

# 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

# Definicija

- Odprti viri (open sources): možna je kontaminacija (razlitje, razsutje, ingestija, inhalacija).
  - Sem spadajo tudi raztopine v steklenih in plastičnih posodah.
  - Lamele na kobaltnem obsevalnem aparatu (DU)
- Zaprti 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 ( $\alpha$  sevalec)

# 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  $\gamma$  kamerah gre bolnik lahko domov

# Odprti viri - terapija

- Oralno v obliki kapsul ali v tekoči obliki (primer: I-131 pri karcinomu ščitnice)
- 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  $\mu$ Sv/h na razdalji 1 m)

# 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-67  | 3.3 dni  | Ba-133 | 10.5 let |
| Sr-89  | 50.6 dni | Sr-90  | 29 let   |
| F-18   | < 2h     | Ir-192 | 74 dni   |
| Ra-223 | 11 dni   | Na-22  | 2.6 let  |

# Dozimetrija

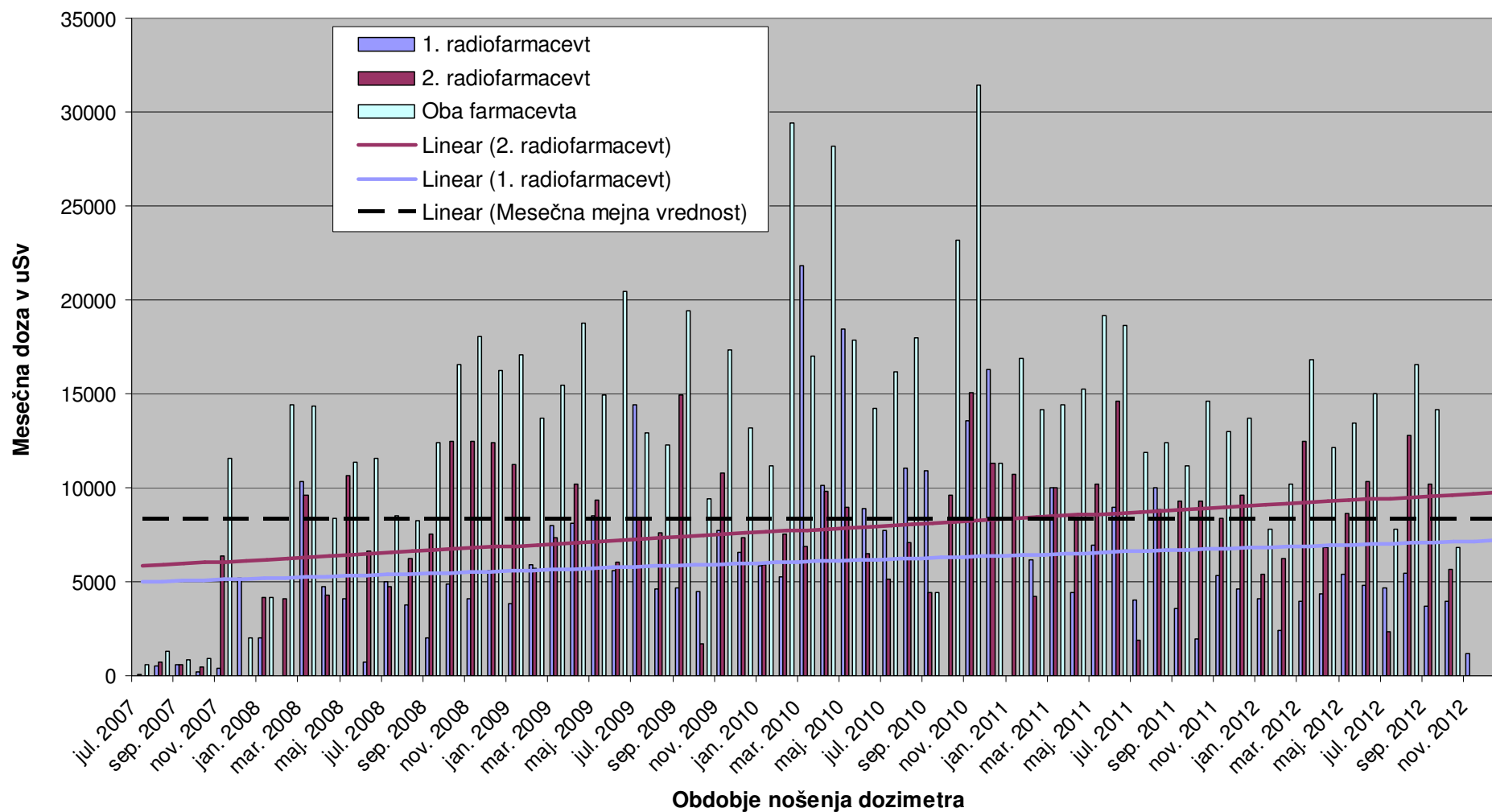
- Obvezna uporaba TL dozimetra (mesečni odčitki)
- Uporaba ročnih in prstnih dozimetrov za določitev ekvivalentne doze na ekstremitete
- Uporaba elektronskega dozimetra z nastavljivim alarmom predvsem za opozarjanje na visoko dozno hitrost

# 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?)

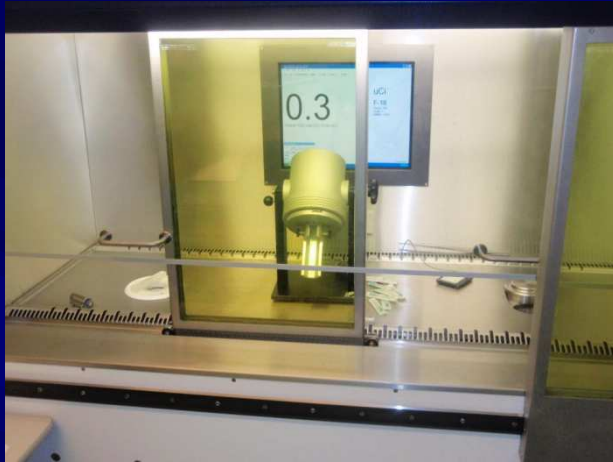
# Dozne ograde in dozne omejitve

- 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 pooblaščne 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 (Gulmay)
- radioizotopi: Ir-192 in Sr-90 (BRT), Co-60 (TRT odstranjen avgusta 2010)

## ■ Interne kalibracije in preizkušanje naprav (NM):

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

## ■ Raziskave:

- Rentgen: Gulmay Darpac 3225

# 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



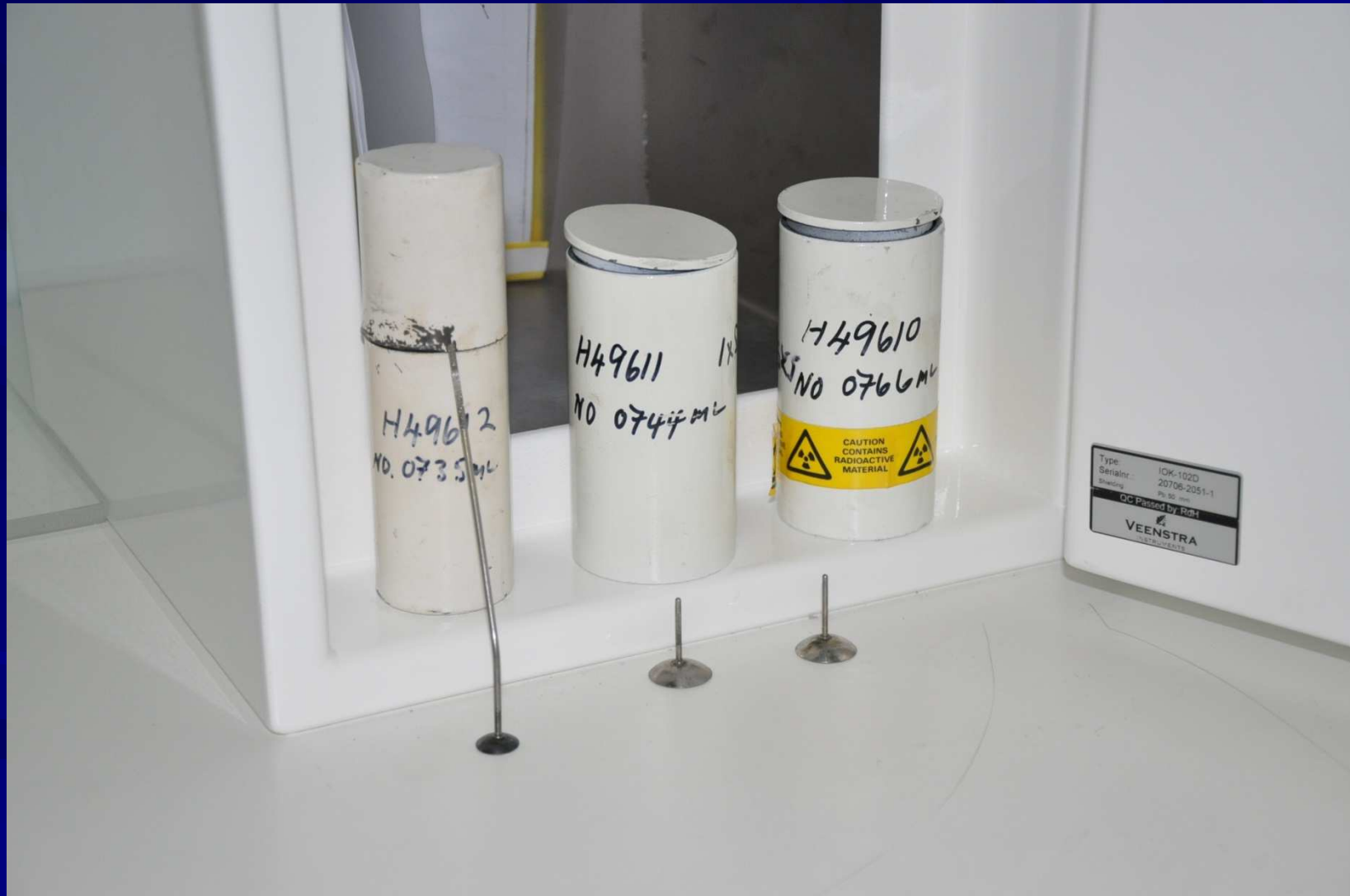
# Brahiradioterapija (BRT)

- Brahiradioterapija (BRT) = zdravljenje z radioaktivnimi viri na telesu ali v telesu
- Izotopi: Sr-90 ( $\beta$  sevalec), Ir-192 za PDR in HDR ( $\gamma$  sevalec)
- Aktivnosti:
  - Sr-90 do 1GBq,
  - Ir-192 do 400 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

# 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
  - 8 Linacov
  - 1 300kV RTG (Gulmay)
  - 3 simulatorji
  - (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 : 4-18 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 Varian



■ Aparata 6 in 8 sta visokoenergijska (15 MV fotoni)

■ Aparata 1 in 2 sta nizkoenergijska (6 MV fotoni)

# Linearni pospeševalnik ELEKTA Sinergy

■ Energije fotonov:

-6 MV

-15 MV

Energije elektronov:

- 6, 9, 12, 15 in 18  
MeV



# Varian Novalis TX

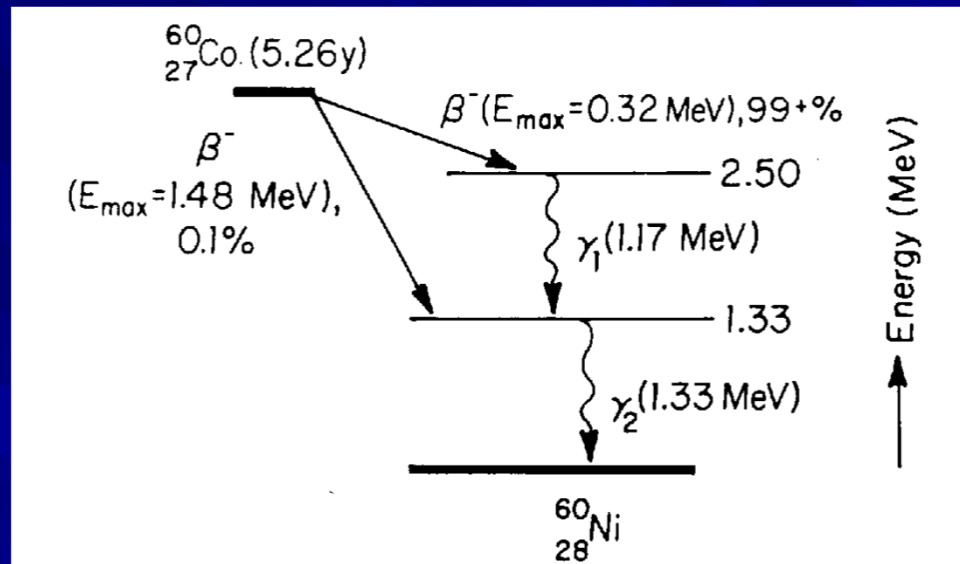


# Obsevalnik Theratron - Co-60



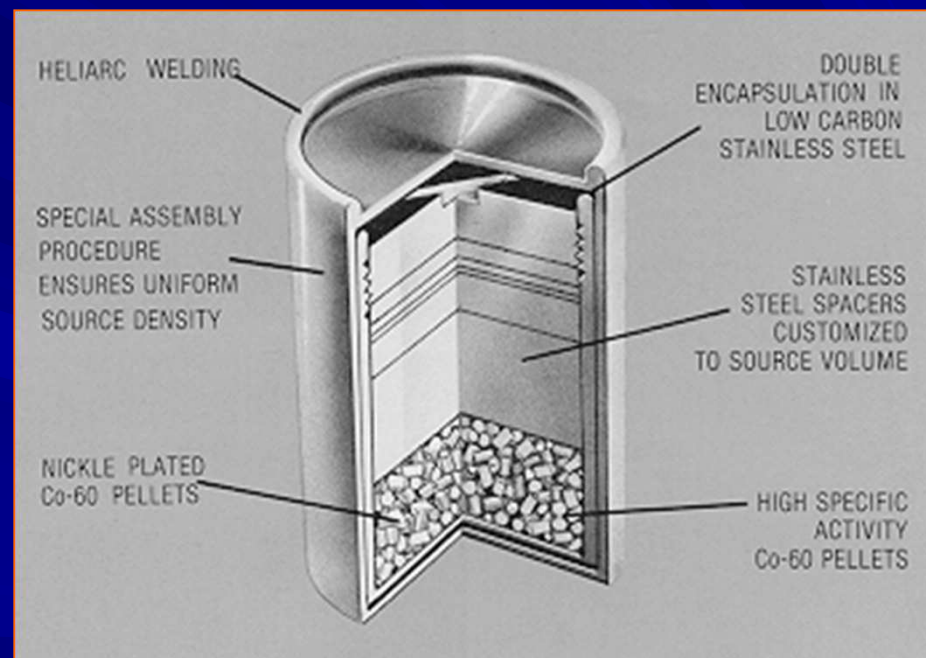
# Radioizotop Co-60

- Razpolovna doba  
5.26 let
- energija sevanja  
1.17 in 1.33 MeV
- prodornost:  
TVL = 25 cm betona

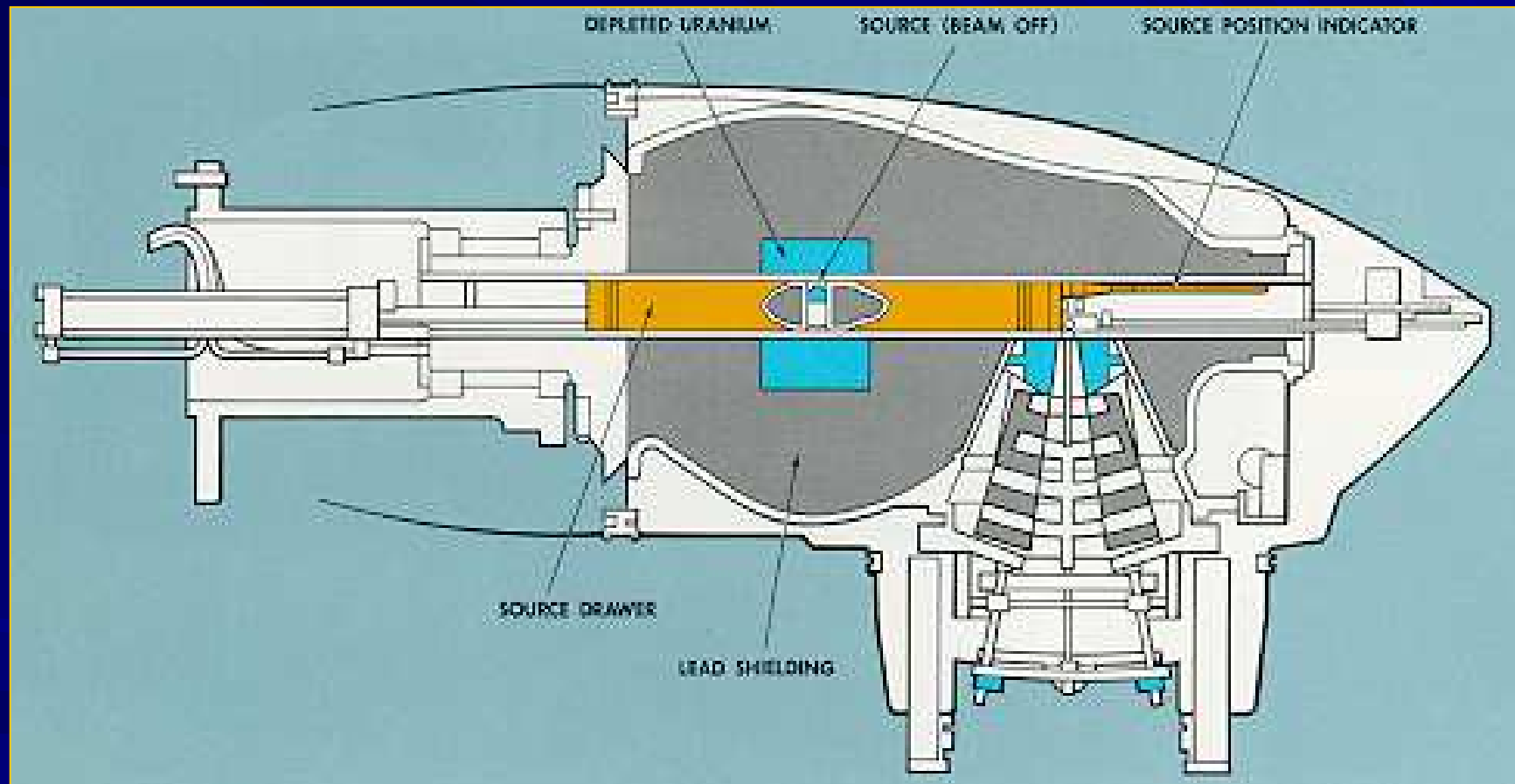


# Vir sevanja Co-60

- Izotop je pridobljen v reaktorju z (n,  $\gamma$ ) reakcijo
- Aktivnost ob dobavi: 270 TBq
- Aktivnost pred odstranitvijo 110 TBq (najmočnejši vir v Sloveniji)
- Vir je v dvojni zavarjeni kapsuli, ki preprečuje puščanje



# Prerez Theratrona



# 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  $\mu\text{Sv}$
- Dodatna zaščita ni potrebna
- Nadzor ni tako strog kot pri medicinskih posegih

# Gulmay Darpac 3225



# Zaključek

- Hvala lepa za pozornost!
- Vprašanja?