

Oceanografische en meteorologische invloeden
op het gedrag van olieverontreinigingen

door Ir. L. Otto

De volgende beschouwingen zijn uitsluitend gebaseerd op oceanografische en meteorologische overwegingen. Bij het probleem van een effectieve beperking van vervuiling spelen uiteraard ook andere factoren een rol. Het is mogelijk dat in bepaalde gevallen verder onderzoek van de oceanografische en meteorologische omstandigheden bepaalde wijzigingen in de beschouwing zullen brengen. Waarschijnlijk zullen dit geen essentiële wijzigingen zijn. In de eerste plaats zijn echter, voor de beoordeling van de mate waarin een gebied door olieverontreiniging wordt bedreigd, de actuele rapporten (positief of negatief) van belang. Immers, zoals al gezegd, ook andere dan oceanografische en meteorologische factoren zijn van invloed en ook kunnen lokale omstandigheden het globale beeld beïnvloeden. Verder is er nog te weinig bekend over het gedrag van de olie op zee.

In de beschouwingen is uitsluitend de aandacht gevallen op de kustgebieden. Andere kwetsbare gebieden (visgronden, vogelrijke zeegebieden) zijn uiteraard ook van belang, maar voor een beschouwing zou eerst moeten worden vastgesteld welke gebieden hieronder vallen.

De volgende twee uitwerkingen van oceanografische en meteorologische factoren op olieverontreinigingen moeten worden beschouwd:

1. Transport van verontreinigingen door stromen of wind;
2. Desintegratie van verontreinigingen.

Over de onder 2 genoemde uitwerkingen is weinig concreets bekend. Verwezen wordt naar de volgende gegevens:

§§ 30 t/m 36 van het "Faulkner Report" (1953) geeft de volgende informatie:

Stookolie ("fuel oil") is zeer stabiel en verspreidt zich na verloop van tijd tot een "emulsoid film". In proefopstellingen bleek een olieverontreiniging na zeer lange tijd niet verdwenen te zijn en bleek een uiterst dun oliefilmje nog verontreinigingen te kunnen veroorzaken.

"Der Seewart" 16-5, 1955, pp. 180-182:

Vervuiling op Sylt, toegeschreven aan olie, afkomstig van de "Gerd Maerak" (17-2-1955), bleek in juli nog op het strand te constateren. In dit geval is echter sprake van vervuiling die op het strand achterblijft en niet ontbindt of door de zee weer wordt weggevoerd.

Hoewel het zeer wel mogelijk is dat er meer gegevens bestaan over de persistentie van olieverontreinigingen en speciaal van die op zee, lijkt er toch in het algemeen over deze zaak nog weinig bekend te zijn. Aangenomen zal worden dat bepaalde soorten olie óf in het geheel niet, óf slechts zeer langzaam verdwijnen, hetzij door chemische of biologische ontbinding, hetzij door verdamping of door zinken naar de zeebodem.

Wanneer echter op de lange duur een zekere desintegratie van olie-verontreiniging kan worden aangenomen, dan lijkt het redelijk een hoge mate van menging als een positieve factor te zien. Deze menging zal in de eerste plaats kunnen worden verwacht van een sterke zeegang of eventueel deining. En wanneer in transportbeschouwingen een krachtige wind een ongunstig effect zal hebben, dan moet een mogelijke gunstige werking door versterkte menging niet worden vergeten.

Bij beschouwingen over het transport van verontreinigingen komen de volgende twee punten naar voren:

1. Hoe groot is de kans dat een op een bepaald punt in zee gestorte hoeveelheid olie binnen een bepaalde tijd een kwetsbaar gebied (kusten, visgronden, concentratiegebieden van vogels) bereikt?
2. Hoe groot is voor een bepaald kwetsbaar geacht gebied de verversing van het water?

Vraag 1 beschouwt het probleem vanuit de gezichtshoek: hoe houdt men een kwetsbaar gebied zo goed mogelijk schoon, aannemende dat na een bepaalde tijdsduur de olieverontreiniging verdwenen, dan wel zo verdund is, dat geen schade wordt gevreesd?

Vraag 2 beschouwt het probleem vanuit de gezichtshoek: hoe kwetsbaar is een bepaald gebied voor accumulatie van verontreinigingen? Deze vraagstelling is van belang als men de mogelijkheid van desintegratie van verontreinigingen als zeer gering of afwezig veronderstelt.

Doorgaans zullen beide vragen niet met 100% zekerheid zijn te beantwoorden. Voor een oplossing stuit men op de volgende problemen.

- a) Moet men rekenen met een transport van olie door de stroom, door de wind, of door een combinatie van beide? Hoe gedraagt een olie-laag op het water zich onder invloed van de wind? (overdracht van energie van de wind op de olie en op het water, afwijkingshoek tussen drijfrichting en windrichting).
- b) Als men met wind of stroom rekent, is het dan een aanvaardbare vereenvoudiging om de gemiddelde of overheersende wind (snelheid en richting) te gebruiken, of geeft dit een te sterk vervalst beeld?
- c) Zijn de te gebruiken stroomgegevens representatief voor de bovenste waterlaag? De meeste stroomgegevens zijn afkomstig van scheepswaarnemingen en hebben dus betrekking op een enkele meters dikke waterlaag.
- d) Bij gebruik van gegevens uit onderzoeken met drijfflessen en drijvende enveloppen heeft men zich af te vragen of de olie zich op dezelfde wijze ten opzichte van wind en stroom gedraagt en of de "levensduur" van een fles of enveloppe in zee vergelijkbaar is met die van een olievlek. Verder zijn hier de voor onderzoek met drijfflessen of drijvende enveloppen steeds geldende bezwaren van kracht, als b.v. de onzekerheid over de juiste gevolgde route en de tijdsduur vóór het vinden aan de kust doorgebracht.

Hierna zullen de verschillende "prohibited zones" aan een nader onderzoek worden onderworpen. Over het vraagstuk van een breedte van deze zones van 50 of 100 mijl uit de kust is van oceanografisch standpunt weinig meer te zeggen, dan dat de omstandigheden zo sterk verschillen van plaats tot plaats, dat het zeer wel denkbaar is dat een 50 mijls zone in het ene geval een afdoender bescherming voor het betrokken kustgebied oplevert dan een zone van 100 mijl of meer in een ander geval.

De "prohibited zones" zijn te verdelen in twee groepen:

- a) min of meer "open" zeegebieden;
- b) min of meer afgesloten zeegebieden.

De groep a) zal hier eerst worden behandeld, waarbij voor elke zone zo mogelijk achtereenvolgens de nadruk zal vallen op:

- 1) korte beschrijving van heersende stroom, wind en eventuele andere zaken van belang;
- 2) stroominvloeden op de beweging van olie;
- 3) windinvloeden op de beweging van olie;
- 4) eventuele resultaten van onderzoek met drijfvliesen e.d.;
- 5) mogelijke effecten van voorgestelde wijzigingen.

I. N.W. Atlantische Oceaan

1. De stroom is O tot NO gericht, vrij constant wat richting betreft, afbuigend in het N naar Noorwegen en IJsland, in het Z langs de Spaans-Portugese kust naar het Z en ZW.

De winden zijn overwegend westelijk, in bepaalde jaargetijden meer ZW of meer NW.

Intensieve menging mogelijk door hoge stormfrequentie.

2. Stroominvloeden zijn weergegeven in de kaartjes C (predicted oil drift) van het Faulkner Report. De bij constructie van deze kaartjes gebruikte gegevens zijn op stroomwaarnemingen door schepen gebaseerd en hebben dus betrekking op een enkele meters dikke oppervlaktelaag. De overheersende stroomrichting is gebruikt, dus de variabiliteit van de stroom is niet in rekening gebracht. De werkelijke oliebeweging kan dus in bepaalde gevallen afwijken van de in het Faulkner Report weergegeven verplaatsing.
3. De variabiliteit van de windrichting en windkracht, zowel wat maandgemiddelde als wat de individuele situaties betreft, maakt het zeer wel mogelijk dat olie ten noorden en ten zuiden van de "prohibited zone" de Britse kustwateren kan bereiken.
4. Van de onderzoekingen met plastic enveloppen, in 1959 uitgevoerd, zijn enkele gegevens gepubliceerd, waaraan ontleend kan worden dat de wind een belangrijke invloed op de beweging van de oppervlaktelagen heeft (snelheid ong. 2% van de gradiëntwind, richting ongeveer dezelfde als de windrichting). De tijden die de enveloppen onderweg zijn geweest zijn soms langer, enkele malen ook korter dan de kaartjes van het Faulkner Report doen verwachten. Van

gebieden die volgens deze kaartjes waarschijnlijk geen bijdrage tot olievervuiling zullen geven (ten N en Z van de verboden zone) bleken ook enveloppen te zijn aangespoeld.

5. Op grond van de kaartjes van het Faulkner Report en op grond van op windtransport gebaseerde berekeningen lijkt het te verwachten dat een uitbreiding van de verboden zone tot 40° W.L. een toename van de reisduur van ten westen van de zone uitgepompte olie zal opleveren van 30 à 40 dagen; dit is een verlenging van de reisduur met omstreeks 40%.

II. Golf van Biskaje

1. De stroom aan de westzijde van de Golf van Biskaje is naar binnen gericht. Het water verlaat de Golf enerzijds via de zuidkust van Bretagne, om bij Ouessant om te buigen naar het Kanaal (zwakke stroom); anderzijds langs de Spaanse N.-kust, om bij Kaap Finisterre naar het zuiden te buigen. De wind heeft een voorkeur voor NW (naar het land gericht).
2. Rekenend met stroomgegevens die gebaseerd zijn op de temperatuur- en zoutgehalteverdeling werden kaartjes ontworpen, analoog aan de "predicted oil drift charts" van het Faulkner Report. Hierbij werd uitgegaan van de 50 mijls zone. Volgens deze kaartjes zou olie die in de Golf uitgepompt is binnen 50 dagen de 50 mijls zone kunnen bereiken.
3. Op grond van de overheersende winden is in het algemeen eveneens een verontreiniging van de kust door de Golf uitgepompte olie te verwachten, met vermoedelijk nog sneller transport.
4. Enkele Franse onderzoeken met drijfflessen en drijvende enveloppen zijn uitgevoerd in de jaren 1951 tot 1955. Hieruit bleek een transport binnen 20-40 dagen naar de kust. Uit het gebied ongeveer ten zuiden van 46° N en ten westen van 6° W bleken relatief weinig drijvers de kust te bereiken.
5. Van de voorgestelde uitbreiding van de verboden zone in de Golf van Biskaje kan een verlenging van de reisduur van uitgepompte olie tot de kust verwacht worden van ongeveer 40 tot 50 dagen.

III. Oostkust U.S.A.

1. Het water in deze zone ligt ten westen van de Golfstroom, die van Kaap Hatteras in ongeveer ONO richting loopt tot ten zuiden van New Foundland. De preciese baan van de Golfstroom is niet te geven, daar er voortdurend meanders in de stroom ontstaan; de Golfstroom ligt hier echter overal op meer dan 100 à 150 mijl uit de kust. Het water ten noorden en westen hiervan stroomt naar het ZW. De windrichting is variabel, maar meest tussen ZW en NW.
2. De stromen in dit gebied zijn zodanig, dat behalve in de Golf van Maine doorgaans gemiddeld een zwakke afluiddige component van de

stroom aanwezig is. In de Golf van Maine is de stroom vaak zodanig dat in enkele tientallen dagen het oppervlaktewater van de ingang van de Golf binnen de 50 mijls zone terecht gekomen kan zijn. Dit afgezien van de getijbeweging die hier belangrijke stromen veroorzaakt.

3. Hoewel de wind overwegend aflagdig is, is toch voor ongeveer $\frac{1}{3}$ van het aantal gevallen de wind naar de kust gericht.
4. Aan de Amerikaanse O.-kust zijn verschillende malen drijfvliesonderzoekingen verricht, vooral in de Golf van Maine. Een percentage van ongeveer 5 tot $17\frac{1}{2}\%$ werd hier teruggemeld. Een van de conclusies is reeds onder 2 vermeld.
5. De grens van de N.W. Atlantische zone, zoals door de Ver. Staten voorgesteld, valt ongeveer samen met de uiterste grens tot waar de Golfstroom-meanders zich uitstrekten. Het lijkt waarschijnlijk dat een dergelijke zone een goede bescherming oplevert voor de Amerikaanse oostkust. Van olie buiten deze zone is voor de Amerikaanse kust weinig nadeel te verwachten.

IV. Arabische Zee

De stromen aan de westkust van India zijn van maart tot september (ZW moesson) langs de kust naar het zuiden, van november tot januari (NO moesson) naar het noorden. Tijdens de eerste periode is de wind naar de kust gericht, tijdens de tweede periode van de kust af.

Verdere gegevens zijn niet zodanig dat dit tot verdere beschouwing aanleiding geeft.

V. Golf van Bengalen

Van maart tot september lopen de stromen van de kust af en naar het noorden, van november tot januari zijn zij naar de kust en naar het zuiden gericht. Voor de winden geldt: van maart tot september aflagdig, van november tot januari oflagdig. Ook hier zijn de verdere gegevens niet zodanig dat een nadere beschouwing mogelijk is.

In de meer afgesloten zeegebieden is behalve de hiervoor aangeronde punten ook van belang de vraag hoe lang een bepaalde verontreiniging gemiddeld in het zeegebied zal blijven. Voor elk zeegebied is uiteraard de aangevoerde hoeveelheid water (binnenstromend van de oceaan, aanvoer door rivieren, neerslag) gemiddeld gelijk aan de afgevoerde hoeveelheid (naar de oceaan stromend en verdamping). Kent men deze waarde en de inhoud van het zeebekken, dan is de gemiddelde verblijftijd van het water in dit gebied te berekenen. Of de werkelijke verblijftijd van een watermassa deze gemiddelde verblijftijd benadert hangt af van de mate van menging in het zeegebied.

Wanneer we te maken hebben met aan het oppervlak drijvende verontreiniging als olie, dan is de verticale menging afwezig en komen we er niet

met deze beschouwing. De vraag is dan, of de instromende en uitstromende waterhoeveelheden meer langs of meer over elkaar schuiven.

Wanneer in het zeegebied neerslag en rivieraanvoer meer zijn dan de verdamping, is het uitstromende water minder zout dan het instromende water en (afgezien van temperatuursinvloeden) lichter. Het uitstromende water kan dan geheel of gedeeltelijk over het instromende water heen stromen, waardoor eventuele olie sneller wordt afgevoerd dan aangevoerd. Het omgekeerde is het geval bij overheersen van de verdamping boven de neerslag en rivieraanvoer. In het laatste geval is er een tendens tot accumuleren van oppervlakteverontreiniging (mits andere factoren niet de desintegratie bevorderen), in het eerste geval is deze tendens niet aanwezig (mits de rivieren geen overmaat aan verontreiniging aanvoeren).

Voor de volgende zeegebieden zal nu zo mogelijk achtereenvolgens worden nagegaan:

- 1) overheersende stroom, wind en eventuele andere van belang zijnde oceanografische gegevens;
- 2) stroominvloeden op de oliebeweging;
- 3) windinvloeden op de oliebeweging;
- 4) eventuele resultaten van onderzoek met drijfflessen e.d.;
- 5) waterhuishouding van het zeegebied;
- 6) mogelijke effecten van voorgestelde wijzigingen.

VI. Noordzee

1. De stromen in de Noordzee zijn, behalve in het N.O. deel, overwegend getijstromen. Behalve de getijstromen is er een veel zwakkere netto waterbeweging. Deze zgn. reststroom is sterk variabel (windinvloed). Gemiddeld loopt deze stroom tegen de draaiing van het uurwerk rond. Verder stroomt water binnen via het Kanaal, terwijl een min of meer geïsoleerde stroom uit de Oostzee langs de Noorse kust loopt. De wind is sterk variabel, hoge windkrachten en sterke getijbeweging veroorzaken vooral in de ondiepere gedeelten een sterke menging.
2. De veranderlijkheid van de stroom maakt dat hierover weinig te voorspellen is. Door de circulatie tegen de klok in lopen de oostelijke kusten de grootste kans dat hier na verloop van tijd drijvende verontreiniging zal terecht komen. Door het tamelijk zelfstandig karakter van de zgn. Baltische stroom langs de Noorse kust is wellicht hier minder kans op verontreiniging vanuit de rest van de Noordzee.
3. De winden zijn variabel, dus ook hier geen goede voorspelling mogelijk. Het overwegen van windrichtingen tussen NW en ZW maakt de continentale kust kwetsbaarder dan de Britse.
4. Verschillende malen zijn in de Noordzee drijfflesonderzoekingen verricht. Van belang zijn resultaten van in de jaren 1920 en 1921 uitgevoerde onderzoekingen, met als uitzettingspunten

voor de drijfflessen diverse lichtschepen. Het totale terugmeldingspercentage was 67,4%. Vooral de resultaten van het toenmalige l.s. "Doggersbank Zuid" ($54^{\circ}45' N$ $3^{\circ}58\frac{1}{2}' O$), dus aan de rand van de huidige "verboden zône", zijn interessant. Van de hier uitgeworpen flessen werd ongeveer 60% teruggemeld, de plaatsen waar de flessen aanspoelden liggen vanuit het lichtschip gezien in de richtingen van NNO via O tot Z.

5. Men heeft geschat dat omstreeks 27000 km^3 water per jaar uit de oceaan en het Kanaal de Noordzee binnenkomt. Uit het Skagerrak komt netto $500 \text{ km}^3/\text{jaar}$. Dit betekent een totale hoeveelheid water van ongeveer de helft van het volume van de Noordzee. De aanvoer van zoet water overtreft de verdamping, zodat dus de oppervlaktestroom naar buiten die naar binnen toe overtreft. De gemiddelde verblijftijd voor de totale watermassa is ongeveer 2 jaar, voor het oppervlaktewater is te verwachten dat dit minder dan 2 jaar zal zijn.
6. Het is te verwachten dat een tot verboden zone verklaren van de hele Noordzee een belangrijke verbetering zal geven vergeleken met de bestaande toestand.

VII. Oostzee

1. De stromen staan sterk onder invloed van het windveld, getijstromen zijn afwezig of zeer zwak. De wind is zeer variabel in richting en sterkte. De neerslag en rivieraanvoer overheersen sterk over de verdamping.
2. 3. Het is te verwachten, ook al door de overal geringe afstanden tot de kust, dat olieverontreinigingen uit zee vrij snel aan de kusten kunnen komen. De variabiliteit van wind en stroom maakt een algemene berekening echter niet mogelijk.
4. Drijfflesonderzoekingen in dit gebied zijn de samensteller van dit verslag niet bekend.
5. Gemiddeld is de stroom in de Sont en de Belten naar buiten gericht. Onder bepaalde omstandigheden kan de stroom wel eens omkeren. Het veel zoutere Noordzeewater heeft echter de neiging naar de bodem te gaan en daar min of meer geïsoleerd te blijven. Uitgaande van een gemiddelde netto uitstroming van $500 \text{ km}^3/\text{jaar}$, van een zoutgehalte bij de Deense wateren van 10 tot 15‰ van de oppervlakte en van 20 tot 25‰ van de bodem, is een ingaande stroom van 500 à $750 \text{ km}^3/\text{jaar}$ en een uitgaande stroom van 1000 à $1250 \text{ km}^3/\text{jaar}$ te berekenen.

Wanneer een goede verticale menging van het oppervlaktewater over 10 m dikte plaatsvindt, dan volgt uit het oppervlak van de Oostzee (422000 km^2) een jaarlijkse verversing van $\frac{1}{4}$ van het oppervlaktewater, dat wil zeggen een gemiddelde verblijftijd van het opper-

vlaaktewater van 12 jaar. Hoewel dit getal een schatting is, geeft het waarschijnlijk wel een bruikbare benadering.

6. Ten opzichte van de huidige situatie lijkt een tot verboden gebied verklaren van de hele Oostzee een belangrijke verbetering te kunnen geven; dit te meer, daar zelfs de uiteindelijk de Oostzee verlatende verontreinigingen nog grote kans van vervuiling in de Deense wateren opleveren.

VIII. Oostelijke Middellandse Zee

1. De oppervlaktestroom is het gehele jaar overwegend naar het ZO gericht, behalve dicht bij de kusten van Turkije en Griekenland en de hiervoor liggende eilanden, waar de stromen van plaats tot plaats variëren. De stromen zijn echter nogal variabel. De wind is overwegend W tot NW en vooral in de zomer vrij constant. De verdamping overtreft de som van neerslag en rivieraanvoer.
2. In zee gestorte olie zal vooral kans lopen de zuidelijke en oostelijke kusten te bereiken. In het algemeen kan dit gebeuren binnen 50 dagen, wanneer wij afgaan op de gemiddelde stroomsterkte.
3. De gemiddelde windrichting doet een beweging van oppervlakteverontreinigingen in ZO richting verwachten, met snelheden van dezelfde grootte-orde.
4. Van drijfflesonderzoekingen zijn geen gegevens gevonden.
5. Het overheersen van de verdamping betekent een tendens tot accumulatie van aan de oppervlakte drijvende verontreinigingen. De oppervlaktestroom tussen Sicilië en Tunis loopt in ongeveer $\frac{2}{3}$ van het aantal gevallen naar het oostelijk bekken.
6. Verbreding van de kustzone tot 100 mijl zal voor de noordelijke kusten een sterk vergrote veiligheid opleveren, voor de zuidelijke kusten een verlenging van de reisduur, vanaf het buiten de zone gelegen gebied tot de kust, met 10 à 15 dagen.

IX. Perzische Golf

1. De stroom aan de noordzijde gaat naar westelijke, die aan de zuidzijde naar oostelijke richtingen. De breedte van deze stromingen hangt van het jaargetijde af. De winden zijn in het algemeen tussen N en W. Het soort.gewicht van het water neemt van de Straat van Ormoes naar het centrum van de Golf toe. Het uitstromende water zal dus gedeeltelijk onder het instromende lopen.
- 2, 3, 4. Gedetailleerde stroom of windgegevens zijn niet voldoende beschikbaar voor verdere schattingen; drijfflesonderzoekingen zijn niet bekend.

5. De grote verdamping, waardoor een netto stroom naar binnen gaat, bevordert een accumulatie van drijvende verontreinigingen. Getallen zijn niet bekend.
6. Over de mate van de verbetering, die bereikt wordt als de Perzische Golf verboden zone wordt, is geen uitspraak te doen.

16 maart 1962.