

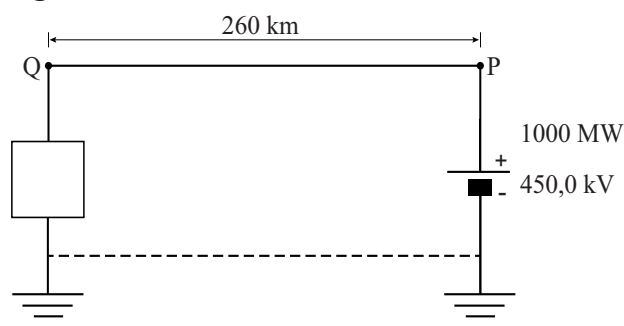
Sinds april 2011 ligt er op de zeebodem tussen Nederland en Engeland een 260 km lange, goed geïsoleerde, kabel. De kabel kan beide landen van stroom voorzien, afhankelijk van de prijs of de energiebehoefte. Het project is gestart in 2007 en kreeg de naam BritNed.

Op een internetforum beweerde iemand over dit project: "Onderweg van Nederland naar Engeland zal een deel van de stroomsterkte verloren gaan."

- 1p 7 Ben je het met deze bewering eens of oneens? Licht je antwoord toe.

In figuur 1 staat een schematische tekening van de stroomkring die ontstaat als er 1000 MW vermogen van Nederland naar Engeland getransporteerd wordt. In Nederland wordt een elektrische spanning opgewekt van 450,0 kV. De spanning tussen punt Q en aarde is 446,6 kV.

figuur 1



De 260 km lange koperen kabel wordt voorgesteld door een draad PQ. Het blokje stelt de gebruikers in Engeland voor. De terugvoerkabel hoeft niet te worden aangelegd want de stroom gaat via de aarde terug naar Nederland.

De geleidbaarheid van de koperen kabel is 0,65 S.

- 3p 8 Toon dit aan met een berekening.

De kabel heeft een diameter van 6,0 cm.

- 4p 9 Toon dit aan met een berekening.

De koperen kabel is erg zwaar: de massa is $6,6 \cdot 10^3$ ton.

- 3p 10 Toon dit aan met een berekening.

Het vermogensverlies in de kabel is 7,6 MW.

- 4p 11 Bereken de temperatuurstijging van de kabel in de eerste minuut na inschakelen. Ga ervan uit dat alle geproduceerde warmte door de kabel wordt opgenomen.

Rondom de koperen kabel ligt een elektrisch isolerende mantel. Deze mantel zorgt er ook voor dat (een deel van) de geproduceerde warmte wordt afgevoerd naar het zeewater.

Voor de warmte die per seconde door de mantel wordt doorgelaten geldt:

$$P = c \cdot \ell \cdot \Delta T$$

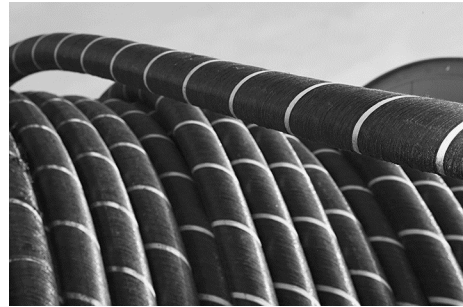
Hierin is:

- P de warmte die per seconde in de koperen kabel ontwikkeld wordt;
- c een constante;
- ℓ de lengte van de draad;
- ΔT het temperatuurverschil tussen de koperen kabel en het zeewater.

Als de temperatuur van het zeewater $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ is, krijgt het koper in de kabel op den duur een temperatuur van $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- 3p **12** Bereken de waarde van de constante c in $\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$.

De kabel is omwikkeld met in olie gedrenkt papier. Dit papier heeft enkele eigenschappen die het geschikt maken om de koperen kabel te isoleren. Op de uitwerkbijlage staan enkele stoffeigenschappen van het in olie gedrenkte papier.



- 2p **13** Geef op de uitwerkbijlage met een kruisje aan of deze stoffeigenschap bij voorkeur groot moet zijn, klein moet zijn, of niet van belang is in deze situatie.

Om het leggen van de kabel eenvoudiger te maken, heeft men besloten om in plaats van één kabel twee parallelle kabels aan te leggen. De totale doorsnede van de twee kabels is even groot als de doorsnede van de enkele kabel. Op de uitwerkbijlage staan hierover drie beweringen.

- 2p **14** Geef op de uitwerkbijlage van elke bewering aan of deze bewering juist of onjuist is.

uitwerkbijlage

13

stofeigenschap	bij voorkeur groot	bij voorkeur klein	niet van belang
warmtegeleidingscoëfficiënt			
dichtheid			
soortelijke weerstand			

uitwerkbijlage

14 Geef van elke bewering aan of deze juist of onjuist is.

bewering	juist	onjuist
Bij het gebruik van twee kabels in plaats van één kabel wordt er minder energie in warmte omgezet tussen Nederland en Engeland.		
Bij het gebruik van twee kabels in plaats van één kabel is de stroomsterkte van Nederland naar Engeland groter.		
Bij het gebruik van twee kabels in plaats van één kabel is er meer koper nodig.		