

### Opgave 3 Valmeercentrale

Het elektrisch vermogen dat een windmolen kan leveren, is sterk afhankelijk van de windsnelheid. Men kan afleiden dat de volgende formule geldt:

$$P = kv^3$$

Hierin is:

- $P$  het elektrisch vermogen van de windmolen (in W);
- $k$  een constante die afhangt van eigenschappen van de windmolen;
- $v$  de windsnelheid (in m/s).

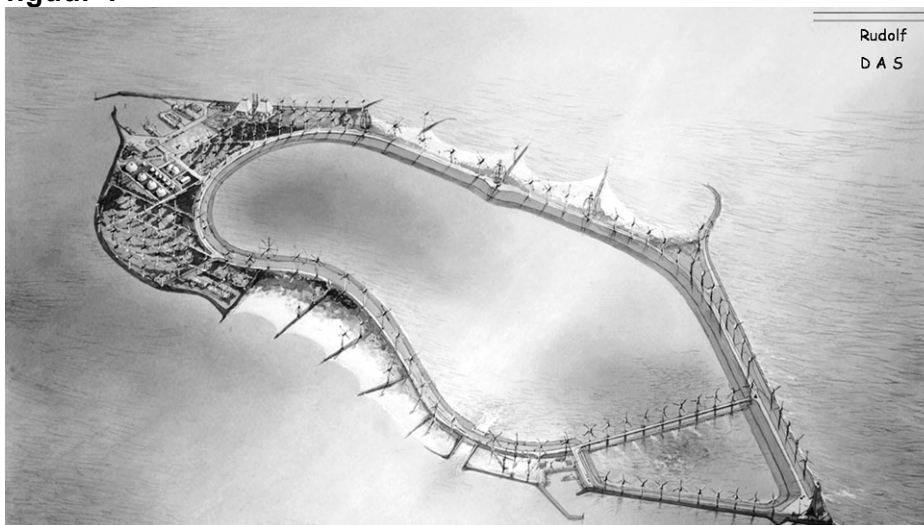
Uit deze formule volgt dat het elektrisch vermogen van de windmolen afneemt met 87,5% als de windsnelheid halveert.

2p **11** Toon dat met een berekening aan.

1p **12** Noem een eigenschap van een windmolen die van invloed is op de grootte van de constante  $k$ .

Onlangs zijn plannen gelanceerd om voor de kust van Zeeland een zogenaamde valmeercentrale te bouwen. Zie figuur 1.

**figuur 1**



*Bron: Raadgevend Ingenieursbureau Lieveense B.V.*

Het is een kunstmatig eiland waarin zich het valmeer bevindt: een meer waarin het waterniveau een stuk lager is dan dat van de zee. Op de dijk rondom het valmeer bevinden zich windmolens. Bij voldoende wind pompen ze water uit het meer naar de zee. Bij weinig wind laat men zeewater het meer in lopen; de generatoren die in de dijk zijn aangebracht, wekken dan elektrische energie op. Zie figuur 2.

**figuur 2**



*Bron: Raadgevend Ingenieursbureau Lieveense B.V.*

Het valmeer krijgt een oppervlakte van  $40 \text{ km}^2$ . Het waterniveau in het meer varieert tussen 32,0 m en 40,0 m onder het zeeniveau.

Wanneer het water in het meer van het hoogste naar het laagste niveau wordt gebracht, moet er  $3,3 \cdot 10^{11} \text{ kg}$  zeewater van het meer naar de zee worden gepompt.

4p **13** Toon dat met een berekening aan.

Op het eiland worden 75 windmolens geplaatst die elk een topvermogen hebben van 5,0 MW.

5p **14** Bereken hoeveel uur het minimaal duurt om het water in het meer van het hoogste naar het laagste niveau te brengen. Bereken daartoe eerst de toename van de zwaarte-energie van het weggepompte water.

Als het valmeer volloopt, kunnen de generatoren een elektrisch vermogen leveren van  $1,5 \cdot 10^3 \text{ MW}$ . Per seconde stroomt er dan  $4,75 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  water met een snelheid van 26 m/s de turbines in die de generatoren aandrijven.

4p **15** Bereken het rendement waarmee de bewegingsenergie van het water wordt omgezet in elektrische energie.

Je kunt je afvragen wat het nut is van de valmeercentrale. De elektrische energie die de windmolens opwekken, zou immers ook rechtstreeks aan het elektriciteitsnet kunnen worden toegevoerd. Ondanks dit argument en de aanzienlijke kosten van het project zijn er toch sterke voorstanders van de valmeercentrale.

1p **16** Noem een argument voor zo'n centrale.