

## Ruimtelift?

Lees onderstaand artikel.

### Ruimtelift?

**Wetenschappers van de TU-Delft en ESA (European Space Agency) in Noordwijk hebben modelstudies uitgevoerd naar de haalbaarheid van een zogenaamde Ruimtelift naar geostationaire satellieten.**

Geostationaire satellieten bevinden zich namelijk op een vaste plaats boven de evenaar vanaf de aarde gezien. Een kabel tussen de aarde en een geostationaire satelliet kan niet, omdat de satelliet dan door de kabel naar beneden getrokken wordt. Maar zou een langere kabel met een contragewicht wel kunnen?

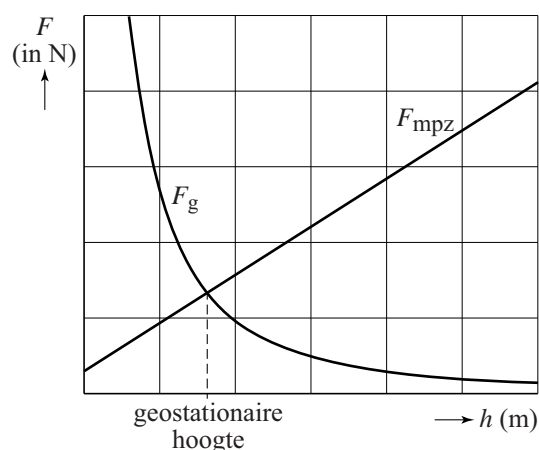
Hierover gaat de haalbaarheidsstudie naar de 'ruimtelift': langs een lange kabel duizenden kilometers omhoog klimmen. Wat je nodig hebt is een strakke kabel en een slimme manier van klimmen.



### kabel

In figuur 1 is de gravitatiekracht op een voorwerp als functie van de hoogte boven het aardoppervlak weergegeven. Ook is de middelpuntzoekende kracht weergegeven die nodig is voor dat voorwerp als het beweegt met dezelfde omlooptijd als de aarde.

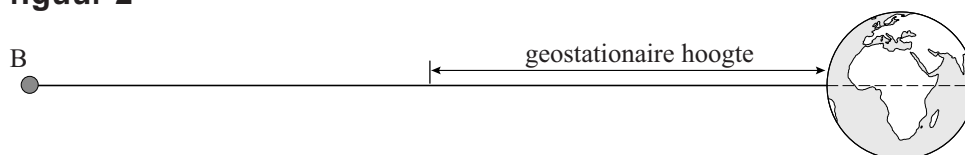
figuur 1



- 4p 5 Bereken de geostationaire hoogte.

De modelstudie gaat uit van een kabel, die veel langer is dan de geostationaire hoogte, met daaraan een grote massa B die met de aarde meedraait. Zie figuur 2.

figuur 2



- 3p 6 In dat geval staat de kabel strak gespannen. Leg dat uit met behulp van figuur 1 en figuur 2.

**klimmen**

Vervolgens hebben de wetenschappers een modelstudie gedaan naar de lift die langs de kabel naar boven zal gaan.

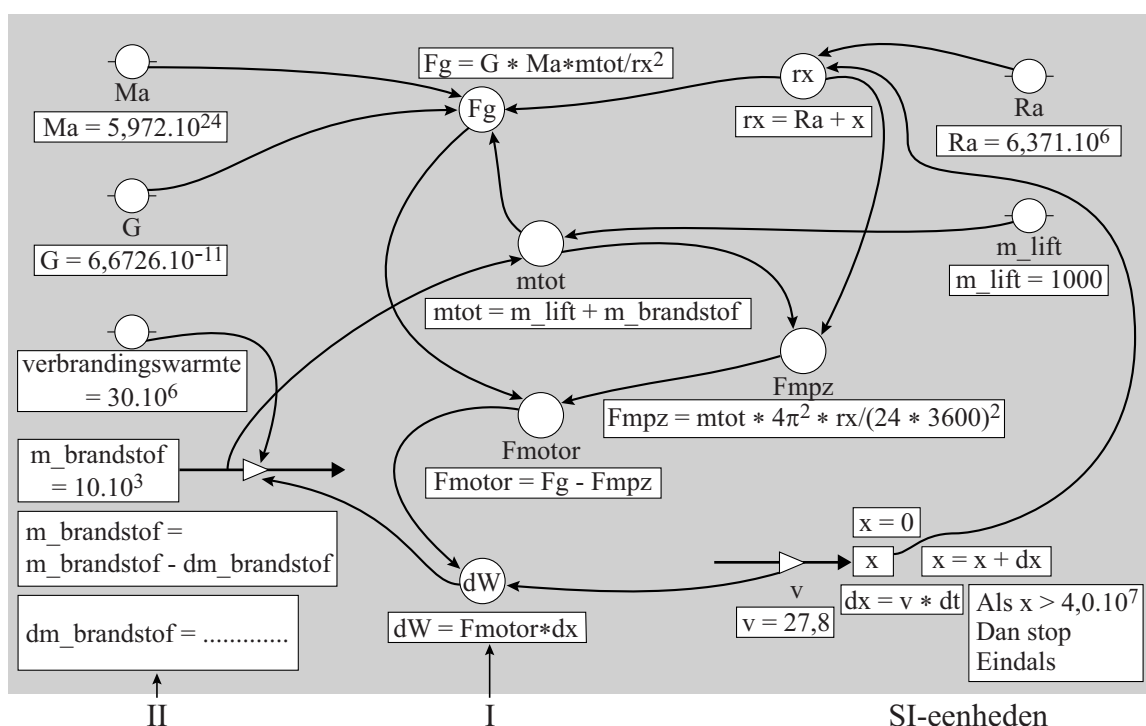
Hierbij is de lift voorzien van een brandstofmotor.

Het model berekent de massa van de aanwezige brandstof als functie van de hoogte, als de lift met **constante snelheid** omhoog beweegt.

Het model staat als tekstmodel en als grafisch model weergegeven in figuur 3 en op de uitwerkbijlage. Je kunt zelf kiezen welke je gebruikt.

**figuur 3**

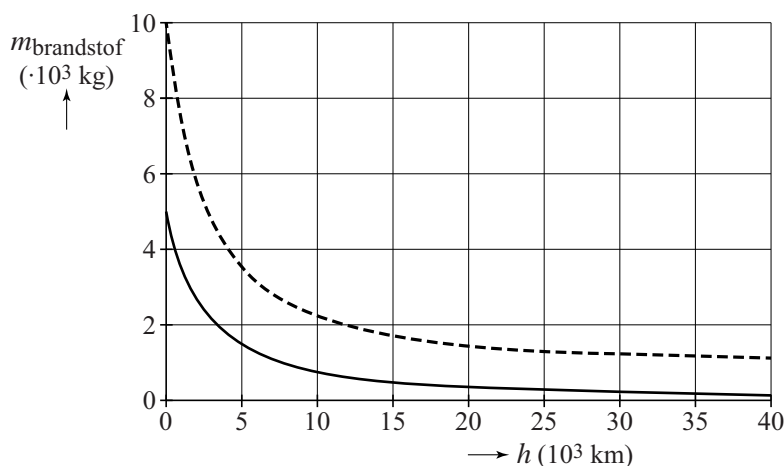
	<b>MODELREGELS</b>	<b>STARTWAARDEN in SI-eenheden</b>
1	$rx = Ra + x$	$t = 0$
2	$mtot = m\_lift + m\_brandstof$	$dt = 10$
3	$Fg = G * Ma * mtot / rx^2$	$Ra = 6,371E6$
4	$Fmpz = mtot * 4\pi^2 * rx / (24*3600)^2$	$Ma = 5,972E24$
5	$Fmotor = Fg - Fmpz$	$G = 6,6726E-11$
6	$dx = v * dt$	$m\_lift = 1000$
7	$x = x + dx$	$m\_brandstof = 10000$
8	$dW = Fmotor * dx$	$verbrandingswarmte = 30E6$
9	$dm\_brandstof = \dots\dots\dots$	$x = 0$
10	$m\_brandstof = m\_brandstof - dm\_brandstof$	$v = 27,8$
11	als $x > 4,0E7$ Dan stop Eindals	
12	$t = t + dt$	



- 3p 7 Voer de volgende opdrachten uit:
- Omschrijf wat wordt berekend in modelregel 8 (tekstmodel) / in formule I (grafisch model).
  - Vul modelregel 9 / formule II aan op de uitwerkbijlage.
  - Geef aan hoe je kunt zien aan de modelregels / formules dat de snelheid  $v$  niet verandert.

De resultaten van het model staan weergegeven in figuur 4 als de lift begint met  $10 \cdot 10^3$  kg brandstof (gestippelde lijn) en met  $5,0 \cdot 10^3$  kg brandstof (getrokken lijn). Je ziet dat bij de lift die begint met  $10 \cdot 10^3$  kg brandstof op het eind  $1,2 \cdot 10^3$  kg brandstof over is en dus  $8,8 \cdot 10^3$  kg verbruikt is.

figuur 4

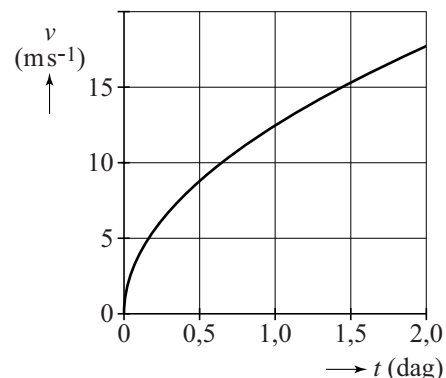


Een lift die start met minder dan  $8,8 \cdot 10^3$  kg (bijvoorbeeld  $5,0 \cdot 10^3$  kg) komt ook boven en heeft zelfs brandstof over.

- 3p 8 Leg uit dat de lift dan boven komt. Gebruik daarbij modelregels (tekstmodel) of formules (grafisch model).

Het model gaat uit van een lift met constante snelheid. In werkelijkheid kan dat niet. Volgens een ander model start de lift met voldoende brandstof vanuit stilstand en neemt de snelheid toe zoals weergegeven in figuur 5. Na 1,0 dag is de massa van de lift met brandstof gelijk aan  $6,0 \cdot 10^3$  kg. Figuur 5 staat vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

figuur 5



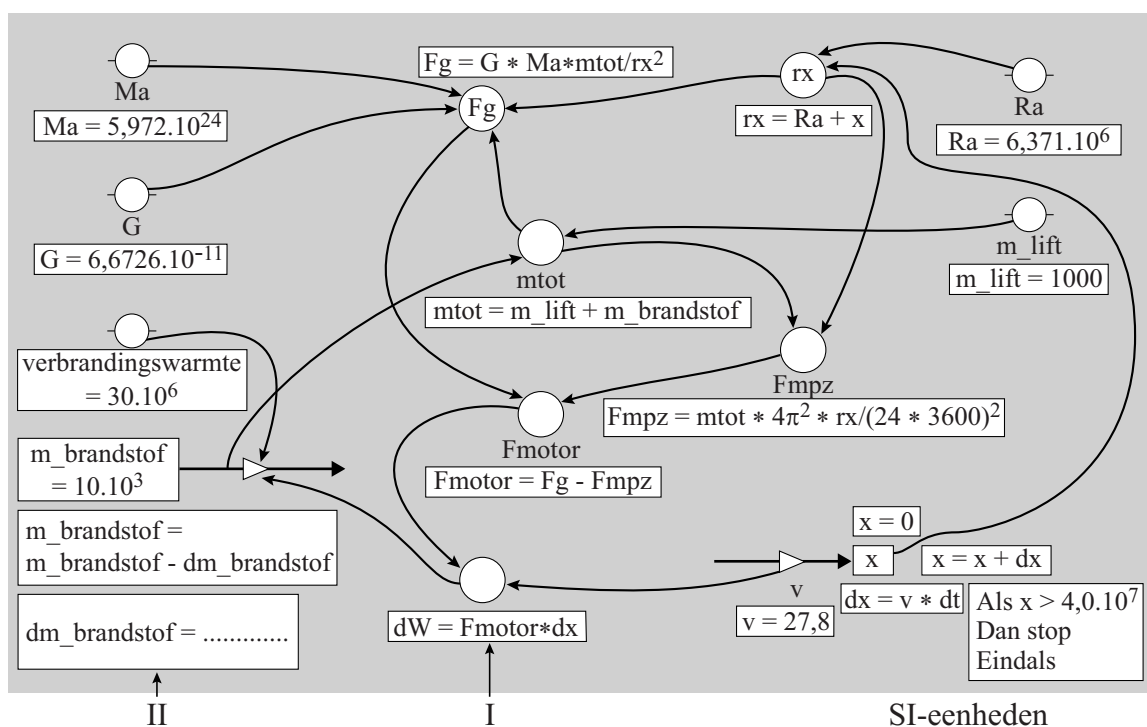
- 4p 9 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de resulterende kracht op de lift op  $t = 1,0$  dag.
- 3p 10 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de hoogte van de lift boven de aarde op  $t = 1,0$  dag.

**uitwerkbijlage**

Naam kandidaat \_\_\_\_\_ Kandidaatnummer \_\_\_\_\_

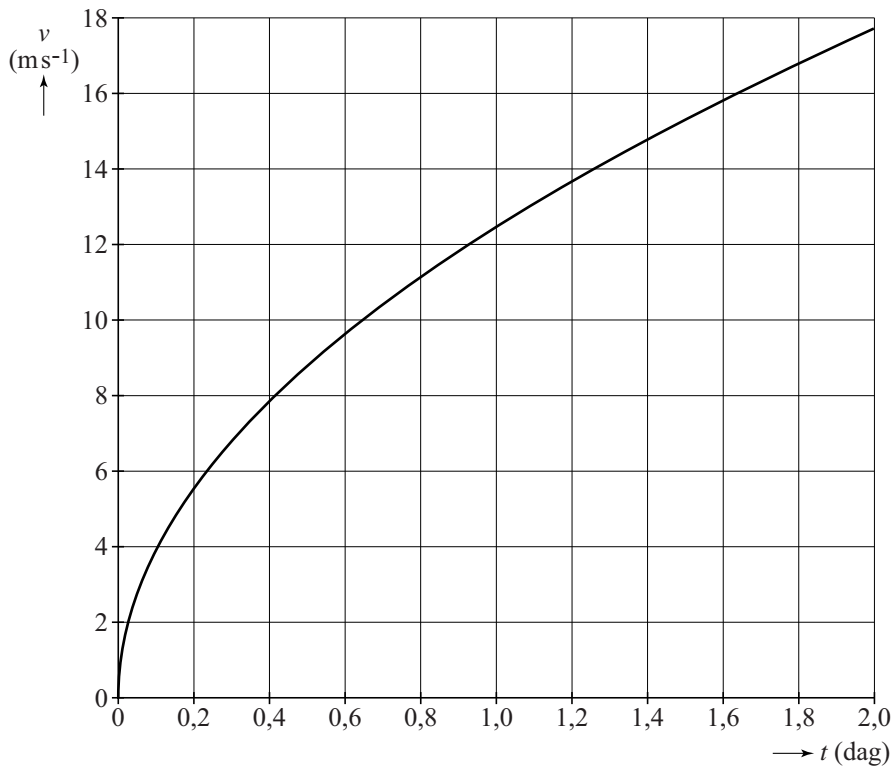
7

	MODELREGELS	STARTWAARDEN in SI-eenheden
1	$rx = Ra + x$	$t = 0$
2	$mtot = m\_lift + m\_brandstof$	$dt = 10$
3	$Fg = G * Ma * mtot / rx^2$	$Ra = 6,371E6$
4	$Fmpz = mtot * 4\pi^2 * rx / (24*3600)^2$	$Ma = 5,972E24$
5	$Fmotor = Fg - Fmpz$	$G = 6,6726E-11$
6	$dx = v * dt$	$m\_lift = 1000$
7	$x = x + dx$	$m\_brandstof = 10000$
8	$dW = Fmotor * dx$	$verbrandingswarmte = 30E6$
9	$dm\_brandstof =$ .....	$x = 0$
10	$m\_brandstof = m\_brandstof - dm\_brandstof$	$v = 27,8$
11	als $x > 4,0E7$ Dan stop Eindals	
12	$t = t + dt$	



uitwerkbijlage

9



10

