

Nascholing Risico Inventarisatie en Evaluatie (RI&E)

# Rekensheet Nucleaire Geneeskunde

Remko Bijkerk



## Vooral tabellen met cijfertjes...

Rekenblad 5: Reguliere handelingen met open bronnen op niveau Toediengereed maken - Inhalatie			Jaar	Activiteit Gemiddeld	Activiteitsfractie	e(g)Sv-inhalatie	Jaardosis Inhalatie Collectief	FTE(m) / FTE(totaal)	Jaardosis Inhalatie Medewerker
Nuclide	Farmacon	Onderzoek	[jaar]	[MBq]		[SvBq]	[mSv]	[%]	[mSv]
F-18	F-18 FDG	F-18 FDG PET scintigrafie	373,48	1,00	5,40E-11	1,73E-10	15%	2,60E-11	
F-18	F-18 FDG	F-18 FDG PET hersenen	444,70	1,00	5,40E-11	6,48E-13	15%	9,73E-14	
F-18	F-18 Choline	F-18 PET Choline bij schildklier injectie	261,28	1,00	0,00E+00	0,00E+00	15%	0,00E+00	
F-18	F-18 Choline	F-18 PET Choline scintigrafie	372,46	1,00	0,00E+00	0,00E+00	15%	0,00E+00	
F-18	F-18 Flutemetamol	F-18 PET Hersen amyloidscan	211,19	1,00	0,00E+00	0,00E+00	15%	0,00E+00	
Ga-68	Ga-68 PSMA	Ga-68 PSMA PET scintigrafie	252,31	1,00	4,90E-11	1,64E-11	15%	2,45E-12	
Tc-99m	Tc-99m Natriumpertechnetaat	Tc-99m Maagslijmvlies	117,95	1,00	2,90E-11	5,54E-14	15%	8,31E-15	
Tc-99m	Tc-99m MAA	Tc-99m Longperfusie	112,38	1,00	2,00E-11	4,49E-13	15%	6,74E-14	
Tc-99m	Tc-99m MAA	Tc-99m Ventilatie/perfusie longscintigrafie	118,63	1,00	2,00E-11	1,89E-12	15%	2,54E-13	
Tc-99m	Tc-99m MAG3	Tc-99m Renografie (Mag3)	71,61	1,00	2,00E-11	6,98E-14	15%	1,04E-14	
Tc-99m	Tc-99m MAG3	Tc-99m Renografie(Mag3) + Lasix	84,72	1,00	2,00E-11	1,18E-12	15%	1,77E-13	
Tc-99m	Tc-99m Nanocolloid	Tc-99m Lymfeklierscintigram	21,71	1,00	2,00E-11	3,75E-14	15%	5,63E-15	
Tc-99m	Tc-99m Nanocolloid	Tc-99m Maagontleding	12,54	1,00	2,00E-11	7,04E-08	15%	1,06E-08	
Tc-99m	Tc-99m Nanocolloid	Tc-99m Sentinel Node (1 daags)	16,29	1,00	2,00E-11	7,00E-13	15%	1,05E-13	
Tc-99m	Tc-99m Nanocolloid	Tc-99m Sentinel Node (2 daags)	41,36	1,00	2,00E-11	3,88E-12	15%	5,82E-13	
Tc-99m	Tc-99m SestaMIBI	Tc-99m Bij schildklier lokalisatie	121,40	1,00	2,00E-11	1,31E-14	15%	1,97E-15	
Tc-99m	Tc-99m SestaMIBI	Tc-99m Bij schildklier scintigrafie	518,90	1,00	2,00E-11	1,57E-12	15%	2,35E-13	
Tc-99m	Tc-99m SestaMIBI	Tc-99m Myocard GATED Rest	515,00	1,00	2,00E-11	5,69E-14	15%	8,34E-15	
Tc-99m	Tc-99m SestaMIBI	Tc-99m Myocard GATED Stress	938,26	1,00	2,00E-11	4,74E-11	15%	7,11E-12	
Tc-99m	Tc-99m SestaMIBI	Tc-99m Myocard Rest Combinatie	590,67	1,00	2,00E-11	2,93E-11	15%	4,40E-12	
Tc-99m	Tc-99m Osteocis	Tc-99m Skelet dyn inj (Osteocis)	842,30	1,00	2,00E-11	4,57E-11	15%	6,85E-12	
Tc-99m	Tc-99m Technescan HDP	Tc-99m Skeletscintigrafie	857,20	1,00	2,00E-11	4,13E-11	15%	6,19E-12	
Tc-99m	Tc-99m Technescan DMSA	Tc-99m Nierscintigram Statisch	79,34	1,00	2,00E-11	7,71E-14	15%	1,16E-14	
Tc-99m	Tc-99m Technescan DTPA	Tc-99m Links-rechts shunt DTPA	818,50	1,00	2,00E-11	8,84E-14	15%	1,33E-14	
Tc-99m	Tc-99m Vasculosis	Tc-99m EF-Gated Bloodpool	534,12	1,00	2,00E-11	1,25E-11	15%	1,88E-12	
In-111	In-111 Octroscan	In-111 Tumorlokalisatie	207,56	1,00	2,20E-10	1,23E-12	15%	1,85E-13	
I-123	I-123 DATscan	I-123 DaTSCAN	202,19	1,00	1,10E-10	2,88E-12	15%	4,32E-13	
I-123	I-123 IBZM	I-123 IBZM scintigrafie	207,38	1,00	1,10E-10	4,93E-13	15%	7,39E-14	
I-123	I-123 Natriumjodide	I-123 Schildklier scintigrafie	20,99	1,00	1,10E-10	7,23E-13	15%	1,08E-13	
I-123	I-123 MIBG	I-123 MIBG scintigrafie	215,00	1,00	1,10E-10	1,28E-13	15%	1,92E-14	
<b>Totaal:</b>								1,06E-08	



/ zorg voor elkaar

# Sinds 2009...

## Aanbevelingen risicoanalyse en -evaluatie voor Nucleair Geneeskundige verrichtingen in ziekenhuizen

### RIAS-NG

#### Externe doses bij reguliere toediening van radiofarmaca voor diagnostiek.

Handeling: intraveneuze injectie

referentiedosis 1 10 (µSv/h) gedurende de handeling  
referentiedosis 2 1000 (µSv/jaar) voor alle handelingen

NEDERLAND  
Platform  
In

Radiofarmacon	gem. activiteit (MBq)	bronconstante h(10) (µSv/h per MBq op 1m)	tijdsduur handeling (min)	aantal handelingen per jaar (#/jaar)	dikte Pb afscherming bron (mm)	halveringsdikte in Pb (mm)	afstand tot bron (m)	aantal HVL-dikten Pb	transmissie T	dosis-tempo (dosiste mpo/ ref_dosis 1) (µSv/h)	jaardosis per handeling (µSv/jaar)	Index jaardosis (jaardosis/ ref_dosis 2)
F-18-FDG	400	0,166	1	1000	12	6	0,5	2,0	0,25	66,4	6,6	1,1
Ga-67 citraat	150	0,025	1	1	2	1	0,5	2,0	0,25	3,8	0,4	0,0
Tc-99m erytrocyten	500	0,023	1	20	2	0,7	0,5	2,9	0,14	6,3	0,6	0,0
Tc-99m-Isosfrasaat	400	0,023	1	2500	2	0,7	0,5	2,9	0,14	5,1	0,5	0,2
Tc-99m-perftechneetaat	500	0,023	1	400	2	0,7	0,5	2,9	0,14	6,3	0,6	0,0
Tc-99m-tetrofosmine	400	0,023	1	2500	2	0,7	0,5	2,9	0,14	5,1	0,5	0,2
Tc-99m-nanocolloid	150	0,023	1	100	2	0,7	0,5	2,9	0,14	1,9	0,2	0,0
In-111 oxinaat	30	0,088	1	50	2	1,4	0,5	1,4	0,37	3,9	0,4	0,0
I-123 amfetamine	200	0,046	1	100	2	1	0,5	2,0	0,25	9,2	0,9	0,0
I-123-MIBG	300	0,046	1	4	2	1	0,5	2,0	0,25	13,8	1,4	0,0
I-131-jodide	40	0,066	1	7	2	3	0,5	0,7	0,63	6,7	0,7	0,0
Tl-201-chloride	100	0,018	1	0	2	0,5	0,5	4,0	0,06	0,5	0,0	0,0

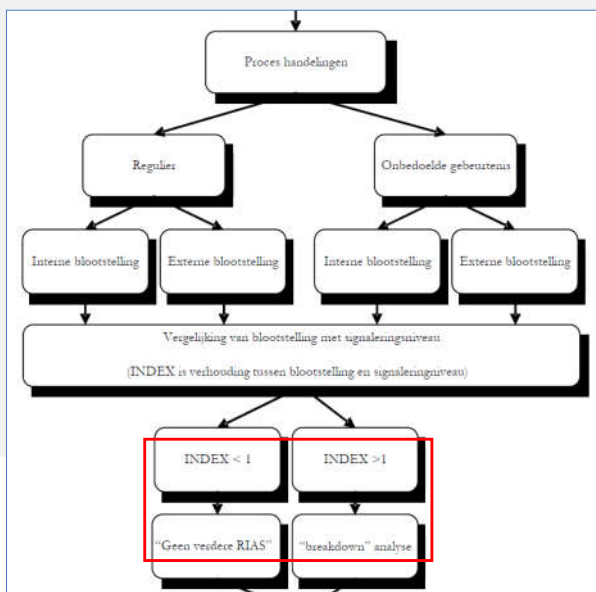


## RI&E methode gebaseerd op 2 stappen:

1. Schat in "wat ertoe doet", m.b.v. een aantal "standaard" handelingen en VOG's (Bepaal Index).
2. Voor nucliden / farmaca met Index > 1: Voer een Complete (nadere) Risico Analyse (alle deelhandelingen).

### Rekensheets:

- Voor standaard handelingen en VOG's
- Overschatting extremiteitendosis (β's)



## Berekening extremitendosis

### RIAS-NG: Schatting opgelopen dosis bij ongewenste blootstelling

Spreadsheets en hulptabellen voor het schatten van de blootstelling aan diverse radioactieve stoffen.

Het is bekend dat de RIAS-NG een overschatting geeft bij extremiteten, zoals beschreven in deze [presentatie](#) van Marinette van der Graaf. Deze bevindingen zullen opgenomen worden in een nieuwe versie van de RIAS-NG, waar momenteel (augustus 2014) aan gewerkt wordt.

### RIAS-NG: aandachtspunten bij het berekenen van extremitendoses

Marinette van der Graaf, perifere stage in Rijnstate



Begeleiders:  
Bart Klein  
Rudi Hoekema

### Halveringsdikte bij afscherming

- NCS model: transmissie T berekend volgens:

$$T = (0.5)^{\text{dikte afscherming/halveringsdikte}}$$

- NB: Formule geldig voor gammastraling  
Positronen en elektronen hebben beperkte dracht:

$$R = 0.5 \times E/p$$

E energie in MeV  
p dichtheid afschermingsmateriaal (g/cm<sup>3</sup>)

- **Impliciet stelt het model de verzwakking van betastraling gelijk aan die van gammastraling**

## Problemen met "2-stappen" model:

Brief Inspectie SZW (medio 2018):

De door mij beoordeelde Risicoanalyse Nucleaire Geneeskunde is uitgevoerd volgens het model van de NCS, het document "Aanbevelingen risicoanalyse en -evaluatie voor Nucleair Geneeskundige verrichtingen in ziekenhuizen RIAS-NG" van de Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie uit 2012. Deze RI&E is echter niet opgesteld conform het driestappenmodel (Risico-identificatie, Bepaling van de blootstelling en Risico-evaluatie) van voornoemde Bijlage A (en ook niet conform Bijlage E van de oude regeling).

**Conclusie: RIAS samenvatting (volgens Bijlage A)  
(beter) faciliteren in Rekensheets**





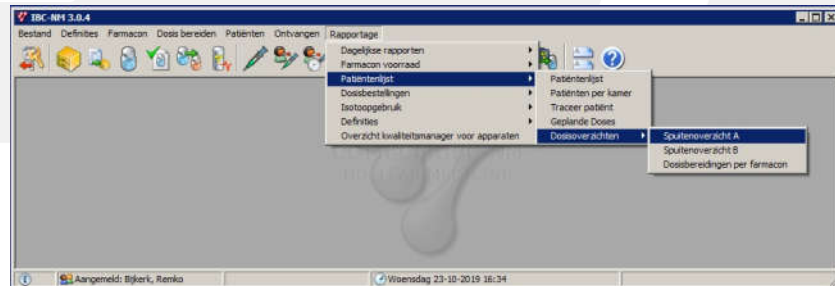


## Rekensheets: Uitgangspunten

- Toegepaste Bronnen, Farmaca en Onderzoeken éénduidig vastgelegd
- (Fysische) eigenschappen Nucliden en Farmaca ingevuld

Nuclide - Farmacon - Onderzoek	Nucliden gegevens	Farmaca gegevens	Transfer fracties (TFW)	Handelingen
--------------------------------	-------------------	------------------	-------------------------	-------------

- Per (deel)handeling: **Aantal/jaar en Activiteit bekend**
  - Nieuwe handelingen: Schatting maken
  - Reeds uitgevoerde handelingen: IBC



## IBC: 3 registratiemomenten v.d. Activiteit

- **Leveringsniveau**
  - Bestellingen
  - Elutie generatoren
  - Bereiding farmaca
- Niveau **VTGM** (voor toediening gereed maken)
- **Toedieningsniveau** (& vervolg)
  - Scan
  - Klinische patiënt

### 3 gegevenstabellen:

Handelingsniveau: Levering / Elutie / Bereiding				
Farmacon / Ingekapselde bron / Generator	Leveringen	Activiteit Gemiddeld	Activiteit Maximum	Opmerking / Handeling
Kolom 1	[Aantal/jaar]	[MBq]	[MBq]	
F-18 FDG	419	2037,60	6436,59	Levering
F-18 Choline	20	724,40	2269,25	Levering
F-18 Flutemetamol	2	490,98	669,44	Levering
Ga-68 Galliumchloride	143	1100,00	1800,00	Generator Elutie
Ga-68 PSMA	143	729,30	1201,90	Bereiding
Tc-99m Natriumpertechneetaat	447	25633,99	68379,29	Generator Elutie
Tc-99m MAA	63	1761,30	2290,94	Bereiding
Tc-99m MAG3	51	1731,82	2534,91	Bereiding

# 12 generieke Risico Rekensheets

- **“Activiteits”niveau**
  - Levering / voorraad
  - VTGM
  - Toediening
- **Reguliere handelingen**
  - Uitwendige blootstelling
  - Inhalatie
- **VOG's**
  - Uitwendige blootstelling
  - Inhalatie
  - Ingestie
  - Prik-incident
  - Huidbesmetting

Levering - Uitwendig - Regulier	VTGM - Uitwendig - Regulier	Toediening - Uitwendig - Regulier
---------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------

Levering - Inhalatie - Regulier	VTGM - Inhalatie - Regulier	Toediening - Inhalatie - Regulier
---------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------

Levering - Uitwendig - VOG	VTGM - Uitwendig - VOG	Toediening - Uitwendig - VOG
----------------------------	------------------------	------------------------------

Levering - Inwendig - VOG	VTGM - Inwendig - VOG	Toediening - Inwendig - VOG
---------------------------	-----------------------	-----------------------------



/ zorg voor elkaar

# Elke Rekensheet bestaat uit 3 delen:

- In te vullen gegevens: (selectie)

Rekenblad 1: Reguliere handelingen met open (en ingekapselde) bronnen op Leveringsniveau - Uitwendige blootstelling

Nuclide	Farmacon / Ingekapelde bron / Generator	Type (deel)handeling	Tijd (voor)na activiteitsmeting [uur]	Tijdsduur extremiteten blootstelling [min]	Afstand extremiteten tot bron [cm]	Afzondering bron [mm Pb eq.]	Tijdsduur lichaams blootstelling [min]	Afstand lichaam tot bron [m]	Extra afscherming lichaam [mm Pb eq.]	Béla-straling afgeschemd? [Ja/Nee/Deels]

- Overgenomen gegevens: (uit Nucliden & Farmaca eigenschappen)

Leveringen	Activiteit Gemiddeld	Activiteitsfractie	Petoussi h(0,07) @ 10 cm	Petoussi h(10) @ 100 cm	Otto h(3) @ 100 cm	HVL Smith Transmissie bron-afscherming	HVL Smith Transmissie lichaams-afscherming
[Aantal/jaar]	[MBq]		[µSv/h/MBq]	[µSv/h/MBq]	[µSv/h/MBq]		
✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B				✓ #N/B	✓ #N/B
✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B				✓ #N/B	✓ #N/B
✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B				✓ #N/B	✓ #N/B
✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B				✓ #N/B	✓ #N/B

- Berekende gegevens: (dosistempo en collectieve jaardosis)

Collectieve dosis van alle betrokken medewerkers

Dosistempo extremiteten	Extremiteten jaardosis	Dosistempo lichaam	Lichaams jaardosis	Dosistempo ooglen	Ooglen jaardosis
[µSv/h]	[mSv]	[µSv/h]	[mSv]	[µSv/h]	[mSv]
✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B
✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B
✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B
✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B	✓ #N/B



## Voorbeeld: Levering - Uitwendig - Regulier

Overnemen uit tabel "Nuclide – Farmacon – Onverzoek" (exacte kopie):

- Input: Selectie van handelingen leveringsniveau
- Output: Ingevulde "IBC gegevens" (Aantal & Activiteit)

Eventueel verdelen over meerdere Tabellen...

**Rekenblad 1: Reguliere handelingen met open (en ingekapselde) bronnen op Leveringsniveau**

Nuclide	Farmacon / Ingekapselde bron / Generator	Type (deel)handeling	Leveringen	Activiteit Gemiddeld
			[Aantal/jaar]	[MBq]
F-18	F-18 FDG	VTGM in LAF-kast	419	2037,60
F-18	F-18 Choline	VTGM in LAF-kast	20	724,40
F-18	F-18 Flutemetamol	VTGM in LAF-kast	2	490,98
Ga-68	Ga-68 Galliumchloride	VTGM in LAF-kast	143	1100,00
Ga-68	Ga-68 PSMA	VTGM in LAF-kast	143	729,30
Tc-99m	Tc-99m Natriumpertechnetaat	VTGM in LAF-kast	447	25633,99
Tc-99m	Tc-99m MAA	VTGM in LAF-kast	63	1761,30



## Benodigde gegevens (2): Activiteitsfractie

Bij verschillende (deel)handelingen na elkaar:

- Tijd vóór of ná Activiteitsregistratie

**Rekenblad 1: Reguliere handelingen met open (en ingekapselde) bronnen op Leveringsniveau - U**

Nuclide	Farmacon / Ingekapselde bron / Generator	Type (deel)handeling	Tijd (vóór/na activiteitsmeting)	Activiteitsfractie
			[uur]	
F-18	F-18 FDG	VTGM in LAF-kast	0,00	1,00
F-18	F-18 Choline	VTGM in LAF-kast	0,25	0,91
F-18	F-18 Flutemetamol	VTGM in LAF-kast	0,50	0,83
Ga-68	Ga-68 Galliumchloride	VTGM in LAF-kast	0,75	0,63
Ga-68	Ga-68 PSMA	VTGM in LAF-kast	1,00	0,54
Tc-99m	Tc-99m Natriumpertechnetaat	VTGM in LAF-kast	1,50	0,84
Tc-99m	Tc-99m MAA	VTGM in LAF-kast	-1,00	1,12



/ zorg voor elkaar



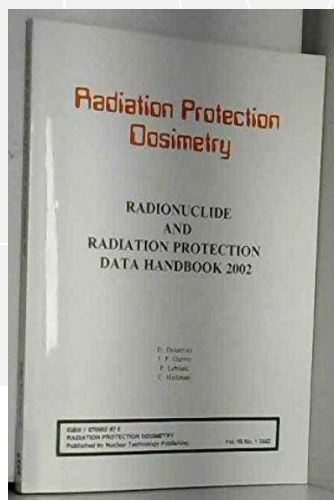
## Gegevens (3): Tijdsduur / Afstand / Afscherming

Reguliere handelingen met open (en ingekapselde) bronnen op Leveringsniveau - Uitwendige blootstelling							
Farmacon / Ingekapselde bron / Generator	Type (deel)handeling	Tijdsduur extremiteten blootstelling [min]	Afstand extremiteten tot bron [cm]	Afscherming bron [mm Pb eq.]	Tijdsduur lichaams blootstelling [min]	Afstand lichaam tot bron [m]	Extra afscherming lichaam [mm Pb eq.]
F-18 FDG	VTGM in LAF-kast	2	30		15	0,5	
F-18 Choline	VTGM in LAF-kast	2	30		15	0,5	
F-18 Flutemetamol	VTGM in LAF-kast	2	30		15	0,5	
Ga-68 Galliumchloride	VTGM in LAF-kast	2	30		15	0,5	
Ga-68 PSMA	VTGM in LAF-kast	2	30		15	0,5	
Tc-99m Natriumpertechnetaat	VTGM in LAF-kast	2	20		15	0,5	
Tc-99m MAA	VTGM in LAF-kast	2	8		15	0,5	

Reguliere handelingen met open (en ingekapselde) bronnen op Leveringsniveau - Uitwendige blootstelling								HVL Smith	HVL Smith
Farmacon / Ingekapselde bron / Generator	Tijdsduur extremiteten blootstelling [min]	Afstand extremiteten tot bron [cm]	Afscherming bron [mm Pb eq.]	Tijdsduur lichaams blootstelling [min]	Afstand lichaam tot bron [m]	Extra afscherming lichaam [mm Pb eq.]	Transmissie bron-afscherming	Transmissie lichaams-afscherming	
F-18 FDG	2	30	30	15	0,5	10	1,50E-02	2,47E-01	
F-18 Choline	2	30	30	15	0,5	10	1,50E-02	2,47E-01	
F-18 Flutemetamol	2	30	30	15	0,5	10	1,50E-02	2,47E-01	
Ga-68 Galliumchloride	2	30	30	15	0,5	10	1,72E-02	2,58E-01	
Ga-68 PSMA	2	30	30	15	0,5	10	1,72E-02	2,58E-01	
Tc-99m Natriumpertechnetaat	2	20	3	15	0,5	10	1,39E-04	1,37E-13	
Tc-99m MAA	2	8	3	15	0,5	10	1,39E-04	1,37E-13	



## Transmissie door afscherming: Delacroix e.a. (2002) / Smith & Stabin (2012)



Paper

**EXPOSURE RATE CONSTANTS AND LEAD SHIELDING VALUES  
FOR OVER 1,100 RADIONUCLIDES**

David S. Smith and Michael G. Stabin\*

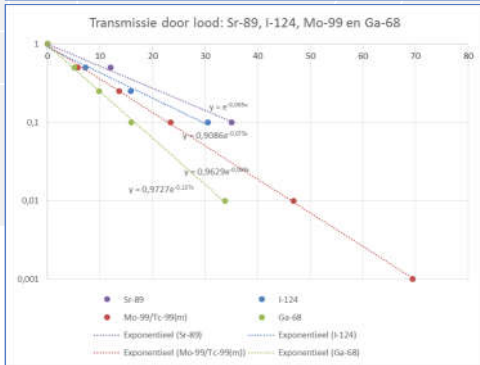
---

Lead attenuation thicknesses (mm Pb)

HVL	QVL	TVL	CVL	MVL
0.639	2.3	5.86	16.9	28.8
0.168	0.631	1.42	3.71	6.09
0.0698	0.459	1.21	9.26	22.1
0.284	0.932	1.92	4.95	13.2

# Transmissie door afscherming in Rekensheet:

Literatuur:	Otto 2016	ICRP 119	Delacroix 2002 / Bos 2007	Smith & Stabin 2012					
Nuclide	Verval	T(1/2) [h]	HVL [mm Pb]	TVL [mm Pb]	HVL [mm Pb]	QVL [mm Pb]	TVL [mm Pb]	CVL [mm Pb]	MVL [mm Pb]
F-18	EC/B+	1,8295	6	17	4,95	9,46	15,1	28,9	42,5
P-32	B-	342,96	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Co-57 (s)	EC	6501,6	< 1	1	0,298	0,533	0,85	2,39	24
Ga-68	EC/B+	1,133	6	17	5,12	9,84	16	33,8	61,7



## Transmissie door afscherming:

- HVL bij Gamma-straling
- Dracht bij bèta-straling

## Disclaimer:

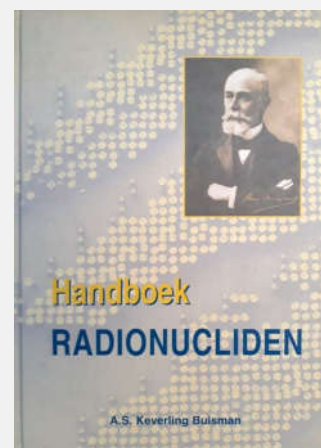
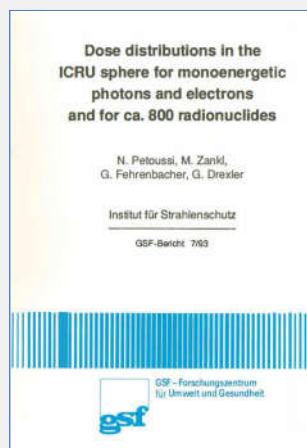
- Literatuurwaarden ongewijzigd overgenomen, soms (grote) onderlinge afwijkingen
- Bepaling Transmissie uit gegevens volgens eigen inzicht / benodigde precisie

## Bronconstanten:

- Petoussi '93
- Keverling Buisman '96
- Otto 2016

### Benodigd:

- H\*(10) voor effectieve lichaamsdosis
- H'(0,07) voor equivalente extr. dosis
- H'(3) voor equivalente ooglensdosis



Radiation Protection Dosimetry (2016), Vol. 168, No. 1, pp. 1–70  
Advance Access publication 26 October 2014

doi:10.1093/rpd/ncu316



## PERSONAL DOSE-EQUIVALENT CONVERSION COEFFICIENTS FOR 1252 RADIONUCLIDES

Thomas Otto\*  
Technology Department, CERN, CH-1211 Geneve 23, Switzerland

## Bronconstanten "keuze stress"

### Keverling '96:

Nuclide	h [μSv/h/MBq]	H(huid) [Sv/s per Bq/cm <sup>2</sup> ]
F-18	1,66E-01	5,00E-10
P-32		6,00E-10

### Petoussi '93:

Nuclide	H'(10) e [μSv/h/MBq]	H'(10) γ [μSv/h/MBq]	H'(10) sum [μSv/h/MBq]
F-18	0,00E+00	1,60E-01	1,60E-01
P-32	1,97E-04	0,00E+00	1,97E-04

Nuclide	H'(0,07) e [μSv/h/MBq]	H'(0,07) γ [μSv/h/MBq]	H'(0,07) sum [μSv/h/MBq]
F-18	1,66E+03	1,60E+01	1,68E+03
P-32	1,17E+03	0,00E+00	1,17E+03

### Otto 2016:

Nuclide	Hp(10) ph [μSv/h/GBq]	Hp(10) el [μSv/h/GBq]	Hp(10) β+/β- [μSv/h/GBq]	Hp(10) an [μSv/h/GBq]	Hp(10) USh [μSv/h/MBq]	Hp(10) Sh [μSv/h/MBq]
F-18	0	0	7	169	7,00E-03	1,69E-01
P-32	0	0	1	0	1,00E-03	0,00E+00

Nuclide	Hp(3) ph [μSv/h/GBq]	Hp(3) el [μSv/h/GBq]	Hp(3) β+/β- [μSv/h/GBq]	Hp(3) an [μSv/h/GBq]	Hp(3) USh [μSv/h/MBq]	Hp(3) Sh [μSv/h/MBq]
F-18	0	0	5	169	5,00E-03	1,69E-01
P-32	0	0	736	0	7,36E-01	0,00E+00

Nuclide	Hp(0,07) ph [mSv/h/GBq]	Hp(0,07) el [mSv/h/GBq]	Hp(0,07) β+/β- [mSv/h/GBq]	Hp(0,07) an [mSv/h/GBq]	Hp(0,07) USh [μSv/h/MBq]	Hp(0,07) Sh [μSv/h/MBq]
F-18	0	0	1675,6	5,8	1,68E+03	5,80E+00
P-32	0	0	1211,3	0	1,21E+03	0,00E+00

**Nodig voor  
ooglenzosis !**

/ zorg voor elkaar

## Voorbeeld: Extremiteten - H'(0,07)

### Disclaimers:

- Literatuur: soms (grote) onderlinge afwijkingen
- Keuze Bronconstante:
  - volgens eigen inzicht (conservatief?)
  - bij twijfel ondersteund door metingen / aanvullende info
- Kwadratenwet (afstanden):
  - Afstand vanaf bron > 5x bronafmetingen

Literatuur:	Otto 2016	Otto 2016	Petoussi 93	Otto 2016	Petoussi 93
Nuclide	Verval	Hp(0,07) USh [μSv/h/MBq]	H'(0,07) sum [μSv/h/MBq]	Hp(0,07) Sh [μSv/h/MBq]	H'(0,07) γ [μSv/h/MBq]
F-18	EC/B+	1,68E+03	1,68E+03	5,80E+00	1,60E+01
P-32	B-	1,21E+03	1,17E+03	0,00E+00	0,00E+00
Co-57 (s)	EC	2,49E+01	1,13E+02	3,90E+00	3,13E+01
Ga-68	EC/B+	1,03E+03	9,98E+02	5,40E+03	1,48E+01
Ge-68 (s)	EC	9,00E-01	1,04E+01	9,00E-01	1,04E+01
Ge-68 (eff.)	EC/B+	1,03E+03	9,98E+02	5,30E+00	1,48E+01
Rb-81 (s)	EC/B+	4,42E+02	1,33E+03	7,90E+03	1,61E+01
Kr-81m	IT/EC	1,06E+03	9,01E+02	4,30E+00	4,07E+00
Sr-89	B-	1,25E+03	1,22E+03	0,00E+00	1,23E-03
Sr-90 (s)	B-	1,46E+03	1,46E+03	0,00E+00	0,00E+00
Y-90	B-	1,09E+03	1,07E+03	0,00E+00	8,18E-04
Mo-99 (s)	B-	1,38E+03	1,35E+03	1,00E+03	2,44E+00
Tc-99m	IT/B-	6,74E+01	2,61E+02	2,60E+00	2,21E+00

### Opmerking:

- Vanuit NCS aftrap gegeven voor een Extremiteten Commissie.
- Doel: Richtlijn "extremiteten" bij open radioactieve stoffen.
- Aandacht gevraagd voor: berekening van de "handen / extremiteten" dosis t.b.v. het nieuwe RIAS model



# Afscherming van eventuele Béta-straling

Mogelijkheden:

- **Ja:** Hp(d) voor Gamma straling
- **Nee:** Hp(d) voor Gamma + Béta straling
- **Deels:** Zoek het lekker zelf uit...

Rekenblad 1: Reguliere handelingen met open (en ingekapselde) bronnen op Leveringsniveau						Petoussi	Petoussi	Otto
Nuclide	Farmacon / Ingekapselde bron / Generator	Béta-straling afgeschermd?	Leveringen	Activiteit Gemiddeld	Activiteitsfractie	h(0,07) @ 10 cm	h(10) @ 100 cm	h(3) @ 100 cm
			[Ja/Nee/Deels]	[Aantal/jaar]	[MBq]	[µSv/h/MBq]	[µSv/h/MBq]	[µSv/h/MBq]
F-18	F-18 FDG	Ja	419	2037,60	1,00	1,60E+01	1,60E-01	1,69E-01
F-18	F-18 Choline	Nee	20	724,40	1,00	1,68E+03	1,60E-01	5,00E-03
F-18	F-18 Flutemetamol	Deels	2	490,98	1,00	<b>Bepaal h(0,07)</b>	<b>Bepaal h(10)</b>	<b>Bepaal h(3)</b>
Ga-68	Ga-68 Galliumchloride	Ja	143	1100,00	1,00	1,48E+01	1,48E-01	1,61E-01
Ga-68	Ga-68 PSMA	Nee	143	729,30	1,00	1,48E+01	1,48E-01	1,61E-01
Tc-99m	Tc-99m Natriumpentechine	Ja	447	25633,99	1,00	2,21E+00	2,18E-02	2,60E-02
Tc-99m	Tc-99m MAA	Ja	63	1761,30	1,00	2,21E+00	2,18E-02	2,60E-02



/ zorg voor elkaar

# Bepaling Afscherming Béta-straling (1)

- Delacroix:
  - Total absorption β en e (mm glas en plastic)
  - Bronconstanten bij praktijkvoorbeelden

EXTERNAL EXPOSURE (mSv.h <sup>-1</sup> ) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m <sup>-2</sup> (as appropriate)				
<b>Point source (30 cm)</b>  Betas, electrons (skin dose) 1.20E-1 Gammas, X rays (deep tissue dose) 1.81E-3	<b>Infinite plane source</b>  Betas, electrons (skin) 10 cm 9.6E-02 1 m 5.3E-04 Photons (skin) 10 cm 6.8E-03 1 m 4.3E-03 Photons (deep dose) 10 cm 6.4E-03 1 m 4.1E-03	<b>10 ml glass vial</b>  100 cm 1.58E-4	<b>Contact with 50 ml glass beaker</b>  5.63E-1	<b>Contact with 5 ml plastic syringe</b>  2.88E+0

The values above do not include Bremsstrahlung radiation.

Fluorine - 18		
Half life:	1.83 hours	
SHIELDING (mm)		
Betas and electrons (Total absorption)		
Glass	0.9	
Plastic	1.7	
Gamma and X rays (half and tenth value thickness)		
	½	1/10
Lead	6	17
Steel	27	64



/ zorg voor elkaar

## Bepaling Afscherming Béta-straling (2)

- Metingen collega's (bv. M. v.d. Graaf)
- Mirion (NRG): (extremiteiten) dosimeters



adrz /+

### Resultaten metingen

- Resultaten experimenten:
  - $^{18}\text{F}$ : dosis totaal/dosis gamma <3
  - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ : dosis totaal/dosis gamma <1.5
- Dosis totaal/dosis gamma wordt hoger naarmate afstand tot bron korter wordt.

Rijnsstate

## Resultaat: Dosistempo en Collectieve jaardosis

Reguliere handelingen met open (en ingekapselde) bron		Collectieve dosis van alle betrokken medewerkers					
Farmacon / Ingekapselde bron / Generator	Type (deel)handeling	Dosistempo extremiteiten	Extremiteiten jaardosis	Dosistempo lichaam	Lichaams jaardosis	Dosistempo ooglens	Ooglens jaardosis
		[ $\mu\text{Sv/h}$ ]	[mSv]	[ $\mu\text{Sv/h}$ ]	[mSv]	[ $\mu\text{Sv/h}$ ]	[mSv]
F-18 FDG	VTGM in LAF-kast	3,57E+03	4,99E+01	3,17E+02	3,32E+01	3,35E+02	3,51E+01
F-18 Choline	VTGM in LAF-kast	1,27E+03	8,47E-01	1,13E+02	5,64E-01	1,19E+02	5,95E-01
F-18 Flutemetamol	VTGM in LAF-kast	8,61E+02	5,74E-02	7,64E+01	3,82E-02	8,07E+01	4,04E-02
Ga-68 Galliumchloride	VTGM in LAF-kast	1,78E+03	8,51E+00	1,66E+02	5,93E+00	1,81E+02	6,45E+00
Ga-68 PSMA	VTGM in LAF-kast	1,18E+03	5,64E+00	1,10E+02	3,93E+00	1,20E+02	4,28E+00
Tc-99m Natriumpertechneetaat	VTGM in LAF-kast	1,05E+04	1,57E+02	2,29E-10	2,55E-11	2,73E-10	3,05E-11
Tc-99m MAA	VTGM in LAF-kast	4,52E+03	9,50E+00	1,57E-11	2,47E-13	1,87E-11	2,95E-13
Tc-99m MAG3	VTGM in LAF-kast	4,45E+03	7,56E+00	1,54E-11	1,97E-13	1,84E-11	2,35E-13

adrz /+

/ zorg voor elkaar



## Jaardosis per type medewerker

Invullen:

**FTE(Medewerker)**

**FTE(Totaal)**



Reguliere handelingen met open (en ingekapselde) bron		Medewerker type			
Farmacon / Ingekapselde bron / Generator	Type (deel)handeling	FTE(m) / FTE(totaal)	Extremiteiten jaardosis	Lichaams jaardosis	Ooglens jaardosis
		[%]	[mSv]	[mSv]	[mSv]
F-18 FDG	VTGM in LAF-kast	15%	7,48E+00	4,98E+00	5,26E+00
F-18 Choline	VTGM in LAF-kast	15%	1,27E-01	8,46E-02	8,93E-02
F-18 Flutemetamol	VTGM in LAF-kast	15%	8,61E-03	5,73E-03	6,05E-03
Ga-68 Galliumchloride	VTGM in LAF-kast	15%	1,28E+00	8,90E-01	9,68E-01
Ga-68 PSMA	VTGM in LAF-kast	15%	8,46E-01	5,90E-01	6,42E-01
Tc-99m Natriumpertechnetaat	VTGM in LAF-kast	15%	2,35E+01	3,83E-12	4,57E-12
Tc-99m MAA	VTGM in LAF-kast	15%	1,42E+00	3,71E-14	4,42E-14
Tc-99m MAG3	VTGM in LAF-kast	15%	1,13E+00	2,95E-14	3,52E-14
Tc-99m Nanocolloid	VTGM in LAF-kast	15%	1,38E+00	3,59E-14	4,28E-14
Tc-99m SestaMIBI	VTGM in LAF-kast	15%	1,37E+01	3,57E-13	4,26E-13
Tc-99m Osteocis	VTGM in LAF-kast	15%	1,17E+00	3,04E-14	3,63E-14
Tc-99m Technescan HDP	VTGM in LAF-kast	15%	2,27E+01	5,91E-13	7,05E-13
Tc-99m Technescan DMSA	VTGM in LAF-kast	15%	1,57E-01	4,08E-15	4,86E-15
Tc-99m Technescan DTPA	VTGM in LAF-kast	15%	2,51E-02	6,55E-16	7,81E-16
Tc-99m Vasculosis	VTGM in LAF-kast	15%	2,51E+00	6,53E-14	7,79E-14
In-111 Octreoscan	VTGM in LAF-kast	15%	5,86E-02	2,01E-14	2,43E-14
I-123 DATscan	VTGM in LAF-kast	15%	6,91E-02	9,43E-48	1,13E-47
I-123 IBZM	VTGM in LAF-kast	15%	1,15E-02	1,56E-48	1,88E-48
I-123 NaI capsule (35% uptake)	VTGM in toedienruimte	15%	8,75E-03	4,60E-17	5,52E-17
I-123 Natriumjodide	VTGM in LAF-kast	15%	2,28E-02	3,11E-48	3,73E-48
I-123 MIBG	VTGM in LAF-kast	15%	3,92E-03	5,35E-49	6,42E-49
I-131 NaI capsule (35% uptake)	VTGM in toedienruimte	15%	2,71E-01	2,51E-02	2,74E-02
Ra-223 Radiumdichloride	VTGM in toedienruimte	15%	2,85E-02	1,87E-04	2,69E-04
		<b>Totaal:</b>	<b>7,80E+01</b>	<b>6,58E+00</b>	<b>7,00E+00</b>

## Handelingen op niveau: VTGM en Toediening (Uitwendig – Regulier)

- Grotendeels zelfde werkwijze als bij Leveringsniveau
- Onderzoeken (i.p.v. Farmaca)
  - Gem. Activiteit / Aantallen
- Ingekapselde bronnen tijdens gebruik

Reguliere handelingen met open bronnen op niveau Toediening - Uitwendig			
Onderzoek	Type (deel)handeling	Handeling	Activiteit Gemiddeld
		[Aantal/jaar]	[MBq]
F-18 FDG PET scintigrafie	Injectie	1589	233,33
F-18 FDG PET hersenen	Injectie	5	255,20
F-18 PET Choline bijschildklier injectie	Injectie	9	230,49
F-18 PET Choline scintigrafie	Injectie	26	280,62
F-18 PET Hersen amyloidscan	Injectie	3	195,51
Ga-68 PSMA PET scintigrafie	Injectie	244	194,86
Tc-99m Maagslijmvlies	Injectie	3	102,86



/ zorg voor elkaar

## Resultaat: Jaardosis per type medewerker (Uitwendig – Regulier)

Levering - Uitwendig - Regulier	VTGM - Uitwendig - Regulier	Toediening-Uitwendig-Regulier	Totalen per type medewerker
---------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-----------------------------

Medewerker type					
Blootstellingstype	Extremiteten jaardosis	Lichaams jaardosis	Ooglens jaardosis	Inwendige volgdosis	Huid dosis per cm <sup>2</sup>
	[mSv]	[mSv]	[mSv]	[mSv]	[mSv]
<b>Niveau Reguliere handelingen</b>					
Levering	7,80E+01	6,58E+00	7,00E+00		
VTGM	7,10E+00	7,81E-01	8,27E-01		
Toediening	2,63E-01	1,14E-01	1,23E-01		
<b>Totaal</b>	<b>8,53E+01</b>	<b>7,47E+00</b>	<b>7,95E+00</b>		
<b>Voorziene onbedoelde gebeurtenissen</b>					
Levering					
VTGM					
Toediening					
<b>Totaal</b>					



## Reguliere handelingen - Inhalatie

Levering - Inhalatie - Regulier	VTGM - Inhalatie - Regulier	Toediening-Inhalatie-Regulier
---------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

Deels gelijk aan Uitwendige blootstelling, echter:

- Transfer Fractie Werker (TFW) per type handeling
- Dosisconversie coëfficiënt (e(g)) voor Inhalatie

Reguliere handelingen met open bronnen op Leveringsniveau - Inhalatie						Medewerker type	
Farmacon	Type (deel)handeling	TFW per dag (5 uur)	Tijdsduur handeling [min]	e(g)5μ-inhalatie [Sv/Bq]	Jaardosis Inhalatie Collectief [mSv]	FTE(m) / FTE(totaal) [%]	Jaardosis Inhalatie Medewerker [mSv]
F-18 FDG	VTGM in LAF-kast	5,40E-13	15	5,40E-11	1,24E-09	15%	1,87E-10
Ga-68 PSMA	VTGM in LAF-kast	5,40E-13	15	4,90E-11	1,38E-10	15%	2,07E-11
Tc-99m Natriumpertechnetaat	VTGM in LAF-kast	5,40E-13	15	2,90E-11	8,97E-09	15%	1,35E-09
Tc-99m MAA	VTGM in LAF-kast	5,40E-13	15	2,00E-11	5,99E-11	15%	8,99E-12
Tc-99m MAG3	VTGM in LAF-kast	5,40E-13	15	2,00E-11	4,77E-11	15%	7,15E-12

## Transfer Fracties Werkers: HARAS



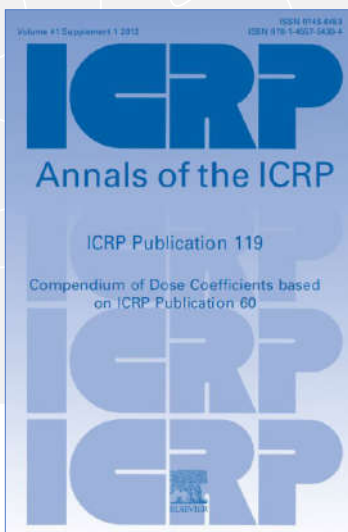
**Voorbeeld:** Optrekken van spuiten met een vloeistof waarin een niet vluchtige radionuclide is opgelost

*DIN-gekeurde zuurkast*

	<i>TF-werker</i>		
	<i>12 min</i>	<i>1 uur</i>	<i>5 uur</i>
<i>0,01% vrijk.</i>	1,2 E-14	9,8 E-14	<b>5,4 E-13</b>
<i>10% vrijkomen</i>	1,2 E-11	<b>9,8 E-11</b>	5,4 E-10
<i>0,01% vrijk. falend zuurkast</i>	1,3 E-10	<b>1,2 E-9</b>	6,9 E-8
<i>0,01 % vrijk. falend ventilatie-systeem</i>	<b>1,6 E-10</b>	2,3 E-9	1,6 E-8
<i>100% vrijkomen</i>	<b>1,2 E-10</b>	9,8 E-10	5,4 E-9
<i>100% vrijkomen falend ventilatie-systeem</i>	<b>1,6 E-6</b>	2,3 E-5	1,6 E-4

## ICRP 119: Tabellen op Website ANVS

**Inhalatie & Ingestie:**



**Table A.1. Effective dose coefficient for ingested and inhaled (AMAD = 1 and 5 μm) particulates by workers.**

Nuclide	$T_{1/2}$	Type	Effective Dose Coefficient (Sv Bq <sup>-1</sup> )				
			Inhalation			Ingestion	
			$f_1$	$e$ (1 μm)	$e$ (5 μm)	$f_1$	$e$
<b>Fluorine</b>							
F-18	109.77 m	F	1,0	3,0E-11	5,4E-11	1,0	4,9E-11
		M	1,0	5,7E-11	8,9E-11		
		S	1,0	6,0E-11	9,3E-11		
<b>Phosphorus</b>							
P-32	14.29 d	F	0,8	8,0E-10	1,1E-09	0,8	2,4E-09
<b>Gallium</b>							
Ga-68	68.0 m	F	0,001	2,8E-11	4,9E-11	0,001	1,0E-10
		M	0,001	5,1E-11	8,1E-11		
<b>Technetium</b>							
Tc-99m	6.02 h	F	0,8	1,2E-11	2,0E-11	0,8	2,2E-11
		M	0,8	1,9E-11	2,9E-11		

**/ zorg voor elkaar**

## Resultaat: Jaardosis per type medewerker (Inwendig- Regulier)

Medewerker type Blootstellingstype	Extremiteiten jaardosis [mSv]	Lichaams jaardosis [mSv]	Ooglens jaardosis [mSv]	Inwendige volgdosis [mSv]	Huid dosis per cm2 [mSv]
<b>Niveau Reguliere handelingen</b>					
Levering	7,80E+01	6,58E+00	7,00E+00	1,84E-09	
VTGM	7,10E+00	7,81E-01	8,27E-01	1,06E-08	
Toediening	2,63E-01	1,14E-01	1,23E-01	2,54E-04	
<b>Totaal</b>	<b>8,53E+01</b>	<b>7,47E+00</b>	<b>7,95E+00</b>	<b>2,54E-04</b>	

### Aandachtspunt / Disclaimer:

- Meer recente literatuur: Hogere schattingen voor TFW Inhalatie
- EU Radiation Protection 188 (2018): Monitoring via Inname-bepaling



/ zorg voor elkaar

## Voorziene onbedoelde gebeurtenissen

### In RIAS samenvatting genoemd:

- VOG's ingekapselde bronnen
  1. Tijd
  2. Afstand
  3. Lekkage
  4. Zoekraken I-125 zaadje

### • VOG's open bronnen

1. Lekkage van bron tijdens transport
2. Bij ingespoten patiënt verblijven
3. Morsen / opruimen besmetting
4. Aanraken besmette onderdelen
5. Loslaten infuus, morsen radioactief bloed
6. Reanimatie

### Rekensheets:

Levering - Uitwendig - VOG	VTGM - Uitwendig - VOG	Toediening - Uitwendig - VOG	

Levering - Inwendig - VOG	VTGM - Inwendig - VOG	Toediening - Inwendig - VOG	



## VOG uitwendige blootstelling (1)

Grotendeels gelijk aan Uitwendige blootstelling Regulier, echter:

- Handelingen opnemen waarbij VOG  $\geq 1x$  per jaar
- Geschatte **fractie** van de **maximaal** gehanteerde activiteit (uit IBC)
- Blootstellingsduur tijdens gebeurtenis (en eventuele decontaminatie)

Voorbeeld:

Voorziene ongewenste gebeurtenis

Lek bij optrekken, 10% komt vrij

Onderzoek	Tijdsduur extremiteiten blootstelling [min]	Afstand extremiteiten tot bron [cm]	Afscherming bron [mm Pb eq.]	Tijdsduur lichaams blootstelling [min]	Afstand lichaam tot bron [m]	Extra afscherming lichaam [mm Pb eq.]	Béta-straling afgeschermd? [Ja/Nee/Deels]	Activiteit Maximum [MBq]	Activiteits- fractie
F-18 FDG PET scintigrafie	1	10	0	10	0,5	10	Nee	737,02	0,10
F-18 FDG PET hersenen	1	10	0	10	0,5	10	Nee	476,52	0,10
F-18 PET Choline bijschildklier injectie	1	10	0	10	0,5	10	Nee	384,17	0,10
F-18 PET Choline scintigrafie	1	10	0	10	0,5	10	Nee	514,54	0,10
F-18 PET Hersen amyloidscan	1	10	0	10	0,5	10	Nee	214,85	0,10
Ga-68 PSMA PET scintigrafie	1	10	0	10	0,5	10	Nee	548,17	0,10
Tc-99m Maagslijmvies	1	10	0	10	0,5	10	Nee	251,62	0,10
Tc-99m Longperfusie	1	10	0	10	0,5	10	Nee	122,74	0,10

## VOG uitwendige blootstelling (2)

Voorziene onbedoelde gebeurtenissen met open bronnen		Medewerker type					
Onderzoek	Voorziene ongewenste gebeurtenis	Aantal VOG's [per jaar]	Extremiteiten jaardosis [mSv]	Lichaams jaardosis [mSv]	Ooglens jaardosis [mSv]		
F-18 FDG PET scintigrafie	Lek bij optrekken, 10% komt vrij	1	2,06E+00	1,94E-03	6,06E-05		
F-18 FDG PET hersenen	Lek bij optrekken, 10% komt vrij	1	1,33E+00	1,25E-03	3,92E-05		
F-18 PET Choline bijschildklier injectie	Lek bij optrekken, 10% komt vrij	1	1,07E+00	1,01E-03	3,16E-05		
F-18 PET Choline scintigrafie	Lek bij optrekken, 10% komt vrij	1	1,44E+00	1,35E-03	4,29E-05		
F-18 PET Hersen amyloid	Lek bij optrekken, 10% komt vrij	1	1,07E+00	1,01E-03	3,16E-05		
Ga-68 PSMA PET scintigrafie	Lek bij optrekken, 10% komt vrij	1	1,07E+00	1,01E-03	3,16E-05		
Tc-99m Maagslijmvies	Lek bij optrekken, 10% komt vrij	1	1,07E+00	1,01E-03	3,16E-05		
Tc-99m Longperfusie	Lek bij optrekken, 10% komt vrij	1	1,07E+00	1,01E-03	3,16E-05		
Medewerker type		Extremiteiten jaardosis [mSv]	Lichaams jaardosis [mSv]	Ooglens jaardosis [mSv]	Inwendige volgdosis [mSv]	Huidddosis per cm2 [mSv]	
Niveau Reguliere handelingen		Levering	7,80E+01	6,58E+00	7,00E+00	1,84E-09	
VTGM		7,10E+00	7,81E-01	8,27E-01	1,06E-08		
Toediening		2,63E-01	1,14E-01	1,23E-01	2,54E-04		
<b>Totaal</b>		<b>8,53E+01</b>	<b>7,47E+00</b>	<b>7,95E+00</b>	<b>2,54E-04</b>		
Voorziene onbedoelde gebeurtenissen		Levering	8,04E+02	3,23E-01	6,30E-01		
VTGM		1,13E+01	7,52E-03	1,15E-02			
Toediening		2,73E+00	1,69E-01	1,88E-01			
<b>Totaal</b>		<b>8,18E+02</b>	<b>5,00E-01</b>	<b>8,30E-01</b>			



## VOG (inwendige) besmetting (1)

Voortbordurend op VOG Uitwendige blootstelling, met:

- **TFW** passend bij beschouwde incident (HARAS, voorbeeld: 1% activiteit spuit)
- Dosisconversiecoëfficiënten **e(g)**: Inhalatie / Ingestie / IV prikken
- **H(huid)** en **Lambda** (voor berekening effectieve besmettingstijd)

Inhalatie incident				Ingestie incident			
TFW (inhalatie)	Aantal VOG's	e(g)5μ-inhalatie	Volgdosis Inhalatie	TFW (ingestie)	Aantal VOG's	e(g)-ingestie	Volgdosis Ingestie
	[per jaar]	[Sv/Bq]	[mSv]		[per jaar]	[Sv/Bq]	[mSv]
9,80E-08	1	5,40E-11	2,44E-06	1,00E-07	1	4,90E-11	2,26E-06
9,80E-08	1	5,40E-11	1,45E-06	1,00E-07	1	4,90E-11	1,34E-06

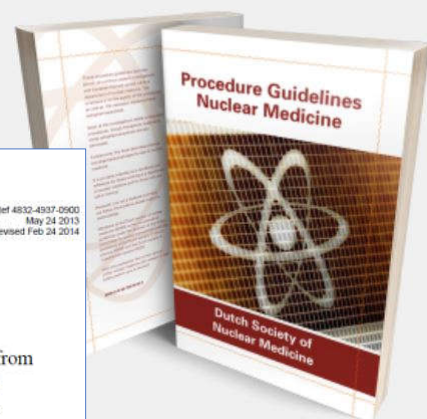
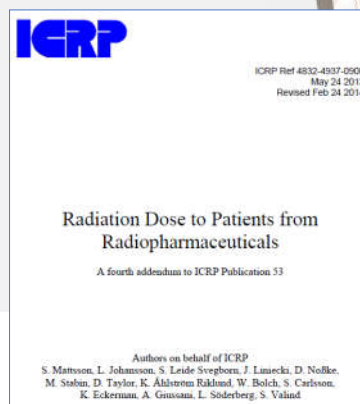
  

Prik incident				Huidbesmetting				
TFW (prikken)	Aantal VOG's	e(g) intra-veneus	Volgdosis Prikken	TFW (per cm2 huid)	Aantal VOG's	H(huid) per cm2	Lambda (effectief)	Volgdosis Huid
	[per jaar]	[mSv/MBq]	[mSv]		[per jaar]	[Sv/s/Bq]	[per dag]	[mSv/cm2]
1,00E-03	1	1,90E-02	8,75E-03	1,00E-07	1	5,00E-10	9,23E+00	2,15E-01
1,00E-03	1	1,90E-02	5,20E-03	1,00E-07	1	5,00E-10	9,23E+00	1,28E-01

## VOG: Prik-incident

### Prikken (IV):

- Activiteitsfractie ingeschat m.b.v. TFW
  - HARAS: p. 40
- Volgdosis bepaald uit e(g)-IV
  - ICRP 53/80/106
  - NVNG Aanbevelingen



## VOG: Huidbesmetting

### Huidbesmetting:

- Activiteit verdeeld over bepaald huid-oppervlak
- Deels niet afwasbaar (TFW)
- Halfwaardetijd (i.v.m. tijdsduur):
  - Fysisch
  - Biologisch
- H(huid): Keverling Buisman (verwijst naar):

SSK - Maßnahmen bei radioaktiver Kontamination der Haut (1990)



### Anhang 1

#### Berechnung der Äquivalentdosis der kontaminierten Haut

Die Äquivalentdosis der kontaminierten Haut läßt sich mit der nachstehenden Formel ermitteln:

$$H_s = A_f \cdot T_{1/2} \cdot \frac{1}{\ln 2} \cdot 86\,400 \cdot \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t}\right) \cdot \dot{h}_s$$

## Eindresultaat: Jaardosis per type medewerker (Regulier & VOG's)

Medewerker type	Extremiteten jaardosis	Lichaams jaardosis	Oog lens jaardosis	Inwendige volgdosis	Huid dosis per cm2
Blootstellingstype	[mSv]	[mSv]	[mSv]	[mSv]	[mSv]
<b>Niveau Reguliere handelingen</b>					
Levering	7,80E+01	6,58E+00	7,00E+00	1,84E-09	
VTGM	7,10E+00	7,81E-01	8,27E-01	1,06E-08	
Toediening	2,63E-01	1,14E-01	1,23E-01	2,54E-04	
<b>Totaal</b>	<b>8,53E+01</b>	<b>7,47E+00</b>	<b>7,95E+00</b>	<b>2,54E-04</b>	
<b>Voorziene onbedoelde gebeurtenissen</b>					
Levering	8,04E+02	3,23E-01	6,30E-01	3,47E-03	0,00E+00
VTGM	1,13E+01	7,52E-03	1,15E-02	5,41E-04	0,00E+00
Toediening	2,73E+00	1,69E-01	1,88E-01	2,74E-01	2,61E+02
<b>Totaal</b>	<b>8,18E+02</b>	<b>5,00E-01</b>	<b>8,30E-01</b>	<b>2,78E-01</b>	<b>2,61E+02</b>

### Aandachtspunt – Sommatie van:

- Effectieve lichaamsdosis & Inwendige volgdosis
- Reguliere handelingen en VOG's?



/ zorg voor elkaar

## Zijn we nu klaar 😊 ? ... eigenlijk nog niet 😞

### RIAS Samenvatting: ...

#### 6.6 Identificatie en **indeling van ruimte**

Dit onderdeel heeft als doel de vraag te beantwoorden in welke categorie de ruimten waar handelingen plaatsvinden, dienen te worden ingedeeld. Het gaat hier om de **gecontroleerde** en **bewaakte zone**. Ook hiervoor wordt verwezen naar de tabellen bij onderdelen 2A en 2B en worden dezelfde criteria gehanteerd als bij onderdeel 3E.



/ zorg voor elkaar

## Controle Dosisniveau's bij ruimte-indeling

- Voeg een kolom "Ruimte (type)" toe aan álle rekensheets (analoog aan Type medewerker)
- Geef per ruimte type de Fractie v.d. beschouwde (deel)handelingen weer
- Beschouw maximaal mogelijke stralingsbelasting medewerkers per

<b>Ruimte type</b>					
Blootstellingstype	Extremiteten jaardosis	Lichaams jaardosis	Ooglens jaardosis	Inwendige volgdosis	Huid dosis per cm <sup>2</sup>
	[mSv]	[mSv]	[mSv]	[mSv]	[mSv]
<b>Niveau Reguliere handelingen</b>					
Levering					
VTGM					
Toediening					
<b>Totaal</b>	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
<b>Voorziena onbedoelde gebeurtenissen</b>					
Levering					
VTGM					
Toediening					
<b>Totaal</b>	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

