

Noodstopstrook

In bergachtige gebieden liggen naast snelwegen vaak noodstopstroken. Een noodstopstrook is een lange bak, gevuld met grind. Zie figuur 1.

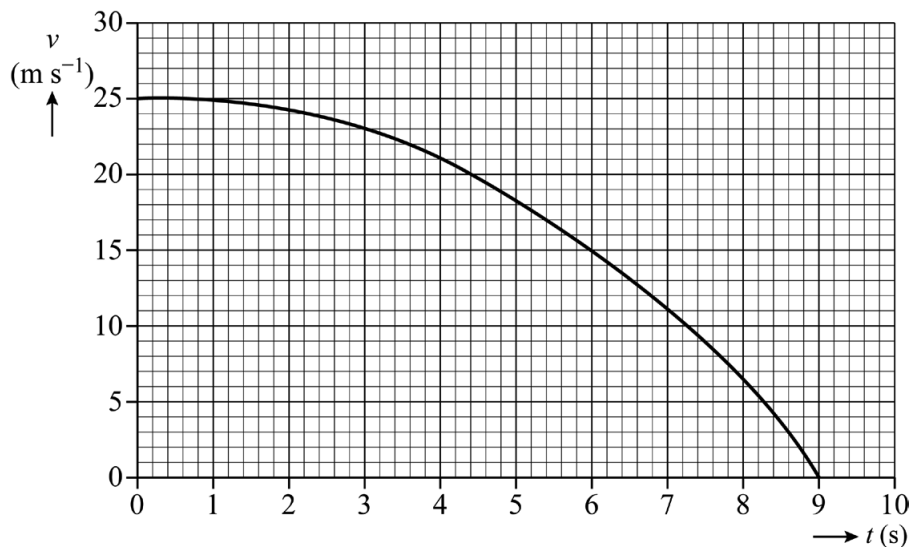
Als de remmen van een vrachtwagen tijdens het afdalen weigeren, kan de chauffeur de noodstopstrook gebruiken. Hoe verder de vrachtwagen de strook oprijdt, hoe dieper de grindlaag wordt waar de vrachtwagen doorheen rijdt. De remkracht van het grind op de vrachtwagen neemt daardoor toe.

figuur 1



Van een remmende vrachtwagen in het grind is een (v,t) -diagram gemaakt. Zie figuur 2.

figuur 2



Figuur 2 is ook op de uitwerkbijlage afgedrukt.

- 3p 6 Bepaal met de figuur op de uitwerkbijlage de minimale lengte van deze noodstopstrook. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Uit veiligheidsoverwegingen is een ontwerp-eis van een noodstopstrook dat de vertraging van de vrachtwagen niet groter mag zijn dan $0,90 \cdot g$.
Figuur 2 is nogmaals op de uitwerkbijlage afgedrukt.

- 5p 7 Toon met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan of de maximale vertraging onder de ontwerp-eis blijft. Laat in de figuur zien hoe je aan je antwoord komt.

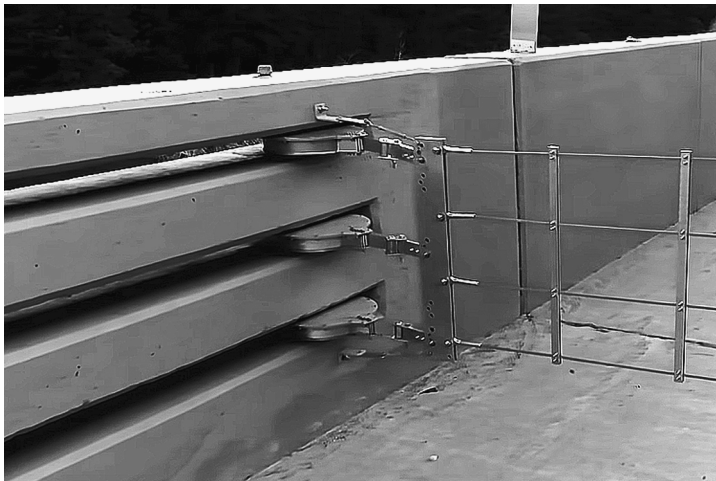
In koude gebieden kan het grind aan elkaar vriezen, waardoor de vrachtwagen er niet meer zo ver in wegzakt.

Figuur 2 is nogmaals op de uitwerkbijlage afgedrukt.

- 2p 8 Schets in de figuur op de uitwerkbijlage de grafiek voor het afremmen van de vrachtwagen onder dezelfde omstandigheden op een bevroren noodstopstrook.

In Canada is een nieuw ontwerp uitgewerkt voor een noodstopstrook waar vorst geen invloed op heeft. In plaats van grind worden vangnetten gebruikt om de vrachtwagen af te remmen. De vangnetten zitten vast aan trommels. In elke trommel bevindt zich een opgerolde stalen band waar de vangnetten aan zijn bevestigd. Zie figuren 3 en 4.

figuur 3

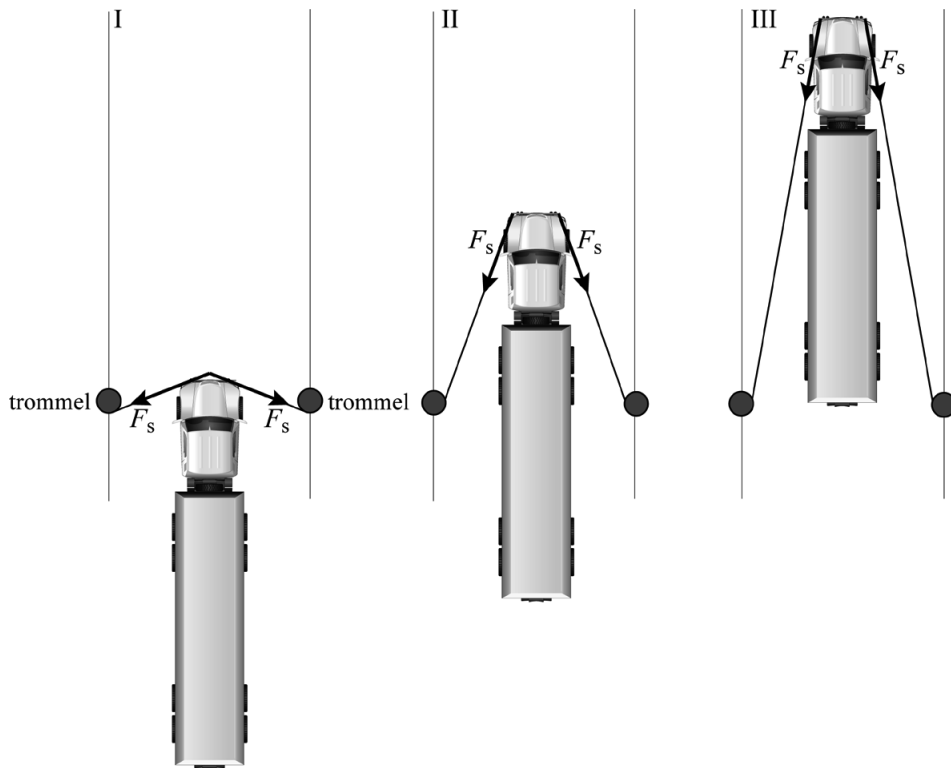


figuur 4



Als een vrachtwagen een net raakt, worden de banden uit de trommels getrokken. Iedere stalen band trekt tijdens het afrollen aan het net. Hierdoor ontstaat in het net een constante spankracht F_s . Dit is schematisch weergegeven in figuur 5. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 5



Door de constante spankracht F_s werkt er een remkracht F_{rem} op de vrachtwagen. Op de uitwerkbijlage zijn twee situaties, I en II, vereenvoudigd weergegeven. De klassieke grindstrook levert een steeds grotere remkracht als de vrachtwagen verder het grind in rijdt.

3p **9**

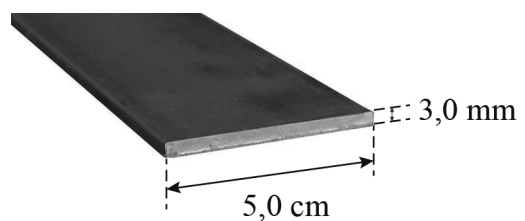
Voer de volgende opdrachten uit:

- Construeer de remkracht F_{rem} in situatie I.
- Leg uit of F_{rem} door het vangnet ook steeds groter wordt.

Een band rolt af bij een spankracht van $2,0 \cdot 10^4$ N. De band is gemaakt van roestvrij staal en wordt elastisch uitgerekt. De band is 5,0 cm breed en 3,0 mm dik. Zie figuur 6.

Een ontwerp-eis is dat de band niet te ver mag uitrekken tijdens het afremmen.

figuur 6



4p **10**

Toon met een berekening aan of de toename van de lengte door rek kleiner is dan 10%.

Door de kracht van de vrachtwagen op het net rollen de stalen banden af. Om zware vrachtwagens te stoppen, worden er meerdere vangnetten achter elkaar opgehangen. Ieder net hangt aan meerdere trommels. Iedere trommel is identiek. In figuur 7 zijn drie vangnetten in een klein deel van de noodstopstrook te zien.

figuur 7



De noodstopstrook moet zowel lichte als zware vrachtwagens veilig kunnen afremmen. Om veiligheidsredenen mag de vertraging nooit groter zijn dan $0,90\cdot g$, ongeacht het formaat van de vrachtwagen. Het eerste net is opgehangen aan minder trommels dan de overige netten.

2p 11 Leg met de tweede wet van Newton uit waarom hiervoor is gekozen.

De drie vangnetten in figuur 7 zijn bevestigd aan in totaal 16 trommels. De spankracht in iedere stalen band is constant $2,0 \cdot 10^4$ N. De lengte van iedere band is 61 m.

Tijdens een test rijdt een vrachtwagen ($m = 60 \cdot 10^3$ kg) met een snelheid van 24 m s^{-1} de noodstopstrook op.

4p 12 Toon met een berekening met arbeid en kinetische energie aan of de drie netten de vrachtwagen kunnen stoppen.