

Viri sevanja v medicini

Uroš Čotar, univ. dipl. fiz.,
odgovorna oseba za varstvo pred sevanji
Onkološki Inštitut, Ljubljana

Vsebina

- Definicija
- Uporaba
- Viri na oddelkih:
 - NM
 - RTG
 - BRT
 - TRT
 - EVPIS
 - BIO
 - AKP

Definicija

- **Odprti viri (open sources):** možna je kontaminacija (razlitje, razsutje, ingestija, inhalacija).
 - Sem spadajo tudi raztopine v steklenih in plastičnih posodah.
 - Lamele na kobaltovem obsevalnem aparatu (DU)
- **Zaprte viri (sealed sources):** kontaminacija ni možna. Ščit je dovolj močan.
 - Radioaktivni viri
 - Naprave s pospeševalno cevjo

Uporaba

- Diagnostika
- Terapija
- Interne kalibracije, preizkušanje naprav
- Raziskovalna dejavnost

Odprti viri (open sources)

- Oddelek nuklearne medicine
 - Diagnostika: Tc-99m, I-123, I-131, In-111, Ga-67, F-18
 - Terapija: I-131, Sr-89, Sm-153, Y-90, Ra-223 (α sevalec), Lu-177

Odprti viri - diagnostika (1)

- Priprava radiofarmaka: vroči laboratorij
- Radiofarmak se aplicira bolniku in porazdeli po telesu
- Slikanje s kopičenjem radioizotopa v posameznih organih (limfni sistem, ščitnica, kosti...)

Odprti viri - diagnostika (2)

- Najpogostejši izotopi : Tc-99m, I-131, F-18
- Kratki razpolovni časi : nekaj ur do nekaj dni
- Aktivnosti do 1100 MBq: ambulantna obdelava bolnika
- po slikanju na γ kamerah gre bolnik lahko domov

Odprti viri - terapija

- Oralno v obliki kapsul ali v tekoči obliki (primer: I-131 pri karcinomu ščitnice), Lu-177
- Aktivnosti: do 7.4 GBq
- Bolnik je hospitaliziran 3 dni na BRT oddelku (jodove sobe)
- Aktivnost pada zaradi razpada izotopa in izločanja (fizikalni in biološki razpolovni čas)
- Zakonska omejitev za odpust: 800 MBq preostale aktivnosti (50 μ Sv/h na razdalji 1m)

Razpolovni časi

Tc-99m	6h	Co-57	270 dni
I-123	13 h	Ge-68	270 dni
I-131	8 dni	Cs-137	30 let
Ga-68	68 min	Ba-133	10.5 let
Lu-177	6.7 dni	Sr-90	29 let
F-18	< 2h	Ir-192	74 dni
Ra-223	11 dni	Na-22	2.6 let

Dozimetrija

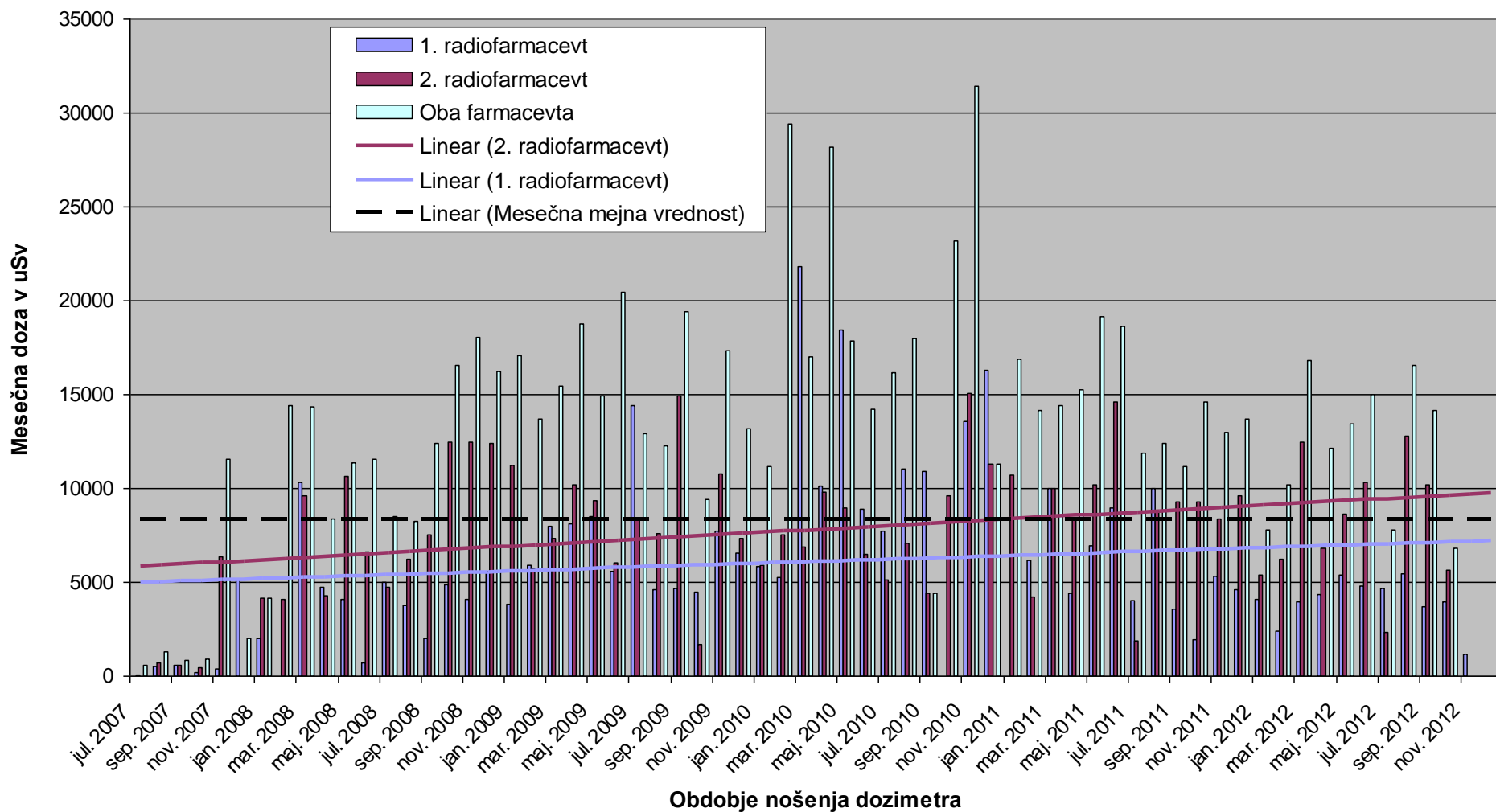
- Obvezna uporaba TL dozimetra (mesečni odčitki)
- Uporaba ročnih in prstnih dozimetrov za določitev ekvivalentne doze na ekstremitete
- Uporaba elektronskega dozimetra z nastavljivim alarmom predvsem za opozarjanje na visoko dozno hitrost

PET-CT



Mesečne ekvivalentne doze na roke pri pripravi radiofarmakov

Mesečne ekvivalentne doze na roke za radiofarmacevte



Ekstremi

- efektivna mesečna doza 2,3 mSv – april 2008
- ekvivalentna mesečna doza na roke 22 mSv – februar 2010
- efektivna mesečna doza 3.8 mSv – maj 2011 (nenamerno obsevanje dozimetra?)
- ekvivalentna mesečna doza na roke 42 mSv – september 2012 (nenamerno obsevanje dozimetra?)
- efektivna mesečna doza 2,3 mSv – april 2018
- efektivna doza: 2022 – 2,44 mSv; 2025 5,25 mSv – terapija ščitnice

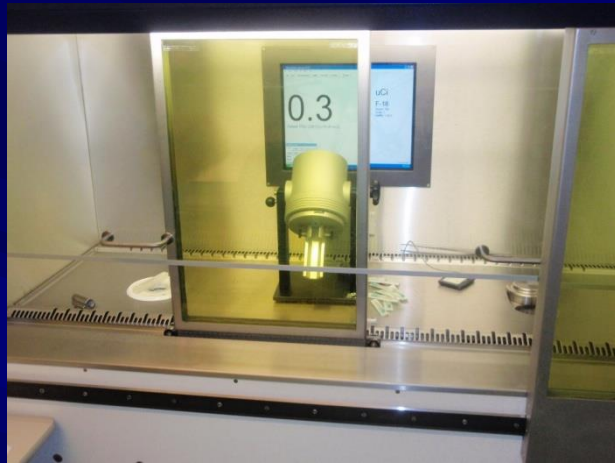
Dozne ograde in dozne omejitve

- Dozna omejitev: 20 mSv na leto (povprečno 1.6 mSv na mesec)
- Prekoračenje ograde 1.6 mSv na mesec:
 - obvestilo URSVS,
 - iskanje vzroka in odprava le tega,
 - revizija OVID
- Dozna ograda 0.5 mSv, ob prekoračitvi obveščanje URSVS

Kaj je zvišalo doze delavcem NM?

- Uvedba preiskave PET-CT
- Povečanje števila preiskav – do 8 dnevno (naročena aktivnost za zadnjega pacienta je 10x višja kot aplicirana, tipično do 10 GBq, maksimalno 20 GBq) – zakaj?
- Neučinkovita zaščita za fotone 511 keV

Primeri zaščite



Odprti viri – radioaktivni odpadki

- Odprti viri v medicini so kratkoživi –
razpolovni čas je krajši od 8 dni (za I-131)
- Najbolj problematičen odpadek predstavljajo:
 - neporabljen radiofarmak
 - injekcijske igle
 - Tc-99m generatorji
- Shranjevanje v posebnih sodčkih, v skladišču radioaktivnega materiala
- V vrečah se hranijo smeti in perilo z BRT oddelka iz “jodovih sob”
- Iznos: najprej pregled pooblaščenega inštitucije, nato opustitev nadzora ali v CS RAO

Radioaktivni odpadki – skladiščenje



Radioaktivni odpadki - tekoči



- Hranjenje minimalno 2 meseca
- Odvzem vzorcev in merjenje specifične aktivnosti (zakonsko določilo uredba UV1, tabela 3)
- Izpust

Zaprta viri (sealed sources)

■ Diagnostika:

- rentgen, CT, mamograf, premični rentgen, mamotom

■ Terapija

- linearni pospeševalnik - Linac
- terapevtski rentgen (Xstrahl-X200)
- radioizotopi: Ir-192 in Sr-90 (BRT), Co-60 (TRT odstranjen avgusta 2010)

■ Interne kalibracije in preizkušanje naprav (NM):

- γ kamere: Co-57, Cs-137, Ba-133
- PET/CT: Na-22, Ge-68

■ Raziskave:

- Rentgen: Gulmay Darpac 3225
- Ambulanta za klinično prehrano – meritve gostote telesa in kosti: Hologic Horizon W

Značilnosti virov s pospeševalno cevjo

- Sami po sebi ne sevajo (v prostoru ni sevanja, ko je aparat izključen)!
- Dostop je možen tudi za nesevalne delavce
- Ni kontaminacije
- Ni radioaktivnih odpadkov
- Toda: RTG napravo in cev je potrebno strokovno uničiti

Stacionarni rentgenski aparati



CT – računalniška tomografija



Mamografija



Vakuumska biopsija



Premični aparati



Meritve na aparatih – oktober 2011

Aparat	Merilno mesto	Doza [μ Sv]
Selenia	zunaj	39
	znotraj	788
	RTG	37427
DiDi	zunaj	20
	znotraj	198
	RTG	662
DORA - ME1	zunaj	45
	znotraj	785
	RTG	9430
Mamotom	zunaj	34
	znotraj	37
	RTG	36
CT	zunaj	44
	Znotraj	719
	RTG	635

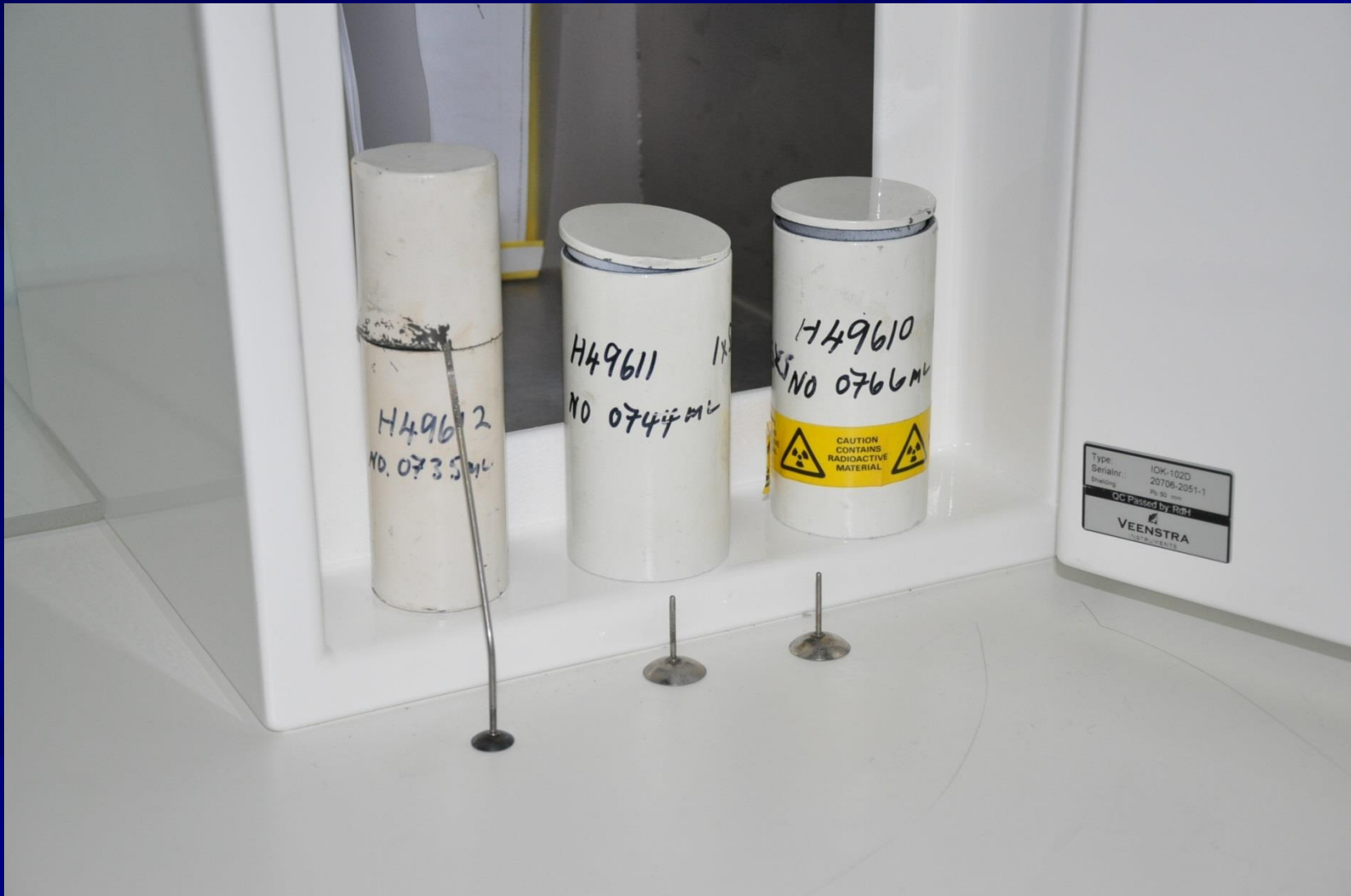
Brahiradioterapija (BRT)

- Brahiradioterapija (BRT) = zdravljenje z radioaktivnimi viri na telesu ali v telesu
- Izotopi: Sr-90 (β sevalec), Ir-192 za PDR in HDR (γ sevalec)
- Aktivnosti:
 - Sr-90 do 1GBq,
 - Ir-192 do 450 GBq !!!

Način vstavljanja

- Ročno: Sr-90
- Naknadno: vir Ir-192 vstavijo naknadno (after-load) poseg je računalniško krmiljen

Aplikatorji Sr-90



Napravi za PDR in HDR



Sevalna obremenitev delavcev na brahiterapiji in nuklearni medicini

Brahiterapija:

■ srednje sestre:

1997: 5.8 do 10.6 mSv

2004: do 2.5 mSv

2007: do 1.3 mSv

2010: < 1 mSv

■ višje sestre:

1997: 2.0 do 4.0 mSv

2004: 0.6 do 1.1 mSv

2007: do 1.1 mSv

2010: < 1 mSv

Izotopni laboratorij:

■ priprava radiofarmaka:

1997: 3.4 mSv

2004: 1.0 mSv

2007: 0.9 mSv

2010: 1 mSv

■ aplikacija radiofarmaka:

1997: do 11.3 mSv

2004: do 2.6 mSv

2007: do 2.5 mSv

2010: 5 mSv

2013: 6.5 mSv

2024: 3 mSv

Kaj je znižalo osebne doze delavcev na BRT?

- Uvedba after-load obsevalnih tehnik
- Manjše število ročnih aplikacij
- Dobra zaščita prostorov, kjer se pripravlja in izvaja terapija.
- Profesionalen odnos do dela z viri sevanja in občutek za prepoznavanje resnično nevarnih situacij.

Teleterapija

- Zdravljenje z obsevanjem na daljavo
- Teleradioterapevtska naprava = zaprt terapevtski vir sevanja, ki ni vstavljen v telo bolnika
- Hitrosti doze v primarnem snopu: 1-2 Gy/min
- Oprema na Onkološkem inštitutu
 - 9 Linacov
 - 1 300kV RTG (XStrahl)
 - 2 simulatorja
 - (teleterapevtski vir s Co-60 Theratron - odstranjen avgusta 2010)

Značilnosti TRT naprav

- Zelo visoke hitrosti doze; smrtna doza (5 do 10 Gy) v nekaj minutah
- Potreba po dobri zaščiti prostorov (zunaj nad pospeševalniki še vedno 2 mSv/h)
- Osebja med terapevtskim posegom ni v obsevalnem prostoru

Linearni pospeševalniki - Linaci

- so naprave, ki proizvajajo visokoenergijske fotone ali elektrone
- Energije : 6-18 MeV za elektrone in 6-15 MV za fotone (Onkološki Inštitut)
- Možne energije do 25 MeV
- Hitrost doze v primarnem snopu: poljubno prilagajamo, ponavadi 1-2 Gy/min

Obsevanje z visokoenergijskimi fotoni

- Velika prodornost
- Build-up efekt
- Osebna zaščita ni smiselna
- Dobra zaščita prostora (tudi pred nevtroni) za energije nad 10 MeV

Linearni pospeševalnik ELEKTA Sinergy

■ Energije fotonov:

-6 MV

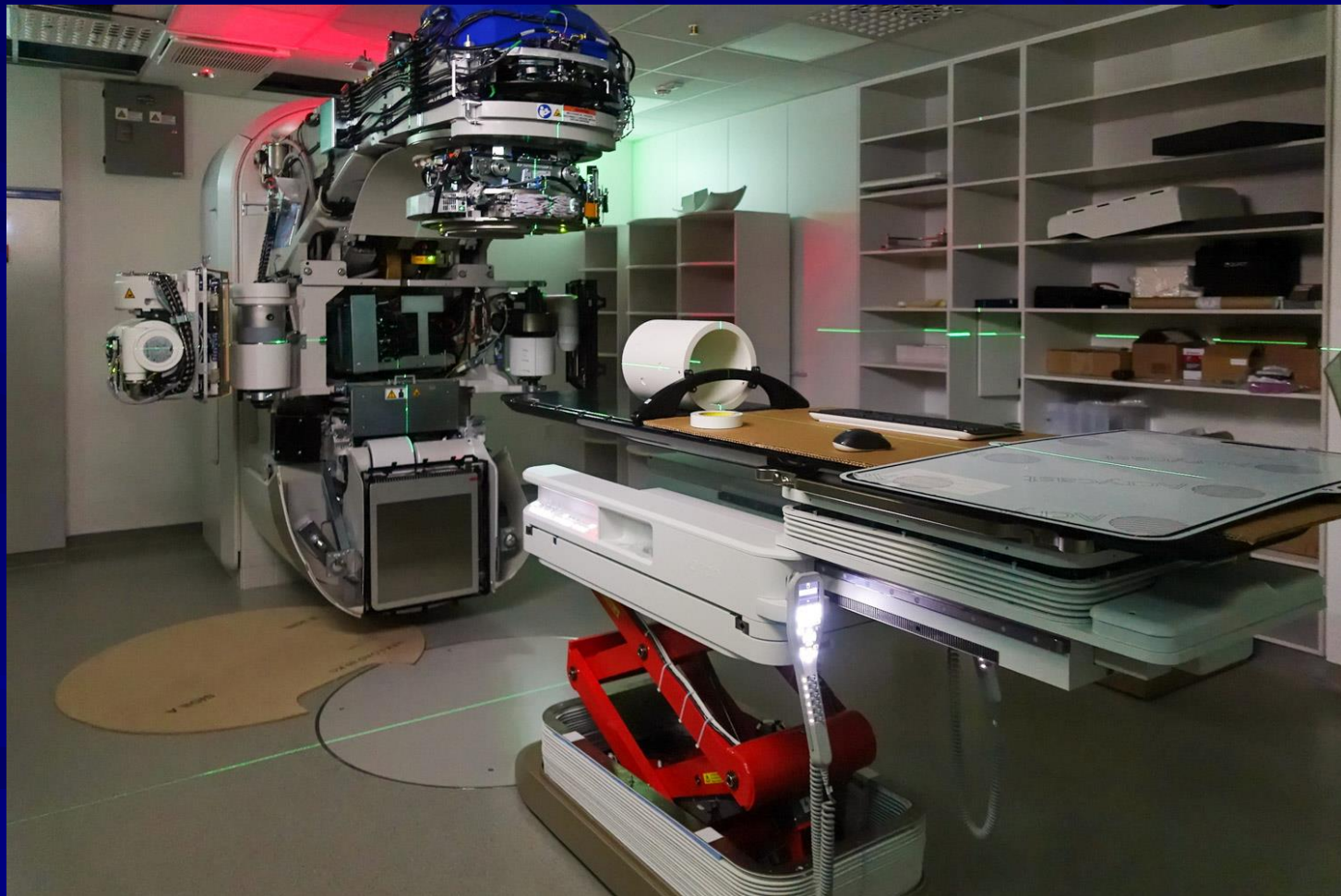
-15 MV

Energije elektronov:

- 6, 9, 12, 15 in 18
MeV



Varian TrueBeam STX



Kalibrirani zaprti viri za interne kalibracije



Kalibrirani zaprti viri za interne kalibracije



Raziskovalna dejavnost

- Obsevanje celičnih in tkivnih vzorcev ter poskusnih živali
- RTG aparat Gulmay Darpac 3225 (220 kV)
- Hitrost doze:
 - v primarnem snopu: 2.2 Gy/min
 - nadzorni pult: $< 1 \mu\text{Sv/h}$
- Mesečne doze: nekaj μSv
- Dodatna zaščita ni potrebna
- Nadzor ni tako strog kot pri medicinskih posegih

Gulmay Darpac 3225



Ambulanta za klinično prehrano – Hologic Horizon W



Zaključek

- Hvala lepa za pozornost!
- Vprašanja?