

Opgave 2 Tsjernobyl, ruim 20 jaar later

- In 1986 ontplofte in Tsjernobyl een kernreactor. Grote hoeveelheden radioactieve stoffen werden bij dit ongeluk de lucht in geblazen. Door de wind verspreidden de stoffen zich over een enorm gebied. Een van die stoffen was Cs-137. Cs-137 is een van de splijtingsproducten in een kernreactor. Wanneer een U-235-kern een neutron invangt, kunnen er verschillende kernreacties plaatsvinden. Bij één zo'n reactie wordt Cs-137 gevormd en komen er vier neutronen vrij.
- 3p 5 Geef de reactievergelijking van deze kernreactie. (N.B. Niet alle isotopen in deze reactie staan in Binas.)

- Bij de ontploffing kwam een hoeveelheid Cs-137 vrij met een totale activiteit van $85 \cdot 10^{15}$ Bq. In een gebied van $3,0 \cdot 10^3$ km² (drieduizend vierkante kilometer) in de directe omgeving van de centrale, de zogenoemde 'verboden zone', veroorzaakte het neergeslagen cesium een gemiddelde activiteit van $2,0 \cdot 10^6$ Bq/m².
- 3p 6 Bereken welk percentage van het vrijgekomen Cs-137 in dit gebied terecht kwam.

- In de verboden zone wonen nog steeds mensen. De stralingsbelasting die zij ten gevolge van **uitwendige** bestraling oplopen, wordt voornamelijk bepaald door de absorptie van γ -straling afkomstig van Cs-137; de β -straling van Cs-137 draagt daar nauwelijks aan bij.
- 1p 7 Geef daarvan de reden.

Bij het verval van een Cs-137-kern komt een γ -deeltje (γ -foton) vrij met een energie van $1,06 \cdot 10^{-13}$ J. Voor de equivalente dosis (het dosisequivalent) die een persoon oploopt, geldt:

$$H = Q \frac{E}{m}$$

Hierin is:

- H de equivalente dosis (in Sv);
- Q de zogenoemde weegfactor; $Q = 1$ voor een γ -deeltje;
- E de energie die het lichaam absorbeert (in J);
- m de massa van de persoon (in kg).

- Het gebied wordt af en toe bezocht door wetenschappers die de invloed van ioniserende straling op flora en fauna onderzoeken. Geschat wordt dat een persoon van 75 kg in dit gebied $2,4 \cdot 10^5$ γ -deeltjes per seconde absorbeert.
- 4p 8 Bereken hoeveel dagen deze persoon maximaal in het gebied mag blijven zonder de dosislimiet per jaar te overschrijden voor individuele leden van de bevolking.

- De activiteit van het Cs-137 in de verboden zone is inmiddels afgenomen tot $1,2 \cdot 10^6$ Bq/m² en zal met de jaren verder afnemen.
- 3p **9** Bereken de activiteit per m² van het Cs-137 in het gebied over 90 jaar. Zoek daartoe de halveringstijd van Cs-137 op en neem aan dat de activiteit ervan alleen afneemt ten gevolge van radioactief verval.
- In de verboden zone bevond zich een bos waarvan de bomen ernstig waren besmet. Men besloot om de bomen niet te verbranden maar om ze onder een dikke laag zand te begraven.
- 2p **10** Beantwoord de volgende twee vragen vanuit het oogpunt van stralingsbescherming:
- Wat is het bezwaar tegen het verbranden van de bomen?
 - Waarom is het begraven van de bomen onder een laag zand effectief?