

## Gesloten bronnen



### Onderwerpen

- Gesloten bronnen
- Toepassingen
- Classificatie
- Regelgeving
- Uitwendige bestraling
- Risicoanalyse




---

---

---

---

---

---

---

---

---



---

Stralingshygiëne voor  
Toezichhouders  
Stralingsbescherming

met en regelgevingen  
en  
verspreidbare radioactieve stoffen  
niveau D

Dr. F. Pijler en dr. H.F. Boersma

1 - 3	Atoombouw en verval
4,5	Wisselwerking van straling met materie en afscherming
6 - 9	Röntgentoestellen, (ingekapselde) bronnen
10	Grootheden en eenheden
11	Effecten en risico's van straling
12	Detectie van straling
13	Algemene regelgeving
14 - 16	Regelgeving ingekapselde bronnen, toestellen en open bronnen
17 - 19	Praktische stralingsbescherming
20 - 22	Risico-analyse en dosisberekening in praktijk

---

---

---

---

---

---

---

---

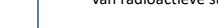

---

---

## Bronnen

**Definitie Art 1.2 Bbs**

Ingekapselde bron:  
Radioactieve bron waarvan het radioactieve materiaal permanent in een omhulsel is ingekapseld, dan wel gebonden is in vaste vorm teneinde onder normale gebruiksomstandigheden iedere verspreiding van radioactieve stoffen te voorkomen.

---

---

---

---

---

---

---

---

---



---

### Bronnen

Radioactieve stoffen die

- zijn **ingebed in of gehecht** aan vast dragermateriaal, of
- omgeven zijn door een **omhulling** van materiaal

Dragermateriaal of omhulling moet voldoende weerstand bieden om onder **normale gebruiksomstandigheden** verspreiding van radioactieve stoffen te voorkomen


---

---

---

---

---

---

---

---

### Bronnen

#### Toepassingen

**Meting of controle**

lasnaden	192Ir, 60Co	1 - 100 TBq
dikte papier ( $\beta$ )	137Cs	40 MBq
vulhoogte	137Cs, 60Co	1 - 10 GBq




**Chemische analyse**

Röntgenfluorescentie (XRF)	241Am, 57Co	40 MBq - 40 GBq
gaschromatografie	63Ni	400 MBq

**Medisch**

brachytherapie	90Sr / 90Y / 137Cs, 192Ir	2 - 500 MBq
----------------	---------------------------	-------------

**Steriliseren** (25-1000 Gy) van voedsel, medische instrumenten e.d.


---

---

---

---

---

---

---

---

### Bronnen






Co-60  
1  $\mu$ Ci 5.27 Yrs  
Radioactive Material  
Feb 2018  
Spectrum Techniques  
USNRC & State License  
Exempt Quantity




---

---

---

---

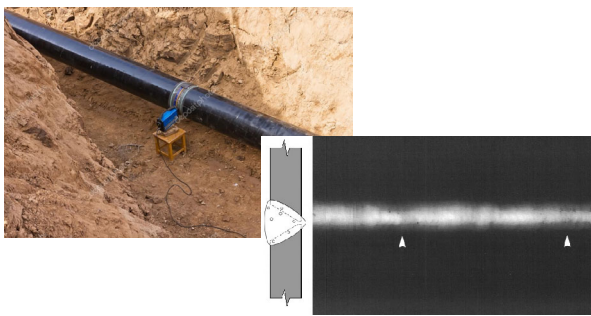
---

---

---

---

### Bronnen



 rijksuniversiteit  
groningen

---

---

---

---

---

---

---

---

### Regelgeving

Radioactief materiaal permanent in omhulsel ingekapseld of gebonden in vaste vorm

Moet voldoen aan ISO-2919 voor encapsulering

Lektest (hoe doe je dat?):

- Grenswaarde afwrijfbare activiteit: 185Bq
- Vegen bronhouder: 10 x strengere norm
- 1x per jaar
- geen lektest: bronnen < 1MBq en < 0,02Re<sub>ingestie</sub>

 rijksuniversiteit  
groningen

---

---

---

---

---

---

---

---

### Bronnen en toestellen

#### ISO 2919 klassering

Ingekapselde bronnen kunnen getest zijn op 5 onderdelen

- temperatuur , thermische schok
- druk
- stoten
- vibratie
- puntbelasting

**Klassering oplopend van 1 (niet getest) tot en met 6 (strengste test)**

Voorbeelden:

63Ni	gaschromatograaf	C32211
192Ir	industriële radiografie	C43313

Bron met code C11111 is dus NIET getest, maar mag WEL worden gebruikt !

 rijksuniversiteit  
groningen

---

---

---

---

---

---

---

---

### ToeziChthouder StralingsbesCherming:

- Ingekapselde bronnen
- Toezicht onder verantwoordelijkheid van een CD
- Controle op lekke bron, veegproef
- Opstellen werkvoorschriften
- Beheer bronnen, registratie
- Beheer KEW dossier
- RI&E begripPen
- Incidenten -> CD
- Verplichting tot volgen bij- en nasCholing

StralingsbesChermingsdeskundige is verantwoordelijk voor lekttest!




---

---

---

---

---

---

---

---

### KEW Dossier

Tabel 18.2 Inhoud van het kernenergiEWetdossier ingekapselde bronnen.

<b>Bedrijfsgegevens</b>	vergunning of registratie, inclusief aanvraag aanwijzing en diploma van toezichthouder stralingsbesCherming overeenkomst met stralingsbesChermingsdeskundige plattegronden van het gebouw en omgeving, inclusief terreingrens werkprotocollen, veiligheidsinstructies overzicht blootgestelde werknemers uitslagen persoonsdosimeters
<b>Gegevens per bron</b>	documenten waaruit fabricaat, type, leverancier en leverdatum blijken nuclide, halveringstijd, activiteit, ISO-certificaat ruimtenummer, exacte plaatsaanduiding bij overdracht: ontvangstbewijs
<b>Organisatorisch</b>	actuele risico-inventarisatie en -evaluatie resultaten periodieke lekttest kalibratierapporten monitoren onderhoudsrapporten incidenten




---

---

---

---

---

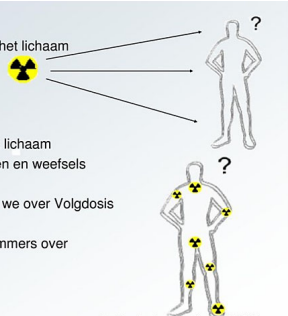
---

---

---

### Dosimetrie DosisbegripPen

- Uitwendige bestraling:
  - Radioactieve bron/stof buiten het lichaam
  - Bestraling is momentaan
- Inwendige besmetting:
  - Radioactieve stof in (of op) het lichaam
  - Continue bestraling van organen en weefsels



Bij inwendige besmetting spreken we over Volgdosis

De blootstelling aan straling kan immers over vele jaren zijn uitgestrekt

/stralingsbesChermingsdienst SBD-TU/e  
20

---

---

---

---

---

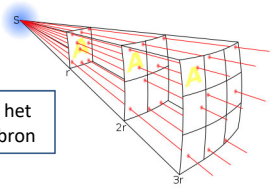
---

---

---

**Dosimetrie**   **Uitwendige bestraling**

**Kwadratenwet**




- Dosis **omgekeerd evenredig** met het **kwadraat van de afstand** tot de bron

Deeltjesstraling:  
 voorbij de **dracht** van de straling is de dosis nul

(<sup>3</sup>H : 0,007 mm in weefsel  
<sup>35</sup>S / <sup>14</sup>C : < 30 cm in lucht)

[https://nl.wikipedia.org/wiki/Omgekeerde\\_kwadratenwet](https://nl.wikipedia.org/wiki/Omgekeerde_kwadratenwet)




---

---

---

---

---

---

---

---

**Dosimetrie**   **Uitwendige bestraling**



**γ-straling : bronconstante**

Met de bronconstante kun je activiteit omrekenen naar Equivalente dosis:

**$H = h \times A \times t / r^2$**

**h = bronconstante**  
**A = activiteit**  
**t = tijd**  
**r = afstand**

nuclide	h (μSv m <sup>2</sup> MBq <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
<sup>22</sup> Na	0,33
<sup>60</sup> Co	0,36
<sup>99m</sup> Tc	0,023
<sup>131</sup> I	0,066
<sup>137</sup> Cs	0,093
<sup>192</sup> Ir	0,14
<sup>241</sup> Am	0,017


---

---

---

---

---

---

---

---


**Dosimetrie**   **Uitwendige bestraling**

**Vuistregels**

*Vuistregel voor γ-stralers:* De bronconstante is ongeveer  $h \approx 0,15 \times E_{\gamma} \mu\text{Sv}$  per uur en per MBq op 1 meter van de bron. Hier is  $E_{\gamma}$  de totale γ-energie (in MeV) die door de bron wordt uitgezonden. Het equivalente dosistempo op grotere en kleinere afstanden volgt uit bovenstaande kwadratenwet.

*Vuistregel voor β-stralers:* De bronconstante is ongeveer  $h \approx 10 \mu\text{Sv}$  per uur en per MBq op 1 meter van de bron. Het equivalente dosistempo op grotere en kleinere afstanden volgt uit de hiervoor gegeven kwadratenwet. Wel moet men rekening houden met absorptie in lucht.

*Vuistregel voor huidbesmetting met β-stralers:* Bij een activiteit van 1 kBq per cm<sup>2</sup> is het equivalente dosistempo op de huid  $h \approx 2 \text{ mSv}$  per uur. Voor  $E_{\beta, \text{max}} < 0,5 \text{ MeV}$  wordt de waarde van h snel kleiner.




---

---

---

---

---

---

---


---

## Veiligheidsmaatregelen

## Uitwendige bestraling

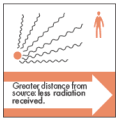
**ALARA**  
Geen onnodige blootstelling/ zo laag mogelijke dosis of activiteit

**Klassieke maatregelen:**




Less time spent near source, less radiation received.

Blootstellingstijd verkorten



Greater distance from source, less radiation received.

Afstand




Behind shielding from source, less radiation received.

Afscherming  
(scherm, loodschoot etc)

**Geschikte dosistempometer gebruiken!**

<https://www.nrc.gov/about-nrc/radiation/protects-you/protection-principles.html>



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---


## Praktische stralingsbescherming


**Maatregelen op de werkplek:**

- Gebruik een tang/ pincet

**Organisatorische maatregelen:**

- Opschrift en RA symbool
- Periodieke lekttest van behuizing van bron: veegproef (lek: > 185 Bq)
- Niet: meten met een besmettingsmonitor (Waarom niet?)*
- Bronnenadministratie
- Waarschuwingssignalering tijdens gebruik
- Opslag in kluis na gebruik






---

---

---

---

---

---

---

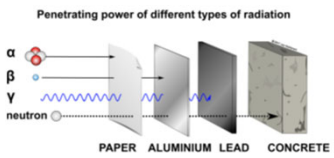
---

---

---

## Veiligheidsmaatregelen

Penetrating power of different types of radiation




**Afscherming:**

Beta-straling:

- laag energetisch, korte dracht
- hoog energetisch: materiaal met lage Z-waarde zoals perspex = minder remstraling

Gamma-straling:

- Hoge Z-waarde zoals lood




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Bronnen en toestellen Neutronen**

- Neutron = ongeladen deeltje
- Wisselwerking met de kern van het atoom
  - Energie-overdracht maximaal bij botsing met even zware deeltjes: H (= 1 proton !)

Goede materialen voor afscherming	
paraffine	H, C
water	H <sub>2</sub> O
beton	(gebonden kristalwater)

**Laat veiligheidsmaatregelen over aan een deskundige**




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RI&E**

- Reguliere handelingen
- Voorziene onbedoelde gebeurtenis

Voorafgaand aan werkzaamheden!




---

---

---

---

---

---

---

---


---

---

**RI&E**

Voorziene onbedoelde gebeurtenis:

Wat kan er mis gaan met een ingekapselde bron?




---

---

---

---

---

---

---

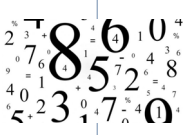

---

**Risico Inventarisatie en Evaluatie**

**RI&E**

- Gegevens bron, nuclide
- Emissiegegevens: alfa, beta, gamma, energieën etc
- Fysische en chemische eigenschappen
- Gebruiksuren per jaar (h)
- Afstanden (m)
- Afscherming (cm)
- Afval
- Vergunning dekkend
  - Maxima
  - Terreingrens
- **Voorziene onbedoelde gebeurtenissen!**

Conclusie:  
 Blootgestelde werkers?  
 Bewaakte/gecontroleerde zone?


---

---

---

---

---

---

---

---


**RI&E**

Externe bestraling

$$H = h \times \frac{A \times t \times T}{r^2}$$

H = equivalente dosis (in  $\mu\text{Sv}$ )  
 h = bronconstante (in  $\mu\text{Sv/uur}$  per MBq op 1 m)  
 A = activiteit (in MBq)  
 t = blootstellingstijd (in uur)  
 T = transmissie van de afscherming  
 r = afstand tot de bron (in m)

Voor veel radionucliden geldt dat bij vergelijkbare activiteit en energie de equivalente dosis tengevolge van beta-straling ruwweg 100 keer zo groot is als die tengevolge van  $\gamma$ -straling.




---

---

---

---

---

---

---

---



**RI&E**

Monteur pakt een bron met de vingers vast

10sec x 2 (per dag) x 200 d/j = 4000 s/j = 1,1 u/j

Afstand bron-huid 0,001m

$$H_{y,huid} = 0,093 \times \frac{0,4 \times 1,1 \times 1}{0,001^2} = 40\ 900 \mu\text{Sv/j} = 41 \text{ mSv/j}$$

Beta-dosis is een factor 100 groter dus 4100 mSv/j

En nu?




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RI&E**

Op 1 meter afstand van de bron gedurende 1 jaar werktijd:  
(Niet blootgestelde werknemer)

2000h per jaar

0,4MBq

h= 0,093 μSv/h per MBq op 1 meter

$$E \approx 0,093 \times \frac{0,4 \times 2000 \times 1}{1^2} = 74 \mu\text{Sv/j} = 0,07 \text{ mSv/j}$$

En nu?




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RI&E**

**Afscherming met lood**

Hoeveel lood is er nodig om een Co-60 bron af te schermen.

74MBq, 1 meter afstand, 2000h/jaar

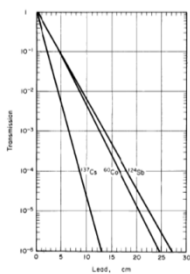
h=0,36 μSv/uur per MBq op 1 meter

Bij geen afscherming T=1

$$E \approx 0,36 \times \frac{74 \times 2000 \times 1}{1^2} = 53\ 300 \mu\text{Sv} = 53 \text{ mSv}$$

Jaarlimiet is 1mSv: T niet groter dan 1/53 = 0,02 ->

Minimaal 7,5cm lood en  
Denk om ALARA




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---


**RI&E**

Incident:  
 Bron per ongeluk niet teruggeplaatst in loodkasteel  
 Werkweek lang blootgesteld aan onafgeschermd C0-60 bron  
 Op 1 meter afstand  
 40 uur per week

$$E = \frac{h \cdot x \cdot A}{r^2} = \frac{0,36 \cdot x \cdot 74}{1^2} = 26,6 \mu\text{Sv/h} \times 40\text{h} = 1,1\text{mSv}$$

En op 2 meter afstand?  
 Schalen:  $\left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0,25 \times 1,1\text{mSv} = 0,3 \text{ mSv}$

Incident voorkomen door afscherming en organisatorische maatregelen




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---


**RI&E**

Incident:  
 Ingestie bij lekke Am-241 bron  
 Veronderstel 10% opgenomen van 2KBq afgeveegde activiteit

$$e(50)_{\text{ingestie Am-241}} = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ Sv/Bq}$$

$$E(50) = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ Sv/Bq} \times 2000 \text{ Bq} \times 10\% = 40 \mu\text{Sv}$$

Incident voorkomen door afscherming en organisatorische maatregelen




---

---

---

---

---

---

---

---


---

---

**Bronnen**

Leerdoelen:

- Praktische stralingsbescherming bronnen
- Ingekapseld/Gesloten
- ALARA
- Afstand, Tijd, Afscherming
- Gamma: lood
- Beta: Perspex
- Lekttesten
- RI&E




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---