

UITWERKINGEN

Examen Coördinerend Deskundige Stralingsbescherming

Nuclear Research and consultancy Group	NRG
Technische Universiteit Delft	TUD
Boerhaave Nascholing/LUMC	BN/LUMC
Rijksuniversiteit Groningen	RUG
Radboudumc	RUMC
TU Eindhoven	TU/e

Examendatum: 11 december 2017

Vraagstuk 1 Radium Girls

Vraag 1.1

Maak een schatting van de activiteit ^{226}Ra die nu nog op de wijzers van deze wekker aanwezig is. U mag er vanuit gaan dat het gemeten dosistempo alleen door ^{226}Ra (inclusief dochters) wordt veroorzaakt.

De vormgeving van de meting is zo, dat de puntbronbenadering mag worden toegepast.

$$\dot{H}^* = \frac{h \cdot A}{r^2}. \quad \text{Invullen geeft: } 0,4 \left(\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \right) = \frac{0,26 \left(\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{MBq}} \right) \times A \text{ (MBq)}}{0,05^2 \text{ ([m}^2\text{])}}$$

$$A = \frac{0,4 \times 0,05^2}{0,26} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ MBq} = 4 \text{ kBq}$$

Vraag 1.2

Neem aan dat Casie iedere werkweek 1/104-e deel van de totale activiteit heeft binnengekregen. Bereken dan de effectieve volgdozis voor 1 werkweek van Casie, alsof de inname in die ene werkweek de enige inname zou zijn.

$$E(50) = A \times e(50)$$

$$A_{\text{totaal}} = 603,7 \mu\text{Ci}$$

$$\text{Per week } 603,7 \cdot 10^{-6} \text{ (Ci)} : 104 \text{ (weken)} \times 37 \cdot 10^9 \text{ (Bq/Ci)} = 214,8 \cdot 10^3 \text{ Bq}$$

$$E(50) \text{ (Sv)} = 214,8 \cdot 10^3 \text{ (Bq)} \times 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ (Sv/Bq)} = 0,060 \text{ Sv}$$

Vraag 1.3

Stel dat er 603,7 μCi ^{226}Ra in evenwicht met al de dochters is opgelost in een goed gesloten bak met 70 liter water. Bepaal voor deze bak water de geabsorbeerde dosis in Gy voor één jaar. U hoeft in deze berekening alleen de energie van de alfastraling mee te nemen.

$$\text{Op jaarbasis } 603,7 \mu\text{Ci} = 22,34 \text{ MBq}$$

Afname van de activiteit door tussentijds verval van ^{226}Ra , $T_{1/2} = 1600$ jaar, hoeft niet meegerekend te worden.

$$\text{Het totaal aantal desintegraties voor } 22,34 \text{ MBq } ^{226}\text{Ra} \text{ in 1 jaar} =$$

$$22,34 \cdot 10^6 \text{ (desintegraties/s)} \times 3600 \text{ (s/uur)} \times 24 \text{ (uur/dag)} \times 365,25 \text{ (dagen/jaar)} =$$

$$7,05 \cdot 10^{14} \text{ desintegraties/jaar}$$

De totale α -energie per desintegratie =

$$4,784 + 5,490 + 6,003 + 7,687 + 5,297 \text{ MeV} = 29,26 \text{ MeV/desintegratie}$$

$$7,05 \cdot 10^{14} \text{ desintegraties/jaar} \times 29,26 \text{ MeV/desintegratie} = 2,06 \cdot 10^{16} \text{ MeV}$$

$$2,06 \cdot 10^{16} \text{ MeV} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J/MeV} : 70 \text{ kg} = 47,1 \text{ J/kg} = 47,1 \text{ Gy}$$

Vraag 1.4

Pas de berekening van 1.3 aan voor de situatie dat de bak water van 70 liter niet meer goed gesloten is en dat er 2/3 van het gevormde radon direct ontsnapt.

Het totaal aantal desintegraties voor 22,34 MBq ^{226}Ra in 1 jaar blijft onveranderd gelijk aan $7,05 \cdot 10^{14}$ desintegraties/jaar

De totale α -energie per desintegratie =

$$4,784 + 1/3 \times (5,490 + 6,003 + 7,687 + 5,297) \text{ MeV} = 4,784 + 8,159 = 12,94 \text{ MeV/desintegratie}$$

$$7,05 \cdot 10^{14} \text{ desintegraties/jaar} \times 12,94 \text{ MeV/desintegratie} = 9,12 \cdot 10^{15} \text{ MeV}$$

$$9,12 \cdot 10^{15} \text{ MeV} \times 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J/MeV} : 70 \text{ kg} = 20,9 \text{ J/kg} = 20,9 \text{ Gy}$$

Puntenwaardering:

Vraagstuk 1	
Vraag	Punten
1.1	3
1.2	4
1.3	5
1.4	3
Totaal	15

Vraagstuk 2. Productie van ^{18}F

Vraag 2.1

Bereken de activiteit van het aangemaakte ^{18}F indien het target met het ^{18}O verrijkt water 120 minuten bestraald is.

$$\begin{aligned}
 A(t) &= \dot{P} \times (1 - e^{-\lambda \cdot t}) = 1,30 \cdot 10^{23} \times \sigma \times \varphi \times (1 - e^{-\lambda \cdot t}) = 1,30 \cdot 10^{23} \times \sigma \times \frac{I}{e \cdot \theta} \times (1 - e^{-\lambda \cdot t}) \\
 &= 1,30 \cdot 10^{23} \times 11 \cdot 10^{-3} (\text{barn}) \times \frac{120 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{C}}{\text{s}}\right)}{1,60 \cdot 10^{-19} (\text{C}) \cdot 1,0 (\text{cm}^2)} \times \left(1 - e^{-\frac{\ln(2) \cdot 120 (\text{min})}{109,7 (\text{min})}}\right) \\
 &= \frac{1716 \cdot 10^{14} \times 10^{-24}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \times (1 - e^{-0,758}) \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{s} \cdot \text{cm}^2}\right) = 1072,5 \cdot 10^9 \times 0,531 (\text{s}^{-1}) = 570 \text{ GBq} \\
 &= 0,57 \text{ TBq}
 \end{aligned}$$

Vraag 2.2

Bereken hoe lang de bestraling ten minste moet duren totdat minimaal 95% van de verzadigingsactiviteit is bereikt.

$$1 - e^{-\ln(2) \cdot t / 109,7} = 0,95$$

$$e^{-\ln(2) \cdot t / 109,7} = 0,05$$

$$-\ln(2) \cdot t / 109,7 = \ln(0,05)$$

$$t = 109,7 (\text{min}) \cdot \ln(0,05) / (-\ln(2)) = 474 \text{ min} = 7,9 \text{ uur}$$

alternatief:

$$1 - e^{-\ln(2) \cdot (t/T_{1/2})} = 0,95$$

$$e^{-\ln(2) \cdot (t/T_{1/2})} = 0,05$$

$$-\ln(2) \cdot t / T_{1/2} = \ln(0,05)$$

$t = -\ln(0,05) / \ln(2) \times T_{1/2} = 4,32 T_{1/2}$ is 4,3 halveringstijden. (in de praktijk wordt niet meer dan 2 halveringstijden bestraald)

Vraag 2.3

Bereken de lengte van de ^{18}F -bolus en beredeneer waarom de bolus in de beschreven situatie niet beschouwd mag worden als een puntbron.

Gegeven: het bronvolume is 4,0 mL, de binnendiameter van de transportleiding is 1,0 mm, dus de straal is 0,05 cm.

De lengte L van de bolus bedraagt: $L = \text{volume} / \pi \cdot r^2 = 4,0 / \pi \cdot (0,050)^2 = 509 \text{ cm} = 5,1 \text{ m}$

De bron mag niet als puntbron beschouwd worden omdat de afstand tot de bron veel kleiner is dan 5x de grootste dimensie van de bron, namelijk 1 m ten opzichte van $5 \times 5,1 \text{ m} = 25 \text{ m}$.

Vraag 2.4

Bereken het omgevingsdosisequivalenttempo dat de operator op de monitor afleest uitgaande van de bij vraag 2.1 berekende ^{18}F activiteit.

De formule voor het stralingstempo van een afgeschermd lijnbron wordt gegeven door:

$$\dot{H}^*(10) = \frac{h \times A \times \theta}{r \times L} \times \sqrt{\frac{1}{\theta \times \mu \cdot d}} \times B \times e^{-\mu \cdot d}$$

Af lezen van μ_{beton} uit bijlage 2: $(\mu/\rho)_{\text{beton}} (E = 0,5 \text{ MeV}) = 0,0892 \text{ (cm}^2/\text{g)}$, $\mu_{\text{beton}} = (\mu/\rho)_{\text{beton}} \times \rho_{\text{beton}} = 0,0892 \text{ (cm}^2/\text{g}) \times 2,35 \text{ (g/cm}^3) = 0,210 \text{ cm}^{-1}$, $\mu_{\text{beton}} \cdot d = 0,21 \text{ (cm}^{-1}) \cdot 25,0 \text{ (cm)} = 5,24$

Berekening van de opbouwfactor met behulp van bijlage 3:

$B (E = 0,5 \text{ MeV en } \mu d = 5,0) = 12,2$

$B (E = 0,5 \text{ MeV en } \mu d = 6,0) = 15,9$

via interpolatie volgt $B (E = 0,5 \text{ MeV en } \mu d = 5,2) = 13,1$

Berekening van de hoek θ .

$\tan(\theta)$ is $5,1/1,25 = 4,08 \rightarrow \theta = 76,2^\circ$ dit is omgerekend naar radialen $1,33 \text{ rad}$

Berekening omgevingsdosisequivalenttempo:

$$\begin{aligned} \dot{H}^*(10) &= \frac{h \times A \times \theta}{r \times L} \times \sqrt{\frac{1}{\theta \times \mu \cdot d}} \times B \times e^{-\mu \cdot d} \\ &= \frac{0,166 \left(\frac{\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{MBq}} \right) \times 570000 \text{ (MBq)} \times 1,33 \text{ (rad)}}{1,25 \text{ (m)} \times 5,1 \text{ (m)}} \times \sqrt{\frac{1}{1,33 \text{ (rad)} \times 5,2}} \times 13,1 \times e^{-5,24} \end{aligned}$$

Omdat radialen verhoudingsgetallen zijn vallen deze weg bij de eenheden.

$$= \frac{125,8}{6,375} \times 0,38 \times 13,1 \times 0,0053 \left(\frac{mSv}{h} \right) = 0,52 mSv/h$$

Met 0,5 TBq wordt het antwoord: 0,455 mSv/h = 0,46 mSv/h.

Puntenwaardering:

Vraagstuk 2	
Vraag	Punten
2.1	3
2.2	3
2.3	3
2.4	5
Totaal	14

Vraagstuk 3. Abou op reis

Vraag 3.1

Toon door berekening aan dat de effectieve dosis van Abou ten gevolge van één enkele opname door de bagagescanner enkele μSv bedraagt. U mag hierbij de afschermdende werking van de lopende band en de koffer verwaarlozen. Voor de berekening van de effectieve dosis mag de blootstelling ter hoogte van de lopende band als uitgangspunt worden gebruikt.

aflezen bijlage, blz. 10 bij 150 kV: $K_a = 18,3 \text{ mGy per mA min op 1 m}$

$$\begin{aligned} \text{belichting} &= 0,2 \text{ (mA)} \times 20 \times 10^{-3} \text{ s} / 60 \text{ (s/min)} = 6,7 \times 10^{-5} \text{ mA min} \\ \text{afstand} &= 63,5 \text{ cm} = 0,635 \text{ m} \\ \text{kerma} &= 18,3 \text{ (mGy per mA min)} \times 6,7 \times 10^{-5} \text{ (mA min)} \times (1 \text{ m} / \\ &0,635 \text{ m})^2 \\ &= 3,0 \times 10^{-3} \text{ mGy} = 3,0 \text{ } \mu\text{Gy} \end{aligned}$$

aflezen bijlage, blz. 11 bij 100 keV: $E(\text{AP}) / K_a = 1,4 \text{ Sv/Gy}$
 $\rightarrow E(\text{AP}) = 3,0 \text{ (}\mu\text{Gy)} \times 1,4 \text{ (Sv/Gy)} = 4,2$
 $\mu\text{Sv/opname.}$

Vraag 3.2

Bereken het gemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo (in $\mu\text{Sv/h}$) op 10 cm van de bovenkant aan de buitenzijde (A, figuur 1) van de bagagetunnel. U mag hierbij de afschermdende werking van lopende band, bagage en tunnelwand verwaarlozen.

aflezen bijlage, blz. 11 bij 100 keV: $H^*(10) / K_a = 1,65 \text{ Sv/Gy}$

$$\rightarrow H^*(10) = 3,0 \text{ (}\mu\text{Gy)} \times 1,65 \text{ (Sv/Gy)} = 5,0 \text{ } \mu\text{Sv/opname op 63,5 cm}$$

aantal opnames per uur = 10 (per min) \times 60 (min/h) = 600 per uur

$$\text{afstand} = 63,5 \text{ (cm)} + 47 \text{ (cm)} + 10 \text{ (cm)} = 120,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow H^*(10) &= 600 \text{ (per uur)} \times 5,0 \text{ (}\mu\text{Sv)} \times (63,5 \text{ cm} / 120,5 \text{ cm})^2 \\ &= 8,3 \times 10^2 \text{ } \mu\text{Sv/h.} \end{aligned}$$

Vraag 3.3

Aan de bovenzijde van de tunnelwand (B, figuur 1) wordt loodafscherming aangebracht. Bereken de minimaal benodigde dikte van de loodafscherming om

aan de wettelijke eis voor lekstraling voor inherent veilige toestellen te voldoen. Rond het resultaat af op 0,5 mm.

limiet = 1 $\mu\text{Sv/h}$

benodigde transmissie = $1 (\mu\text{Sv/h}) / 8,3 \times 10^2 (\mu\text{Sv/h}) = 0,0012$

aflezen bijlage, blz. 10 bij 150 kV en $0,0012 \times 18,3 (\text{mGy}) = 0,022 \text{ mGy}$

→ 0,17 cm = 1,7 mm lood

→ 2,0 mm lood na afronden.

Vraag 3.4a

Bereken de maximaal mogelijke effectieve jaardosis van de beveiligingsbeambte ten gevolge van strooistraling. U mag er hierbij van uitgaan dat het verstrooiend oppervlak gelijk is aan het oppervlak van een koffer met maximaal toegestane afmetingen ter hoogte van punt C (figuur 1), en dat de verstrooihoek 90° is.

primaire kerma $K_{a,\text{primair}}$ = 3,0 μGy per opname

aantal opnames per jaar = 600 (per uur) \times 2000 (h/j) = $1,2 \times 10^6$ per jaar

verstrooiend oppervlak = 55 (cm) \times 35 (cm) = 1925 cm^2

lineair interpoleren bij 90° in tabel van bijlage, blz. 12

→ verstrooiingscoëfficiënt = $(0,05\% + 0,14\%) / 2 = 0,095\%$
 = 0,00095 per 400 cm^2 op 1 m

strooistraling $K_{a,\text{strooi}}$ = 3,0 $\mu\text{Gy} \times 1,2 \times 10^6 (\text{j}^{-1}) \times 0,00095 \times$
 $(1925 \text{ cm}^2 / 400 \text{ cm}^2) \times (1 \text{ m} / 1,5 \text{ m})^2$
 = $7,3 \times 10^3 \mu\text{Gy/j} = 7,3 \text{ mGy/j}$

→ E(AP) = $7,3 (\text{mGy/j}) \times 1,3 (\text{Sv/Gy}) = 9,5 \text{ mSv/j}$.

NB Beargumenteerd afwijken van lineair interpoleren is toegestaan.

Vraag 3.4b

Noem ten minste één praktisch uitvoerbare maatregel waardoor de stralingsbelasting van beveiligingsbeambten zou kunnen worden verlaagd.

- breng flexibele loodslabben aan in de opening van de bagagetunnel
- breng een doorzichtig loodglasscherm aan – een dikte van 1 à 2 mm lood-equivalent moet voldoende zijn (zie vraag 3.3)
- het uitsluitend, zonder argumenten noemen van een persoonlijk beschermingsmiddel wordt niet goedgekeurd omdat dit niet praktisch uitvoerbaar is en niet bij de arbeidshygiënische strategie aansluit.

Puntenwaardering:

Vraagstuk 3	
Vraag	Punten
3.1	4
3.2	3
3.3	4
3.4a	5
3.4b	1
Totaal	17

Vraagstuk 4. Analyse vloeibaar radioactief afval

Vraag 4.1a

Waarom geeft alleen ^{32}P een bijdrage in region C-B (het energiegebied tussen 167 en 1711 keV)?

^{32}P is het enige nuclide in het afval dat een maximale β -energie boven 167 keV heeft en zodoende een bijdrage levert aan het spectrum in het energiegebied tussen 167 en 1711 keV (region C-B).

Vraag 4.1b

Bereken het rendement (cpm/dpm) voor ^{32}P in region C-B.

Uit de telsnelheid in region C is de activiteit te bepalen, maar eerst moet het detectierendement in dit energiegebied bekend zijn. Gegeven is het totale rendement in region C voor ^{32}P : 0,95 cpm/dpm. Uit de meting van het zuivere ^{32}P -monster kan de activiteit hiervan worden berekend.

	R(C) cpm	ϵ (C) cpm/dpm	A dpm	A Bq
^{32}P	11576	0,95	12185	203

Uit de meetresultaten van het zuivere ^{32}P -monster kan worden bepaald hoeveel van het spectrum wordt gemeten in het gebied boven 167 keV, dit is region C – region B.

	R(C-B) Cpm	ϵ (C-B) cpm/dpm
^{32}P	11576 - 3524 = 8052	8052/12185 = 0,66

Alternatief:

rendement region C-B is een fractie van rendement C:

$$\begin{aligned} \epsilon_{C-B} &= \frac{R_{C-B}}{R_C} \times \epsilon_C = \frac{11576 \text{ (cpm)} - 3524 \text{ (cpm)}}{11576 \text{ (cpm)}} \times 0,95 \left(\frac{\text{cpm}}{\text{dpm}} \right) = \frac{8052}{11576} \times 0,95 \left(\frac{\text{cpm}}{\text{dpm}} \right) \\ &= 0,66 \left(\frac{\text{cpm}}{\text{dpm}} \right) = 0,66 \left(\frac{\text{cps}}{\text{Bq}} \right) \end{aligned}$$

Vraag 4.2

Bereken de relatieve statistische onnauwkeurigheid in de berekening van de activiteit van ^{32}P op basis van 1 sigma.

We gebruiken (10.9) uit Bos voor de berekening van de sigma van region C en B uit de kalibratie meting van ^{32}P (figuur 2):

$$\sigma_R = \frac{1}{t} \sigma_N = \frac{1}{t} \sqrt{N} = \sqrt{\frac{R}{t}}$$

$$\sigma_{R_C} = \sqrt{\frac{R_C}{t}} = \sqrt{\frac{11576 \text{ (cpm)}}{0,5 \text{ (m)}}} = 152 \text{ cpm}$$

$$\sigma_{R_B} = \sqrt{\frac{R_B}{t}} = \sqrt{\frac{3524 \text{ (cpm)}}{0,5 \text{ (m)}}} = 84 \text{ cpm}$$

De sigma van het teltempo van ^{32}P volgt uit Bos (10.11):

$$\sigma_{R_{32P}} = \sqrt{\sigma_{R_C}^2 + \sigma_{R_B}^2} = \sqrt{152^2 \text{ (cpm)}^2 + 84^2 \text{ (cpm)}^2} = \sqrt{30200} \text{ (cpm)} = 174 \text{ cpm}$$

De sigma voor de activiteit kan worden berekend met behulp van het rendement voor ^{32}P :

$$\sigma_{A_{32P}} = \frac{\sigma_{R_{32P}}}{\varepsilon_{32P}} = \frac{174 \text{ (cpm)}}{0,66 \left(\frac{\text{cpm}}{\text{dpm}}\right)} = 263 \text{ (dpm)} = \frac{263 \text{ (dpm)}}{60 \left(\frac{\text{dpm}}{\text{Bq}}\right)} = 4,4 \text{ Bq}$$

De relatieve onnauwkeurigheid wordt hiermee:

$$\sigma_{A_{32P,rel}} = \frac{\sigma_{A_{32P}}}{A_{32P}} = \frac{4,4 \text{ (Bq)}}{203 \text{ (Bq)}} = 0,0216 = 2,2\%$$

Alternatief:

$$\sigma_{R_C} = \sqrt{\frac{R_C}{t}} = \sqrt{\frac{193 \text{ (cps)}}{30 \text{ (s)}}} = 2,5 \text{ cps}$$

$$\sigma_{R_B} = \sqrt{\frac{R_B}{t}} = \sqrt{\frac{59 \text{ (cps)}}{30 \text{ (s)}}} = 1,4 \text{ cps}$$

De sigma van het teltempo van ^{32}P volgt uit Bos (10.11):

$$\sigma_{R_{32P}} = \sqrt{\sigma_{R_C}^2 + \sigma_{R_B}^2} = \sqrt{2,5^2 \text{ (cps)}^2 + 1,4^2 \text{ (cps)}^2} = \sqrt{8,4} \text{ (cps)} = 2,9 \text{ cps}$$

De sigma voor de activiteit kan worden berekend met behulp van het rendement voor ^{32}P :

$$\sigma_{A_{32P}} = \frac{\sigma_{R_{32P}}}{\varepsilon_{32P}} = \frac{2,9 \text{ (cps)}}{0,66 \left(\frac{\text{cps}}{\text{Bq}}\right)} = 4,4 \text{ Bq}$$

Vraag 4.3

Bereken de ^{32}P -activiteit in het 10-liter-vat.

De telsnelheid in region C-B van het afvalmonster is:

$$639540 \text{ (cpm)} - 272400 \text{ (cpm)} = 367140 \text{ cpm}$$

De ^{32}P -activiteit in het afvalmonster is $367140 \text{ (cpm)} / 0,66 \text{ (cpm/dpm)} = 5,56 \cdot 10^5 \text{ (dpm)} = 9,26 \text{ kBq } ^{32}\text{P}$ in 10 mL

De ^{32}P -activiteit in het 10-liter-vat dat voor 90% gevuld is, is $9.000 \text{ [ml]} / 10 \text{ [ml]} \times 9,26 \text{ [kBq]} = 8,33 \cdot 10^6 \text{ Bq} = 8,3 \text{ MBq } ^{32}\text{P}$

(Alternatief met alleen C-B:

$$R_{C-B} = 6119 \text{ cps}; A_{\text{monster}} = R_{C-B} / \varepsilon_{C-B} = 6119 \text{ (cps)} / 0,66 \text{ (cps/Bq)} = 9,26 \text{ kBq}$$

Vraag 4.4

Bereken de ^{35}S -activiteit in het 10-liter-vat.

^{35}S wordt gemeten in region C, maar ook het spectrum van ^{32}P wordt in deze region gemeten. Eerst wordt berekend hoe groot de bijdrage van ^{32}P is.

Het rendement voor ^{32}P in region C is: $0,95 \text{ [cpm/dpm]}$. Uit 4.3 volgt dat de activiteit van ^{32}P in het afvalmonster $9,26 \text{ kBq}$ is. Dit komt overeen met 556273 dpm . De telsnelheid in region C ten gevolge van ^{32}P is dan: $0,95 \text{ (cpm/dpm)} \times 556273 \text{ (dpm } ^{32}\text{P)} = 528459 \text{ cpm}$

Het afvalmonster levert in region C: 639540 cpm , dit is dan 528459 cpm door ^{32}P en $639540 \text{ (cpm)} - 528459 \text{ (cpm)} = 111081 \text{ cpm}$ door ^{35}S

Het rendement voor ^{35}S in region C is: $0,90 \text{ cpm/dpm}$

De ^{35}S -activiteit in het afvalmonster is dan $111081 \text{ (cpm)} / 0,90 \text{ (cpm/dpm)} = 123 \cdot 10^3 \text{ (dpm)} = 2,0 \cdot 10^3 \text{ Bq } ^{35}\text{S}$

De ^{35}S -activiteit in het 10-liter-vat (90% gevuld) is $9.000 \text{ (ml)} / 10 \text{ (ml)} \times 2,0 \cdot 10^3 \text{ (Bq)} = 1,9 \cdot 10^6 \text{ (Bq)} = 1,9 \text{ MBq } ^{35}\text{S}$

Vraag 4.5

Bereken de fractie van het afgeleide toetsingsniveau voor lozingen in water als (W_{SN}) gevolg van lozing van de inhoud van het 10-liter-vat.

De maximale emissie in water is

[maximaal mogelijke lozing per jaar/ Re_{ing}] $_{P-32}$ + [maximaal mogelijke lozing per jaar/ Re_{ing}] $_{S-35}$ =

$[A_{P-32} \times CR_{P-32} / Re_{P-32}] + [A_{S-35} \times CR_{S-35} / Re_{S-35}] =$

$[8,3 \cdot 10^6 \text{ Bq} \times 0,1 / 4,2 \cdot 10^8] + [1,9 \cdot 10^6 \times 1 / 7,1 \cdot 10^9] = 0,00224 \text{ Re per lozing.}$

Op jaarbasis: 10 lozingen per jaar = 0,0224 Re

Afgeleide toetsingsniveau = 100 Re

Fractie van het afgeleide toetsingsniveau = $0,0224/100 = 0,00022$

Puntenwaardering:

Vraagstuk 4	
Vraag	Punten
4.1a	2
4.1b	3
4.2	3
4.3	3
4.4	3
4.5	3
Totaal	17