

Hatsi kD

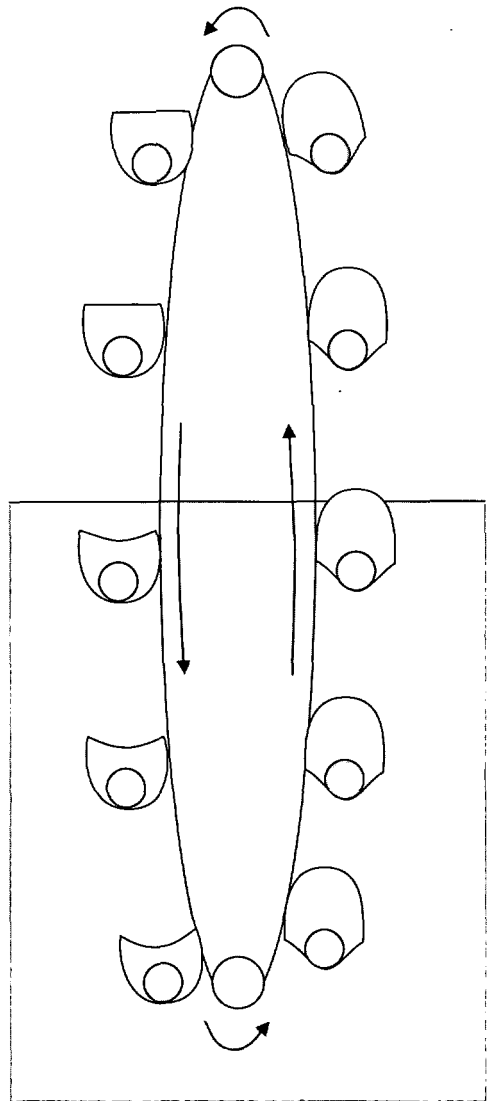
De eeuwige lopende band en de stijghoogte

Het onderstaande perpetuum mobilum heeft al heel wat mensen (ingenieurs) een tijd lang bezig gehouden. Een werkend model stond ooit op een tentoonstelling van Werktuigbouwkunde in Delft met de vraag waarom het niet werkt. Later heeft de vraag bij vrienden maanden lang op het prikbord gehangen, zonder einduitslag. Ook een discussie met een fysicus een flink aantal jaren terug bracht niet de oplossing. Het heeft inmiddels alles met stijghoogte en potentiële energie te maken en is daarom ook voor waterdeskundigen interessant. Het zou toch moeten werken? Aan de ene kant gaan de emmertjes met de zware kogel en afgedekt door een rubberen vlies naar beneden, en aan de andere kant weer omhoog, omdat bij het omkeren onderaan de onderzijde van de band de kogel in het vlies rolt, dit oprekt, waardoor het volume en dus opwaartse kracht van de emmertjes toeneemt, ergo het geheel voor eeuwig moet gaan draaien!

De vraag destijds was dus niet of deze lopende band zou gaan draaien, maar waarom hij dat niet doet. Degenen die het zelf willen uitzoeken moeten maar even niet verder lezen.

Om de vraag tot zijn essenties terug te brengen vervangen we de emmer met kogel door een cilinder met doorsnede A [m^2] met een zuiger met aanzienlijk gewicht, G [N].

Eenvoudigheidshalve is de ruimte boven de zuiger vacuüm. $p=0$. Mocht u bang zijn dat de zuiger uit de cilinder valt, breng dan een veer aan zoals in de figuur rechts. We gaan ervan uit dat de zuiger zwaar genoeg is, dat hij bij het omdraaien onderaan de lopende band in elk geval wat zakt. Dat heeft ook te maken met de druk p [N/m^2], en dus met de diepte.



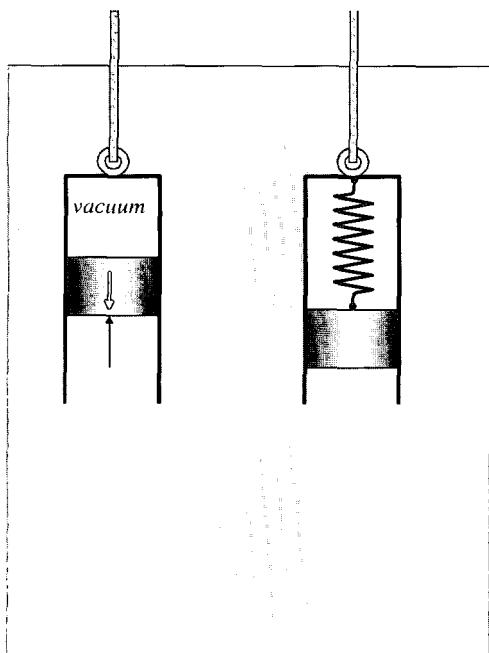
Figuur 1: Eeuwig draaiende lopende band

Als de zuiger beweegt, dan verandert de grootte van het vacuüm en de hoogte (positie) van de zuiger. De potentiële energie wijzigt als volgt: $\Delta E_p = pAr - Gr$ met r de afstand tussen de vloer en het plafond van het vacuüm in de cilinder. We winnen potentiële energie, $\Delta E_p > 0$ indien $pA > G$. Tja, dat is wanneer de zuiger stijgt in plaats van daalt. Is $pA < G$, dan valt de zuiger uit de cilinder en verliezen we dus gegarandeerd zijn potentiële energie. Is de cilinder

heel lang, dan blijft de zuiger hangen op een zodanige diepte dat $pA = G$. Dat is de diepte waarop de potentiële energie net niet verandert bij een kleine wijziging van de zuiger. Kortom als de zuiger zakt in de cilinder bij het omdraaien onderaan de lopende band, verliezen we energie. Nu dachten aanvankelijk dat juist het omgekeerde het geval was. Tja. Een veer of lucht in plaats van het vacuüm maat niets uit: Als de zuiger zakt verliezen we energie. Die losse ballen in de emmertjes vergen dus extra energie bij het ronddraaien van de lopende band; ze verliezen namelijk een beetje hoogte onderweg en dat moeten betalen door extra hijsen.

van naar waar dan ook onder water te verplaatsen. Het is ook duidelijk dat dit niet meer opgaat als de dichtheid ruimtelijk varieert.

Theo Olsthoorn



Figuur 2: Cilinder met passende zuiger.

Zelfs hydrologen kijken soms verbaasd als hun wordt gevraagd waarom stijghoogte hetzelfde is als potentiële energie en waarom al het water onder het wateroppervlak dezelfde potentiële energie heeft (mits het stil staat). Het antwoord is bijna triviaal: water weegt niets onder water, het vergt dus geen energie om een beetje daar-