

## Opgave 1 Kerncentrale

- In een kerncentrale worden kernen van uranium-235 gespleten.  
De reactor in de centrale produceert een constant vermogen.
- 2p 1 Leg uit hoe men de reactor zodanig kan instellen dat hij een hoger, constant vermogen produceert.
- De kerncentrale heeft een elektrisch vermogen van 600 MW en een rendement van 38%. Per splijtingsreactie komt gemiddeld 180 MeV energie vrij.
- 4p 2 Bereken de massa van de hoeveelheid uranium-235 die per uur nodig is om dit vermogen te leveren.

Lees het onderstaande artikel.

### Nog veertig jaar uitstralen

Geruime tijd geleden is de kerncentrale bij Dodewaard stilgelegd en zijn de splijtstofstaven uit het complex verwijderd.

Inmiddels is de centrale gereedgemaakt om veertig jaar lang zijn straling te verliezen.

Deze straling is afkomstig van twee bronnen: van materiaal dat zelf radioactief geworden is en van spullen die alleen radioactief besmet zijn. De belangrijkste radioactieve stof is

kobalt-60. Deze is ontstaan door de bestraling van het ijzer in de reactorwanden. De halveringstijd is zodanig dat er na veertig jaar minder dan 1/250e deel van de hoeveelheid kobalt-60 aanwezig is.

De gebouwen met radioactieve stoffen zijn ommuurd. Bij deze muren mag niet meer dan 4 becquerel per vierkante centimeter radioactiviteit gemeten worden, zo is de eis.

- Kobalt-60 is ontstaan doordat ijzer-56 van de reactorwand voortdurend met neutronen werd bestraald.
- 4p 3 Geef de achtereenvolgende kernreacties die het ontstaan van kobalt-60 in de reactorwand beschrijven.

- In het artikel staat een uitspraak over de halveringstijd van kobalt-60.
- 3p 4 Ga met een berekening na of deze uitspraak juist is.

Kobalt-60 zendt  $\beta$ - en  $\gamma$ -straling uit. Rondom de reactorwand is een betonnen muur gebouwd, die de  $\beta$ -straling volledig absorbeert maar nog een klein gedeelte van de  $\gamma$ -straling doorlaat.

Deze  $\gamma$ -straling heeft een energie van 1,0 MeV.

- 3p 5 Bereken hoe dik de betonnen muur minstens moet zijn opdat de intensiteit van de  $\gamma$ -straling tot 0,10% van de oorspronkelijke waarde gereduceerd wordt.

Een volwassene met een massa van 85 kg staat gedurende 1 minuut aan de buitenzijde van de muur. Zie figuur 1. Veronderstel dat men aan de buitenkant van deze muur een activiteit meet van 4 Bq per  $\text{cm}^2$ . Hiermee bedoelt men dat er per  $\text{cm}^2$  muuroppervlak 4  $\gamma$ -deeltjes (van 1,0 MeV) per s worden doorgelaten.

figuur 1



Voor de equivalente dosis (het dosisequivalent)  $H$  geldt:

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

Hierin is:

- $H$  de equivalente dosis (in Sv);
- $Q$  de zogenoemde (stralings)weegfactor (kwaliteitsfactor); in dit geval geldt dat  $Q = 1$ ;
- $E$  de geabsorbeerde stralingsenergie (in J);
- $m$  de massa van de bestraalde persoon (in kg).

- 5p **6** Laat met een berekening zien dat de equivalente dosis die deze persoon ontvangt ver onder de norm ligt die in Binas vermeld staat. Schat daartoe eerst het oppervlak van de man uit figuur 1 dat bestraald wordt en bereken hoeveel  $\gamma$ -deeltjes hem per seconde treffen.