

Schip uit koers

In 2017 liep een groot containerschip op de oever van de Schelde. Een onderzoeker deed onderzoek naar dit ongeluk. Hij zag dat het schip over een afstand van 50% van zijn lengte op de oever was geschoven. Zie figuur 1. Op internet zijn de gegevens van het schip te vinden. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2

| gegevens containerschip | |
|-------------------------|------------------------|
| massa | $1,55 \cdot 10^5$ ton |
| lengte | 366 m |
| maximaal vermogen | $7,2 \cdot 10^7$ W |
| maximale snelheid | 46 km h^{-1} |

Van ieder schip wordt elke 2 minuten de positie bijgehouden. Met deze informatie bepaalde de onderzoeker de snelheid van het schip voor het ongeluk. Die bleek $7,1 \text{ ms}^{-1}$ te zijn. Hij ging ervan uit dat de wrijvingskracht op het schip tijdens het vastlopen op de oever constant was. Hij berekende dat die wrijvingskracht $2,1 \cdot 10^7 \text{ N}$ was.

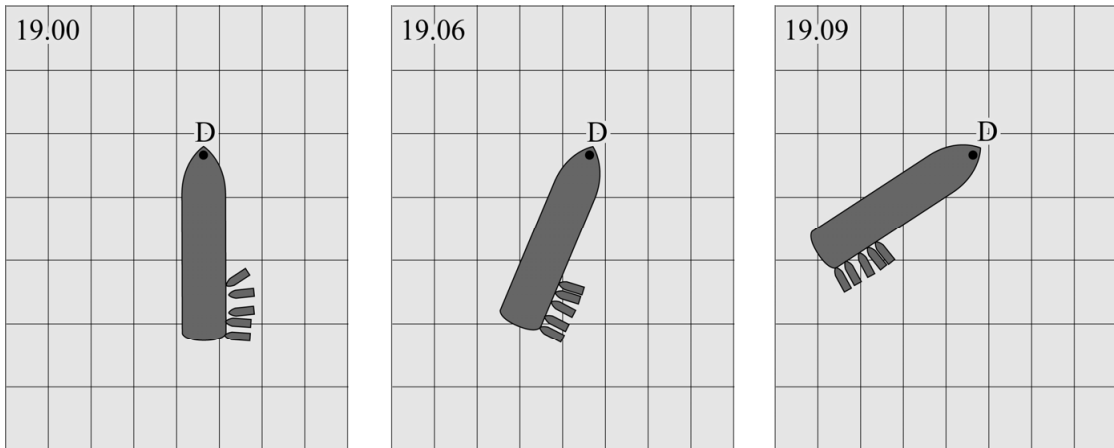
- 4p 1 Toon met behulp van arbeid en kinetische energie aan dat deze waarde voor de wrijvingskracht klopt.

Met de gegevens uit figuur 2 kan de maximale kracht van de motor berekend worden. De onderzoeker concludeerde uit deze berekening dat de wrijvingskracht te groot was en het schip met de eigen motor niet los kon komen van de oever.

- 3p 2 Toon met een berekening aan dat die conclusie klopt.

Er werden duwboten ingezet om het schip los te duwen van de oever. Zie figuur 3. De duwboten duwden eerst het schip aan de achterkant opzij. Het schip is hierbij als hefboom te beschouwen. Om 19.00 uur begonnen de duwboten te duwen, het schip lag toen nog stil. Een paar minuten later begon het schip om een punt te draaien dat met D is aangegeven.

figuur 3

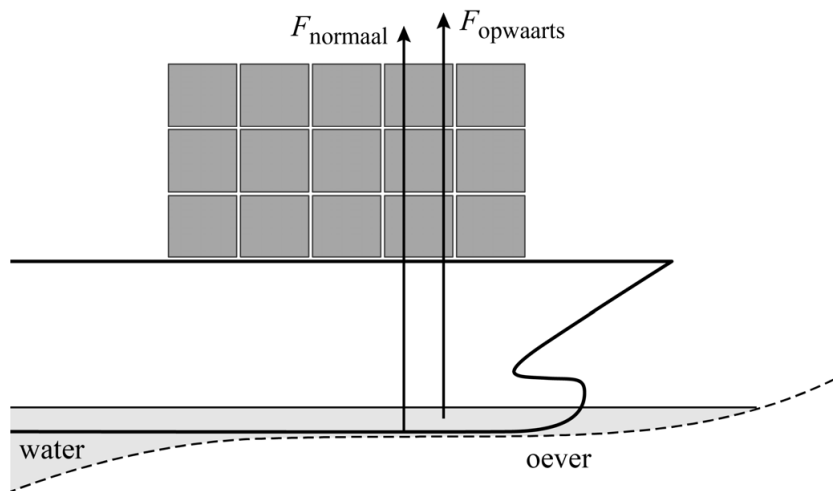


Op de uitwerkbijlage is de situatie van 19.00 uur, zoals getekend in figuur 3, vergroot weergegeven. In de figuren op de uitwerkbijlage zijn het aangrijpingspunt W van de wrijvingskracht F_w en het aangrijpingspunt B van de totale duwkracht F_{duwboten} weergegeven.

- 3p **3** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken in de figuren op de uitwerkbijlage de armen van F_w en F_{duwboten} .
 - Leg met behulp van de hefboomwet uit of om 19.00 uur de totale duwkracht F_{duwboten} groter was dan F_w , kleiner was dan F_w of even groot was als F_w .

Om het schip los te duwen, moesten de duwboten de wrijvingskracht tussen het schip en de oever overwinnen. Deze wrijvingskracht is evenredig met de normaalkracht van de oever op het schip. Behalve de normaalkracht werkte er ook een opwaartse kracht van het water op het schip. Zie schematisch en niet op schaal weergegeven in figuur 4. Hoe dieper een schip in het water ligt, hoe groter deze opwaartse kracht is.

figuur 4



Tijdens opkomende vloed (hoogwater) begon het water in de Schelde te stijgen.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

2p **4** Omcirkel in de tabel wat er gebeurde tijdens het stijgen van het water.