


Dózis számítás és gyakorlat



Számolás becslés

Mért értékből történő számítás

Operatív dozimetriai mennyiségek

Mennyiség	Egység	Alkalmazási terület
ALAPVETŐ FIZIKAI MENNYISÉGEK		
Levegőkerma, K_a	Gy	Referenciamennyiség, foton
Fluens, Φ	m^{-2}	Referenciamennyiség, neutron
Elnyelt dózis, D	Gy	Referenciamennyiség, elektron
OPERATÍV MENNYISÉGEK (dózisegyenérték)		
Személyi \sim , $H_p(d)$	Sv	Egyéni ellenőrzés
Környezeti \sim , $H^*(d)$	Sv	Környezet, áthatoló sugárzás
Írányfüggő \sim , $H'(d, \Omega)$	Sv	Környezet, nem áthatoló sug.
Elsődleges korlátozó és sugárvédelmi célú mennyiségek		
Szövetben elnyelt dózis, D_T	Gy	Dóziskorlátozás
Szöveti egyenérték dózis, H_T	Sv	Dóziskorlátozás
Effektív dózis, E	Sv	Dóziskorlátozás
Kollektív effektív dózis, S	$man \cdot Sv$	Optimálás

MÉRJÜK

MÉRJÜK

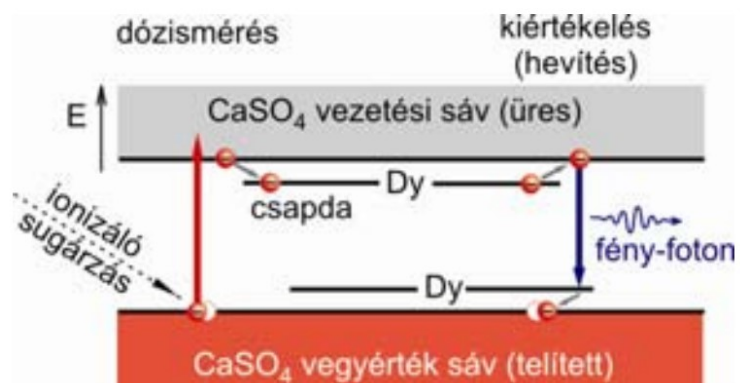
és/vagy

számoljuk

Hatósági személyi monitoring célja és eszközei, a TLD doziméter kiértékelésére vonatkozó előírások

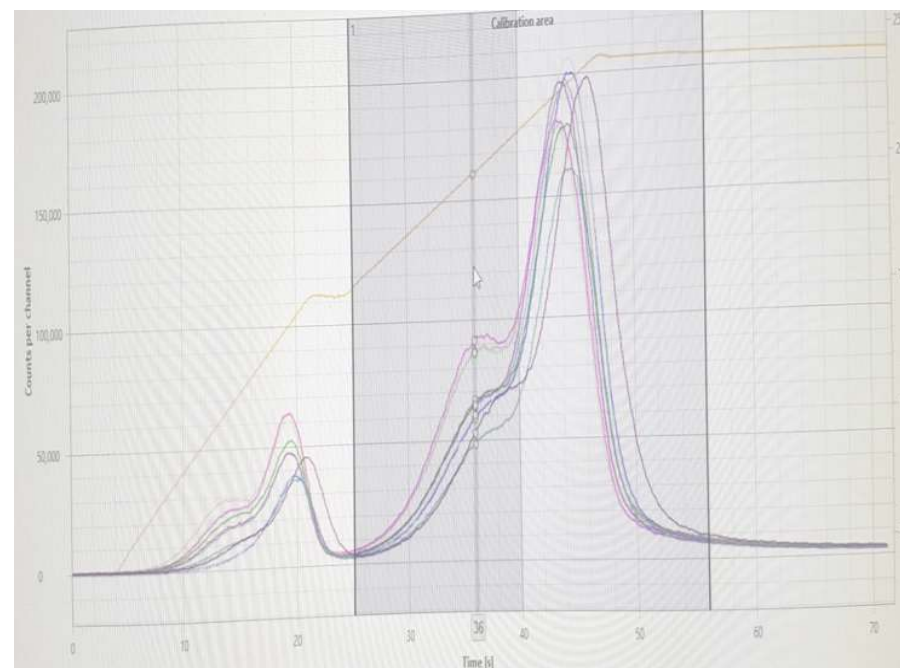
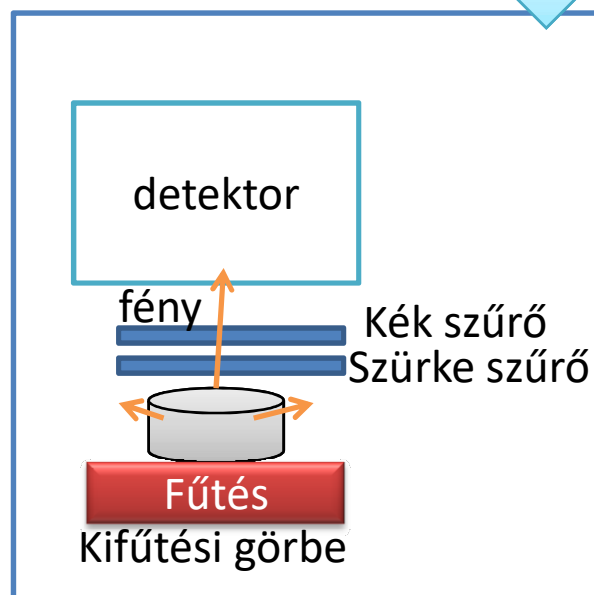
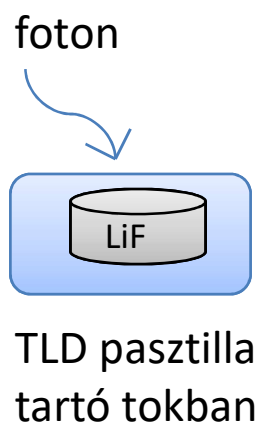
- Cél:munkavállalók dózis korlát ellenőrzése
- Eszköze: hatósági TLD doziméter
- TLD működése: passzív doziméter amely a kristály szerkezetében konzerválja az elnyelt dózist, a dózissal arányos fény jelet kifűtéssel lehet kizsedni a kristályszerkezetből.
- Előírások: típus engedély és hiteles mérés, rendeltetés szerű viselés

Termolumineszcens dozimetriai mérési módszer



- tökéletlen kristályok elnyelik és tárolják az ionizáló sugárzás energiáját
- dózis arányos a kifűtés során kibocsátott fénnel

MCP-N kifűtési görbe



A külső-és belső sugárterhelés személyi dozimetriájának főbb mérési módszerei

Belső sugárterhelés szabályozások

- Requirement from EC directive 2013/59/EURATOM (BSS)
 - “Member States shall ensure that category A workers are systematically monitored (...) that monitoring for category B workers is at least sufficient to demonstrate that such workers are correctly classified.” (§41)
 - Category A workers are likely to receive doses > 6mSv
 - Category B workers are likely to receive lower doses
- Factors which determine the need for a monitoring programme [ISO 20553 (2006)]

~~487/2015 Korm.~~ 2/2022 OAH rendelet:

A belső sugárterhelés vizsgálat eredményét lekötött effektív dózisban kell megadni. Belélegzéssel és lenyeléssel felvett valamennyi, az akkreditált mérési módszerrel kimutatható mennyiségben jelen lévő radionuklid lekötött effektív dózisát összegezni kell.

62-7:2017 sz. szabvány 5.3 fejezet Ha a lekötött effektív dózis nagyobb mint 1mSv akkor monitoring rendszert kell alkalmazni.

Mi a belső terhelés?

Itt lekötött effektív dózisról beszélünk

**Radioaktív anyag a szervezetbe jutva adja le a
az energiát ezzel károsítva az emberi testet.**

**Bejutási mód: belélegzés, lenyelés, seben
keresztüli bejutás (tűszúrás), bőrön
keresztül való felszívódás (pl.I-131 esetén
vagy szerves C-14 vegyületek)**

**A szervezetre való hatását 50évre
vonatkozóan kell figyelembe venni.
(gyerekek 70 év)**

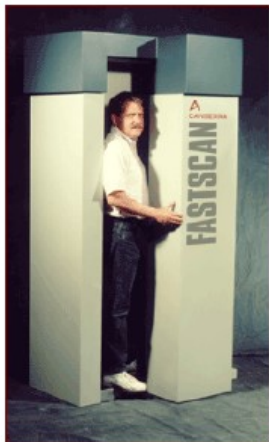
Mikor kell mikor nem kell?

- Ha egyértelműen 6mSv/év felett van!(ellenőrizni kell)

Hogy ellenőrzöm: in vivo/in vitro méréssel, levegő méréssel,

- Ha meghaladhatja az 1mSv/évet (igazolni kell)

Hogy igazolom: becsléssel, méréssel, modellezéssel



EC PR 188 ajánlás a belső terhelés becslésére vagy ISO 20553(2006)

- Felhasznált aktivitásból számítással: $d_j = A_j * e(50) * f_{fs} * f_{hs} * f_{ps}$
 A_j : összes felhasznált aktivitás (Bq), $e(50)$ Adott izotóp dózis állandója (Sv/Bq),
 biztonsági faktorok: f_{fs} fizikai formára, f_{hs} munkatevékenységre, f_{ps} kialakított
 védelmi funkciókra
- Vagy levegő minta vételből számított belső terhelés meghatározás
- Vagy kompartmen modell számítás alapján

Table C.1 Handling Safety Factors (taken from [ISO 2016b]
reproduced with kind permission of ISO)

Process	Handling Safety factors f_{hs}
Storage	1
Very low activity	0.1
Normal activity	0.01
Committed activity	0.001
Simplified operations	0.0001
Handled in glove box	0.00001
Dry storage	0.000001

Protection measure	Protection safety factors f_{ps}
Open bench operations	1
Fume hood	0.1
Glove Box	0.01

Source: EC RP 188

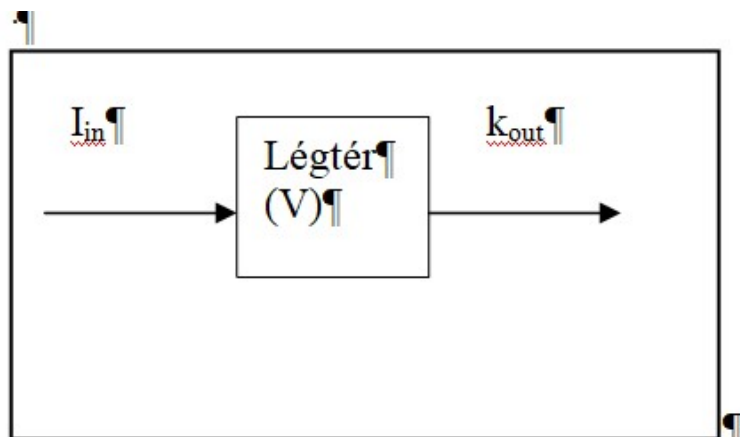
Ha nagyobb mint 1 mSv



Rutin monitoring
rendszer bevezetése



Baleset esetén **Special monitoring**



A becsléshez használt kompartment modell a következő

Az állandó befolyás intenzitása (I_{in})

$$I_{in}(\text{GBq/h}) = A(\text{GBq/d}) \times L(\%) / 100 \times t_{exp}(\text{h/d}),$$

ahol:

A : a felhasznált aktivitás egy munkanap alatt (GBq/d),

t_{exp} : a helyiség levegőjébe, a légtérbe történő kibocsátás időtartama, egy nap alatt, pl. párolgás révén (h/d),

$L\%$: légtérbe kerülő aktivitás %-a (pl. párolgás, a betegek lehelete stb., átlagos érték),

k_{out} : a szellőzés mértékére, a levegőcserére jellemző időállandó ($1/\text{h}$).

Várható, hogy a légtérben egy közelítő egyensúlyi aktivitás-koncentráció 1-2 óra alatt beáll, melynek értéke:

$$C_{eq}(\text{GBq/m}^3) = I_{in} / (k_{out} + \lambda) \cdot V,$$

$$\longrightarrow E(\text{mSv}) = DC_{inh}(\text{mSv/GBq}) \times C_{eq}(\text{GBq/m}^3) \times Q(\text{m}^3/\text{h}) \times t_{occ}(\text{h}),$$

ahol:

λ : r.a. radioaktív bomlási állandó ($1/\text{h}$) és

V : a helyiség térfogata (m^3).

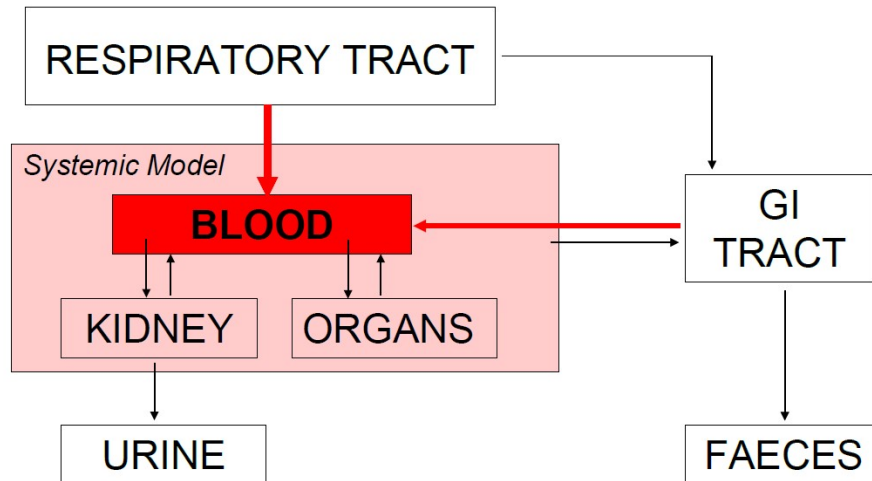
ahol DC_{inh} : a radionuklidtól függő inhalációs dózisegyüttható (mSv/GBq) (irodalom: pl. Basic Safety Standards, 1996)

Q : légzésteljesítmény (m^3/h),

t_{occ} : a dolgozó tartózkodási időtartama a légtérben, 1 nap alatt (h).

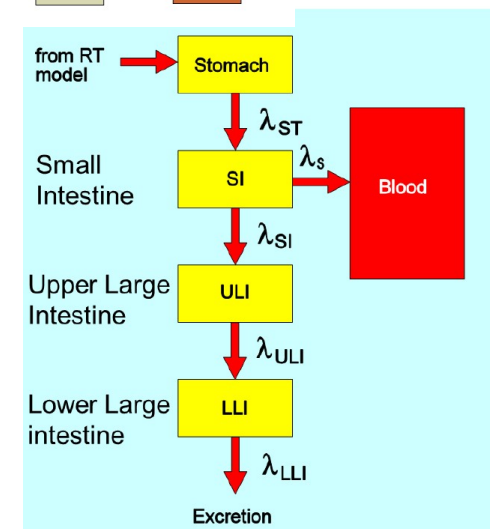
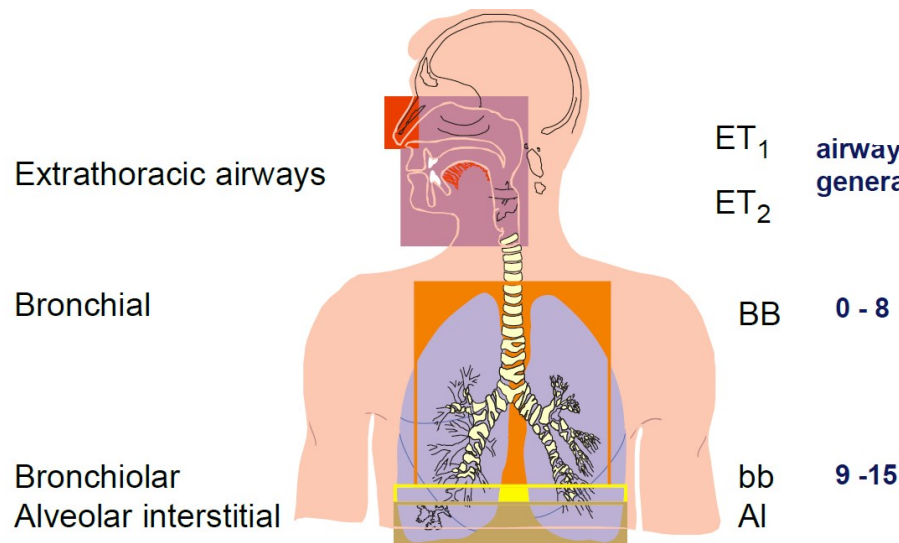
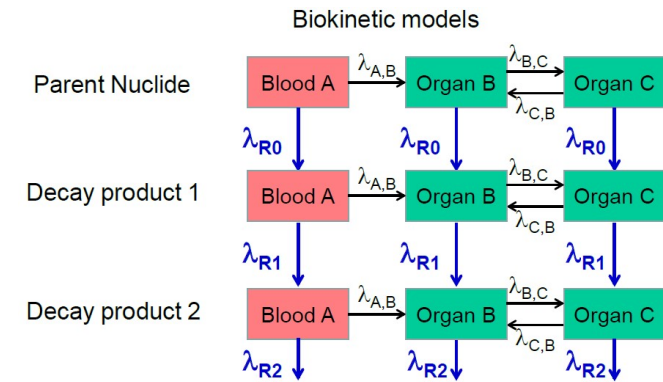
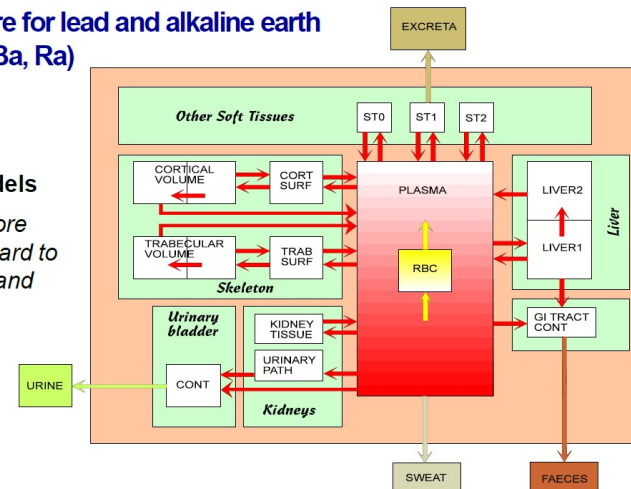
Biokinetikai modellek

ICRP kiadványok



Model structure for lead and alkaline earth elements (Sr, Ba, Ra)

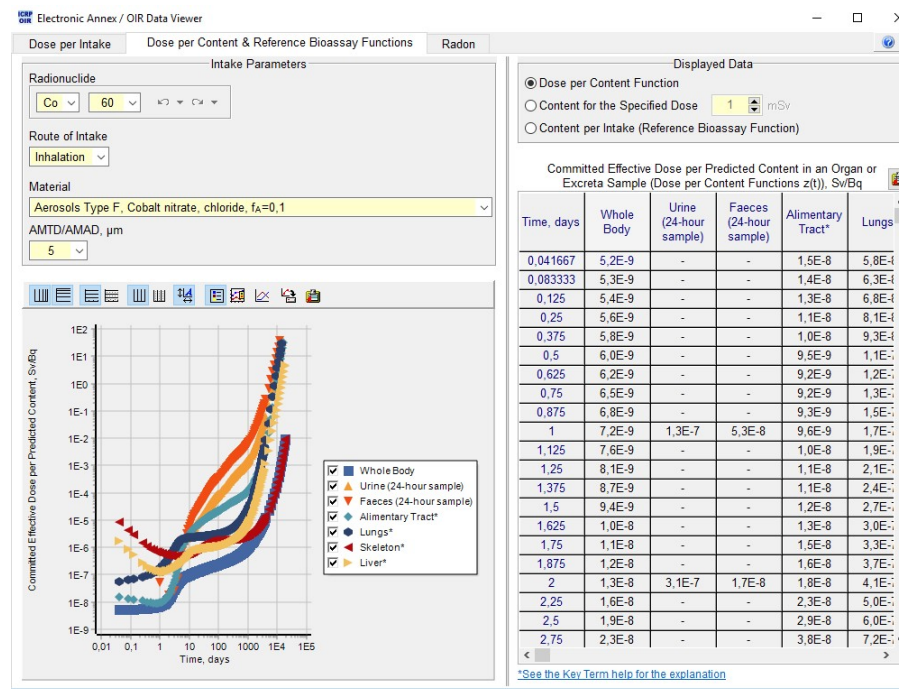
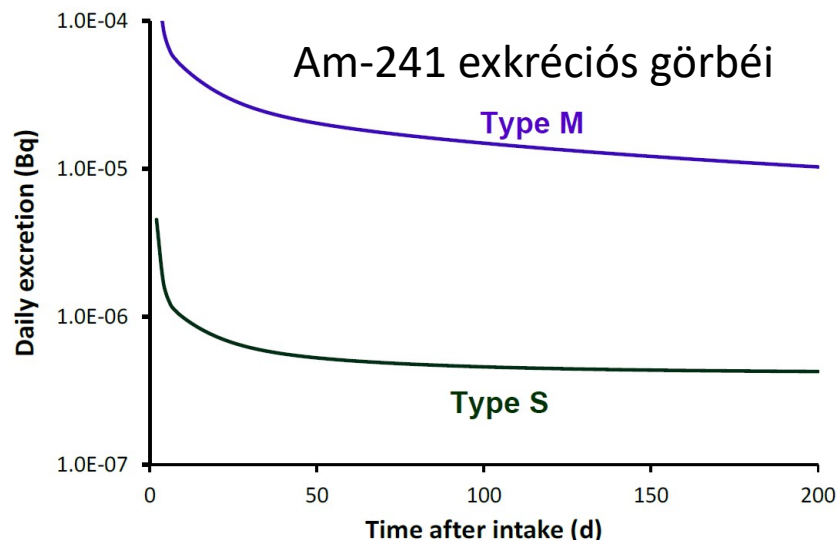
Recycling models
Physiological more realistic with regard to organ retention and excretion



Nekünk nem kell modellezni!

- Dózis koefficiens tartalmazza azokat a számításokat amik figyelembe veszik az adott izotópot, kémiai formát, bejutási módot, bomlás típust!
- Csak az össze bejutó radioaktivitást kell meghatároznunk és a megfelelő dózis koefficienst kiválasztani hozzá az ICRP táblázatokból!
- A bejutó összes aktivitáshoz tudni kell az adott anyag exkréciós paraméterét.
- $I(\text{felvétel}) = M(\text{mért érték})/m(t)$

M az a t idő pillanatban mért aktivitás a testben, $m(t)$ az a összes szervezetben lévő radioaktív anyag rész t idő eltelte után



Annals of the ICRP



Journal Indexing & Metrics

View »

Journal Home Browse Journal Journal Info Stav Connected

Submit Paper

Search

ICRP NEWS WORK ORGANISATION SUPPORTERS ICRPAEDIA



Recommended citation

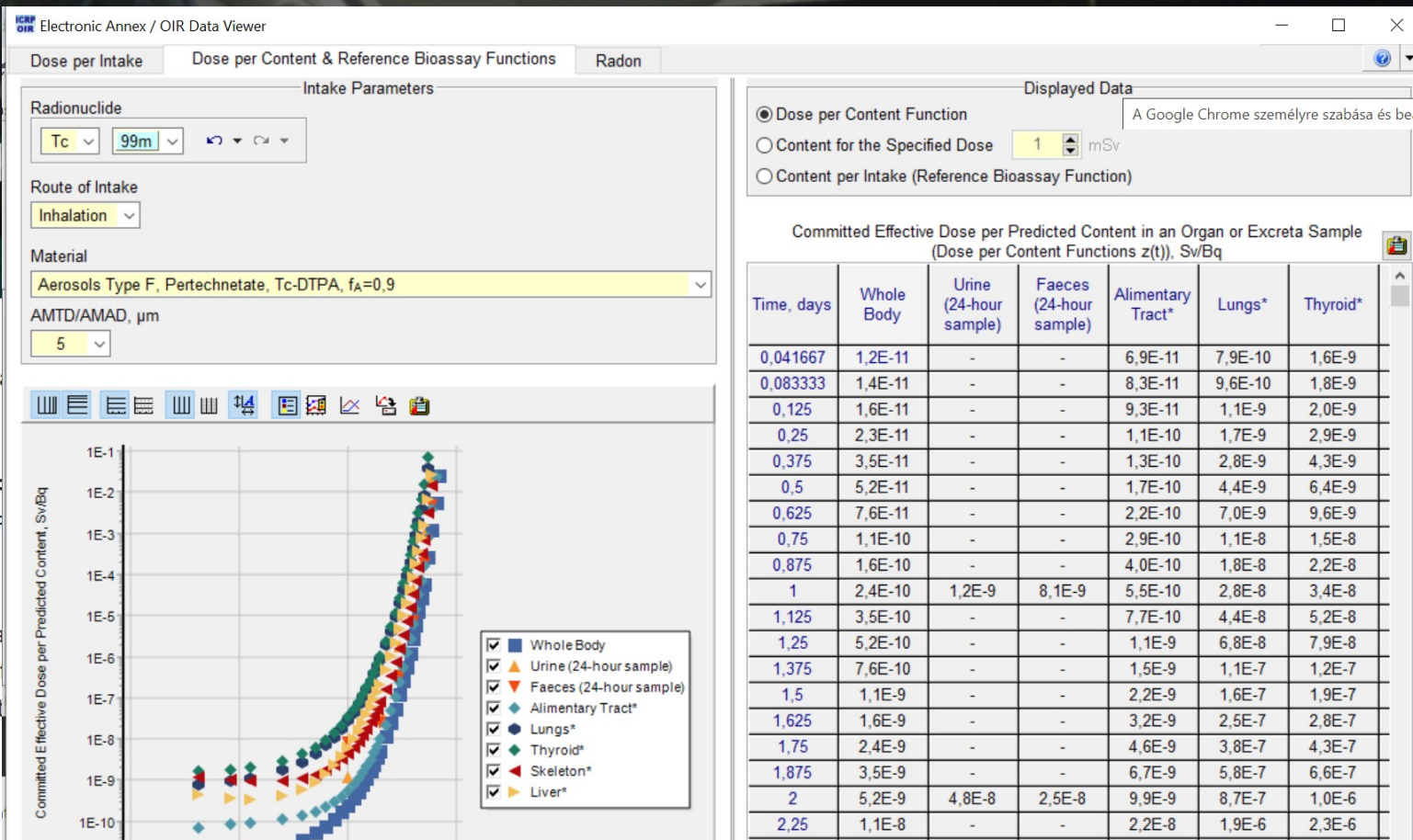
ICRP, 2018. Occupational radiation protection in intervention. ICRP 47(2).

Authors on behalf of ICRP

P. Ortiz Lopez, L.T. Dauer, P. Massera, C. Yoder

Abstract

In recent publications, the ICRP has provided advice for physicians and other professionals on how to protect themselves during intervention.



Kiadványok és szabványok

*Technical Recommendations
for Monitoring Individuals for
Occupational Intakes of
Radionuclides*



ISO 20553:2006. Monitoring of workers occupationally exposed to a risk of internal contamination with radioactive material

ISO 28218:2010. Performance criteria for radio-bioassay

ISO 27048:2011. Dose assessment for the monitoring of workers for internal radiation exposure

ISO 16638-1:2015. Monitoring and internal dosimetry for specific materials. Part 1: Uranium

ISO 16637:2016. Monitoring and internal dosimetry for staff exposed to medical radionuclides as unsealed sources

C.M. Castellani, J.W. Marsh, C. Hurtgen, E. Blanchardon, P. Bérard, A. Giussani, M.A. Lopez (2013). **IDEAS Guidelines** (Version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data. EURADOS Report 2013-01

Példa: egy munkavállaló Am-241 lélegzik be az anyag paramétereit (AMAD: $5\mu\text{m}$ részecske átmérőjű, M típusú, és a belégzés után 10 nappal méri meg a munkavállaló tüdő aktivitását. A mért érték 100Bq .

$t=10$ napon, $m(t)=0,05\text{Bq/Bq}$ felvétel tehát a belélegzett aktivitás 5%-a van már csak a tüdőben,

Mi a felvétel?

$$I = M/m(t) = 100\text{Bq}/0,05 = 2000\text{Bq} = \text{felvétel}$$

A lekötött effektív dózis a munkavállalónak (ICRP 78) kiadványból kikeresett dózis koefficiens alapján:

$$e(50) = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/Bq}$$

$$E(50) = I \cdot e(50) = 2000\text{Bq} \cdot 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/Bq} = 54\text{mSv}$$

Mi okoz problémát???? Az exkréciós paraméter beszerzése!!!!

Monitoring rendszer összeállítása

- Sugárvédelmi szakértő állítja össze!
- Mit kell tudni a monitoring rendszernek:
- A rendelkezésre álló mérési módszereknek megfelelően jeleznie kell a feljegyzési szintet. Tehát olyan időközönként kell beprogramozni a mintavételt hogy a mintázás akkor történjen amikor MÉG MÉRHETŐ az izotóp a szervezetben! M_c (critical level, pl.0,1mSv)
- SF, a monitoring rendszer képes legyen megkülönböztetni az új felvételt a korábbi felvételtől maradt aktivitástól ami még a testben van. (SF, Khí négyzet analízis)
- Egyértelműen jelezzon ha beavatkozási szint feletti felvétel történt pl. 2mSv
- Legyen meghatározva feljegyzési szint
- Legyen benne protokoll a „Special Monitoringra baleseti szituáció esetén”
- Visszavezethető legyen, tehát a szakértő bocsássa rendelkezésre az összes ICRP/OIR adatbázisból felhasznált faktort és paraméterezést (AMAD, inhal, ingest, Type,e(50), $m(t)$, M_c , t = monitoring intervallumok stb.)
- Kövesse „Up date” a nemzetközi ajánlásokat tehát ne a 1995-s faktorokat adjam meg!!! (Ideas Guid line 2, OIR, TECHREC 188)

Példa egy mintavételi intervallumokra

13.3. Individual Monitoring

²²⁶Ra

(776) ²²⁶Ra intakes are generally determined through analysis of its excretion in urine. Several measurement techniques may be used: alpha spectrometry, beta counting in a proportional counter or liquid scintillation counting, after chemical separation and emanation of ²²²Rn into a scintillation cell for measurement of photon emissions from its short-lived progeny.

Isotope	Monitoring Technique	Method of Measurement	Typical Detection Limit	Achievable detection limit
²²⁶ Ra	Urine Bioassay	α spectrometry	10 m Bq/L	
²²⁶ Ra	Urine Bioassay	Emanation	5 mBq/L	
²²⁶ Ra	Urine Bioassay	Proportional counter	4 mBq/L	
²²⁶ Ra	Urine Bioassay	Liquid scintillation counting	3mBq/L	
²²⁶ Ra	Faeces Bioassay	Proportional Counter	16mBq/24h	

²²⁸Ra

(777) ²²⁸Ra intakes may be determined through analysis of its excretion in urine, using beta counting in a proportional counter or liquid scintillation counting, after chemical separation. Bioassay monitoring using faeces samples is also possible.

(778) Ra-228 cannot be detected directly by in vivo measurement. The lung content of Ra-228 can be inferred from a measurement of its immediate decay product, Ac-228.

Isotope	Monitoring Technique	Method of Measurement	Typical Detection Limit	Achievable detection limit
²²⁸ Ra	Urine Bioassay	Beta Proportional counter	1 Bq/L	0.01 Bq/L
²²⁸ Ra	Urine Bioassay	Liquid scintillation counting	50mBq/L	
²²⁸ Ra	Faeces Bioassay	Beta Proportional counter	0.1Bq/24h	
²²⁸ Ra	Lung Counting	γ -ray spectrometry of ²²⁸ Ac	40 Bq	15 Bq

Belső terhelési paraméterek munkavállalóra vonatkozva

Ra-223

- 5 µm AMAD inhaláció, M, $f_1=0,2$; $e(g)=6,9 \cdot 10^{-6}$ Sv/Bq
- 5 µm AMAD lenyelés, M, G_1 ; $e(g)=7 \cdot 10^{-7}$ Sv/Bq
- 20 mSv effektív dózishoz megfelelő aktivitás felvétel (intake):

3 kBq belélegezve

200 kBq lenyelve

Bayer által meghatározott ALI érték 25,9kBq

Kritikus értékek az figyelő rendszer bevezetése esetén:

Bayer Response:

Radium-223 dichloride is not volatile or easily respirable given the relatively low inhalation ALI of 0.7 µCi for radium-223 pursuant to 10 CFR Part 20.

Mc (Bq)				
Ra-223 T=7 napos figyelőrendszer esetén $m(t=4)$, 5 mikron AMAD, M, $f=0.2$	mSv			
mérések	0,1	2	6	20
Belégzés esetén egésztest mérés	0,030	0,606	1,817	6,056
Belégzés esetén vizelet analízis	0,000	0,001	0,002	0,008
Belégzés esetén széklet analízis	0,010	0,195	0,585	1,951

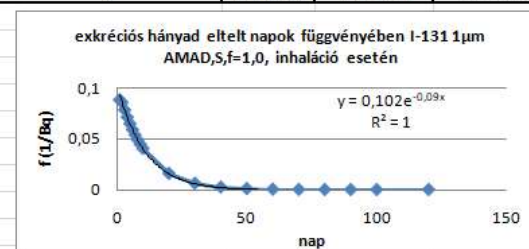
mBq mérési tartományok

(AMAD Activity Median Aerodynamic Diameter = részecske méret, f time-dependent dissolution rate (rapid), M abszorpciós paraméter, Compounds, lung Absorption Types and f_1 values used for the calculation of inhalation dose coefficients for workers)

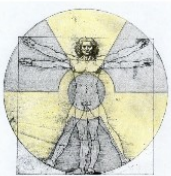
P1: I-131 monitoring rendszer

[illegible]

Mc (Bq)					eg (1µm inhal)	7,60E-0
I-131 Inhaláció 1µm AMAD részecske méret esetén	mSv				LLD 25Bq	
t figyelő rendszer intervalumok (nap)	0,1	2	6	20	t	f (1/Bq)
7	18	359	1078	3593	1	0,0883
14	27	542	1626	5420	2	0,0857
20	29	584	1752	5840	3	0,0783
40		459	1376	4585	4	0,0712
60		270	810	2699	5	0,0648
90		63	190	633	6	0,059
120		33	100	334	7	0,0537
					8	0,0488
I-131 vonatkozó exkréciós hányadok lenyelés esetén					9	0,0445
Felvételtől eltelt napok száma	egész test	pajzsmirigy	vizelet	széklet	10	0,0405
1	3,37E-01	2,52E-01	5,77E-01	3,29E-03	20	0,0159
2	2,56E-01	2,45E-01	5,05E-02	2,03E-03	30	0,00624
3	2,30E-01	2,24E-01	2,99E-03	1,33E-03	40	0,00247
4	2,10E-01	2,04E-01	3,00E-04	5,20E-04	50	0,000975
5	1,90E-01	1,86E-01	1,76E-04	2,16E-04	60	0,000386
6	1,76E-01	1,69E-01	1,91E-04	1,14E-04	70	0,000153
7	1,60E-01	1,54E-01	2,07E-04	8,31E-05	80	0,0000606
8	1,48E-01	1,40E-01	2,18E-04	7,52E-05	90	0,000024
9	1,35E-01	1,27E-01	2,23E-04	7,42E-05	100	0,00000951
exkréciós hányad eltelt napok függvényében I-131 1µm AMAD,S,f=1,0, inhaláció esetén					120	0,00000149
					14	0,02838



IDEA-System



For training one recommends to go through the components of the expert system in the order indicated below. The explanations to the various functions of IDEA are given in this sequence. Additionally is recommended to call and to keep always opened as an on-line assistance the glossary of IDEA via "Help/Glossary". In the glossary you will find all information about the terms, parameters and functions of the expert system.

1. Data

- 1.1. Person data
- 1.2. Material data
- 1.3. Measuring data
- 1.4. Biokinetic functions
- 1.5. Dose coefficients
- 1.6. Radionuclide mixtures
- 1.7. Institutions

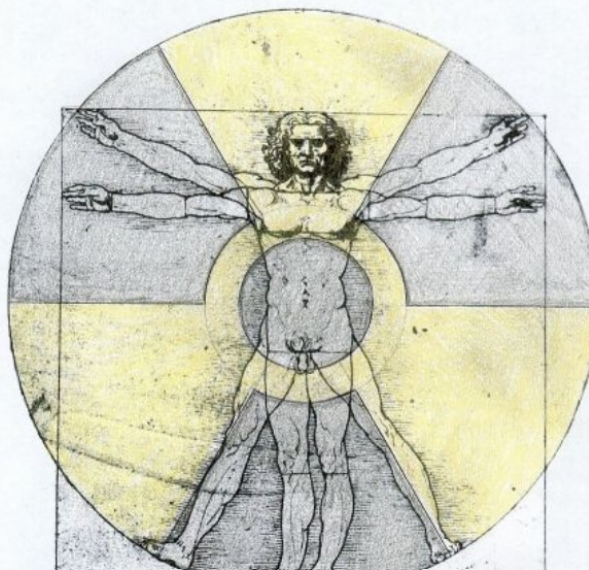
2. Planning

- 2.1. Requirement
- 2.2. Monitoring procedure

3. Evaluation

4. Dose balance

- 4.1. Standard
- 4.2. Embryo/Fetus



Main Screen

File Edit Parameters Calculations Tools Advanced Help



Ver 5.0 Add On: 14 No file opened

MONDAL Ver.2.01

File Setup Tools Help

Radionuclide / Intake route and Subject

Radionuclide **H-3** 12.3 y beta(0.0057MeV)100%

- ☒ Inhalation by Workers
 ☐ Inhalation by Members of the Public
☐ Ingestion by Workers
 ☐ Ingestion by Members of the Public

AMAD or Age / Type or f1

AMAD **gaseous**Absorption Type **Water**

Tritiated water

Mode of Intake

- ☒ Acute
☐ Chronic
☐ Uneven Chronic

Measurement

Measurement **Urine** **Graph**

Period of intake days

Measured at **3** days after last intakeMeasured activity **100** Bq/d

Working hours

Calculation

Result

Excretion rate at measurement day **2.70E-02** Bq/d/BqActivity of intake **3.7E+03** BqEffective dose **6.7E-08** Sv

Print form

Print result

Save to file

Exit

IMBA Pro (IDEAS training version)



Intake Scenario

Intake Regimes

Clear All Intake Regimes

Enter Number of Intake Regimes (1-10)

1

IR 1

Route

☒ Inhalation☐ Ingestion☐ Injection☐ Wound☐ Vapor

Mode

☒ Acute☐ Chronic

Start Time (d)

0

Units

Specify Time As

☐ Date☒ Time (d)

since

1980. 01. 01.

#

Intake

☒ Bq☐ dpm☐ pCi☐ mg

Dose

☒ Sv☐ rem☐ mSv☐ mrem

Intake (IR 1)

0 Bq

Indicator Nuclide

Select Radionuclide

0 Bq

Number of Associated Radionuclides:

Half Life: Unknown d

0

Associated Radionuclides

None Selected

Model Parameters

These Model Parameters Apply to All IRs

Respiratory Tract

Deposition

Vapor

Wound

Bioassay

Particle Transport

Absorption

GI-Tract

Biokinetics



Close

Calculations

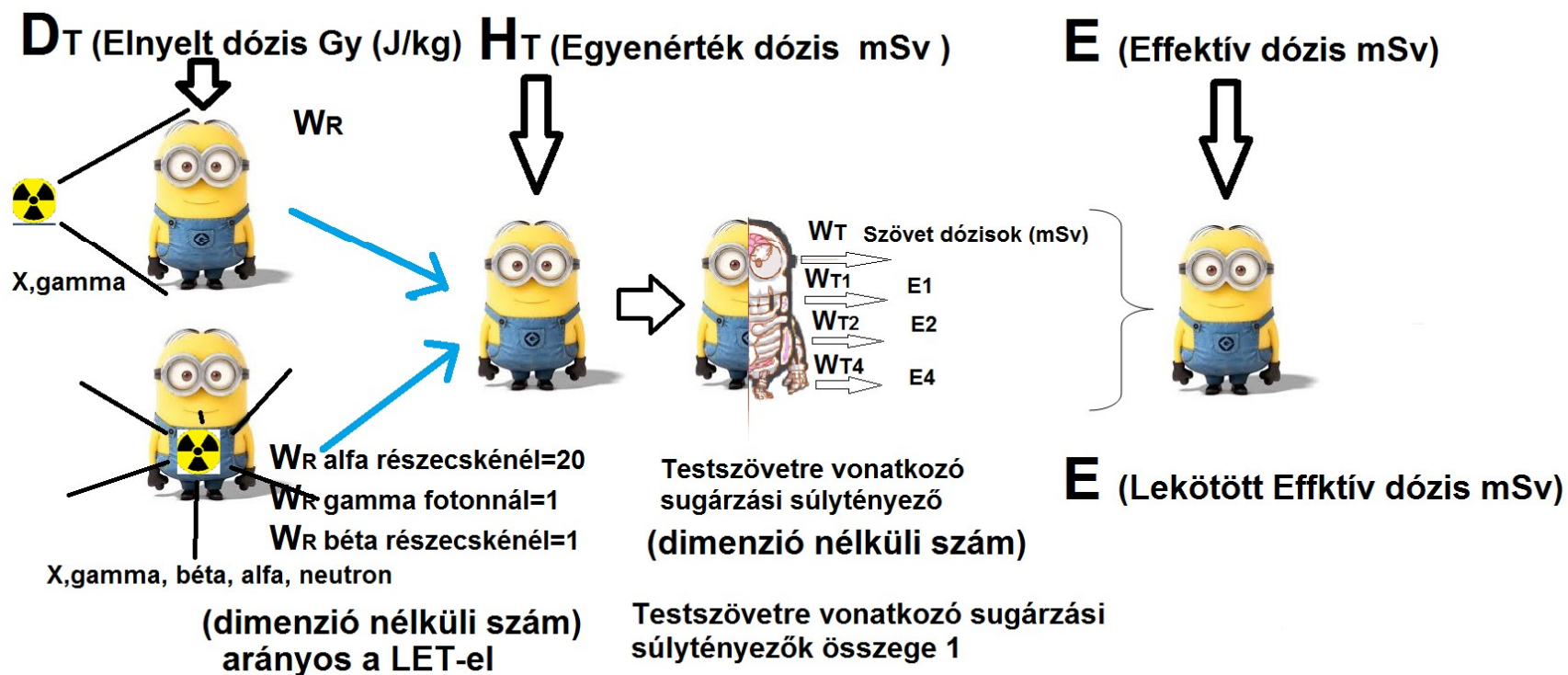
Bioassay Calculations

Dose Calculations

Belső sugár terhelés összefoglaló

- 1mSv lekötött effektív dózis (70 ill. 50 évre integrálva számoljuk) felett monitoring rendszer kötelező (szabványban van benn a labor akkreditáltnak kell lennie)
- Szervezetbe jutási módok: belékezés lenyelés, sebbe való bejutás, bőrön keresztül való felszívódás
- Mérése: nagy áthatoló képességű sugárzás esetén 60keV feletti gamma foton: egész test számlálás vagy pajzsmirigy mérése, (direkt mérés)
- Kis áthatoló képességű bomlók esetén béta, alfa sug. esetén exrétumok (vizelet, széklet, vér) vizsgálata: folyadék szcintillációs berendezéssel (indirekt mérés)
- Ahol nem lehet mérni ott levegő aktivitás koncentráció méréssel és becsléssel határozzák meg. Pl. F-18, Tc-99m, C-14 is lehet)

Egyenérték és effektív dózis használata és becslése



2 Egyenérték dózis meghatározásra

- Valaki a következő besugárzásokat szenvedte el: 0.1Gy röntgen foton, 0.05Gy gyors neutron, 0.2Gy alfa részecske mi az egyen érték dózis?

Sugárzás típusa	D(Gy)	W_R	EqD (Sv)
Röntgen foton	0,1Gy*	1=	0,1
Gyors neutron	0,05Gy*	20=	1,0
Alfa részecske	0,2Gy*	20=	4,0
		Összesen Σ	5,1Sv

Mekkora az elnyelt dózis, egyenérték dózis, effektív dózis?

T=60 min, pl: 1 kg test, nagyon le-egyszerűsített példa

Részecske típus				bojlás/perc	E(MeV)
	bojlás/perc	E(MeV)	W_R	m=65kg	
alfa	5,70E+05	3,7	20	t=1 óra	
béta	1,20E+06	0,7	1	W_T gyomor	0,12
gamma	8,00E+04	2,8	1	MeV->J átváltás	1,60E-13

$$D_t = (((5,7E5 * 3,7 \text{ MeV}) + (1,2E6 * (0,7 \text{ MeV})) + (8E4 * (2,8 \text{ MeV}))) * 60 \text{ min} * 1,6E-13 (\text{J/kg}))/1 = 2,0 \text{ J/kg} \sim \text{Gy}$$

$$H_t = (((5,7E5 * 3,7 \text{ MeV} * 20) + (1,2E6 * 0,7 \text{ MeV} * 1) + (8E4 * 2,8 \text{ MeV} * 1)) * 60 \text{ min} * 1,6E-13 (\text{J/kg}))/1 = 4,15E-4 \text{ Sv}$$

$$E_t = 4,15E-4 * 0,12 = 4,9E-5 \text{ Sv} = 50 \mu\text{Sv}$$

Ezt a gyakorlatban nem kell kiszámolnunk! Hanem az ICRP táblázatokban lévő dózis állandóval kell beszoroznunk a testbe jutó radioaktív anyagot!

dózis használat: Biztonsági elemzések célja

- Teljesülnek-e a sugárvédelmi normák, 2/2022 OAH. Rendelet, szabványok előírásai, dózis korlátok, irányadó szintek, (biztonsági célok elérése)
- Módszertana: determinisztikus hatások megvalósulásának és a sztochasztikus hatások elemzése
- Káros hatások előfordulásának a valószínűségének elemzése
- Károk mértéke (modellezés, becslések vagy mérési adatok alapján)
- Befolyásoló tényezők elemzése (szenzitivitási faktorok)