

ANALÝZA RADIAČNÍ SITUACE
PŘÍSTAVBA PET/CT PRACOVIŠTĚ, NEMOCNICE PARDUBICKÉHO KRAJE, A.S.

Č. DOKUMENTU: 1INT-7917-9905

	Jméno	Funkce	Podpis	Datum
Zpracoval	Ing. Lucie Rysová	Výpočtář-junior		15. 10. 2018
Schválil	Bc. Jiří Hlavička	Vedoucí zakázky		15. 10. 2018

Obsah

1.	Úvod	3
1.1	Účel a oblast platnosti	3
1.2	Legislativa	3
2.	Návrh stínění	3
2.1	Metody výpočtu	3
2.2	Popis pracoviště	5
3.	Výsledky	7
3.1	Stínění aplikační místnosti 1.05	7
3.2	Stínění čekacího boxu 1.15	8
3.3	Stínění čekacího boxu 1.16	8
3.4	Stínění čekacího boxu 1.17	9
3.5	Stínění čekacího boxu 1.18	10
3.6	Stínění vyšetřovny 1.19	11
3.7	Stínění čekárny 1.08	12
4.	Závěr	15
5.	Použitá literatura	15

1. Úvod

1.1 Účel a oblast platnosti

Tento dokument slouží jako návrh opatření, která by zabezpečila splnění požadavků zák. č. 263/2016 Sb., a vyhl. č. 422/2016 Sb. ve znění pozdějších předpisů, na provoz pracoviště PET/CT Pardubické krajské nemocnice. Analýza byla vypracována na základě podkladů dodaných objednatelem.

Objednatel: JIKA – CZ s.r.o.
Dlouhá 101-103
500 03 Hradec Králové
IČ: 25917234

Zhotovitel: VF, a.s.
Svitavská 588
679 21 Černá Hora
IČ: 25532219

1.2 Legislativa

Požadavky na optimalizaci radiační ochrany obyvatel určuje §82 Atomového zákona [1], následujícím způsobem:

“Každý, kdo vykonává radiační činnost, je povinen zajistit, aby v důsledku této činnosti, a to i v případě nahromadění radioaktivní látky uvolňované z pracoviště, byla při optimalizaci radiační ochrany použita dávková optimalizační mez pro reprezentativní osobu 0,25 mSv za rok.”

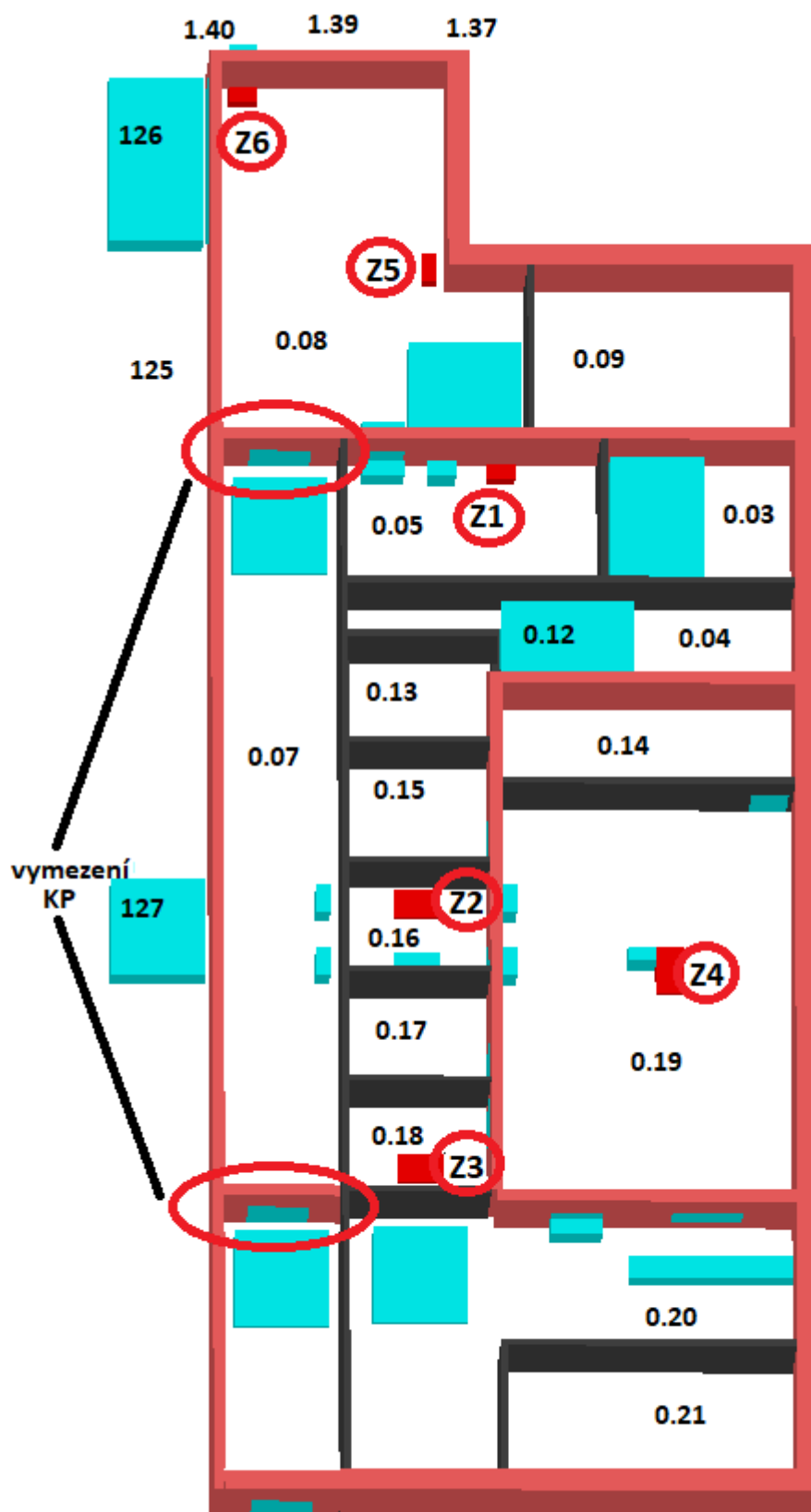
Pokud radiační ochrana splňuje tato kritéria, je považována za optimalizovanou. Pro radiační pracovníky navrhuje optimalizační mez 1 mSv za rok. Tím je pro ně zajištěna radiační ochrana jako pro osoby z obyvatelstva. Optimalizační mez pro radiační pracovníky v legislativě není specifikována a může být stanovena na základně požadavků pracoviště.

2. Návrh stínění

2.1 Metody výpočtu

Analýza byla provedena z důvodu zajištění radiační ochrany pro plánovanou přístavbu PET/CT pracoviště. Model pro výpočet byl vytvořen podle půdorysu pracoviště dodaného zadavatelem [2]. Vzhledem k tomu, že pro PET/CT diagnostiku je klientům aplikován radionuklid F-18 a dochází k pohybu naaplikovaných klientů v prostorech pracoviště, byla provedena simulace výpočtu dávek metodou Monte Carlo. Pro stanovení tloušťek stínících bariér zajišťujících ochranu před CT zdrojem, byl proveden výpočet konzervativní metodou.

Rozmístění zdrojů ionizujícího záření (Z1 - Z6) a stanovení pracovních prostorů pro sledování dávky (modré plochy) je patrné z Obrázku 1.



Obrázek 1: Model pracoviště, znázornění rozmístění zdrojů a pracovních prostor pro sledování dávky

2.2 Popis pracoviště

Pracoviště PET/CT zahrnuje následující místnosti, které byly uvažovány pro návrh stínících bariér:

Číslo místnosti	Popis
1.03	Přípravná léčiv
1.04	Kontrola léčiv
1.05	Aplikační místnost
1.07	Chodba
1.08	Chodba/čekárna
1.09	WC
1.12	Personální filtr
1.13	Hygienická buňka
1.14	Technická místnost
1.15	Box 1
1.16	Box 2
1.17	Box 3
1.18	Box 4
1.19	Vyšetřovna PET/CT
1.20	Ovladovna
1.21	Popisovna
1.37	Skiagrafie
1.39	Ovladovna
1.40	Popisovna (sklad)
125	Pracovna laboranta
126	Komunikační prostor
127	Vyšetřovna MR

Předpokládáme, že se na pracovišti používá pouze F-18. Na pracovišti se předpokládá následující provoz [2]:

- Za 1 pracovní směnu se vyšetří 8 klientů
- Klient přichází k vyšetření do aplikační místnosti 1.05 (Z1), kde je mu aplikovaná aktivita 300 MBq F-18, aplikace trvá cca 5 minut (tj. 40 minut výskytu zdroje v jedné směně, ve výpočtu byla konzervativně počítána doba výskytu zdroje 1 hod)
- Klient po aplikaci prochází přes chodbu 1.07 do jednoho z aplikačních boxů 1.15 – 1.18 (Z2 a Z3), kde čeká přibližně 1 hodinu před vyšetřením
- Klient poté přechází do PET/CT vyšetřovny 1.19 (Z4), kde je mu provedeno vyšetření s dobou trvání cca 30 minut
- Každému klientovi je provedeno CT vyšetření:
 - CT pracuje při napětí 140 kV, proudu 500 mA a celkovou filtrací 5,5 mm Al
 - Jedno vyšetření trvá 30 s
 - Vzhledem k olověnému stínění v gantry neuvažujeme působení primárního svazku
- Po vyšetření klient přechází do chodby/čekárny 1.08 (Z5 a Z6), kde čeká cca 30 minut a poté odchází domů

Vzhledem k tomu, že na pracovišti dochází k pohybu klientů s aplikovanou aktivitou, předpokládá se, že pracoviště je vymezené kontrolovaným pásmem a osoby vstupující do tohoto prostoru (sanitáři doprovázející klienty z lůžkových oddělení apod.) jsou v kategorii radiačních pracovníků a jsou monitorováni osobními dozimetry. V prostorách 125, 126, 127 a na chodbě 1.07 za hranicí KP předpokládám výskyt osob z kategorie obyvatelstva.

Vzhledem ke krátkému poločasu rozpadu radionuklidu F-18 je v jednotlivých fázích vyšetření počítáno s poklesem aktivity.

Pro stanovení doby výskytu pracovníků a osob v jednotlivých sledovaných prostorách jsou ve výpočtech stanoveny následující faktory pobytu:

Stálý výskyt	$T=1,0$
Občasný výskyt	$T=0,3$
Zřídka výskyt	$T=0,1$

Nosné zdivo je uvažováno z tvárnic Porotherm (objemová hmotnost použitá ve výpočtech je $1,1 \text{ g/cm}^3$), v tloušťce 450 mm u obvodového zdiva a do exteriéru a 250 mm u vnitřního zdiva a zdiva přisazeného na rozhraní stávající budovy a přístavby. Veškeré ostatní příčky jsou uvažovány ze sádkartonu, který nemá téměř žádné stínící vlastnosti.

Pro dostínění jsme uvažovali materiály:

- olovo,
- standardní beton (2300 kg/m^3) a
- barytová omítka (2530 kg/m^3).

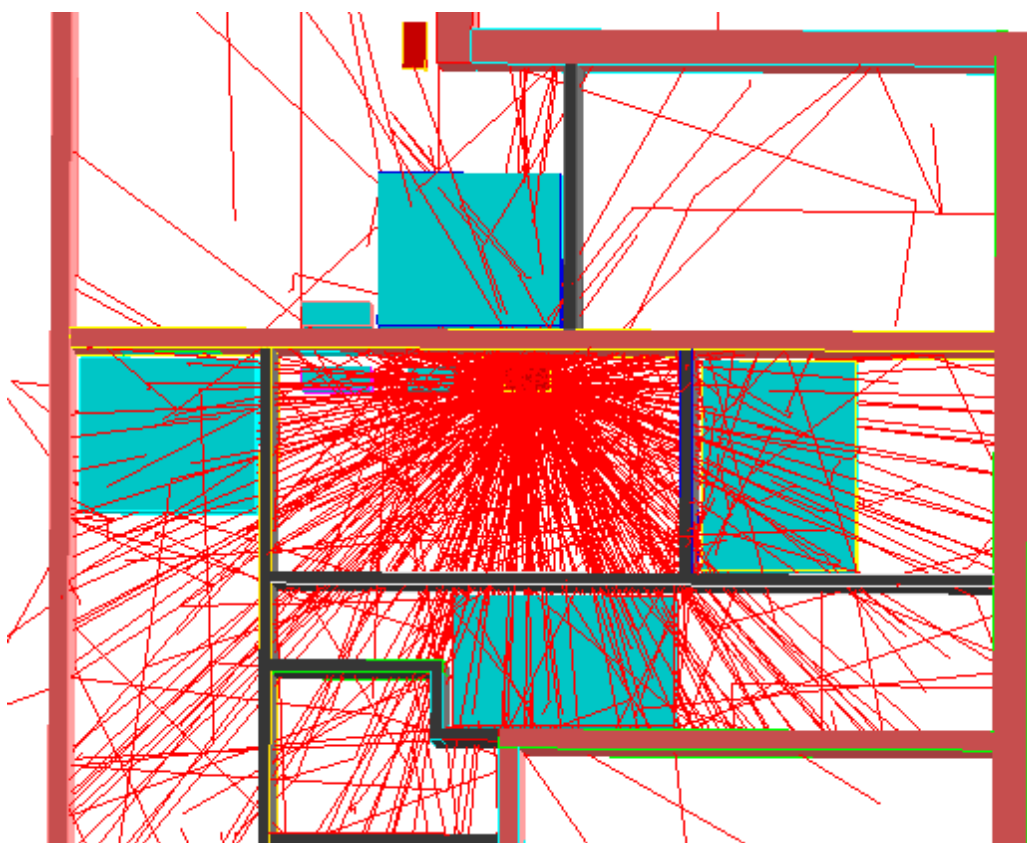
3. Výsledky

3.1 Stínění aplikační místnosti 1.05

- Každému klientovi je aplikovaná aktivita 300 MBq F-18
- Aplikace trvá cca 5 min (počítáno **1 hod** přítomnosti zdroje na 1 směnu)

Aplikační místnost sousedí s následujícími místnostmi a uvažujeme výskyty osob:

- Přípravná léčiv 1.03 – stálý výskyt pracovníků
- Chodba 1.07 – zřídka výskyt pracovníků
- Chodba/čekárna 1.08 – zřídka výskyt osob z obyvatelstva
- WC 1.09 – zřídka výskyt osob z obyvatelstva
- Personální filtr 1.12 – občasný výskyt pracovníků



Bariéra mezi		Druhy bariéry (stávající)	Faktor pobytu	Směrná hodnota [mSv/rok]	Tloušťka dostínění		
					Olovo [mm]	Beton [cm]	Ba omítka [cm]
1.05	1.08	Stěna 250 mm	0,1	0,25	-	-	-
1.05	1.08	Dveře	0,1	0,25	-	-	-
1.05	1.03	Stěna SDK	1,0	1	0,6	1	0,7
1.05	1.12	Stěna SDK	0,3	1	-	-	-
1.05	1.07	Stěna SDK	0,1	1	-	-	-

- Stěnu mezi aplikační místností 1.05 a přípravnou léčiv je třeba dostínit 1 cm barytové omítky
- Ostatní stěny není třeba stínit

3.2 Stínění čekacího boxu 1.15

- Do boxu klient přichází po aplikaci aktivity 300 MBq F-18
- V boxu klient čeká 1 hod na vyšetření
- Počítáme, že do tohoto boxu mohou denně až 4 klienti (kdyby došlo k výpadku možnosti použití některého z boxů nebo by boxy nebyly využívány rovnoměrně) – **4 hod** přítomnosti zdroje

Aplikační místnost sousedí s následujícími místnostmi a uvažujeme výskyty osob:

- Hygienická smyčka 1.13 – zřídka výskyt personálu
- Vyšetřovna PET/CT 1.19 – občasný výskyt personálu
- Box 1.16 - zřídka výskyt personálu
- Chodba 1.07 – zřídka výskyt personálu
- Vyšetřovna MR 127 – občasný výskyt osob z obyvatelstva (možný průnik záření přes chodbu)

Bariéra mezi		Druhy bariéry (stávající)	Faktor pobytu	Směrná hodnota [mSv/rok]	Tloušťka dostínění		
					Olovo [mm]	Beton [cm]	Ba omítka [cm]
1.15	1.13	Stěna SDK	0,1	1	0,19	3	2,3
1.15	1.19	Porotherm	0,3	1	-	-	-
1.15	1.07	Stěna SDK	0,1	1	-	-	-
1.15	1.07	Dveře	0,1	1	-	-	-
1.15	1.16	Stěna SDK	0,1	1	-	-	-
1.15	127	Porotherm	0,3	0,25	-	-	-

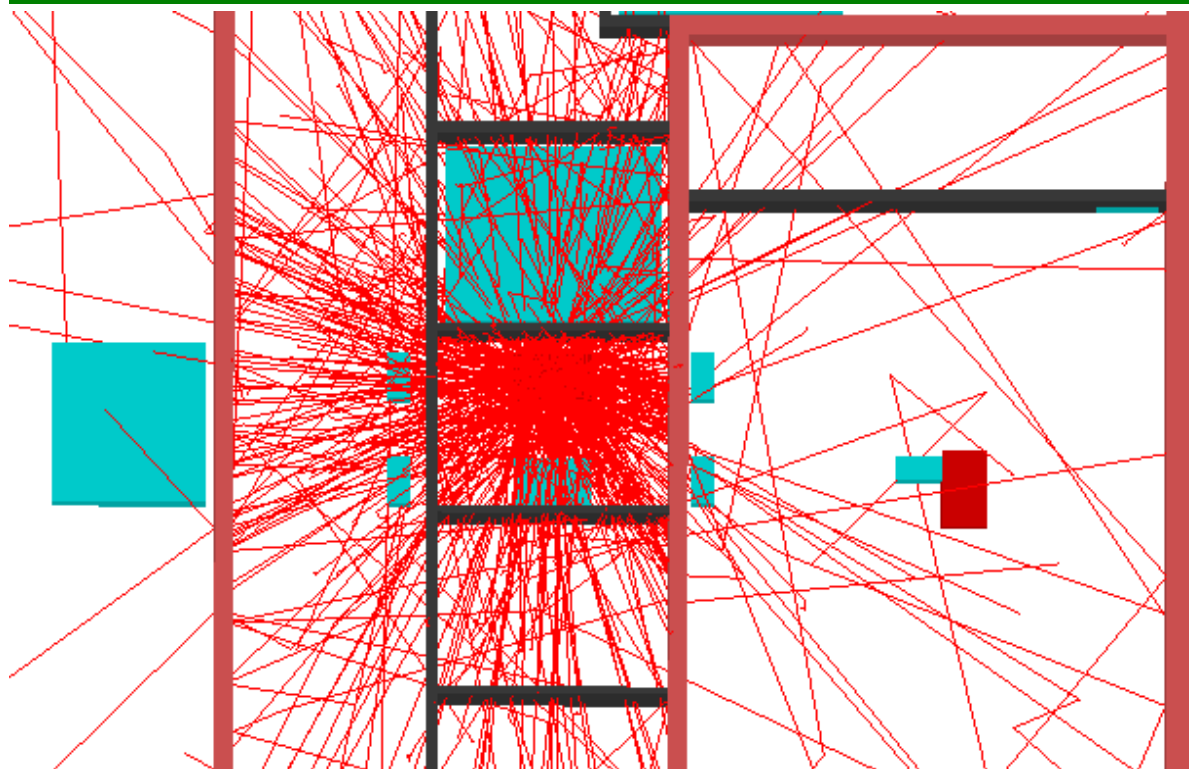
- Stěnu mezi boxem 1.15 a hygienickou smyčkou 1.13 je třeba dostínit 2,5 cm barytové omítky
- Ostatní stěny není třeba stínit

3.3 Stínění čekacího boxu 1.16

- Do boxu klient přichází po aplikaci aktivity 300 MBq F-18
- V boxu klient čeká 1 hod na vyšetření
- Počítáme, že do tohoto boxu mohou denně až 4 klienti (kdyby došlo k výpadku možnosti použití některého z boxů nebo by boxy nebyly využívány rovnoměrně) – **4 hod** přítomnosti zdroje

Aplikační místnost sousedí s následujícími místnostmi a uvažujeme výskyty osob:

- Box 1.15 - zřídka výskyt personálu
- Vyšetřovna PET/CT 1.19 – občasný výskyt personálu
- Box 1.17 - zřídka výskyt personálu
- Chodba 1.07 – zřídka výskyt personálu
- Vyšetřovna MR 127 – občasný výskyt osob z obyvatelstva (možný průnik záření přes chodbu)



Bariéra mezi		Druhy bariéry (stávající)	Faktor pobytu	Směrná hodnota [mSv/rok]	Tloušťka dostínění		
					Olovo [mm]	Beton [cm]	Ba omítka [cm]
1.16	1.15	Stěna SDK	0,1	1	1,9	3,0	2,3
1.16	1.19	Porotherm	0,3	1	-	-	-
1.16	1.07	Stěna SDK	0,1	1	-	-	-
1.16	1.07	Dveře	0,1	1	-	-	-
1.16	1.17	Stěna SDK	0,1	1	1,9	3,0	2,3
1.16	127	Porotherm	0,3	0,25	-	-	-

- Stěny mezi boxem 1.16 a boxy 1.15 a 1.17 je třeba dostínit 2,5 cm barytové omítky
- Ostatní stěny není třeba stínit

3.4 Stínění čekacího boxu 1.17

- Do boxu klient přichází po aplikaci aktivity 300 MBq F-18
- V boxu klient čeká 1 hod na vyšetření
- Počítáme, že do tohoto boxu mohou denně až 4 klienti (kdyby došlo k výpadku možnosti použití některého z boxů nebo by boxy nebyly využívány rovnoměrně) – **4 hod** přítomnosti zdroje

Aplikační místnost sousedí s následujícími místnostmi a uvažujeme výskyty osob:

- Box 1.16 - zřídka výskyt personálu
- Vyšetřovna PET/CT 1.19 – občasný výskyt personálu
- Box 1.17 - zřídka výskyt personálu
- Chodba 1.07 – zřídka výskyt personálu

Bariéra mezi		Druhy bariéry (stávající)	Faktor pobytu	Směrná hodnota [mSv/rok]	Tloušťka dostínění		
					Olovo [mm]	Beton [cm]	Ba omítka [cm]
1.17	1.16	Stěna SDK	0,1	1	1,9	3,0	2,3
1.17	1.19	Porotherm	0,3	1	-	-	-
1.17	1.07	Stěna SDK	0,1	1	-	-	-
1.17	1.07	Dveře	0,1	1	-	-	-
1.17	1.18	Stěna SDK	0,1	1	1,9	3,0	2,3

- Stěny mezi boxem 1.17 a boxy 1.16 a 1.18 je třeba dostínit 2,5 cm barytové omítky
- Ostatní stěny není třeba stínit

3.5 Stínění čekacího boxu 1.18

- Do boxu klient přichází po aplikaci aktivity 300 MBq F-18
- V boxu klient čeká 1 hod na vyšetření
- Počítáme, že do tohoto boxu mohou denně až 4 klienti (kdyby došlo k výpadku možnosti použití některého z boxů nebo by boxy nebyly využívány rovnoměrně) – **4 hod** přítomnosti zdroje

Aplikační místnost sousedí s následujícími místnostmi a uvažujeme výskyty osob:

- Box 1.17 - zřídka výskyt personálu
- Vyšetřovna PET/CT 1.19 – občasný výskyt personálu
- Ovladovna 1.20 – občasný výskyt personálu
- Chodba 1.07 – zřídka výskyt personálu
- Chodba 1.07 – zřídka výskyt osob z obyvatelstva, prostor mimo KP

Bariéra mezi		Druhy bariéry (stávající)	Faktor pobytu	Směrná hodnota [mSv/rok]	Tloušťka dostínění		
					Olovo [mm]	Beton [cm]	Ba omítka [cm]
1.18	1.17	Stěna SDK	0,1	1	1,9	3,0	2,3
1.18	1.19	Porotherm	0,3	1	-	-	-
1.18	1.07	Stěna SDK	0,1	1	-	-	-
1.18	1.07	Dveře	0,1	1	-	-	-
1.18	1.07	Stěna SDK mimo KP	0,1	0,25	2,7	3,3	4,4
1.18	1.20	Stěna SDK	0,1	1	1,9	3,0	2,3

- Stěny mezi boxem 1.18 a boxem 1.17 je třeba dostínit 2,5 cm barytové omítky
- Stěny mezi boxem 1.18 a chodbou 1.07 a ovladovnou 1.20 je třeba dostínit 4,5 cm barytové omítky, aby se zamezilo prozařování do chodby mimo prostor KP

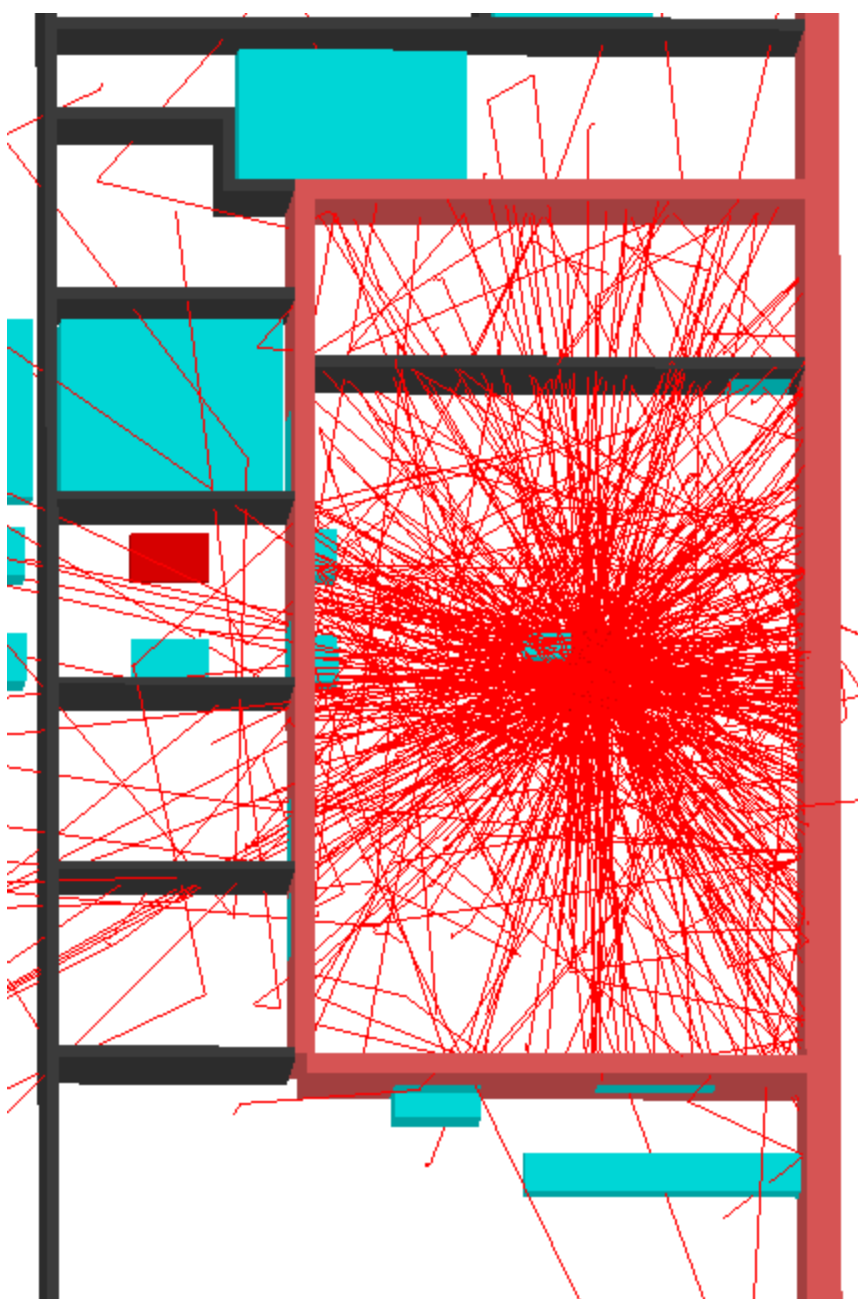
Pozn.: V případě, že by bylo provozně zajištěno pravidelné střídání boxů, tj. v jedné směně by na 1 box připadali vždy jen 2 klienti, nebylo by potřeba boxy mezi sebou stínit.

3.6 Stínění vyšetřovny 1.19

- Do vyšetřovny klient přichází po aplikaci aktivity 300 MBq F-18 a po 1 hod v čekacím boxu, aktivita tak poklesla na hodnotu 205 MBq
- Vyšetření trvá 30 minut - **4 hod** přítomnosti zdroje za směnu
- Každému klientovi je provedeno CT vyšetření s parametry uvedenými v kapitole 2.2

Vyšetřovna místnost sousedí s následujícími místnostmi a uvažujeme výskyty osob:

- Technická místnost 1.14 – v době provozu neuvažuje výskyt osob
- Personální filtr 1.12 – občasný výskyt personálu (možný průnik záření přes technickou místnost)
- Kontrola léčiv 1.04 – občasný výskyt personálu (možný průnik záření přes technickou místnost)
- Boxy 1.15 - 1.18 – zřídka výskyt personálu
- Ovladovna 1.20 – trvalý výskyt personálu



Stínění od F-18

Bariéra mezi		Druhy bariéry (stávající)	Faktor pobytu	Směrná hodnota [mSv/rok]	Tloušťka dostínění		
					Olovo [mm]	Beton [cm]	Ba omítka [cm]
1.19	1.12	Porotherm	0,3	1	-	-	-
1.19	1.04	Porotherm	0,3	1	-	-	-
1.19	1.16	Stěna + dveře	0,1	1	-	-	-
1.19	1.20	Porotherm + okno	1	1	-	-	-
1.19	1.20	Dveře	0,1	1	-	-	-

Stínění od CT zdroje

Bariéra mezi		Druhy bariéry (stávající)	Faktor pobytu	Směrná hodnota [mSv/rok]	Tloušťka dostínění		
					Olovo [mm]	Beton [cm]	Ba omítka [cm]
1.19	1.20	Porotherm	1	1	0,8	6,8	1,8
1.19	1.20	Okno	1	1	2,1	-	-
1.19	1.20	Dveře	0,1	1	1,4	-	-
1.19	1.16	Porotherm	0,1	1	-	-	-
1.19	1.16	Dveře	0,1	1	1,6	-	-
1.19	1.12	Porotherm	0,3	1	-	-	-
1.19	1.04	Porotherm	0,3	1	-	-	-
1.19	nad	-	1	0,25	2,7	23,3	6,1

- Stěnu mezi vyšetřovnou 1.19 a ovladovnou 1.20 je třeba stínit 2 cm barytové omítky, okno do ovladovny by mělo mít ekvivalent olova 2,1 mm a dveře do ovladovny 1,4 mm Pb
- Dveře mezi vyšetřovnou 1.19 a boxy 1.15 – 1.18 by měly mít ekvivalent olova 1,6 mm
- Strop nad vyšetřovnou by měl mít celkovou tloušťku alespoň 25 cm betonu, aby byla zajištěna ochrana osob v případě, že by v budoucnu byl prostor v patře využíván k účelům, kde dochází k trvalému výskytu osob z kategorie obyvatelstva

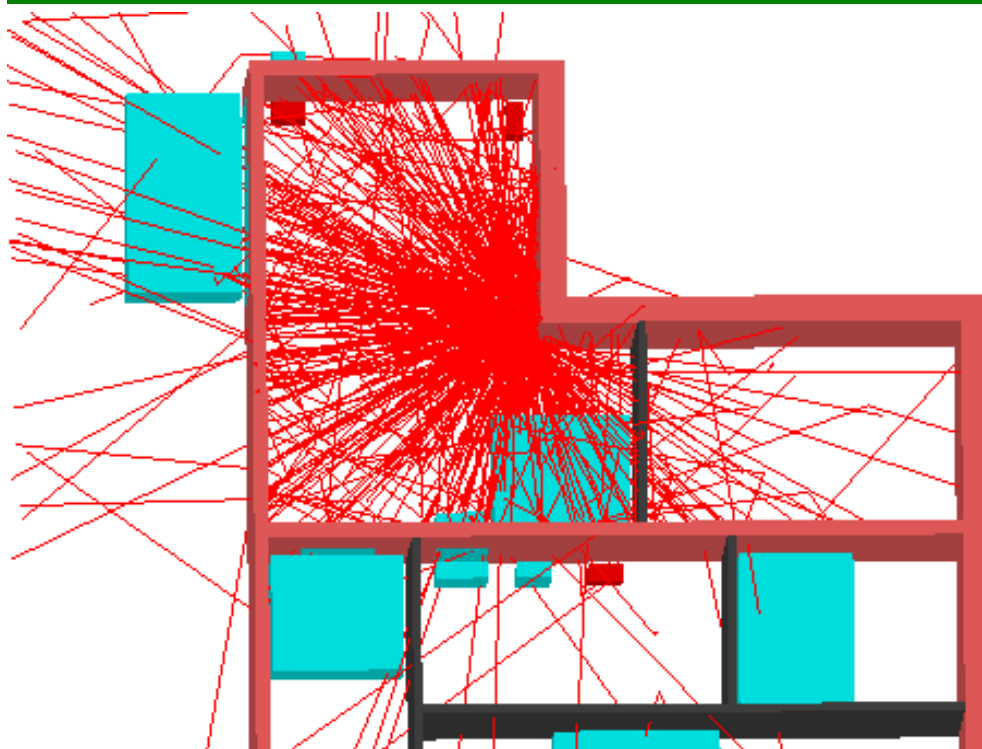
3.7 Stínění čekárny 1.08

- Do čekárny klient přichází po vyšetření v PET/CT, kdy aktivita klesla na 170 MBq
- V čekárně čeká 30 min před odchodem domů
- Počítáme s usazením klientů v čekárně do kritických míst, vždy výskyt zdroje v kritických místech **2 hod** na směnu

a) Klient nejblíže aplikační místnosti

Čekárna v tomto případě sousedí s následujícími místnostmi a uvažujeme výskyt osob:

- Aplikační místnost 1.05 - občasný výskyt personálu
- Chodba 1.07 – zřídka výskyt personálu
- Komunikační prostor 126 – zřídka výskyt osob z obyvatelstva, prostor mimo KP



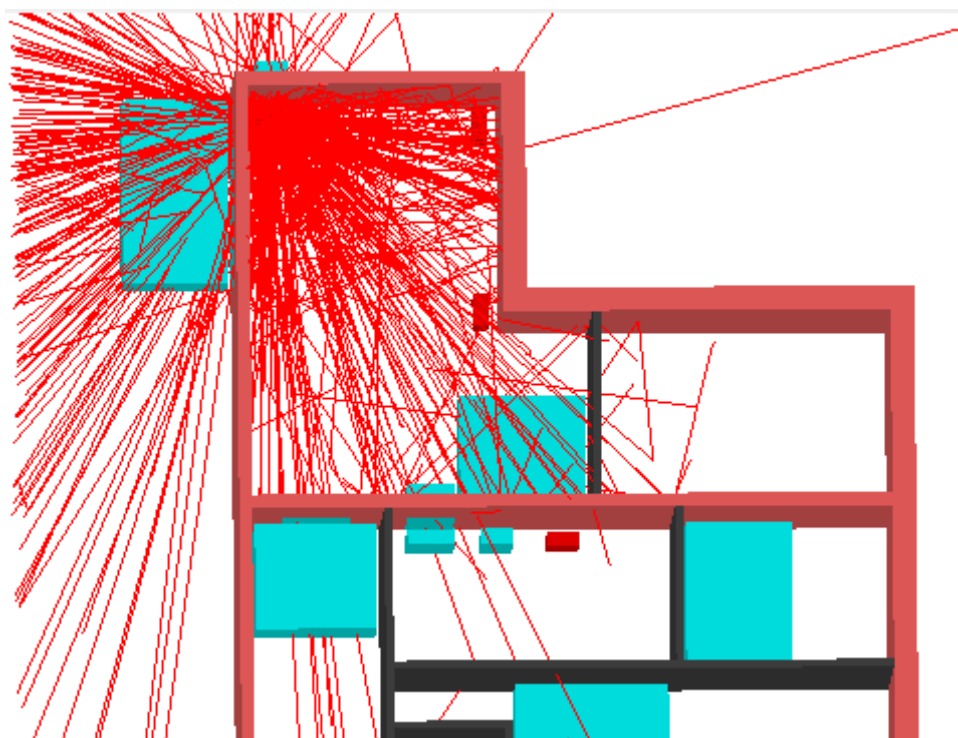
Bariéra mezi		Druhy bariéry (stávající)	Faktor pobytu	Směrná hodnota [mSv/rok]	Tloušťka dostínění		
					Olovo [mm]	Beton [cm]	Ba omítka [cm]
1.08	1.07	Dveře	0,1	1	-	-	-
1.08	1.05	Stěna SDK	0,3	1	-	-	-
1.08	1.05	Dveře	0,1	1	-	-	-
1.08	126	Dveře	0,1	0,25	-	-	-

- Stěny ani dveře není třeba stínit

b) Klient nejbližše komunikačnímu prostoru

Čekárna v tomto případě sousedí s následujícími místnostmi a uvažujeme výskyty osob:

- Chodba 1.07 – zřídka výskyt personálu
- Komunikační prostor 126 – zřídka výskyt osob z obyvatelstva, prostor mimo KP
- Popisovna/sklad 1.40



Bariéra mezi		Druhy bariéry (stávající)	Faktor pobytu	Směrná hodnota [mSv/rok]	Tloušťka dostínění		
					Olovo [mm]	Beton [cm]	Ba omítka [cm]
1.08	1.07	Dveře	0,1	1	-	-	-
1.08	1.40	Porotherm + zdivo	0,3	1	-	-	-
1.08	1.37	Porotherm + zdivo	0,3	1	-	-	-
1.08	126	Dveře	0,1	0,25	0,8	1,3	1

- Stěny mezi čekárnou 1.08 a místnostmi 1.40, 1.39 a 1.37 není třeba stínit. Ohledně okna do 1.39 by bylo vhodné zajistit, aby se do prostoru před něj neumísťovaly židle pro klienty, čímž se zamezí průstřelům záření do prostoru 1.39 přes okno
- Prosklený průchod do komunikačního by bylo vhodné částečně uzavřít zdivem po navrhované dveře do komunikačního prostoru, aby se čekárna uzavřela stínící bariérou (v levém horním rohu)

4. Závěr

Konstrukční materiály a odstínění specifikované v tomto dokumentu poskytují dostatečné stínění před zářením od F-18 a CT zdroje. Stínění, dimenzované podle kapitol 3.1 až 3.7, zabezpečuje optimalizovanou radiační ochranu za uvedených předpokládaných provozních podmínek.

5. Použitá literatura

- [1] *Zákon č. 263/2016 Sb., Atomový zákon.*
- [2] *Jiří Hlavička, Michal Vostrovský, soukromé sdělení.*