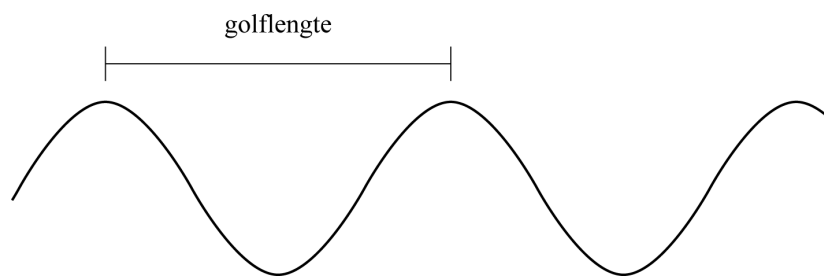


Scheepsgolven

Golven op het water kunnen op verschillende manieren ontstaan, bijvoorbeeld door wind of door schepen. In deze opgave bekijken we golven die ontstaan door een varende schip. De **golflengte** is de afstand tussen twee opeenvolgende golftoppen. Zie figuur 1.

figuur 1



Golven verplaatsen zich over het water. De snelheid waarmee een golf zich over het water verplaatst, is afhankelijk van de golflengte. Het verband tussen de golflengte en de snelheid waarmee een golf zich verplaatst, wordt gegeven door de volgende formule:

$$V = 1,25 \cdot \sqrt{L} \quad (\text{formule 1})$$

Hierbij is L de golflengte in meters en V de snelheid waarmee de golf zich verplaatst in meter per seconde.

Als L toeneemt, dan neemt ook V toe. De grafiek van V is dus stijgend.

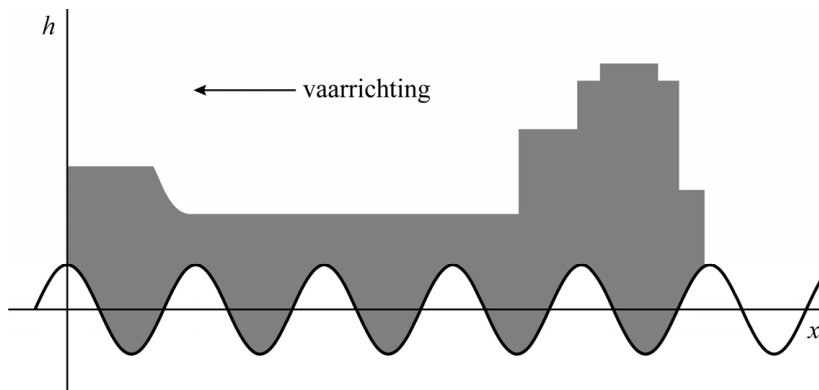
- 4p **9** Stel een formule op voor de afgeleide van V en bereken met behulp hiervan of de stijging afnemend of toenemend is.

Als de golflengte twee keer zo groot wordt, dan neemt de snelheid van de golf met een vaste factor toe.

- 2p **10** Bereken, zonder een getallenvoorbeeld te gebruiken, deze factor. Geef je antwoord in twee decimalen.

Een schip en de golf die door dat varende schip ontstaat, verplaatsen zich met gelijke snelheid (samen) door het water. Als een schip langzaam vaart, dan ontstaat er langs het schip een golf zoals in figuur 2. Er zijn dan meerdere toppen van de golf zichtbaar langs de zijkant van het schip. In figuur 2 is tevens een assenstelsel toegevoegd.

figuur 2



De voorkant van het schip valt samen met een top van de golf. Omdat het schip en de golf samen dezelfde kant op bewegen, blijft die top tijdens het varen samenvallen met de voorkant van het schip.

Een schip van 30 meter lang vaart met een snelheid van 3 meter per seconde. De golf die door het varen ontstaat heeft een amplitude van 15 centimeter. De golf is te beschrijven met de formule:

$$h = 15 \cdot \sin(a(x - b)) \quad (\text{formule 2})$$

Hierbij is h de hoogte ten opzichte van de evenwichtsstand in centimeters en x de afstand vanaf de voorkant van het schip in meters, met $0 \leq x \leq 30$. De waarden van a en b in formule 2 zijn te berekenen door gebruik te maken van formule 1.

5p **11** Bereken a en b in formule 2. Geef a en b in twee decimalen.

Om de hoogte van de golven van een schip te verkleinen, is de **bulbsteven** uitgevonden. De bulbsteven is een uitstekende bult aan de voorkant van een schip. Zie de foto.

foto



Normaal gesproken bevindt de bulbsteven zich (grotendeels) onder water. Omdat het schip op de foto geen lading vervoert, is de bulbsteven boven water zichtbaar.

Zowel het schip als de bulbsteven veroorzaken een golf. De golf van de bulbsteven dempt de golf van het schip gedeeltelijk. Een schip met een lengte van 100 meter veroorzaakt bij een bepaalde vaarsnelheid een golf met de formule:

$$h_{\text{schip}}(x) = 50 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{15}(x + 7,5)\right)$$

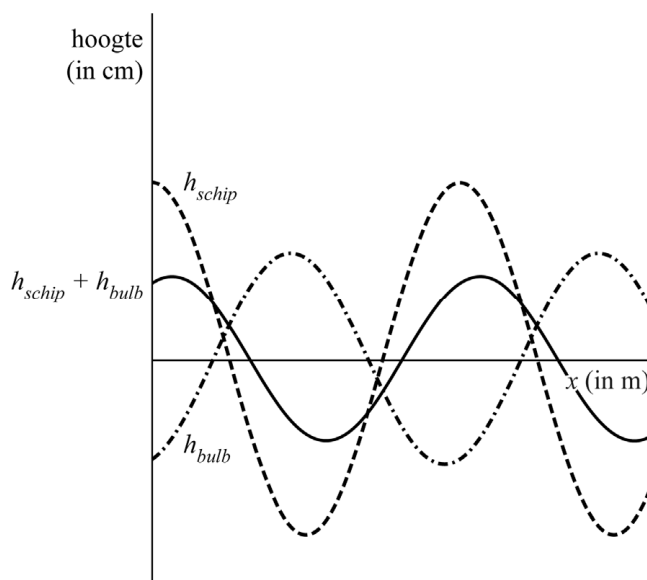
en de bulbsteven van het schip veroorzaakt een golf met de formule:

$$h_{\text{bulb}}(x) = 30 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{15}(x - 6)\right)$$

Hierbij zijn h_{schip} en h_{bulb} de hoogtes ten opzichte van de evenwichtsstand in centimeters en is x de afstand vanaf de voorkant van het schip in meters met $0 \leq x \leq 100$.

De formule die hoort bij de gecombineerde golf van het schip en de bulbsteven wordt verkregen door h_{schip} en h_{bulb} op te tellen. Zie figuur 3.

figuur 3



De amplitude van de gecombineerde golf is kleiner dan de amplitude van de golf van het schip zonder de bulbsteven.

- 4p **12** Bereken hoeveel de amplitude van de gecombineerde golf kleiner is dan de amplitude van de golf van het schip zonder de bulbsteven. Geef je antwoord in gehele centimeters.

Ga verder op de volgende pagina.