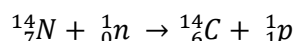


Løsningsforslag oblig FYS1010, 2015

Oppgave 1

- a) C-14 dannes i atmosfæren ved kollisjon mellom nitrogen og ett nøytron.



Nøytronet som inngår, stammer fra kosmisk stråling som kommer inn fra verdensrommet og reagerer med atmosfæren. Den kosmiske strålingen er stabil og C-14-konsentrasjonen i atmosfæren er derfor også stabil. C-14 og K-40 kommer inn i kroppen hovedsakelig fra mat.

- b) Stråledosen fra C-14 per år er:

$$D = 40 \frac{\text{Bq}}{\text{kg}} \cdot \frac{156 \cdot 10^3}{3} \text{ eV} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{år}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}} = 1.0495 \cdot 10^{-5} \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{år}} \approx 0.010 \text{ mGy/år}.$$

β -partiklene har kort rekkevidde og absorberes fullstendig i kroppen. I middel har β -partiklene en energi som er 1/3 av den oppgitte maksimalverdien: $156\text{keV}/3$.

Effektiv dose fra C-14 er $H_E = v \cdot w_R \cdot D = \underline{0.010 \text{ mSv/år}}$, siden strålingsvektfaktoren $w_R = 1$ for β -partikler og organvektfaktoren $v = 1$ (hele kroppen).

Når K-40 desintegrerer, vil γ i 10.7% av tilfellene emitteres og i 89.3% tilfellene vil β emitteres.

Stråledosen fra γ :

$$\begin{aligned} D_\gamma &= 10.7\% \cdot 60 \frac{\text{Bq}}{\text{kg}} \cdot 146 \cdot 10^6 \text{ eV} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{år}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}} \cdot 50\% \\ &= 2.364 \cdot 10^{-5} \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{år}} \approx 0.0236 \text{ mGy/år} \end{aligned}$$

Vi har i beregningen over antatt at 50% av γ -strålingen absorberes i kroppen.

Stråledosen fra β :

$$\begin{aligned} D_\beta &= 89.3\% \cdot 60 \frac{\text{Bq}}{\text{kg}} \cdot \frac{1.31 \cdot 10^6}{3} \text{ eV} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{år}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}} \\ &= 1.180 \cdot 10^{-4} \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{år}} \approx 0.118 \text{ mGy/år} \end{aligned}$$

Siden strålingsvektfaktoren for både β og γ er lik 1, er effektiv dose fra K-40:

$$H_E = v \cdot w_R \cdot (D_\gamma + D_\beta) = \underline{0.14 \text{ mSv}}$$

Forholdet mellom de effektive stråledosene fra K-40 og C-14 er 14, og bidraget fra C-14 er dermed av liten betydning.

c) Totalaktivitetene for henholdsvis C-14 og K-40 for en person med masse 70 kg er:

$$A_{C-14} = 70 \cdot 40 \text{ Bq} = 2800 \text{ Bq}$$

$$A_{K-40} = 70 \cdot 60 \text{ Bq} = 4200 \text{ Bq}$$

Sammenhengen mellom antall radioaktive atomer, N, og aktivitet, A, er:

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A}{\ln 2} \cdot t_{1/2}$$

der λ er desintegrasjonskonstanten og $t_{1/2}$ er den fysiske halveringstiden.

$$N_{K-40} = \frac{A}{\ln 2} \cdot t_{1/2}$$

$$N_{K-40} = \frac{4200 \text{ Bq}}{\ln 2} \cdot 1.9 \cdot 10^9 \text{ år} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{år}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}} = 2.426 \cdot 10^{20}$$

$$N_{C-14} = \frac{2800 \text{ Bq}}{\ln 2} \cdot 5730 \text{ år} \cdot 365 \frac{\text{d}}{\text{år}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}} = 7.29 \cdot 10^{14}$$

Massen til 1 mol K-40 og C-14 er henholdsvis 40 g og 14 g (omtrent). 1 mol inneholder $N_A = 6.023 \cdot 10^{23}$ atomer.

Massen til K-40 for en person med masse 70 kg er:

$$m_{K-40} = 40 \text{ g} \cdot \frac{N_{K-40}}{N_A} \approx \underline{\underline{0.016 \text{ g}}}$$

$$m_{C-14} = 14 \text{ g} \cdot \frac{N_{C-14}}{N_A} \approx \underline{\underline{1.7 \cdot 10^{-8} \text{ g}}}$$

Oppgave 3

a) Beregnede UV-indekser:

Sted	breddegrad	ozonmengde (DU)	Høyde (m)	UVI 21. juni	UVI 21. des
Ny-Ålesund	79.0	350	100	2.0	0.0
Tromsø	69.6	350	100	3.4	0.0
Oslo	60.0	350	100	5.0	0.1
Mallorca	40.0	300	100	9.5	1.4
Gran Canaria	28.0	280	100	11.5	3.5
Kilimanjaro	- 3.1	250	5895	12.8	15.4

For Tromsø og Ny-Ålesund gir programmet en feilmelding for 21. desember-beregninger. Da er sola under horisonten og UVI er dermed 0. For alle steder unntatt Kilimanjaro er det stor forskjell i UVI mellom 21. juni (sommersolverv, maks solhøyde) og 21. desember (vintersolverv, minimum solhøyde). Resultatene demonstrerer klart hvor viktig solhøyden er for UVI.

På ekvator (breddegrad = 0.0°) står sola i senit (rett opp) omkring 21. mars og 21. september.

21. desember og 21. juni står den lavest på himmelen, senitvinkel = 23.5° . Kilimanjaro ligger i Tanzania bare 3.1° fra ekvator. Dette er forklaringen på at det ikke er så stor forskjell mellom UVI for 21. desember og 21. juni her. Høyden over havet har også stor betydning. Den lavere ozonmengden sammenlignet med stedene lenger nord er også av betydning.

- b) Troll-stasjonen i Antarktis ligger på 1270 m høyde. Målt ozonmengde 3. desember 2014 var 168 DU. Sikt er oppgitt til 200 km. Breddegraden er -72.02° . Vi antar klarvær. Albedo er ukjent. For å bestemme albedo brukes modellen med de oppgitte data ved å variere albedo til modellen gir samme verdi som den målte UVI (12.0). Dette gir en albedo på omkring 0.85. Dette betyr at bakken er godt dekket av ren snø.
- c) Her skal UVI beregnes som i a) men nå med 100 DU .

Sted	breddegrad	ozonmengde (DU)	Høyde (m)	UVI 21. juni	UVI 21. des
Ny-Ålesund	79.0	100	100	8.6	0.0
Tromsø	69.6	100	100	14.5	0.0
Oslo	60.0	100	100	21.2	0.3
Mallorca	40.0	100	100	33.1	5.1
Gran Canaria	28.0	100	100	36.5	11.8
Kilimanjaro	- 3.1	100	5895	36.6	43.7

Ozonmengde på 100 DU er målt en rekke ganger i Antarktis i ozonhullsesongen, men er ikke realistisk for stedene i tabellen. Men beregningene viser hvilke UV-indeksler man ville oppnå med så lave ozonverdier. For 21. juni vil alle steder få betydelig høyere UVI i forhold til normale ozonverdier. Tromsø ville hatt UVI høyere enn det som måles i ekvatorstrøk. Merk også de ekstremt høye verdier for stedene med lavere breddegrader enn Tromsø.

For 21. desember er sola under horisonten i Ny-Ålesund og Tromsø. Selv med ekstremt lave ozonverdier vil UVI fortsatt være = 0. Oslo ville hatt UVI = 0.3. Dette er en svært lav verdi, og vi kan konkludere at ozonhull over Oslo 21. desember har ubetydelig virkning på UVI.

- d) Vi kan her benytte samme metode som i b) men varierer nå ozonmengden inntil beregnet UVI er 4.8. Ozonmengder 345 – 355 DU gir UVI = 4.8.
- e) I b) ble UVI for Oslo 21. desember med albedo = 0.03 beregnet til 0.3. Med albedo = 0.8 vil UVI øke til 0.5. Dette er fortsatt lavt. Vi kan konkludere at med ozonhull over Oslo midtvinter selv med høy bakkerefleksjon ville det være trygt å oppholde seg utendørs.