

18 Een windmolen gebruikt de kinetische energie van stromende lucht om een dynamo te laten draaien.

- a Beredeneer dat de hoeveelheid lucht die per seconde door een windmolen stroomt recht evenredig is met de snelheid van die lucht.

Voor het vermogen P van een windmolen geldt:

$$P = k \cdot v^3$$

- k is een constante.
- v de windsnelheid in m s^{-1} .

- b Leid de formule voor het vermogen P af met behulp van de formule voor kinetische energie.

Op een zaterdag waait het 12 uur lang met een constante snelheid van 8 m s^{-1} .

De resterende 12 uur is het windstil. Op de zondag erna waait het de hele dag met een constante snelheid van 4 m s^{-1} .

- c Levert de windmolen de meeste energie op zaterdag, op zondag of maakt het niet uit? Licht je antwoord toe.

De snelheid van de lucht is voorbij de windmolen kleiner dan voor de windmolen.

- d Leg uit waarom een windmolen niet kan werken als de lucht voor en na de windmolen dezelfde snelheid heeft.

Het is niet mogelijk om met een windmolen een rendement van 100% te halen.

- e Leg uit dat de windmolen niet werkt als de lucht bij de windmolen al zijn kinetische energie afgeeft.

Opgave 18

- a Bij een windsnelheid van 1 m s^{-1} stroomt een hoeveelheid lucht in 1 seconde door de windmolen. Is de windsnelheid 2 m s^{-1} dan stroomt dezelfde hoeveelheid lucht in 0,5 s door de windmolen. Dus in 1 seconde stroomt er dan twee keer zoveel lucht door de windmolen. Dit is twee keer zoveel lucht als bij een windsnelheid van 1 m s^{-1} . De hoeveelheid lucht die door de windmolen stroomt, is dus recht evenredig met de snelheid.

- b Voor het vermogen geldt $P = \frac{E_k}{t}$.

De formule voor de kinetische energie is $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$.

$$P = \frac{\frac{1}{2} m \cdot v^2}{t} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{t} \cdot v^2$$

De hoeveelheid lucht die per seconde door de windmolen stroomt, is recht evenredig met de windsnelheid. Dus geldt $\frac{m}{t} = \text{constante} \cdot v$.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \text{constante} \cdot v \cdot v^2$$

Dus $P = k \cdot v^3$.

- c Een windsnelheid van 8 m s^{-1} is twee keer zo groot als een windsnelheid van 4 m s^{-1} . Dus is bij de windsnelheid van 8 m s^{-1} het vermogen $2^3 = 8$ keer zo groot als bij 4 m s^{-1} . Op zaterdag waait het maar de helft van de dag, maar dan wel met een 8 keer zo groot vermogen. Op zaterdag wordt dus 4 keer zoveel energie geleverd als op zondag.
- d Als de lucht voor en na de windmolen dezelfde snelheid heeft, heeft de wind dezelfde kinetische energie. Er is dan geen energie overgedragen aan de windmolen. De windmolen kan dan ook geen elektrische energie leveren.
- e Als de lucht al zijn kinetische energie zou afgeven, wordt de snelheid van de lucht 0 m s^{-1} . Om de windmolen ontstaat dan een opeenhoping van stilstaande lucht. Hierdoor houdt de windmolen op met draaien. Ook dan functioneert een windmolen niet.