

WISKUNDIGE WASBEURT VOOR **SUPERTANKERS**

Het gebeurt nogal eens dat kapiteins van tankers hun scheepsruimen stiekem op zee schoonmaken. Dat leidt onder andere tot vervuilde kusten en dode vogels.

Worden de tanks in de haven gereinigd, dan kost dat veel tijd, handen vol geld en duizenden liters water. Een ingenieur in Delft ontwikkelde echter een wasmethode die water bespaart, sneller werkt én voor schonere tanks zorgt.

Het liefst zou de ingenieur me woord voor woord dicteren. Zo bang is hij dat er fouten in de tekst worden gemaakt. De ervaring heeft hem namelijk geleerd dat er journalisten zijn die, ondanks zijn gedegen uitleg, niks snappen van het principe van de nieuwe tankwasmachine. En eerlijk gezegd kan ik daar wel een beetje inkomen als ik op een gegeven ogenblik de definitie van de Gulden Snede van een lijnstuk onder ogen krijg: de verdeling van deze lijn in twee stukken op zodanige wijze dat het kleinste deel zich verhoudt tot het grootste, zoals het grootste deel zich verhoudt tot het hele lijnstuk.



Onderzoeker Verbeek spuit de kleurvloei-stof fluoresceïne tegen de wanden van de nagebootste ladingtank voor schepen. Zolang de waterstralen van de tankwasmachine boven zijn hoofd de wanden nog niet hebben besproeid, kleuren ze gifgroen in het „black light“. Op deze wijze kan Verbeek het wasproces van achter een raam goed volgen.

Bepaald geen gesneden koek voor een alfa. Toch is het nodig te begrijpen wat die Gulden Snede bij benadering inhoudt, want dat is namelijk de clou van dit verhaal, dat begint in 1987.

In dat jaar krijgt de Technische Universiteit in Delft van het ministerie van VROM (volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieu) opdracht een onderzoek te doen naar een waterbesparend wasprocédé voor tanks. Dit als gevolg van het feit dat er een aantal wettelijke regelingen van kracht is geworden dat nogal nadelig uitvalt voor schippers van tank-schepen. In het kader van MARPOL (een inter-

nationaal verdrag om zeevervuiling tegen te gaan) worden de schippers gedwongen méér waswater in te leveren en minder op zee te lozen.

Met dat waswater, in vaktaal *slops* genoemd, is het inwendige van de enorme tanks schoon-gepoten nadat de lading is gelost. Het reinigen van een tanker van gemiddelde grootte levert al gauw een paar honderd ton van die *slops* op en daar moet de schipper dan op een zo voordelig mogelijke manier van af zien te komen. Veel keuze heeft hij daarbij overigens niet. Hij kan de *slops* op zee lozen of inleveren bij speciale havendepots.

Lozen is tot nu toe de meest toegepaste methode, maar niet de beste. Afgezien van de kwalijke gevolgen voor het milieu brengt het ook nog verspilling van brandstof en dus hoge kosten voor de rederijen met zich mee. *Slops* mogen namelijk niet zomaar overal in zee geloosd worden, dus moeten de schepen vaak een flink eind omvaren. Daar komt nog bij dat het vervuilde water een deel van de nuttige laadruimte in beslag neemt en ook dat kan een behoorlijke kostenpost opleveren. Eén enkele lozing komt zodoende op vele duizenden guldens.

Helaas voor de reders brengt de andere moge-

lijkheid om van slops af te komen geen financiële voordelen met zich mee. De Haven Ontvangst Installaties berekenen hun prijs op basis van de hoeveelheid waswater en de graad van vervuiling ervan. De prijzen liggen tussen de zeventig en zevenhonderd gulden per ton en als je die bedragen vermenigvuldigt met de hoeveelheid waswater van een gemiddelde kustvaarder, dan praten we al gauw over tienduizend gulden. De meest voor de hand liggende methode om die kosten te drukken, is beperking van de hoeveelheden slops. Vandaar de opdracht van het ministerie van VROM aan de TU in Delft om de mogelijkheden daartoe eens te bekijken.

Het Laboratorium voor Fysische Technologie van de Faculteit Technische Natuurkunde werd belast met het onderzoek — de afdeling waar ingenieur Femme Verbeek gestationeerd is.

„We moesten helemaal van voren af aan met het onderzoek beginnen, want er bleek vrijwel niets wetenschappelijks over het onderwerp tankwassen beschikbaar te zijn. Er was tot dan toe één onderzoek gedaan en daarvan luidde de conclusie dat de concentratie van afvalstoffen in het waswater logaritmisch afneemt in de tijd. Bij dat onderzoek ging het dus om concentratiemetingen van het waswater dat de tank verlaat en dát, meende ik, was een verkeerd uitgangspunt. Natuurlijk is het zo dat, als het vervuilde water op de bodem van de tank alsmaar wordt verdund door schoon water toe te voegen en vuil water af te voeren, er op den duur inderdaad geen spoorje afval meer in wordt aangetroffen. Maar wil dat dan ook zeggen dat de tankwanden schoon zijn?

Op die vraag heb ik mijn onderzoek in eerste instantie gericht. Ik ben gaan praten met mensen uit de praktijk en heb op schepen gekeken hoe dat wassen precies in zijn werk gaat. Aan de hand van die gegevens heb ik een computerrekenmodel gemaakt en daarmee heb ik kunnen aantonen dat, als je een tank snel en grondig wilt reinigen, het niet gaat om de snelheid waarmee het afvalwater de tank verlaat, maar om de snelheid waarmee het vuil van de wanden loslaat. Met deze conclusie legt Verbeek de basis voor een belangrijke vernieuwing in de tankwas-serij. Want nu is het zaak de gebruikelijke methode van tankwassen zo te verbeteren dat er minder water gebruikt hoeft te worden. De tweede fase van Operatie Tankwas bestaat dus uit een kritisch onderzoek van het effect van de tankwasmachine, in dit geval van het merk Toftejorg. En wat is daarvan de conclusie?

Als de ronddraaiende machine een aantal malen door de tanks is gegaan, blijkt een deel van de tank vier keer en een ander deel slechts één keer door de waterstralen geraakt te zijn. Een onevenredige verdeling van het water dus.

„Dat heeft te maken met het feit dat door de draaiende bewegingen van de Toftejorg de waterstralen steeds een stukje opschuiven,“ legt Verbeek uit. „Je moet daarbij twee bewegingen onderscheiden. De spuitmonden die verticaal om hun as draaien én het lichaam van de Toftejorg dat horizontaal om zijn as draait. Door het draaien van de spuitmonden wordt er in een 8-vorm water tegen de wanden gespoten.



Boven: Verbeek in de onderzoekstank aan de TU-Delft. De proeven in deze tank volgden op een simulatie-onderzoek met de computer.

Rechts: Toch gaat er niets boven de werkelijkheid. Hier spuit Femme Verbeek in de reusachtige tank van een splinternieuwe chemicaliëntanker de wanden schoon. Om de wasresultaten te kunnen waarnemen bleef hij ook in deze tank wanneer de sproeimachine aan het werk was. Aan de trapleuning hangt de „black light“.

Onder: Twee tankers lossen hun slops bij Tankerclaaning Rotterdam. De tarieven zijn gebaseerd op de hoeveelheid vuil water. De nieuwe, zuinige wasmethode maakt lossen in de haven hopelijk aantrekkelijker dan lossen in de toegestane wateren.



Als de waterstralen bij hun beginpunt zijn beland, zorgt de beweging van het lichaam van de machine ervoor dat de straal een stukje wordt opgeschoven. De tweede ronde van de straal begint dus op korte afstand van de ronde die de eerste straal heeft gemaakt, en zo verder tot er een hele cyclus door de tank is afgelegd. Dan begint de straal weer bij het begin, net zo lang tot de hele tank schoon is.

Nu is uit proefnemingen gebleken dat de beweging van de machine dusdanig is dat bepaalde delen van de tankwanden wel en andere delen niet tijdens elke cyclus geraakt worden. En dat kan betekenen dat de machine vier complete cycli moet afleggen, terwijl er na de eerste cyclus nog maar één vierkante meter wand vuil is. Pure waterverspilling dus en dat was nou net het gegeven waarnaar Verbeek op zoek was.

Hiermee zijn we beland bij de clou van het verhaal: de Gulden Snede. Verbeek wist door een aanpassing van de tandwieloverbrenging in de Toftejorg de beweging van de tankwasmachine zo te veranderen dat er een evenwichtiger sproeipatroon ontstaat. „Wat je met zo'n tankwasmachine wilt bereiken, is dat alle plaatsen even goed gewassen zijn. Dat betekent dus dat je dáár moet spuiten waar je de meeste rommel verwacht en dat is niet naast de zojuist gemaakte baan, maar precies tussen twee al gemaakte banen in. En dat gebeurt dus door de verhouding van de Gulden Snede toe te passen.“

In de praktijk betekent dit dat de waterstralen niet steeds een stukje opschuiven, maar hun nieuwe baan afleggen over het tot dan toe grootste, nog onbesproeide deel van de wanden. Deze nieuwe wasmethode kan een



ven: De sproeimachine waarmee de tanks worden gewassen bestaat uit twee sproeimonden die draaien om een horizontale as. Sproeimonden en rotor zijn draaibaar om een verticale as.
arboven: Op deze manier maken de sproeimonden een achtvormige beweging in de ruimte. De beweging is zodanig dat de „acht” steeds iets verschuift. Alleen de boven- en onderkant worden telkens in hetzelfde punt gepasseerd.

besparing tot maar liefst dertig procent opleveren. Neem bijvoorbeeld een niet al te hardnekkig produkt als wijn. Als dat uit de tank gewassen moet worden, is één cyclus met de nieuwe tankwasmachine voldoende, terwijl de conventionele machine er veel langer voor nodig heeft om de hele tank te wassen. En dat allemaal dank zij de Gulden Snede. Deze belangrijke ontwikkeling wil echter niet zeggen dat Verbeek nu een punt achter zijn onderzoek zet. Hij heeft nog het een en ander aan projecten op zijn verlanglijstje staan en verwacht daar nog zeker twee jaar zoet mee te zijn.

„De bestaande wastechiek kan namelijk op een aantal punten verbeterd worden en daarvan heb ik er nu pas één te pakken. Iets heel anders is bijvoorbeeld het feit dat de Toftejorg ooit is ontworpen om naar alle richtingen te spuiten, 360 graden de ronde in, en daarbij heeft men geen rekening gehouden met de vorm van de tank. De dichtheid van het banenpatroon is niet in alle richtingen even groot. Zo kruisen boven en onder de machine alle banen elkaar en ook dat is uiteraard niet erg economisch. Ik heb zelf een computersimulatieprogramma

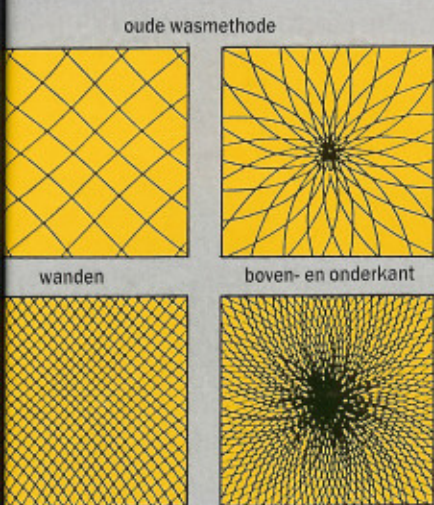
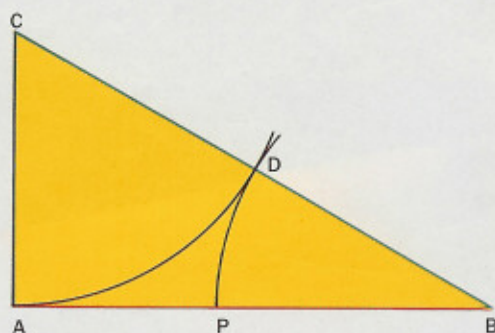
bedacht, waarmee ik de verdeling van de dichtheid van het patroon op de wand zichtbaar kan maken. Ik kan dus zien hoeveel water welke richting op wordt gesproeid en wat de effecten daarvan zijn in combinatie met de vorm van de tank; welke plaatsen worden er wel bereikt en welke niet? Ik kan met mijn programma ook berekenen wat de beste plaats voor de sproeimachine is en ik kan er zelfs andere machines mee ontwerpen door andere gegevens in de voeren en vervolgens de effecten ervan te meten.”

Er bestaat een andere vorm van tankwassen die volgens Verbeek zeker de moeite van het onderzoeken waard is, het zogeheten tegenstrooms-wassen. Het gaat hier om een methode waarbij het waswater wordt hergebruikt. Dat werkt als volgt: tank nummer één is weinig vervuild en wordt met fris water gewassen tot hij helemaal schoon is; het niet erg vervuilde water wordt gebruikt voor de eerste wasbeurt van tank nummer twee, die een wat kwalijker lading heeft bevat; vervolgens wordt het nu sterk vervuilde waswater overgepompt naar tank nummer drie om het ergste vuil van de wanden te spuiten. Hierna wordt het water

D E • G U L D E N • S N E D E • I N • D E • W I S K U N D E

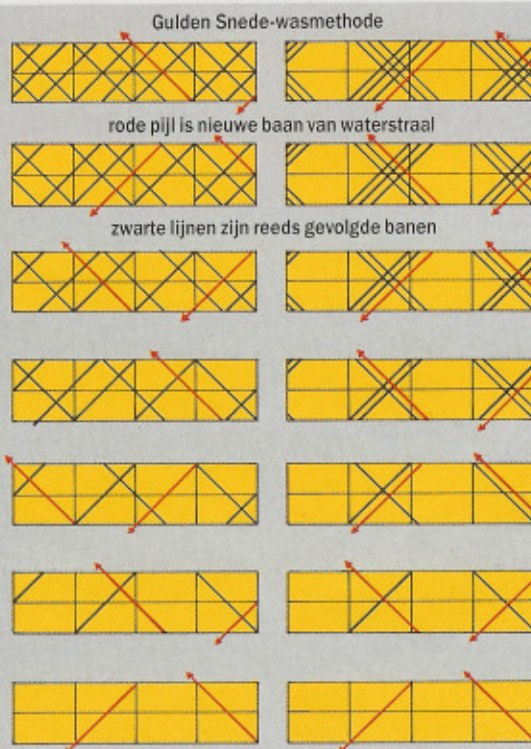
In de wiskunde verstaat men onder de gulden snede de verdeling van een lijn in twee ongelijke stukken. Het kleinste stuk verhoudt zich tot het grootste stuk zoals het grootste stuk zich tot het hele stuk verhoudt.

De constructie is eenvoudig. Construeer een rechthoekige driehoek waarvan de kortste rechthoekszijde AC gelijk is aan de helft van de langste rechthoekszijde AB. Punt D vindt men door AC af te passen op BC. Punt P (het punt dat AB in de ideale verhouding verdeelt) vindt men tenslotte door BD af te passen op AB. AP noemt men de minor (de kleinste), PB de major (de grootste).
 $AP:PB = PB:AB = 1:1,61803$



ven: De situatie na één keer (boven) en na vier keer (onder) wassen. De onder- en bovenkant zijn gelijkmatig besproeid, terwijl voor het volledig nagaan van de wanden vier wasbeurten nodig zijn.

chts: De vier tankwanden uitgeklat. Na een gelijk aantal passages heeft de nieuwe wasmethode de wanden gelijkmatig besproeid, terwijl met de oude methode pas de helft is gewassen.



afgevoerd naar de Haven Ontvangst Installatie.

Tank nummer twee neemt nu de plaats in van tank nummer één, tank nummer drie wordt nummer twee, een nieuw, sterk vervuild exemplaar wordt nummer drie en de volgende fase van het tegenstrooms-wassen kan aanvangen.

Deze op het eerste gezicht bijzonder aantrekkelijke wasmethode heeft ook zijn nadelige kanten, zo blijkt uit de woorden van Verbeek. „Een van de voorwaarden is bijvoorbeeld dat er voldoende tanks beschikbaar zijn die gereinigd moeten worden. Daar komt nog bij dat je het waswater van de ene tank niet voor elke andere tank kunt gebruiken.

Mengen van twee stoffen kan in bepaalde gevallen namelijk een produkt opleveren dat veel schadelijker voor het milieu is dan die twee stoffen apart. En aangezien de Haven Ontvangst Installaties hun prijs niet alleen berekenen aan de hand van de hoeveelheid waswater, maar ook aan de hand van de vervuiling, kan dat betekenen dat je door het mengen van twee verschillende produkten uiteindelijk vijf keer zo duur uitkomt. En op zo'n wasmethode zitten de reders natuurlijk niet te wachten.”

Tekst: Sylvia Vermeulen