

## Opgave 1 Wind en kou

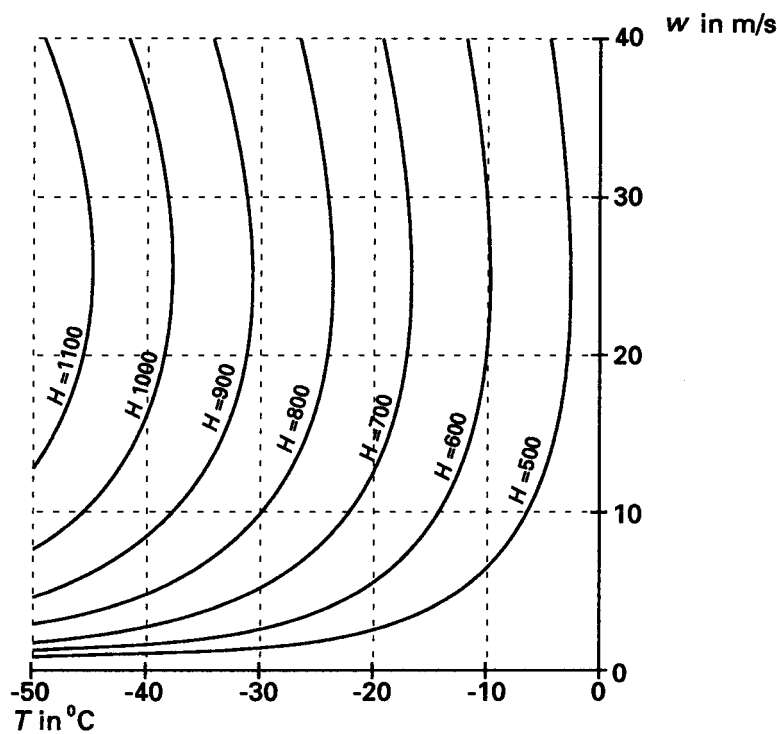
Als het gezicht van een mens bij strenge vorst ook nog aan harde wind wordt blootgesteld, kan bijzonder snel bevrozing optreden. De Amerikanen Siple en Passel behoorden rond 1940 tot de eerste wetenschappers die in Antarctica onderzoek deden naar het verband tussen het warmteverlies  $H$  van de huid, de windsnelheid  $w$  en de temperatuur  $T$ . Op grond van hun eerste metingen bij betrekkelijk lage windsnelheden stelden zij aanvankelijk een model op waarin het verband tussen  $H$ ,  $w$  en  $T$  in Antarctica beschreven werd met de formule

$$H = (4,2 + 4\sqrt{w} - 0,4w) \cdot (33 - T)$$

Hierbij wordt  $w$  uitgedrukt in meters per seconde,  $T$  in graden Celsius en  $H$  in Joule per  $\text{cm}^2$  onbedekte huid per uur.

Op grond van dit model is figuur 1 getekend; hierin is voor antarctische temperaturen ( $T = -50$  tot  $T = 0$ ) en windsnelheden tot 40 m/s een aantal iso- $H$ -lijnen getekend.

figuur 1



Op een onderzoeksstation in Antarctica wordt het werken in de buitenlucht gestaakt als  $H$  de waarde 800 overschrijdt. Volgens figuur 1 is dat bijvoorbeeld het geval bij een temperatuur van  $-30^{\circ}\text{C}$  en een windsnelheid van ongeveer 10 m/s.

- 1  Bereken met de formule in gehele graden nauwkeurig de laagste temperatuur waarbij nog in de buitenlucht gewerkt mag worden bij een windsnelheid van 15 m/s.

Uit figuur 1 volgt dat voor  $T = -20$  de maximale waarde van  $H$  ligt tussen 700 en 800.

- 2  Bereken met behulp van differentiëren hoe groot de maximale waarde van  $H$  volgens dit model is bij deze waarde van  $T$ .

Omdat het aanvankelijke model van Siple en Passel niet voor alle weersomstandigheden klopt met de realiteit in Antarctica, was een bijstelling van het model nodig.

Bij verder experimenteren ontdekten ze dat het aanvankelijke model wel klopte zolang de windsnelheid niet groter was dan 20 m/s. Als de windsnelheid vanaf 20 m/s nog verder toenam, bleek  $H$ , mits de temperatuur gelijk bleef, niet meer te veranderen.

Met deze ontdekking stelden ze hun model bij.

- 3  Leg met een figuur uit hoe de iso- $H$ -lijnen volgens het bijgestelde model moeten lopen. Kies daarbij de assen op dezelfde wijze als in figuur 1; het tekenen van een tweetal iso- $H$ -lijnen is voldoende.
- 4  Stel een formule op waarmee  $H$  in het bijgestelde model berekend kan worden bij windsnelheden van 20 m/s en hoger.

Het onderzoek van Siple en Passel heeft er toe geleid dat 's winters in de Verenigde Staten bij het weerbericht behalve de temperatuur ook de zogenaamde 'windchill-factor' ( $F$ ) wordt vermeld.

Bij  $T = -5$  en  $w = 10$  zou dan  $F = -22$  als windchill-factor vermeld worden.

Een combinatie van een temperatuur van  $-5^\circ\text{C}$  en een windsnelheid van 10 m/s voelt namelijk 'even koud' aan als een temperatuur van  $-22^\circ\text{C}$  bij vrijwel windstil weer. Voor vrijwel windstil weer houdt men  $w = 1,8$  aan. (Dit is de windsnelheid die een wandelaar ervaart bij windstil weer.)

Voor de berekening van  $F$  gaat men als volgt te werk:

- bij een gegeven temperatuur en windsnelheid berekent men volgens het bijgestelde model van Siple en Passel de bijbehorende waarde van  $H$ ;
  - daarna berekent men de fictieve temperatuur die in combinatie met  $w = 1,8$  *dezelfde* waarde voor  $H$  oplevert;
  - de windchill-factor  $F$  vindt men door de gevonden waarde van de fictieve temperatuur af te ronden op een geheel getal.
- 5  Bereken de windchill-factor voor een temperatuur van  $-10^\circ\text{C}$  en een windsnelheid van 16 m/s.