

# **Uitwerkingen Proefexamen Toezichthouder Stralingsbescherming VRS-C**

examenduur: 10:00 - 13:00 uur

vraagstuk 1: zie file OV\_980627.WPD (vraagstuk 1)

vraagstuk 2: zie file OV\_980819.WPD (vraagstuk 2)

vraagstuk 3: examen niveau TS VRS-D (uitwerking open vraag)

vraagstuk 4: nieuw

zie file TStoets-vrsC-ov-2p.docx

eerste versie van 28-11-18

## Vraagstuk 1: Bepaling van $^{51}\text{Cr}$ -activiteit

### Vraag 1 [5 punten]

Bereken het geometrisch rendement voor de gebruikte detectoropstelling.

diameter detector            38 mm = 3,8 cm

straal detector                3,8 (cm) / 2 = 1,9 cm

$$f_{\text{geometrie}} = \text{oppervlak detector} / \text{oppervlak bol met straal van 10 cm} \\ = (\pi \times 1,9^2) / (4\pi \times 10^2) = 0,0090$$

### Vraag 2 [4 punten]

Bereken het aantal telpulsen in de fotopiek voor 1 Bq  $^{51}\text{Cr}$  bij een meettijd van 100 seconden.

$$N = A \times f_{\gamma 1} \times f_{\text{geometrie}} \times f_{\text{absorptie}} \times f_{\text{fotopiek}} \times t \\ = 1 \text{ (Bq)} \times 0,098 \times 0,0090 \times 1 \times 0,40 \times 100 \text{ (s)} \\ = 0,035 \text{ telpulsen per Bq in 100 s} = 0,00035 \text{ tps/Bq}$$

### Vraag 3 [3 punten]

Bereken het gemeten netto teltempo (in tps) en de standaarddeviatie hiervan.

gemeten netto teltempo

$$N = N_{\text{bruto}} - N_{\text{nul}} = 1346 - 47 = 1299 \text{ telpulsen in 100 s} = 13,0 \text{ tps} \\ \sigma_N = \sqrt{(N_{\text{bruto}} + N_{\text{nul}})} = \sqrt{(1346 + 47)} = 37 \text{ telpulsen in 100 s} = 0,4 \text{ tps}$$

### Vraag 4 [5 punten]

Bereken de activiteit van de  $^{51}\text{Cr}$ -bron en de standaarddeviatie hiervan.

teltempo = 0,00035 tps/Bq (zie vraag 2)

$$A = N / 0,00035 \text{ (tps/Bq)} \\ = 13,0 \text{ (tps)} / 0,00035 \text{ (tps/Bq)} = 37 \times 10^3 \text{ Bq} = 37 \text{ kBq}$$

$$\sigma_A = \sigma_N / 0,00035 \text{ (tps/Bq)} \\ = 0,4 \text{ (tps)} / 0,00035 \text{ (tps/Bq)} = 1,1 \times 10^3 \text{ Bq} = 1 \text{ kBq}$$

## Vraagstuk 2: Bepaling van telrendement

### Vraag 1 [6 punten]

Bereken de activiteit van 1,0 mg RbCl.

aantal gram moleculen RbCl	$1,0 \times 10^{-3} \text{ (g)} / (85,5 + 35,5) = 8,3 \times 10^{-6} \text{ mol}$
aantal moleculen RbCl	$N_{\text{RbCl}} = 8,3 \times 10^{-6} \text{ (mol)} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ (per mol)}$ $= 5,0 \times 10^{18}$
aantal atomen $^{87}\text{Rb}$	$N_{^{87}\text{Rb}} = 27,85 \times 10^{-2} \times 5,0 \times 10^{18} = 1,4 \times 10^{18}$
halveringstijd	$T_{1/2} = 4,7 \times 10^{10} \text{ (j)} \times 365 \text{ (d/j)} \times 24 \text{ (h/d)} \times 3600 \text{ (s/h)}$ $= 1,5 \times 10^{18} \text{ s}$
vervalconstante	$\lambda = 0,693 / T_{1/2}$ $= 0,693 / 1,5 \times 10^{18} \text{ (s)} = 4,6 \times 10^{-19} \text{ s}^{-1}$
activiteit	$A = \lambda \times N_{^{87}\text{Rb}}$ $= 4,6 \times 10^{-19} \text{ (s}^{-1}) \times 1,4 \times 10^{18} = 0,64 \text{ Bq}$

### Vraag 2a [3 punten]

Bereken het teltempo ten gevolge van het nuleffect (dat is het teltempo zonder RbCl).  
Druk het resultaat uit in telpulsen per seconde (tps).

meetijd zonder RbCl	$t_{\text{nul}} = 16 \text{ (h)} \times 3600 \text{ (s/h)} = 58 \times 10^3 \text{ s}$
nuleffect	$T_{\text{nul}} = N_{\text{nul}} / t_{\text{nul}} = 22\,080 / 58 \times 10^3 \text{ (s)} = 0,38 \text{ tps}$

### Vraag 2b [3 punten]

Bereken het bruto teltempo (dat is het teltempo met RbCl). Druk het resultaat uit in tps.

meetijd met RbCl	$t_{\text{nul}} = 30 \text{ (min)} \times 60 \text{ (s/min)} = 1,8 \times 10^3 \text{ s}$
bruto teltempo	$T_{\text{bruto}} = N_{\text{bruto}} / t_{\text{bruto}} = 1108 / 1,8 \times 10^3 \text{ (s)} = 0,62 \text{ tps}$

### Vraag 2c [2 punten]

Bereken de netto bijdrage van het RbCl tot het teltempo. Druk het resultaat uit in tps.

netto teltempo	$T_{\text{netto}} = T_{\text{bruto}} - T_{\text{nul}} = 0,62 - 0,38 = 0,24 \text{ tps}$
----------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

**Vraag 3 [2 punten]**

*Bereken het telrendement (in tps per Bq). Ga uit van een bronsterkte van 2 Bq als u het antwoord op vraag 1 schuldig bent gebleven.*

telrendement  $T_{\text{netto}} / A = 0,24 \text{ (tps)} / 0,64 \text{ (Bq)} = 0,38 \text{ tps/Bq}$

uitgaande van 2 Bq wordt het antwoord

$$T_{\text{netto}} / A = 0,24 \text{ (tps)} / 2 \text{ (Bq)} = 0,12 \text{ tps/Bq}$$

## Vraagstuk 3: TLD-badge zoekgeraakt

### Vraag 1a [4 punten]

Tussen welke grenzen ligt de  $^{124}\text{Sb}$ -activiteit op de dag dat de TLD-badge werd terug gevonden? Ga er bij de berekening vanuit dat de activiteit maximaal 10 cm uit het midden van de bodem ligt.

afstand tussen midden van bodem en buitenkant vat is  $60 \text{ (cm)} / 2 = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$   
maximaal 10 cm = 0,1 m uit het midden van de bodem

$$\rightarrow r_{\min} = 0,3 - 0,1 = 0,2 \text{ m}$$

$$r_{\max} = 0,3 + 0,1 = 0,4 \text{ m}$$

$$\dot{H} = h A / r^2 = 50 \text{ } \mu\text{Sv/uur}$$

$$\rightarrow A_{\min} = \dot{H} \times r_{\max}^2 / h = 50 \text{ (}\mu\text{Sv/uur)} \times (0,2 \text{ m})^2 / 0,27 = 7,4 \text{ MBq}$$

$$A_{\max} = \dot{H} \times r_{\min}^2 / h = 50 \text{ (}\mu\text{Sv/uur)} \times (0,4 \text{ m})^2 / 0,27 = 30 \text{ MBq}$$

### Vraag 1b [3 punten]

Tussen welke grenzen lag de  $^{124}\text{Sb}$ -activiteit op de dag dat het afvalvat naar de opslag werd gebracht?

$$e^{0,693 \times t / T^{1/2}} = e^{0,693 \times 14 / 60,20} = 1,17$$

$$A_{\min} = 1,17 \times 7,4 \text{ (MBq)} = 9 \text{ MBq}$$

$$A_{\max} = 1,17 \times 30 \text{ (MBq)} = 35 \text{ MBq}$$

### Vraag 2 [4 punten]

Bereken de minimaal verwachte dosisuitslag van de TLD-badge.

minimale activiteit na 14 dagen  $A_{\min} = 7,4 \text{ MBq}$  (zie vraag 1)

maximale afstand bron - badge  $r_{\max} = 50 \text{ (cm)} + 60 \text{ (cm)} / 2 + 10 \text{ (cm)}$   
 $= 90 \text{ cm} = 0,9 \text{ m}$

blootstellingstijd  $t = 14 \text{ (d)} \times 24 \text{ (uur/d)} = 336 \text{ uur}$

minimale badge-uitslag  $H_{\min} = h A_{\min} t / r_{\max}^2$   
 $= 0,27 \times 7,4 \text{ (MBq)} \times 336 \text{ (uur)} / (0,9 \text{ m})^2$   
 $= 0,8 \times 10^3 \text{ } \mu\text{Sv} = 0,8 \text{ mSv}$

**Vraag 3 [4 punten]**

*Mag dit afvalvat 6 maanden na plaatsing in de opslag worden vrijgegeven? Motiveer uw antwoord.*

$$e^{-0,693 \times t / T_{1/2}} = e^{-0,693 \times 0,5 \times 365 / 60,20} = 0,12$$

maximale activiteit

$$0,12 \times 35 \text{ (MBq)} = 3,4 \text{ MBq} > A_v = 1 \text{ MBq}$$

maximale activiteitsconcentratie

$$3,4 \text{ (MBq)} / 100 \text{ (g)} = 3,4 \times 10^4 \text{ Bq/g} > C_v = 10 \text{ Bq/g}$$

→ het afval mag niet worden vrijgegeven, maar moet via COVRA worden afgevoerd

**Vraag 4 [2 punten]**

*Moet de toezichthouder dit voorval melden bij de overheid? Motiveer uw antwoord.*

de toezichthouder doet er goed aan dit voorval te melden met

- een beknopte verklaring van de toedracht
- een schatting van de verwachte badge-uitslag
- het verzoek om deze badge-uitslag uit de database van NDRIS te verwijderen



**Vraag 4 [3 punten]**

*Bereken de effectieve volgdosis voor deze werknemer.*

ingeademde activiteit

$$A = 50 \text{ Bq (zie vraag 1b)}$$

aflezen tabel 3 bij type M

dosisconversiecoëfficiënt

$$e(50)_{\text{inhalatie}} = 3,2 \times 10^{-5} \text{ Sv/Bq}$$

effectieve volgdosis

$$\begin{aligned} E(50) &= A \times e(50)_{\text{inhalatie}} \\ &= 50 \text{ (Bq)} \times 3,2 \times 10^{-5} \text{ (Sv/Bq)} \\ &= 1,6 \times 10^{-3} \text{ Sv} = 1,6 \text{ mSv} \end{aligned}$$