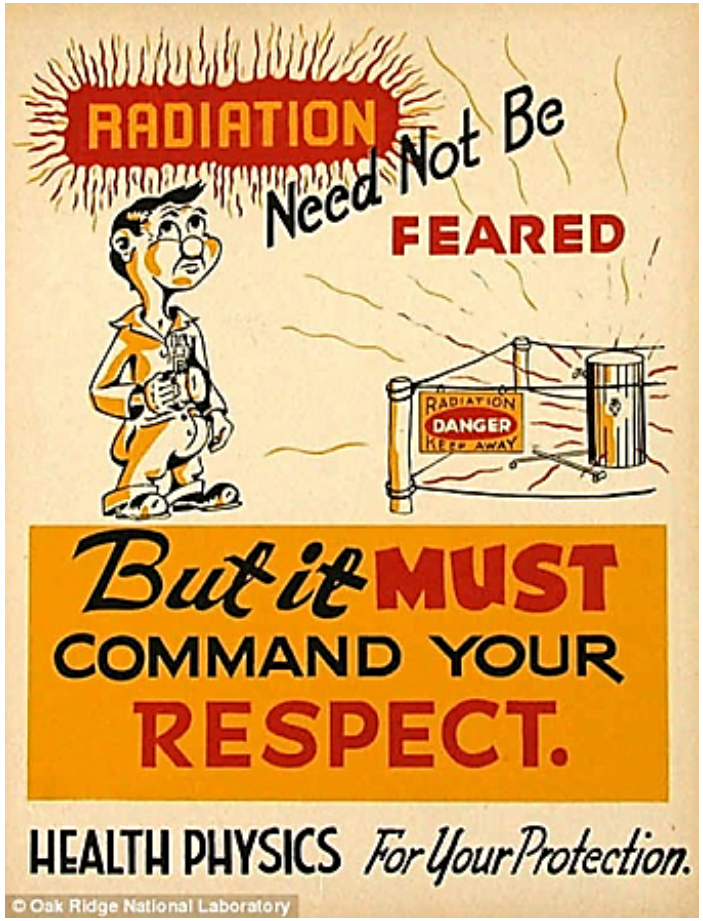
‘Gesloten’ bronnen (stralingsbelasting bij ingekapselde bronnen)



Onderwerpen

- Ingekapselde bronnen
- Toepassingen
- Specifieke Regelgeving
- Encapsulering / classificering
- TMS VRS-D / KEW
- Uitwendige bestraling
- Risicoanalyse

rijksuniversiteit groningen



Hoofdstuk	
1 - 3	Atoombouw, verval radioactieve stoffen, log
4 - 5	Wisselwerking van straling met materie en afscherming
6 - 9	Röntgentoestellen, ingekapselde- / open bronnen
10 - 11	Grootheden en eenheden – detectie van straling
12	Beeldvorming
13	Biologische effecten en risico's van straling
14	Algemene wet- en regelgeving
15 16 17	Specifieke regelgeving voor toestellen[1], ingekapselde-[2] en open[3] bronnen
18 19 20	Praktische stralingsbescherming[1, 2, 3]
21 22 23	Risico-analyses en dosisberekening in praktijk

2018

rijksuniversiteit groningen

Bronnen

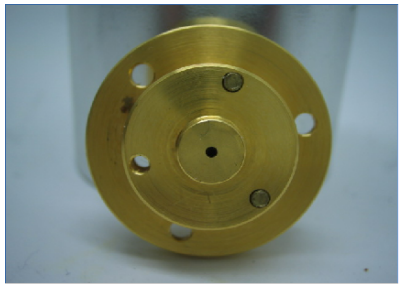
Definitie Art 1.2 Bbs

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	^{192}Ir, ^{60}Co	1 - 100 GBq
dikte papier (β^-)	^{137}Cs	40 MBq
vulhoogte	^{137}Cs, ^{60}Co	1 - 10 GBq

Chemische analyse

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

Medisch

brachytherapie	^{90}Sr / ^{90}Y / ^{137}Cs, ^{192}Ir, ^{125}I	2 - 500 MBq



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

Bronnen

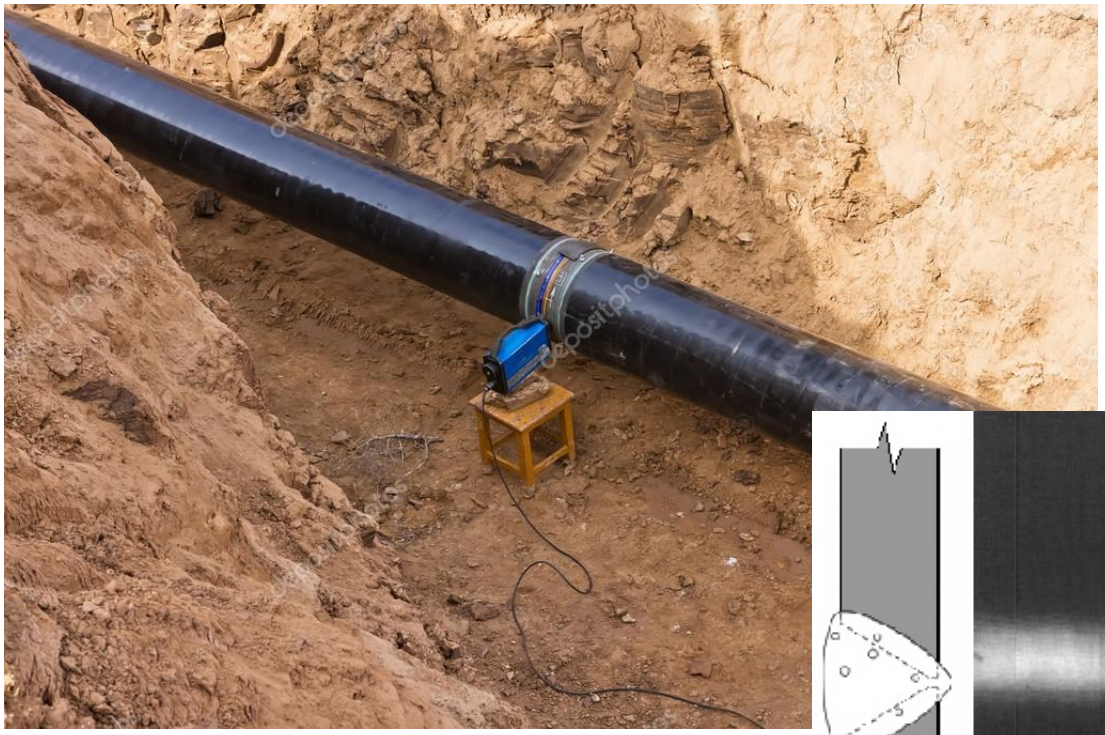

EXERTUS
DUAL 60
RADIOACTIVE

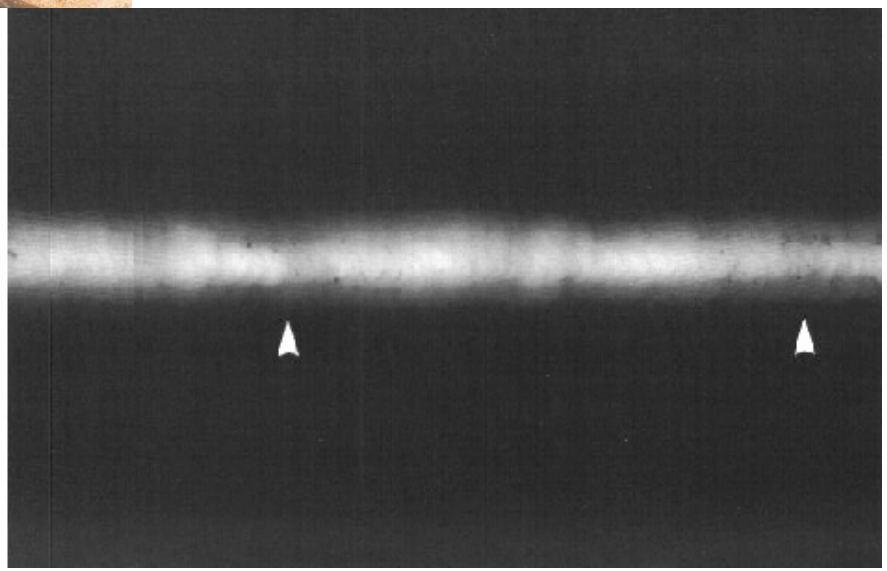

Co-57
F9-861
0.1uCi
4-2009


HYWE
Schutzbehälter
Protective
Container


Co-60
1 µCi 5.27 Yrs
Radioactive Material
Feb 2018
Spectrum Techniques
USNRC & State License
Exempt Quantity

Bronnen





rijksuniversiteit
groningen

Specifieke Regelgeving / ISO-2919

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: 185 Bq
- Vegen bronhouder: 10 x strengere norm
- 1x per jaar
- geen lektest: bronnen < 1 MBq en < 0,02 $Re_{ingestie}$

Bronnen en toestellen

ISO 2919 classificering

Ingekapselde bronnen kunnen getest zijn op 5 onderdelen
- temperatuur, thermische schok
- druk
- stoten (stomp voorwerp, valhoogte 1 m)
- vibratie
- puntbelasting (spits voorwerp, valhoogte 1 m)

Classificering oplopend van 2 (1 = niet getest) tot en met 6 (strengste test)
Voorbeelden:

^{63}Ni	gaschromatograaf	C32211
^{192}Ir	industriële radiografie	C43313

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

Toezichthouder Stralingsbescherming (*TMS VRS-D*):

- Ingekapselde bronnen
- Toezicht onder verantwoordelijkheid van een **CD***
- Controle op lekke bron, veegproef
- Opstellen werkvoorschriften
- Beheer bronnen, registratie
- Beheer KEW dossier
- RI&E begrijpen
- Incidenten -> melden aan CD'er
- Verplichting tot volgen bij- en nascholing

** Stralingsbeschermingsdeskundige is o.a. verantwoordelijk voor de lektest*

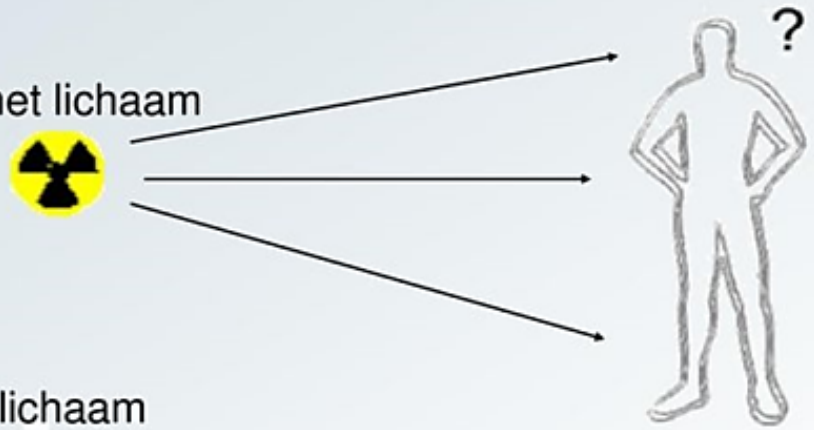
KEW Dossier

Tabel 18.2 Inhoud van het kernenergiewetdossier ingekapselde bronnen.

Bedrijfsgegevens	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 persoonsdosismeters
Gegevens per bron	documenten waaruit fabricaat, type, leverancier en leverdatum blijken
	nuclide, halveringstijd, activiteit, ISO-certificaat
	ruimtenummer, exacte plaatsaanduiding
	bij overdracht: ontvangstbewijs
Organisatorisch	actuele risico-inventarisatie en -evaluatie
	resultaten periodieke lektest
	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

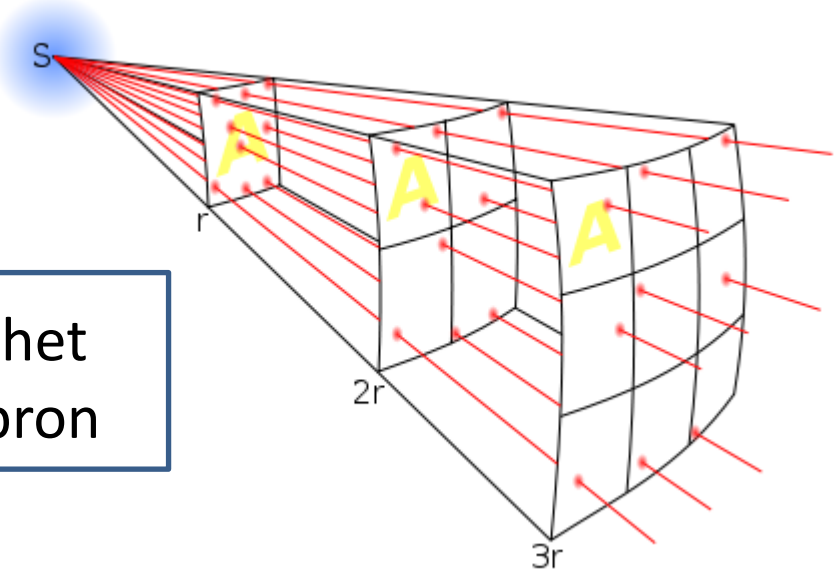


/stralingsbeschermingsdienst SBD-TU/e

Dosimetrie

Uitwendige bestraling

Kwadratenwet (toepasbaar voor *divergerende puntbronnen**)



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

* Röntgen- en gammabronnen

Deeltjesstraling:

voorbij de **'dracht'** van de straling is de dosis nul

https://nl.wikipedia.org/wiki/Omgekeerde_kwadratenwet

^{3}H ($E_{max} \approx 19\ keV$): dracht → 0,007 mm in weefsel

^{35}S / ^{14}C ($E_{max} \approx 160\ keV$): dracht → < 30 cm in lucht)

rijksuniversiteit groningen

Dosimetrie Uitwendige bestraling

γ-straling: bronconstante

Met de bronconstante (h) kan de activiteit omgerekend worden naar equivalente dosis (H):

$$H = h \times A \times t/r^2 \text{ of } \dot{H} \times r^2 = h \times A$$

h = bronconstante
A = activiteit in MBq
t = tijd in uren
r = afstand in m

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



Transport radioactieve stoffen (herhaling)

Voorbeeld:

Een pakket bevat een hoeveelheid ^{131}I.
Equivalente dosistempo:

600 µSv/uur op oppervlak van het collo
4,5 µSv/uur op 1 m vanaf het oppervlak van het collo

Welk etiket moet worden aangebracht en wat is de transportindex (TI)?

600 µSv/uur op oppervlak (→ III-GEEL)
4,5 µSv/uur op 1 m van oppervlak (→ II-GEEL)

Strengste eis geldt, dus → III-GEEL

$$TI = \frac{4{,}5\ \mu Sv/uur}{10\ \mu Sv/uur} \rightarrow 0{,}45 \text{ (afgerond 0,5)}$$



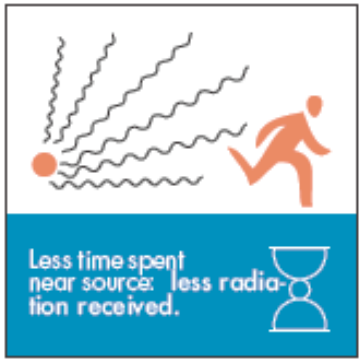
Veiligheidsmaatregelen

Uitwendige bestraling

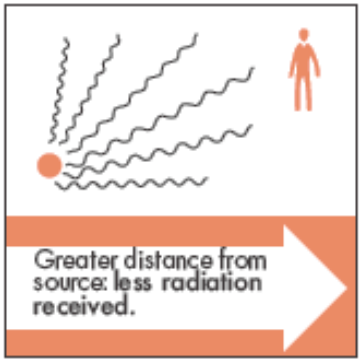
ALARA

Geen onnodige blootstelling/zo laag mogelijke dosis of activiteit

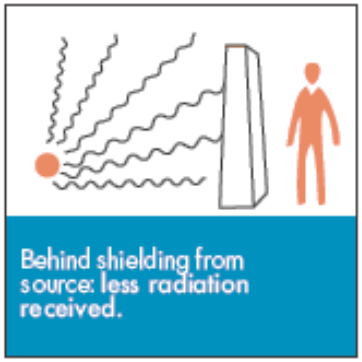
Klassieke maatregelen:



Blootstellingstijd verkorten



Afstand



Afscherming (scherm, loodschort etc)

Geschikte dosistempometer gebruiken!

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

rijksuniversiteit groningen

Praktische stralingsbescherming

Maatregelen op de werkplek:

- **Gebruik een tang/pincet**



Organisatorische maatregelen:

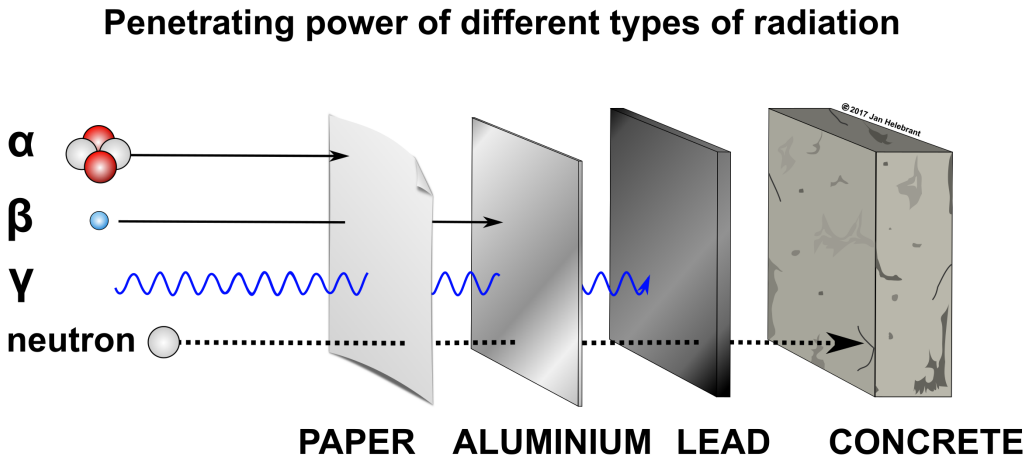
- **Opschrift en RA symbool** 

- **Periodieke lektest** 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



Afscherming:

Bèta-straling:

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

Voor gammastraling en ‘harde’ röntgenstraling:

- Afscherming met hoge Z-waarde (bijv. Lood)

Neutronen

Neutron = ongeladen deeltje

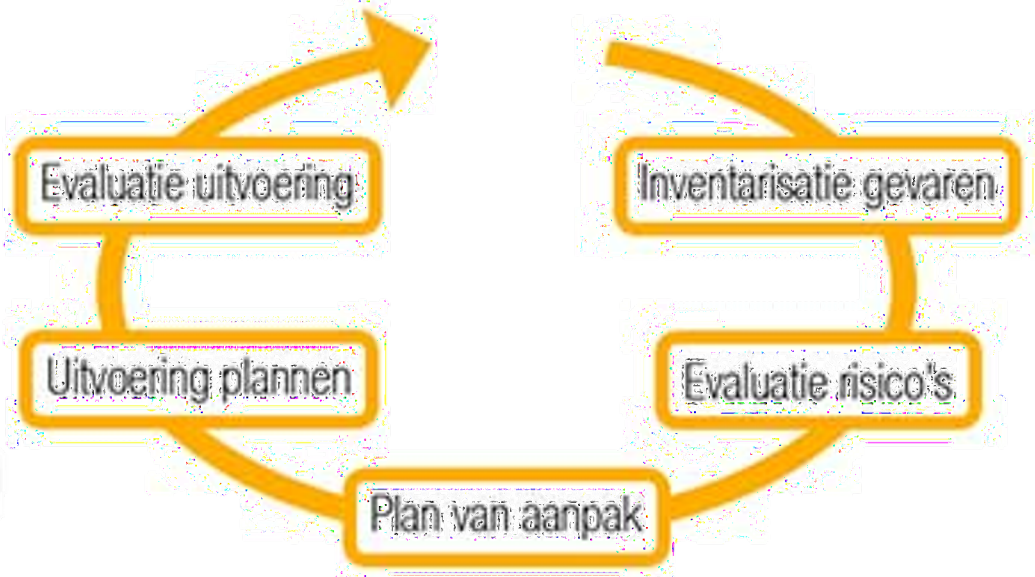
- Wisselwerking met de kern van het atoom
- Energie-overdracht maximaal bij botsing met even zware deeltjes: H (= 1 proton!)

Goede materialen voor afscherming

paraffine	H, C
water	H_2O
beton	(gebonden kristalwater)

Laat veiligheidsmaatregelen over aan een deskundige







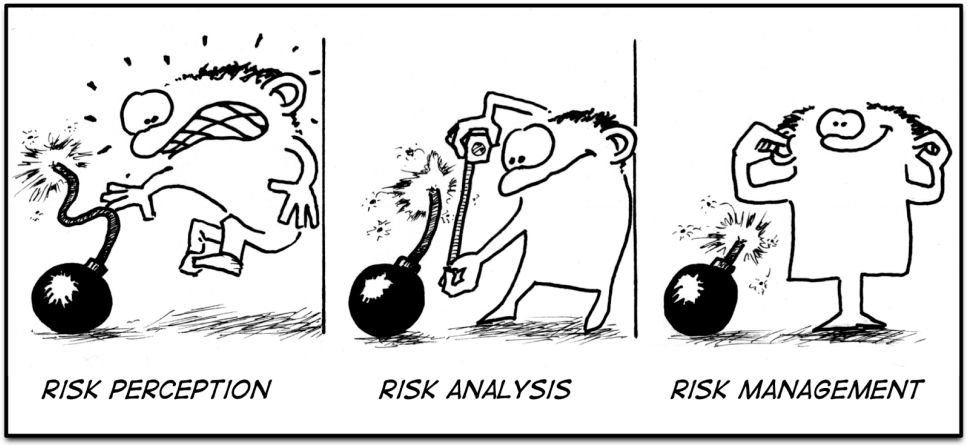
rijksuniversiteit groningen

RI&E

Voor:

- Reguliere handelingen
- *Voorziene onbedoelde gebeurtenis*

Deze moeten voorafgaand aan de werkzaamheden uitgevoerd worden!



rijksuniversiteit groningen

RI&E

Voorziene onbedoelde gebeurtenis:

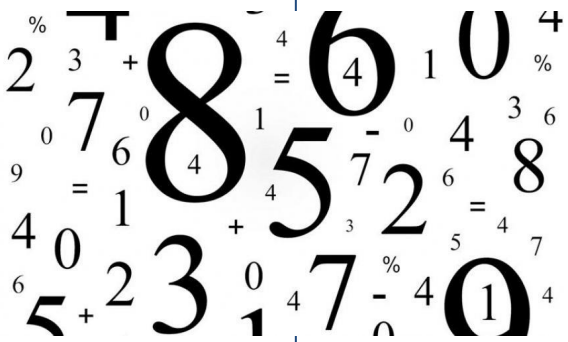
Wat kan er mis gaan met een ingekapselde bron?

rijksuniversiteit groningen

Risico Inventarisatie en Evaluatie

RI&E

- Gegevens bron, nuclide
- Emissiegegevens: α-, β-, γ- energieën etc.
- Fysische en chemische eigenschappen
- Gebruiksuren per jaar (h)
- Afstanden (m)
- Afscherming (materiaal en dikte)
- 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 µSv)
h = bronconstante (in µSv/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)

Eenheid bronconstante h: $\mu Sv\ m^2\ MBq^{-1}\ h\text{-}1$

Voor β-straling is deze 10 ($\mu Sv\ m^2\ MBq^{-1}\ h^{-1}$) en voor gammastraling is deze waarde verschillend per nuclide én veel kleiner dan 10.

RI&E

Voorbeeld (1): berekening van een handeling

Een monteur (geen blootgestelde werker) pakt een ^{137}Cs bron met de vingers vast.
De activiteit van de bron is 400 kBq en de bronconstante h = 0,093 μSv m^2 MBq^{-1} h^{-1}.
Hij voert de handelingen, die 10 seconden duren, 2x per dag uit, gedurende 200 dagen/jr.

Op jaarbasis wordt dit: 10 sec x 2 (per dag) x 200 d/j = 4000 sec/j ≈ 1,1 uur/j

Stel: Afstand bron-huid 0,001 m (= 1 mm)

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

En nu?

N.B. De β-dosis zou ongeveer een factor 100 groter zijn: 4,1 Sv/j

RI&E

Voorbeeld 2:
Op 1 meter afstand van de bron bevindt zich gedurende 1 jaar werktijd een niet-blootgestelde werknemer.

Hoeveel bedraagt de effectieve dosis die deze person ontvangt?

- 2000 u per jaar
- Bronactiviteit 0,4 MBq
- h = 0,093 µSv/h per MBq op 1 meter

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

En toen?

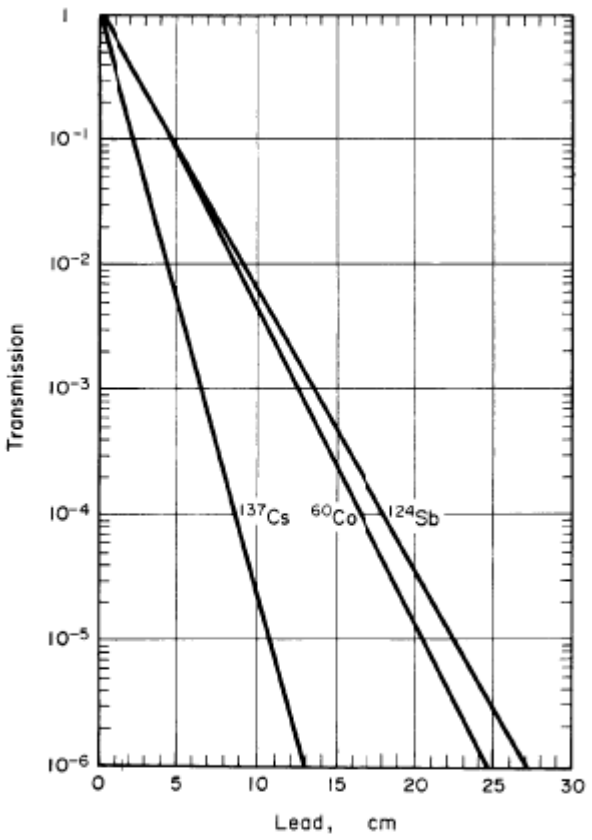
RI&E

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

74 MBq, 1 meter afstand, 2000 uur/jaar
h = 0,36 µSv/uur per MBq op 1 meter
Bij geen afscherming T=1

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

Jaarlimiet is 1 mSv: T niet groter dan 1/53 = 0,02 -> 2 x 10^{-2}



Minimaal 7,5 cm lood
(EN: denk om ALARA)

rijksuniversiteit groningen

RI&E

Incident:

Bron per ongeluk niet teruggeplaatst in 'loodkasteel'.
Blootgestelde werker wordt een week lang blootgesteld aan deze onafgeschermde Co-60 bron
- Op 1 meter afstand
- 40 uur per week

E = $\frac{h\ x\ A}{r^2}$ = $\frac{0{,}36\ x\ 74}{1^2}$ = 26,6 µSv/h x 40u = 1,1 mSv

En op 2 meter afstand?

Schalen: $\left(\frac{1}{2}\right)^2$ = 0,25 x 1,1mSv = 0,3 mSv

Incident voorkomen door
afscherming en organisatorische maatregelen

RI&E

Incident:

Ingestie bij lekke Am-241 bron
Veronderstel 10% opgenomen van 2 kBq afgeveegde activiteit

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

E(50) = 2,0 x 10^{-7} Sv/Bq x 2000 Bq x 10% = 40 µSv

Incident voorkomen door
afscherming en organisatorische maatregelen

Behandelde stof

Praktische stralingsbescherming ingekapselde / gesloten bronnen

- Toepassingen /specifieke regelgeving
- Encapsulering / classificering
- ALARA: Afstand, Tijd, Afscherming
- Afscherming van β-straling (stof met lage Z) en gamma-/röntgenstraling (hoge Z)
- TMS VRS-D / KEW / Lektesten
- Uitwendige bestraling
- RI&E