

**BIJLAGE bij Examen  
Stralingsbeschermingsdeskundige op het niveau van  
coördinerend deskundige**

---

|  |      |
|--|------|
| Nuclear Research and consultancy Group | NRG  |
| Technische Universiteit Delft          | TUD  |
| Rijksuniversiteit Groningen            | RUG  |
| Radboudumc                             | RUMC |

---

examendatum:

10 mei 2021

examenduur: 13.30 - 16.30 uur

**Instructie:**

- ❑ Wanneer u andere gegevens gebruikt dan in deze bijlage zijn genoemd, vermeld dan de herkomst!
- ❑ Deze bijlage omvat 10 doorlopend genummerde pagina's. Controleer dit!

## INHOUDSOPGAVE

### Bladzijde

- 3-4 Handboek Radionucliden, A.S. Keeverling Buisman (3e druk 2015), blz. 164-165; gegevens  $^{131}\text{I}$ .
- 5 Weefselweegfactoren ( $w_T$ ) voor de weging van equivalente dosis  $H_T$ , overgenomen uit ICRP-60 en ICRP-103.
- 6 Werkzame doorsnede van de kernreactie  $^{80}\text{Se}(p,n)^{80m}\text{Br}$  in mbarn (mb).
- 7 Transmissie van fotonen in brede-bundelgeometrie door beton (ontleend aan ICRP-33).
- 8 Verstrooiingspatronen van divergente bundels röntgen- en gammabundels bij loodrechte inval op een vlakke betonmuur (ontleend aan ICRP-33).
- 9-10 Handboek Radionucliden, A.S. Keeverling Buisman (3e druk 2015), blz. 40 en 41, gegevens  $^{41}\text{Ar}$ .

Handboek Radionucliden, A.S. Keverling Buisman (3e druk 2007), blz. 164 en 165, gegevens  $^{131}\text{I}$

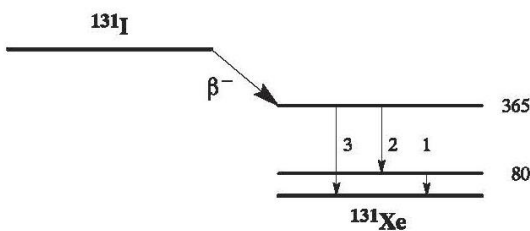
131I
Z = 53

**Halveringstijd en vervalconstante**

$$T_{1/2} = 8,021 \text{ d} = 6,93 \times 10^5 \text{ s}$$

$$\lambda = 1,00 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

**Vervalschema (vereenvoudigd)**



**Belangrijkste uitgezonden straling**

| Straling        | $y \text{ (Bq}\cdot\text{s)}^{-1}$ | $E \text{ (keV)}$ |
|-----------------|------------------------------------|-------------------|
| $\beta^-$       | 0,894                              | 192   606         |
| $\gamma_1$      | 0,026                              | 80                |
| ce K $\gamma_1$ | 0,036                              | 46                |
| $\gamma_2$      | 0,061                              | 284               |
| $\gamma_3$      | 0,812                              | 365               |

**Bronconstanten**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Kermtempo in lucht             | $k = 0,052 \text{ } \mu\text{Gy/h per MBq/m}^2$ |
| Omgevingsdosis-equivalenttempo | $h = 0,066 \text{ } \mu\text{Sv/h per MBq/m}^2$ |

**Diversen**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Specifieke activiteit    | $A_{sp} = 4,60 \times 10^{15} \text{ Bq/g}$                    |
| Vrijstellingsgrenzen     | $C_v = 10^2 \text{ Bq/g}$ en $A_v = 10^6 \text{ Bq}$           |
| Huidbesmetting           | $H_{\text{huid}} = 4 \times 10^{-10} \text{ Sv/s per Bq/cm}^2$ |
| Wondbesmetting; Injectie | $e(50) = 2,2 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$                     |
| Vervoer                  | $A_1 = 3 \text{ TBq}$<br>$A_2 = 0,7 \text{ TBq}$               |

**Productie en toepassingen**

Het radionuclide  $^{131}\text{I}$  is een belangrijk splijttingsproduct. Het wordt veelvuldig toegepast in de diagnostische en therapeutische nucleaire geneeskunde.

N = 78

131I

**Metabool model**

Voor stralingshygiënische doeleinden wordt aangenomen dat jodium zich vanuit het bloed als volgt verdeelt: 70% directe uitscheiding en 30% naar de schildklier. Jodium in de schildklier verblijft aldaar met een biologische halveringstijd van 80 dagen, van waaruit het in de vorm van organisch jodium homogeen over het lichaam wordt verdeeld. Het verblijf in andere organen/weefsels dan de schildklier geschiedt met een halveringstijd van 12 dagen. Een tiende van het organisch jodium wordt onmiddellijk uitgescheiden via de faeces, terwijl de rest (90%) terugkeert in het transfercompartiment. Zodoende wordt de biologische halveringstijd in de schildklier effectief gelijk aan 90 dagen.

N.B. Dit model geldt niet voor patiënten, zie pagina 14.

**Ingestie- en longzuiveringsklassen****Ingestie**Alle verbindingen  $f_1 = 1$ **Inhalatie**Damp (I<sub>2</sub>)  $f_1 = 1$ 

Klasse SR-1

Damp (CH<sub>3</sub>I)  $f_1 = 1$ 

Klasse SR-1 70% depositie

Overige verbindingen  $f_1 = 1$ 

Klasse F

**Dosisconversiecoëfficiënt en radiotoxiciteitsequivalent voor werknemers (w) en voor leden van de bevolking (b)**

|             | Ingestie<br>$f_1 = 1$ | Inhalatie<br>F       | Inhalatie<br>I <sub>2</sub> | Inhalatie<br>CH <sub>3</sub> I |       |
|-------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------|
| $e(50)(w)$  | $2,2 \times 10^{-8}$  | $1,1 \times 10^{-8}$ | $2,0 \times 10^{-8}$        | $1,5 \times 10^{-8}$           | Sv/Bq |
| $A_{Re}(w)$ | $4,5 \times 10^7$     | $9,1 \times 10^7$    | $5,0 \times 10^7$           | $6,7 \times 10^7$              | Bq    |
| $e(50)(b)$  | $2,2 \times 10^{-8}$  | $7,6 \times 10^{-9}$ | $2,0 \times 10^{-8}$        | $1,5 \times 10^{-8}$           | Sv/Bq |
| $A_{Re}(b)$ | $4,5 \times 10^7$     | $1,3 \times 10^8$    | $5,0 \times 10^7$           | $6,7 \times 10^7$              | Bq    |

**Gegevens voor schildkliertelling (na eenmalige inname)**

| Tijd (d) | Activiteit in schildklier (Bq per Bq inname) |                      |                      |                      |
|----------|--|----------------------|----------------------|----------------------|
|          | $f_1 = 1$                                    | F                    | I <sub>2</sub>       | CH <sub>3</sub> I    |
| 0,25     | $6,0 \times 10^{-2}$                         | $5,2 \times 10^{-2}$ | $1,1 \times 10^{-1}$ | $1,0 \times 10^{-1}$ |
| 1        | $2,4 \times 10^{-1}$                         | $1,2 \times 10^{-1}$ | $2,3 \times 10^{-1}$ | $1,8 \times 10^{-1}$ |
| 2        | $2,5 \times 10^{-1}$                         | $1,2 \times 10^{-1}$ | $2,2 \times 10^{-1}$ | $1,7 \times 10^{-1}$ |
| 3        | $2,3 \times 10^{-1}$                         | $1,1 \times 10^{-1}$ | $2,0 \times 10^{-1}$ | $1,6 \times 10^{-1}$ |
| 5        | $1,9 \times 10^{-1}$                         | $9,0 \times 10^{-2}$ | $1,7 \times 10^{-1}$ | $1,3 \times 10^{-1}$ |
| 7        | $1,6 \times 10^{-1}$                         | $7,5 \times 10^{-2}$ | $1,4 \times 10^{-1}$ | $1,1 \times 10^{-1}$ |

**Weefselweegfactoren ( $w_T$ ) voor de weging van equivalente dosis  $H_T$ , overgenomen uit ICRP-60 en ICRP-103.**

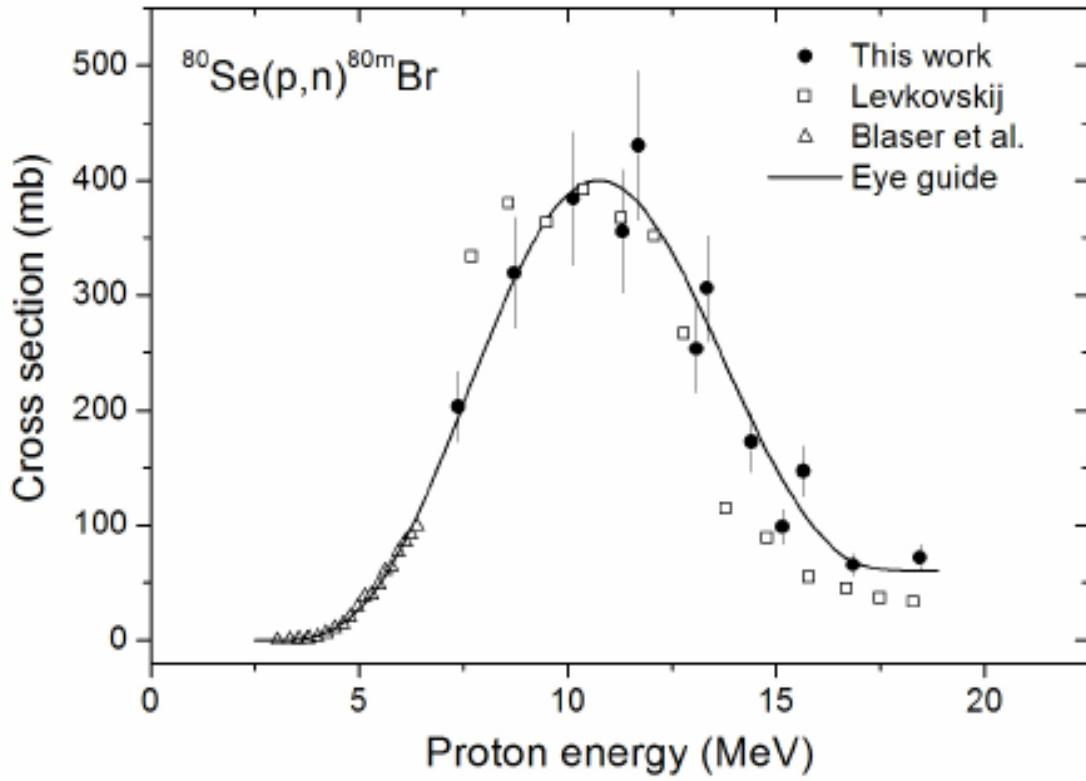
| <b>Orgaan/weefsel</b>      | <b><math>w_T</math> (ICRP-60)</b> | <b><math>w_T</math> (ICRP-103)</b> |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Gonaden (geslachtsorganen) | 0,20                              | 0,08                               |
| Beenmerg (rood)            | 0,12                              | 0,12                               |
| Dikke darm                 | 0,12                              | 0,12                               |
| Longen                     | 0,12                              | 0,12                               |
| Maag                       | 0,12                              | 0,12                               |
| Blaas                      | 0,05                              | 0,04                               |
| Borstweefsel               | 0,05                              | 0,12                               |
| Lever                      | 0,05                              | 0,04                               |
| Slokdarm                   | 0,05                              | 0,04                               |
| Schildklier                | 0,05                              | 0,04                               |
| Huid                       | 0,01                              | 0,01                               |
| Botoppervlak               | 0,01                              | 0,01                               |
| Speekselklieren            |                                   | 0,01                               |
| Hersenen                   |                                   | 0,01                               |
| Overige organen/weefsels   | 0,05 <sup>1</sup>                 | 0,12 <sup>2</sup>                  |
| Totale lichaam             | 1,00                              | 1,00                               |

<sup>1</sup> Overig: Bijniere, extrathoracale regio, galblaas, hart, niere, lymfeknopen, spieren, oraal slijmvlies, pancreas, prostaat(mannen), dunne darm, milt, thymus, uterus/cervix(vrouwen).

In die gevallen waarin één van de overige organen of weefsels een equivalente dosis ontvangt die groter is dan één van de twaalf in de ICRP-60 genoemde organen/weefsels, moet een weegfactor van 0,025 worden toegekend aan dat betreffende orgaan en een weegfactor van 0,025 aan de gemiddelde dosis in de rest van de overige organen.

<sup>2</sup> De  $w_T$  voor overige weefsels (0,12) geldt voor het rekenkundig gemiddelde van de dosis van de hierna genoemde 13 organen en weefsels van elk geslacht. Overige weefsels: bijniere, extrathoracale gebied, galblaas, hart, niere, lymfeklieren, spierweefsel, mondslijmvlies, pancreas, prostaat (man) dunne darm, milt, thymus, baarmoeder/baarmoederhals (vrouw).

Werkzame doorsnede van de kernreactie  $^{80}\text{Se}(p,n)^{80m}\text{Br}$  in mbarn (mb).  
 [overgenomen van [https://www.researchgate.net/figure/Experimentally-determined-cross-sections-for-the-formation-of-80m-Br-together-with-data\\_fig3\\_235352989](https://www.researchgate.net/figure/Experimentally-determined-cross-sections-for-the-formation-of-80m-Br-together-with-data_fig3_235352989)]



**Transmissie van fotonen in brede-bundelgeometrie door beton  
(ontleend aan ICRP-33)**

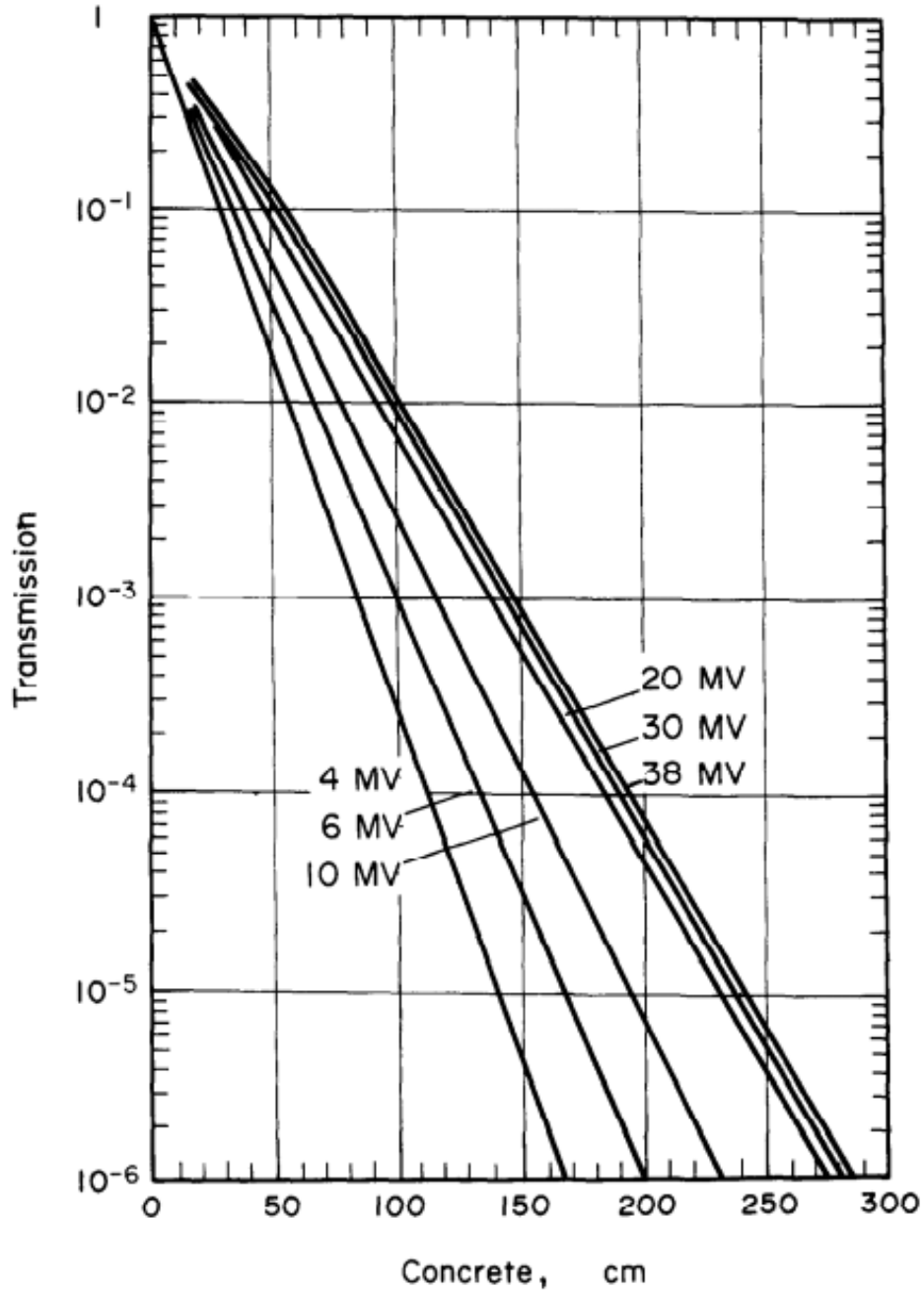
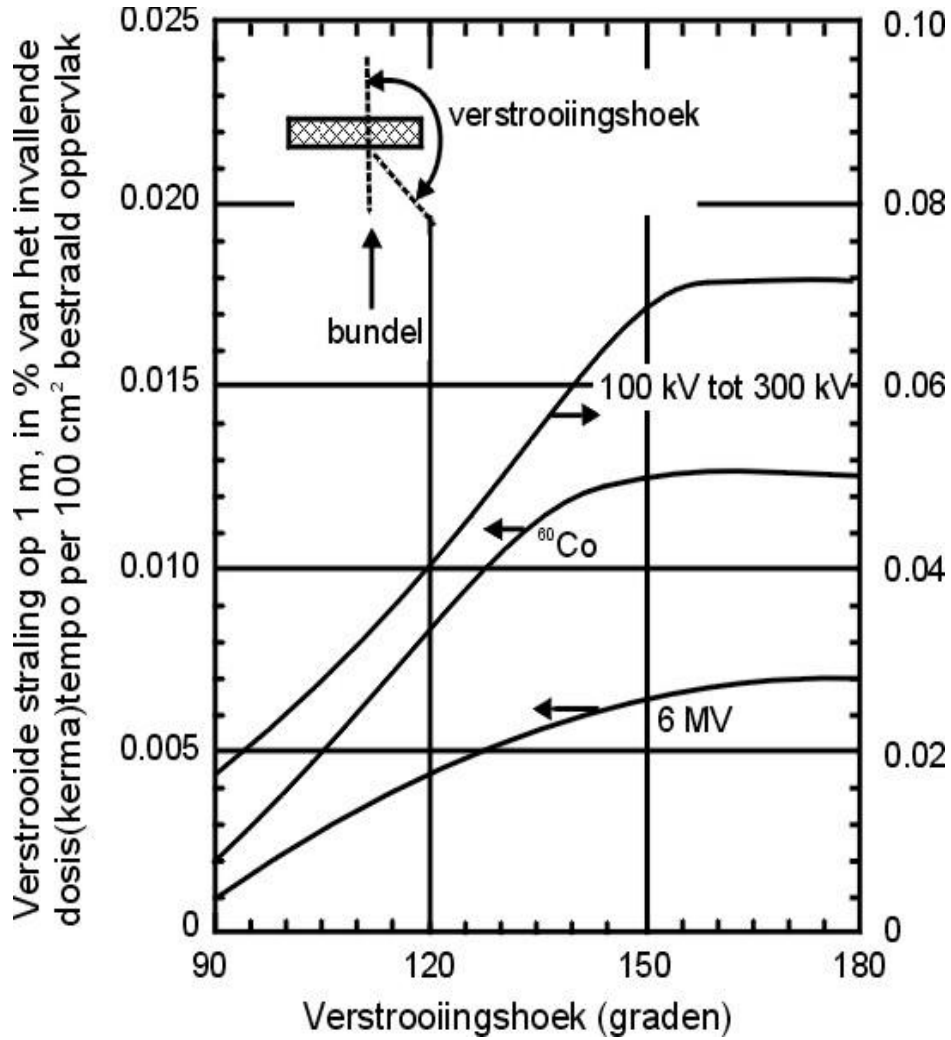


Fig. 13. Broad-beam transmission of x rays through concrete, density  $2\,350\text{ kg m}^{-3}$ . 4 MV: linear accelerator; 1 mm gold target followed by 20 mm aluminium beam flattener. 6–38 MV: Betatron; target and filtration not stated. The 38 MV curve may be used up to 200 MV (Miller and Kennedy, 1956).

**Verstrooiingspatronen van divergente bundels röntgen- en gammabundels bij loodrechte inval op een vlakke betonmuur (ontleend aan ICRP-33)**





Handboek Radionucliden, A.S. Keverling Buisman (3e druk 2007), blz. 40 en 41, gegevens  $^{41}\text{Ar}$

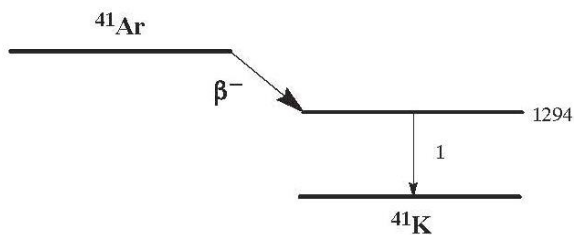
**$^{41}\text{Ar}$**  **Z = 18**

**Halveringstijd en vervalconstante**

$T_{1/2} = 1,83 \text{ h} = 6,59 \times 10^3 \text{ s}$

$\lambda = 1,05 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

**Vervalschema (vereenvoudigd)**



**Belangrijkste uitgezonden straling**

| Straling   | $y \text{ (Bq}\cdot\text{s)}^{-1}$ | $E \text{ (keV)}$ |
|------------|------------------------------------|-------------------|
| $\beta^-$  | 0,992                              | 459   1198        |
| $\gamma_1$ | 0,992                              | 1294              |

**Bronconstanten**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Kermatempo in lucht           | $k = 0,16 \text{ } \mu\text{Gy/h per MBq/m}^2$ |
| Omgevingsdosisequivalenttempo | $h = 0,18 \text{ } \mu\text{Sv/h per MBq/m}^2$ |

**Diversen**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Specifieke activiteit    | $A_{sp} = 1,55 \times 10^{18} \text{ Bq/g}$             |
| Vrijstellingsgrenzen     | $C_v = 10^2 \text{ Bq/g}$ en $A_v = 10^9 \text{ Bq}$    |
| Huidbesmetting           | $H_{huid} = 6 \times 10^{-10} \text{ Sv/s per Bq/cm}^2$ |
| Wondbesmetting; Injectie | Niet van toepassing                                     |
| Vervoer                  | $A_1 = 0,3 \text{ TBq}$<br>$A_2 = 0,3 \text{ TBq}$      |

**N = 23****<sup>41</sup>Ar****Productie en toepassingen**

Het radionuclide <sup>41</sup>Ar is een activeringsproduct dat vrijkomt bij de bestraling van lucht. Bij gebrek aan lucht in de kern speelt het nuclide geen rol bij vermogensreactoren, wel bij de meeste onderzoeksreactoren.

**Dosisconversiecoëfficiënt klasse SR-0**

$$e = 2,2 \times 10^{-10} \text{ Sv/h per Bq/m}^3$$