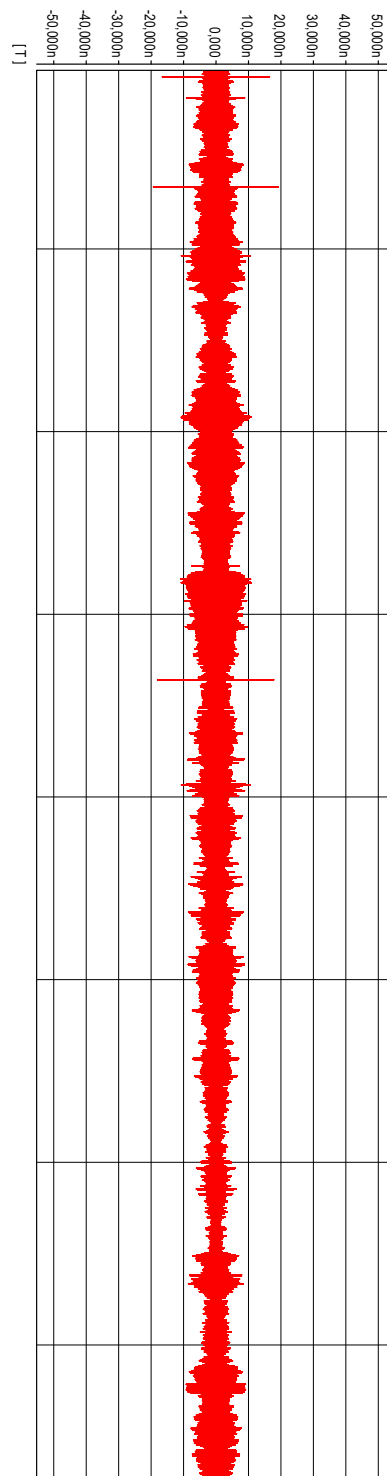
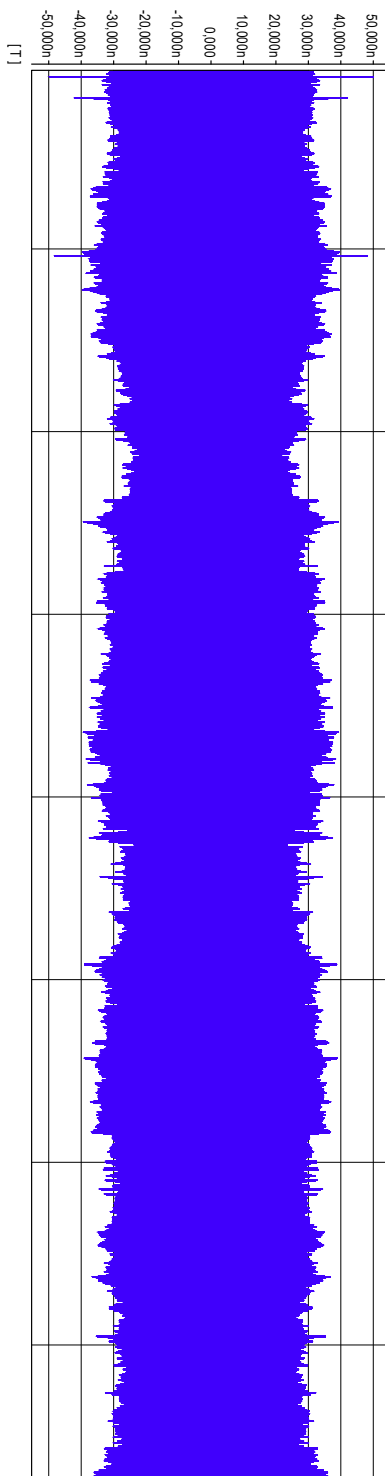
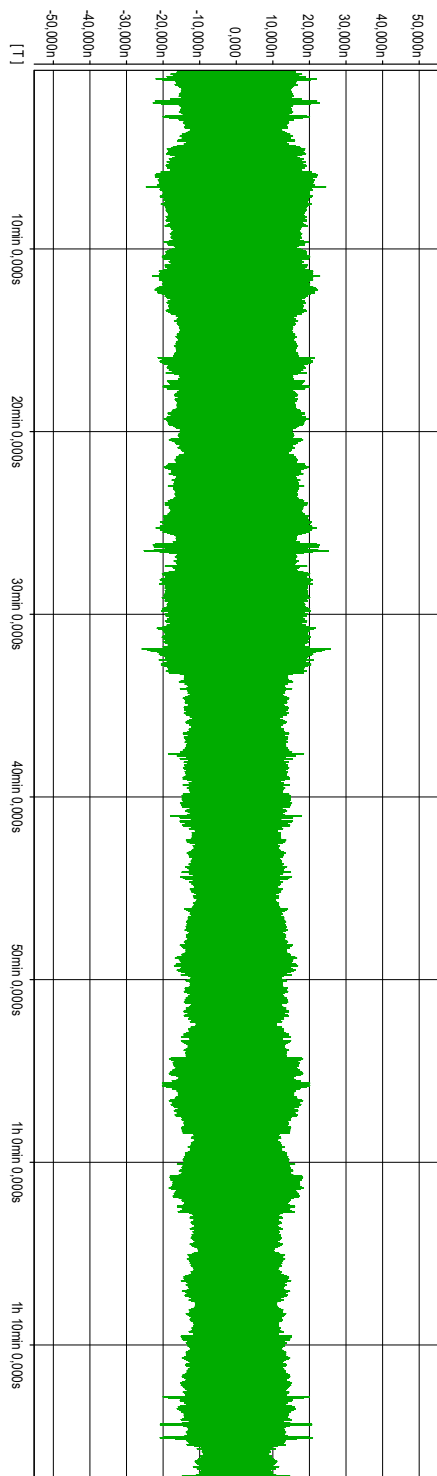
Częstotliwość 50 Hz, P-P

max – 80 nT

Pole magnetyczne Z @ MP1 (T)

Częstotliwość 50 Hz, P-P

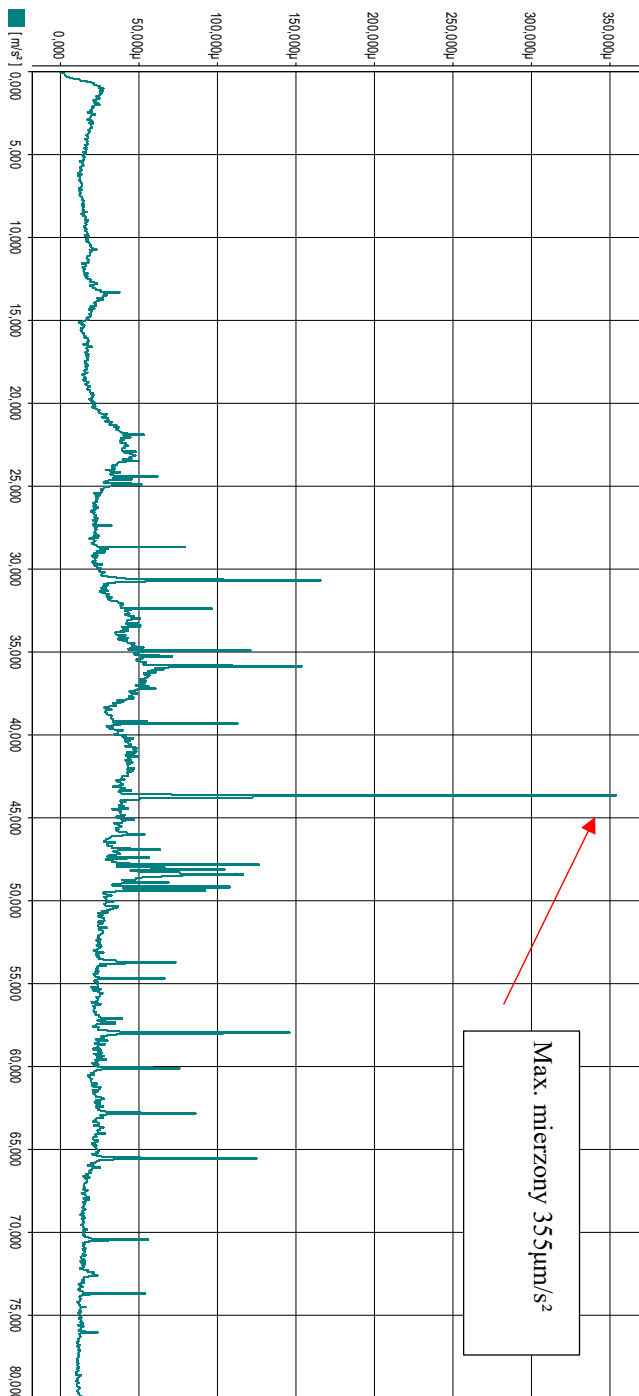
max – 35 nT



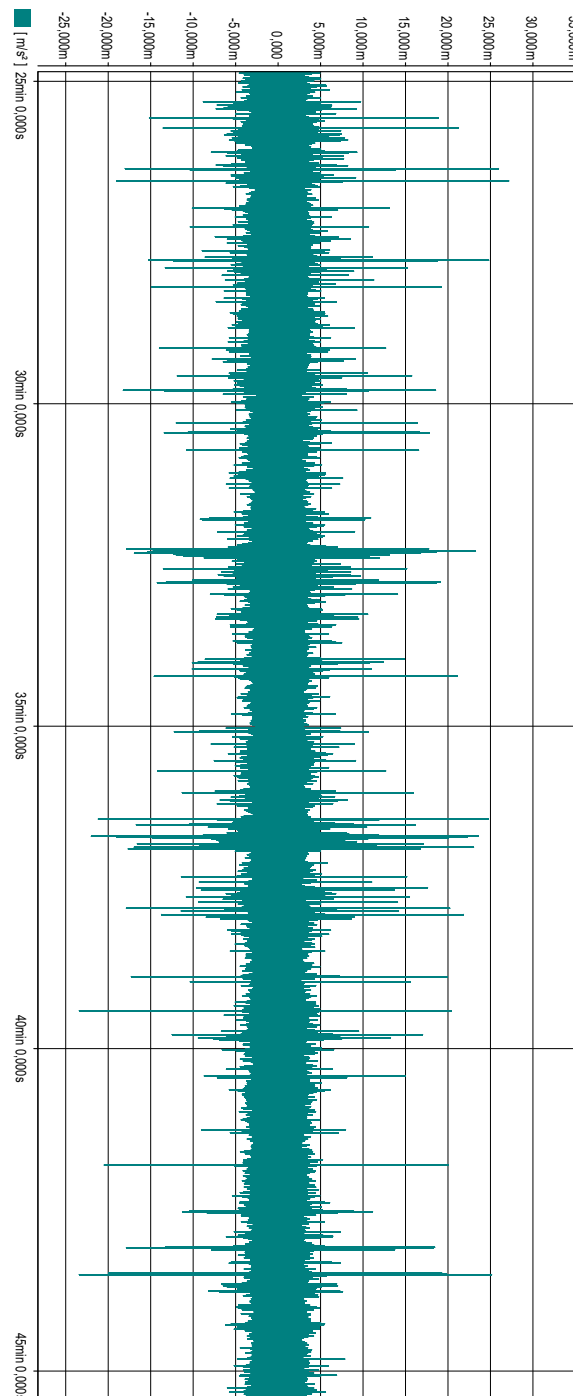
05 Wibracja Wyniki pomiarów

05.1 Pomiar drgań, przyspieszenie w m/s^2 , odpowiedni zakres do 80 Hz, wykres 05

Wibracje @ MP1
oraz ISO-Center
Analiza spektralna FFT m/s^2 RMS



Wibracje @ MP1
oraz ISO-Center
Całkowity pomiar m/s^2



06. Dyskusja na temat pomiarów

06.1 Max. Zmierzona fluktuacja w Z; Kierunek X;Y.

Pierwszy pomiar MP-1, centralny czuł ISO		Z	X	Y	Specyfikacja Siemensa
		nT	nT	nT	nT
DC@ MP-1 P-P	schemat – 3	100	70	88	1200
Prąd przemienny 50Hz @ MP-1 P-P	Schemat – 4	34	80	50	

**Ponad specyfikację Siemens / *W ramach specyfikacji. ; *100 nT = 1 mG.*

06.2 Wibracje

Zmierzone wartości drgań maks. **355 $\mu\text{m/s}^2$ @ 44Hz = -31dB** (wykres 05)

Siemens Vibr. Spec. max = **-80 dB** w zakresie częstotliwości od 0 do 100 Hz

Kalkulacja:

$\text{dB (La)} = 20 \lg (a/a_0) \text{ dB re } 10 \mu\text{m/s}^2$; $a=355\mu\text{m/s}^2$; $a_0=10 \mu\text{m/s}^2$

$\text{dB (La)} = 20 \lg (355/10) \text{ dB}$; **$\text{dB (La)} = -31\text{dB}$** *(La) = Przyspieszenie poziomu

06.3 Dyskusja

Po analizie danych pomiarowych ustalono, że większość zakłóceń znajdowała się w zakresie DC i była spowodowana przez windę z przodu. Ponieważ jest to tylko mała winda, zakłócenia są stosunkowo niewielkie, osiągając około 100 nT.

Ruch systemu rentgenowskiego w prawym sąsiednim pomieszczeniu również powodował minimalne zakłócenia w centrum ISO, poniżej 100 nT.

Zakłócenia AC-50Hz są powodowane przez istniejące instalacje elektryczne i wynoszą do 35 nT.

Zmierzone drgania są zgodne ze specyfikacjami firmy Siemens.

Wszystkie wartości przedstawiono w powyższej tabeli.

Chociaż zakłócenia zewnętrzne z przemieszczającą się z przodu małą windą i systemu rentgenowskiego po prawej stronie są stosunkowo niskie, należy wziąć pod uwagę specyfikacje dotyczące propagacji pola magnetycznego MRI. **Dlatego w tym projekcie zalecamy** zainstalowanie miedzianej kabiny z dodatkowym pasywnym ekranowaniem magnetycznym.

Następujące obszary powinny być pasywnie ekranowane:

- Ściana po prawej stronie od strony pracowni rentgenowskiej powinna osłaniać linie pola magnetycznego o natężeniu 0,1 mT.
- Przednia ściana skierowana w stronę windy powinna również osłaniać linie pola magnetycznego o natężeniu 0,1 mT.
- Tylne ściany zwrócone w stronę korytarza powinny osłaniać linie pola magnetycznego o natężeniu 0,5 mT.
- Obszar pod Rezonansem (gabinet zabiegowy dla pacjentów) powinien być ekranowany do linii pola magnetycznego 0,5 mT.
- Przebieg linii pola magnetycznego 0,5 mT w obszarze nad Rezonansem powinien być sprawdzony i w razie potrzeby ekranowany.

Wszystkie wartości są ważne tylko przez czas trwania pomiaru.

Zmierzone wartości są ważne tylko dla czasu pomiaru i stanu budynku w tym czasie.

06.4 Symulacja pasywnego ekranowania

W wyniku przeprowadzonych pomiarów konieczne jest dodatkowe ekranowanie pasywne w następujących obszarach:

- a) musimy zmniejszyć linię 1 Gaussa do prawej ściany od strony pracowni rentgenowskiej, aby temu zapobiec, musimy zainstalować **STABOLEC 4 mm** na prawej ścianie bocznej w obszarze ok. 4,00m x 3,00m. Całkowita waga stali do zmniejszenia linii 1 Gaussa wynosi ok. **380kg**, co daje około 95kg/mb
- b) musimy zmniejszyć linię 1 Gaussa w przedniej ścianie magnesu skierowaną w stronę windy, aby temu zapobiec, musimy zainstalować **STABOLEC 4 ÷ 8 mm** na ścianie przedniej w obszarze ok. 4,00m x 3,00m. Całkowita waga stali w celu zmniejszenia linii 1 Gaussa wynosi ok. **580kg**, co daje ok. 145kg/mb (max. 190kg/mb)
- c) musimy zmniejszyć linię 5 Gauss za magnesem wychodzącą na zewnątrz do korytarza, aby temu zapobiec, musimy zainstalować **STABOLEC 6 ÷ 10 mm** na tylnej ścianie w obszarze ok. 4,00m x 3,00m. Całkowita waga stali, aby zmniejszyć linię 5 Gauss wynosi ok. **700kg**, co daje około 175kg/mb (max. 240kg/mb)
- d) musimy zmniejszyć linię 5 Gauss pod magnesem wychodzącą na zewnątrz do gabinetu pacjenta, aby temu zapobiec, musimy zainstalować **STABOLEC 6 mm** na podłodze w obszarze ok. 6,80m x 4,00m – należy pamiętać, że w 2,00m x 2,00m w ISO centrum mamy ograniczenia do istniejącej stali mniejszej lub równej 100 kg/m² więcej niż 1,25 m od ISO centrum. Całkowita waga stali w celu zmniejszenia linii 5 Gauss wynosi ok. **1 300kg**, co daje około 50kg/m²
- e) powinniśmy zmniejszyć linię 5 Gauss nad magnesem wychodzącą na zewnątrz do pomieszczeń obsługowych bloku operacyjnego, aby temu zapobiec, musimy zainstalować **STABOLEC 2 mm** na belkach konstrukcyjnych klatki RF w obszarze ok. 6,00m x 2,00m. Całkowity ciężar stali w celu zmniejszenia linii 5 Gauss wynosi ok. **190kg**, co daje około 16kg/m²

Całkowita waga stali STABOLEC wynosi 3 150 kg

- Pomiar RF
- Pomiar pola magnetycznego
- Konserwacja

07. Wymagania dotyczące lokalizacji

Wymaganie dla pola magnetycznego oraz znaki ostrzegawcze na poziomie pola w strefie kontrolnej $\geq 0,5 \text{ mT}$ (5 Gauss)

Limit dla osób z rozrusznikiem serca lub pompą insulinową. Jeżeli natężenie pola magnetycznego na danym obszarze przekracza **0,5 mT**, należy umieścić znaki ostrzegawcze i ograniczyć dostęp zgodnie z lokalnymi przepisami.

Rozkład pola magnetycznego dla rezonansu Siemens MAGNETOM Altea 1.5T

Wartość pola Odległość w **m** od środka Magnesu w kierunku następujących osi

	X axis	Y axis	Z axis
40mT	1.32	1.32	1.71
20mT	1.44	1.44	1.94
10mT	1.59	1.59	2.23
5mT	1.71	1.71	2.53
3mT	1.84	1.84	2.79
1mT	2.21	2.21	3.50
0.5mT	2.50	2.50	4.00
0.3mT	2.73	2.73	4.45
0.15mT	3.16	3.16	5.24
0.1mT	3.40	3.40	5.80
0.05mT	4.00	4.00	6.90

