

# Dr. Duffek László

Sugárzás elleni védelem a nukleáris medicina munkahelyeken.

A dolgozók és a páciensek sugárvédelme

2017. március 28.

## A dolgozók sugárvédelme

### A nukleáris Medicinai munkahelyek részei

- In vivo diagnosztika
- In vitro diagnosztika
- Terápia
- Kutatás

### A nukleáris medicina munkakört ellátó személyeknek szükséges

- Orvosi vizsgálaton való részvétel
- Munkaköri és egyéb alkalmassági vizsgálat
- Sugárvédelmi tanfolyamon való részvétel
- Dózismérő viselése

## In vivo diagnosztikai vizsgálatok sugárterhelése

- A személyzet részére állandó sugárterhelés

## A laboratóriumi sugárveszély a személyzet számára

- Az aktív helységek
- A meleg laboratórium
- A vizsgáló helységek
- Az izotóp és hulladékok tároló helyégei

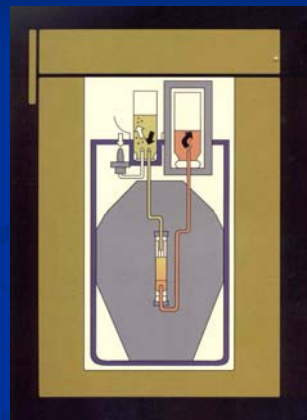
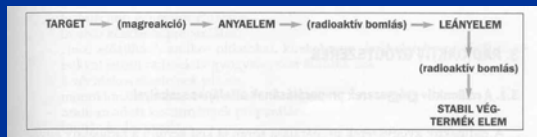
## A személyzet sugárterhelése

- A beérkező izotóp készítmények átvétele, adminisztrálása
- Az izotópok tárolása
- A farmakonok dozírozása
- A farmakonok jelzése és dozírozása
- A farmakonok tárolása felhasználásig
- A radiofarmakonok a betegbe juttatása
- A beteg a laboratórium területén való tartózkodása
- A vizsgálat elvégzése

## A radiofarmakonok előállítása a következő lépésekből áll

- Magreakció
- Elválasztás
- Kémiai tisztítás
- Jelzett vegyületek előállítása
- Minősbiztosítás, Minőségellenőrzés

## $^{99m}\text{Tc}$ generátor



$^{99m}\text{Tc}$	6 óra	140	Mind a felezési idő, mind a gamma-energia ideális radionuklidá teszi a $^{99m}\text{Tc}$ -ot a nukleáris medicina szempontjából. Az anyaelem ( $^{99}\text{Mo}$ ) 66 órás felezési idejű, így az izotópgenerátor szállítható, hetente - kéthetente szükséges újabb generátor rendelése a felhasználási helyre. Szinte valamennyi indikációs területen használják.
$^{111}\text{In}$	2,8 nap	172 247	A 172 keV-es csúcs használható jó minőségű képalkotásra. Amennyiben a biológiai folyamat szempontjából túl rövid a Tc felezési ideje, akkor az In-jelzett biomolekulák megfelelőek.

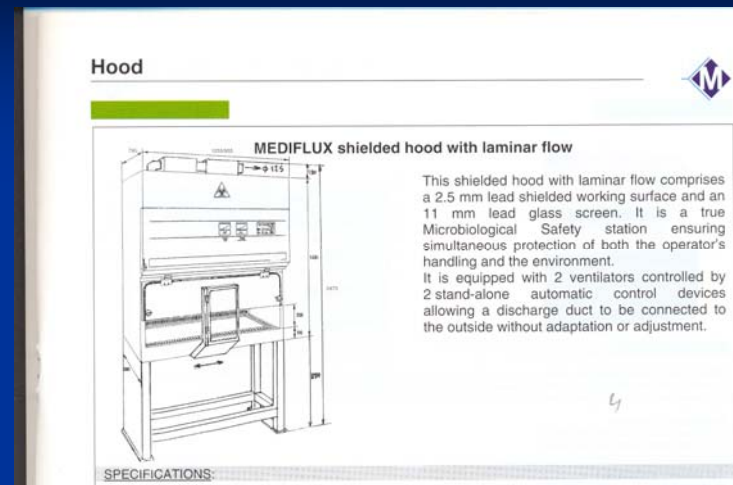
$^{67}\text{Ga}$	78 óra	93 182 296	Mind a 93, mind a 182 keV energiájú fotonok szóba jöhetnek a képalkotásban. Tumorok és belső - postoperatív - gyulladások kimutatásában jelentős.
------------------	--------	------------------	---

$^{131}\text{I}$	8 nap	364	Képalkotás ún. nagyenergiájú kollimátorral lehetséges. Azokon a területeken alkalmazzák, amelyeken megfelelő Tc-vegyület nem áll rendelkezésre. Mivel 608 keV energiájú béta-sugárzást is emittál, viszonylag nagy sugárterhelést okoz. Egyidejűleg terápiás értékű radionuklid is.
------------------	-------	-----	---

$^{123}\text{I}$	13 óra	159	Felezési ideje, energiája következtében azonos értékű a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -mal. Ciklotronok közelében lévő laborokban alkalmazzák, szívizom, tumor és agyvizsgálatokban.
$^{127}\text{Xe}$	36,4 nap	173 204 377	Belélegeztetési tüdővizsgálatokban használják, a relative hosszú felezési idő nem a beteg szempontjából, hanem környezetszennyezési okból jelent problémát. Kedvező nuklid a képalkotás szempontjából.

$^{201}\text{Tl}$	73,5 óra	31 135 167	A 31 keV gamma-energia miatt elég nagy a sugárterhelés. Ugyanakkor a képalkotás - noha felbontóképessége rosszabb a Tc-mal elérhető képekénél - alkalmas az ischemiás szívizom diagnosztizálására.
-------------------	----------	------------------	--

## A radioaktív készítményekhez használható eszközök



## Shielded storer

### Shielded storer MEDI 63 and 50



The MEDI 63 and MEDI 50 shielded storers are made to store radioactive products either at room temperature or at refrigerated temperature (4 °C).

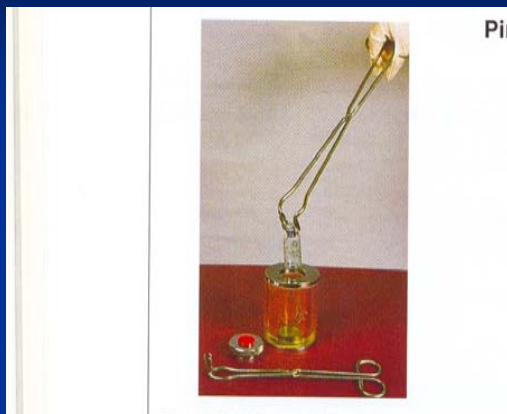
40

### Shielded laboratory bench MEDI 51



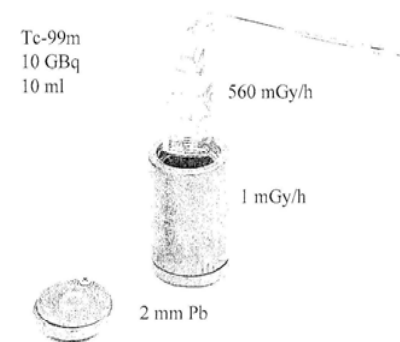
These shielded laboratory benches are made for radioactive product handling with lead glass shield protection for the operator.

5



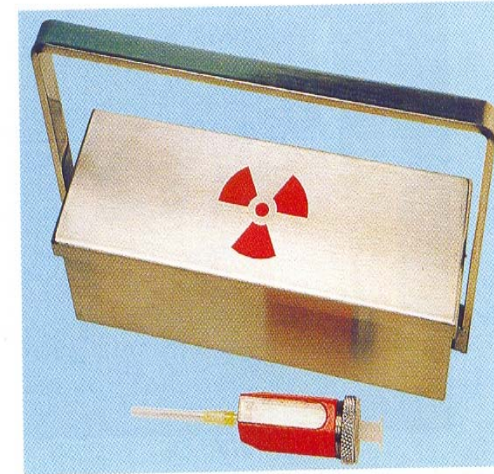
Pir

## Izotópos munkahelyek – Nukleáris Medicina A radiofarmakonok beadása A fiola védelme

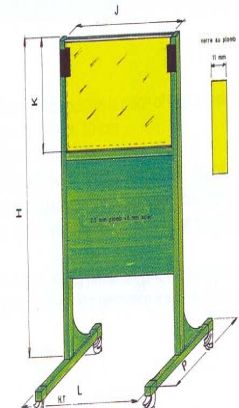




Safety  
and  
simplicity.



### Lead glass mobile windshield



Made for staff protection against radiation, these windshields are mounted on wheels and feature a lead glass visibility on the upper part.

### Syringe shield



#### Lead syringe shield

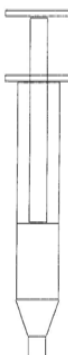


Safe  
handling

## Izotópos munkahelyek – Nukleáris Medicina

### A radiofarmakonok beadása

#### A fecskendő védelme

Védelem nélkül		2mm W védelem
0.4 mSv/h		0.004 mSv/h
0.8 mSv/h		0.01 mSv/h
4.2 mSv/h		0.04 mSv/h
22 mSv/h		0.16 mSv/h
8 mSv/h		6 mSv/h

400 MBq Tc-99m in 1 ml

## A radioaktív anyagok nyilvántartása

- Régen a nyilvántartási könyv
- A radium program használata

## Nukleáris medicina létesítményekre és berendezésekre vonatkozó előírások

- Új létesítmények és berendezések telepítéséhez és működésének engedélyezéséhez szükséges:
- Illetékes országos intézetek szakvéleménye
- Szakmai kollégiumi állásfoglalás
- Területileg illetékes OAH engedélye
- Átvétel előtti vizsgálat (OSSKI)

## Az in vitro vizsgálatok sugárterhelése

- Kicsi a sugárterhelés
- Az inkorporáció veszélyét el kell hárítani



## Terápia nyílt izotópokkal A személyzet sugárterhelése

- Radioaktívjód terápia esetén
- Tumor terápia esetén
- Izületi terápia esetén

## A betegek sugárvédelme

## Sugárvédelem feladata a vizsgálaton résztvevő beteg esetén

- Dóziskorlátozás
- Indokoltság biztosítása
- Optimálás

## A laboratóriumi sugárveszély a betegek számára

- A vizsgáló helység
- A várakozó helység
- A vizsgálat maga
- Minden helységnek külön kifüggesztett sugárvédelmi szabályzatának kell lennie



## Az Izotópdiagnosztikai vizsgálatok sugárterhelése

- Az elnyelt dózis számítási módszereit a laboratóriumban nem alkalmazzuk
- A radiofarmakonoknak meg kell felelni a gyógyszerekkel szemben támasztott követelményeknek
- A radionuklid ne tartalmazzon szennyeződések
- A pontos dozírozás jelentőség
- A minőségi vizsgálati eljárások alkalmazása

## Az alkalmazott radioaktív nuklid kiválasztása

- A sugárterhelés alacsony legyen
- A kapott kép minősége jó legyen
- Szerv specifikus legyen
- Könnyen hozzáférhető legyen
- Az ára is elfogadható legyen

## A beadott dózis nagysága

- A Szakmai Kollégium ajánlása
- Nemzetközi Szervezetek ajánlása
- A laboratórium lehetőségei

Recommended Adult and Minimum Amounts in MBq

Radiopharmaceutical	Adult	Minimum
Tc99m DTPA (Kidney)	200	20
Tc99m DMSA	100	15
Tc99m MAG3	70	15
Tc99m Pertechetate (Cystography)	20	20
Tc99m MDP	500	40
Tc99m COLLOID (Liver/Spleen)	80	15
Tc99m COLLOID (Marrow)	300	20
Tc99m SPLEEN (Denatured R B C)	40	20
Tc99m R B C (Blood Pool)	800	80
Tc99m ALBUMIN (Cardiac)	800	80
Tc99m Pertechetate (First Pass)	500	80
Tc99m MAA / Microspheres	80	10
Tc99m Pertechetate (Ectopic Gastric)	150	20
Tc99m Colloid (Gastric Reflux)	40	10
Tc99m IDA (Biliary)	150	20
Tc99m Pertechetate (Thyroid)	80	10
Tc99m HMPAO (Brain)	740	100
Tc99m HMPAO (W B C)	500	40
I-123 HIPURAN	75	10
I-123 (Thyroid)	20	3
I-123 Amphetamine (Brain)	185	18
I-123 mIBG	400	80
I-131 mIBG	80	35
GALLIUM 67	80	10

### EANM Secretariat

Hollandstrasse 14/Mezzanine · 1020 Vienna, Austria  
phone: +43-1-2128030, fax: +43-1-21280309  
e-mail: [office@eanm.org](mailto:office@eanm.org) · Internet: [www.eanm.org](http://www.eanm.org)



## Dosage Card

Fraction of Adult Administered Activity

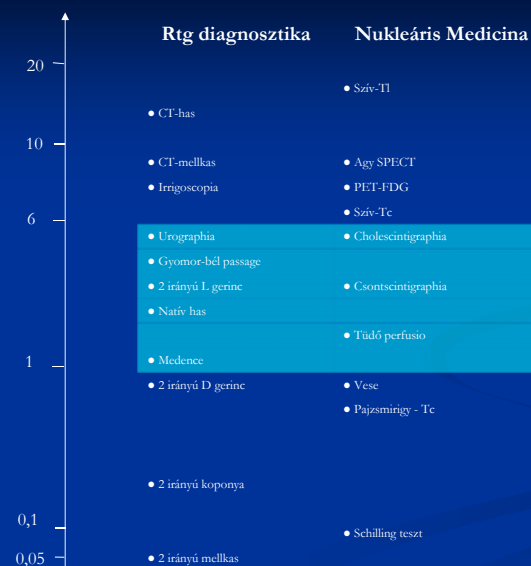
3 kg = 0.1	22 kg = 0.50	42 kg = 0.78
4 kg = 0.14	24 kg = 0.53	44 kg = 0.80
6 kg = 0.19	26 kg = 0.56	46 kg = 0.82
8 kg = 0.23	28 kg = 0.58	48 kg = 0.85
10 kg = 0.27	30 kg = 0.62	50 kg = 0.88
12 kg = 0.32	32 kg = 0.65	52-54 kg = 0.90
14 kg = 0.36	34 kg = 0.68	56-58 kg = 0.92
16 kg = 0.40	36 kg = 0.71	60-62 kg = 0.96
18 kg = 0.44	38 kg = 0.73	64-66 kg = 0.98
20 kg = 0.46	40 kg = 0.76	68 kg = 0.99

This card summarizes the views of the Paediatric Committee of the European Association of Nuclear Medicine. It should be taken in the context of "good practice" of nuclear medicine and local regulation.

www.eanm.org



$H_E$  (mSv)



Természetes  
háttérugárzás

Vizsgálat	Radiofarmakon	$H_E$ mSv MBq	Beadott akt. MBq	A vizsgált e- gyén sugár- terhelése( $H_E$ ) mSv-ben
Terheléses szívvizsgálat EKG kapuzott szívvizsgálat B-J Shunt	$^{201}\text{TlCl}$	2,3E-01	74	17
	$^{99m}\text{Tc}$ pirofoszfát	8,0E-03	740	5,8
	$^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetát	5,3E-03	600	3,2
Tüdőperfúzió Agyi szcintigráfia Epeutak vizsgálat	$^{99m}\text{Tc}$ -HSA-MA	1,2E-02	120	1,5
	$^{99m}\text{Tc}$ -HM-PAO	8,4E-03	500	4,2
	$^{99m}\text{Tc}$ -HIDA	2,4E-02	140	3,4
Májscintigráfia Vesezcintigráfia Renografia	$^{99m}\text{Tc}$ -fitát	2,0E-02	100	2,8
	$^{99m}\text{Tc}$ -DMSA	1,6E-02	160	2,6
	$^{131}\text{I}$ -Hippurán	6,6E-02	10	0,7
Csontscintigráfia B <sub>12</sub> -vitamin felszívódás	$^{99m}\text{Tc}$ -foszfón	8,0E-03	800	6,4
	$^{57}\text{Co}$ -B <sub>12</sub> vitamin	5,8E+00	0,02	0,12

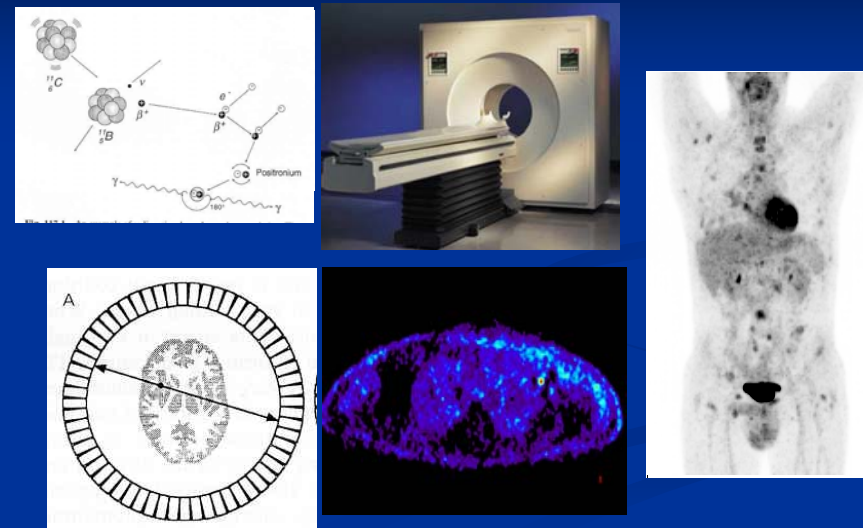
3.3. táblázat Néhány vizsgálat felnőtt emberre vonatkozó (effektív dózisegyenértékben mért) sugárterhelése

## Pozitron sugárzó radiofarmakonok

- A legfontosabb pozitron sugárzó radiofarmakonok és felezési idejük:

$^{11}\text{C}$	20,4 min
$^{13}\text{N}$	9,96 min
$^{15}\text{O}$	2,07 min
$^{18}\text{F}$	109,7 min

## Positron Emission Tomography (PET)



## Terápia nyílt izotópokkal

- Radiojód terápia
- Tumor terápia
- Izületi terápia

## Radiojód terápia jóindulatú pajzsmirigy betegségek esetén

- Basedow kórban 40 – 80 Gy
- Hyperfunkciós adenoma 300 – 400 Gy
- Diffúz struma 150 – 200 Gy



Nuklid	T <sub>1/2</sub>	E(β <sup>-</sup> ), keV	l <sub>átlag</sub> mm	Alkalmazás
<sup>131</sup> I	8 nap	606	0,5	Pajzsmirigy túlműködés, pajzsmirigy karcinóma és neuroendokrin tumorok terápiája. Intraarteriális terápiára májtumorok esetében. Biomolekulák jelzése, immunoterápiára irányuló orvosi biológiai kutatások.

A beadandó izotóp mennyiségének kiszámolása(A)

$$A = \frac{M \cdot D \cdot 25}{F_{\max} \cdot T_{\text{eff}}}$$

ahol : M = a pajzsmirigy tömege grammban

D = a leadni tervezett dózis Gray-ben

F<sub>max</sub> = az előzetes jód-131 tárolási próba maximális felvétele %-ban

T<sub>eff</sub> = effektív felezési idő napokban az előzetes jód-131 tárolási próba alapján

A = a beadandó aktivitás MBq-ben

A tömeg kiszámolására több mód kínálkozik. A szcintigramból planimetrálással meghatározzuk a felületet és a következő képlettel kiszámoljuk a tömeget.

$$M = 0.214 \cdot 1.06 \sqrt{A^3}$$

ahol: M = a pajzsmirigy tömege grammban

A = a pajzsmirigy szcintigram felülete cm<sup>2</sup>-ben

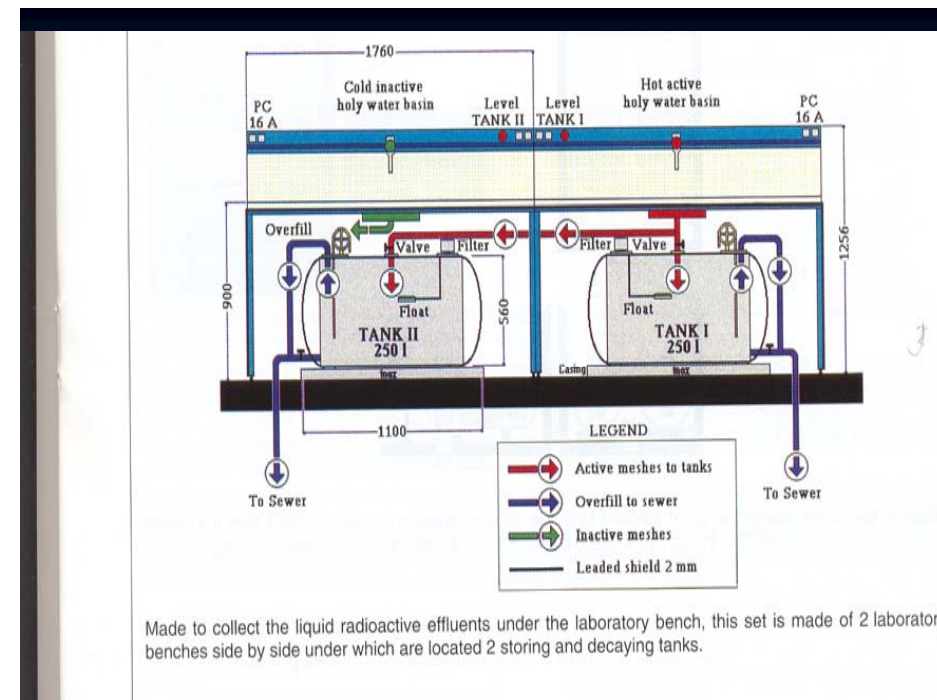
#### Előírások / Nyilatkozat I-131 izotóppal kezelt beteg részére

		Beadott I-131 aktivitása	
		<250 Mbq	250-550 MBq
1.	Tömegközlekedést nem vehet igénybe	- napig	4 napig
2.	Más személyhez 1 m-nél közelebb ne tartózkodjon huzamos ideig	2	4
3.	Nem tartózkodhat egy helyiségben gyermekkel és terhesekkel.	7	14
4.	Amennyiben közös háztartásban él, külön WC-t kell a beteg számára biztosítani	3	5
5.	Legyen fokozott figyelemmel az alábbi higiénés követelményekre: a) férfiak is ülve használják a toalettet b) WC használat után gondosan mosson kezet c) WC használat után a WC-t 2-3x öblítse le	7	14
6.	Igyon bőven folyadékot	1	1
7.	Használjon külön ágyneműt, ezt és a fehérneműjét mossák külön	7	7
8.	Használjon külön evőeszközt	7	7
9.	Leghamarabb munkába állhat	2 nap múlva	4

## Csonterápiában alkalmazott radiofarmakonok

Radioizotóp	$^{32}\text{P}$	$^{89}\text{Sr}$	$^{186}\text{Re}$	$^{153}\text{Sm}$
Fizikai felezési idő	14,3 nap	50,5 nap	3,77 nap	1,95 nap
$E_{\beta\text{max}}$ (MeV)	1,71	1,49	1,08	0,81
Maximális hatótávolság	8,7 mm	8 mm	5 mm	3 mm
$E_{\gamma}$ (keV)	-	-	137	103
Léképezés	Bremsstrahlung	Bremsstrahlung	igen	igen
Izoláció	-	-	igen	igen
Beadott aktivitás	0,33-0,66 (GBq)	1,5-2,0 (MBq/kg)	0,9-1,3 (GBq)	10-37 (MBq/kg)
Kémiai forma	Foszfát	Klorid	HEDP	EDTMP
Reakció arány	65-74%	79%	79%	65-80%
Mellékhatás	jelentős	min.	min.	min.
Előny	-	Járó beteg	Léképezés/ dozimetria	Léképezés/ dozimetria
Hátrány	Csontvelő dózis	Ár	Ár/hozzáférési lehetőség	Hozzáférési lehetőség

5.11.1. táblázat A csontterápiában alkalmazott radioizotópok jellemzői



## Radionuklid terápia

Benignus és malignus pajzsmirigybetegek (differenciált pm. rák, hyperthyreosis, struma)		$^{131}\text{I}$ -NaI
Fájdalmas csontmetastasisok palliatív kezelése		$^{89}\text{Sr}$ -klorid
		$^{186}\text{Re}$ -HEDP
		$^{153}\text{Sm}/^{90}\text{Y}$ EDTMP
Radiosynovectomia	Nagy ízület	$^{90}\text{Y}$ -kolloid
	Közepes, kis íz.	$^{186}\text{Re}$ -szulfid
Phaeochromocytoma, neuroblastoma, medullaris pajzsmirigyrák		$^{131}\text{I}$ -MIBG
Carcinoid		$^{90}\text{Y}$ -szomatostatin analóg
Hepatocellularis carcinoma		$^{131}\text{I}$ -lipiodol
Radioimmunoterápia (lymphoma)		$^{131}\text{I}/^{90}\text{Y}$ -antitest
Polycythaemia vera, esszenciális thrombocytaemia		$^{32}\text{P}$ -Na-foszfát

## A radioaktív hulladékok gyűjtése és tárolása

- A radioaktív hulladékokat osztályozva kell összegyűjteni

## A radioaktív hulladékok gyűjtésének szempontjai

- A radioizotóp fajtája, aktivitása
- A hulladék halmazállapota
- Aktivitás-koncentrációja
- Kémiai sajátosságai
- Rothadásra, bomlásra való hajlama
- Tűzveszélyessége

## A radioaktív hulladékok gyűjtése és tárolása

- Mentességi szint fölötti aktivitás koncentrációjú és aktivitású folyadékot radioaktív hulladékként kell kezelni.
- Folyékony radioaktív hulladékot hígítással a közcatornába kibocsátani nem lehet.

## A radioaktív hulladékok gyűjtése és tárolása

- A radioaktív hulladékot lebomlásig, vagy elszállításig hulladéktárolóban kell tartani

## A hulladék tároló rendje

- A tároló közlekedési útjain a dózisteljesítmény nem haladhatja meg a  $200 \mu\text{Sv/h}$ -t.
- A hulladéktároló külső felszínein a dózisteljesítmény nem lehet nagyobb  $20 \mu\text{Sv/h}$ .

## A hulladék tárolás rendje

- Ha a fel nem használt nyílt izotópot 10 felezési idő eltelte után veszélyes hulladékként kell kezelni
- Zárt és hosszú felezési izotópokat az izotóp temetőbe kell elszállítani

## A hulladék tárolás rendje

- Az izotóp felhasználás során van környezeti kibocsájtás
- A környezeti kibocsájtást a laboratóriumoknak mérni, illetve becsülni és jelenteni kell.
- A kibocsájtás lehet a gáz, illetve folyadék kibocsájtás

