

opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren
Directie Zuid-Holland
Directie Noordzee

integrale analyse Voordelta en Waterweg (INVOWA)

vertaling probleemvelden naar plan van aanpak

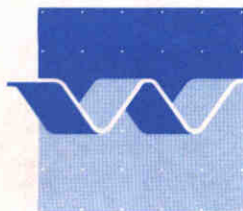
plan van aanpak
maart 1992

<input checked="" type="checkbox"/>	1	heim
<input type="checkbox"/>	2	met in- inzage derden
<input type="checkbox"/>	3	met in- inzage derden gedurende 10 jaar
<input type="checkbox"/>		openbaar

	bibliotheek postbus 177 - 2600 MH Delft waterloopkundig laboratorium/WL
BB	<i>VERVALLEN</i>
WL	<i>VERVALLEN</i>
EXPL	 R0000489

integrale analyse Voordelta en Waterweg (INVOWA)

vertaling probleemvelden naar plan van aanpak



<u>Inhoud</u> :	<u>blz.</u>
1. Inleiding	2
2. Stand van zaken	2
3. Enkele overwegingen vooraf	3
4. Beschrijving van de processen	5
4.1 Inleiding	5
4.2 Het Kustgebied/de Voordelta	5
4.3 De riviertakken	8
4.4 De havens	9
4.5 Samenvatting	12
5. Aanbevelingen en uitgangspunten voor onderzoek/modellering	13
5.1 Algemene uitgangspunten	13
5.2 Nadere specificatie van de activiteiten	14
6. Opzet voor modellering	15
7. Voorstel voor aanpak van modellering en aanvullende activiteiten	19
8. Nawoord	21

Referenties

Tabel 1: Probleemvelden

Tabel 2: Globaal activiteitenplan

Figuren

1. Inleiding

Dit verslag bevat een inventarisatie van de waterhuishoudkundige problematiek met betrekking tot de Voordelta/mond Waterweg en de Rotterdamse havens en, op basis van de inventarisatie, een aanzet voor een plan van onderzoek.

De inventarisatie en de aanzet voor een plan van onderzoek is uitgevoerd door een projectgroep die bestond uit: L.P.M. de Vrees (projectleider), K.B. Robaczweska, J.M. de Kok, J.P.G. van de Kamer (allen RWS-DGW), A.J. Struijk, M. van der Linden (beide RWS-ZH), F.P. Hallie (RWS-NZ), T. Blokland (Gemeente Rotterdam) en A. Roelfzema (projectleider WL), G.S. Stelling, L. Postma, H.W.J. Kernkamp en R.C. Steijn (allen WL).

De projectgroepleden hebben bijdragen geleverd die op 4 plenaire bijeenkomsten besproken zijn. Het uiteindelijke plan van onderzoek is in dit verslag vastgelegd door A. Roelfzema.

Het verslag dient als basis voor de opzet van een werkplan met uit te voeren activiteiten in 1992 en daarna.

2. Stand van zaken

De huidige informatie ten aanzien van de in tabel 1 geschetste probleemvelden geeft aan dat er sprake is van een groot aantal verschillende problemen. Verschillend qua aard, qua omvang, op diverse lokaties van verschillende grootte en met verschillende tijdschalen en urgenties.

Er moet bij deze probleemvelden een duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de problemen die in het te modelleren gebied spelen en problemen waarvoor het te modelleren gebied de randvoorwaarde vormt. Het is ruwweg het kustgebied waarbinnen problemen spelen maar waar tevens randvoorwaarden voor het binnengebied worden gevormd.

Voor dit moment is het voldoende dat de probleemvelden geschetst worden. Ook daarbij zijn sommige vragen zeer concreet, bijvoorbeeld ten aanzien van de Loswal Noord problematiek. Voor andere geldt dat de vertaling van nog algemene beleidsvragen naar probleemstellingen zoals die in concrete projecten gelden nog moeten plaatsvinden. Niettemin is duidelijk aan welk type hulpmiddelen behoefte is. De werkwijze is van groot naar klein en van grof naar fijn.

3. Enkele overwegingen vooraf

Het opzetten van adviseringshulpmiddelen voor de Voordelta en het Rijnmondgebied is van belang om de invloed van autonome ontwikkelingen, maatregelen en/of ingrepen te analyseren op hun uitwerking. Zoals gezegd gaat het daarbij om problemen binnen het te modelleren gebied zelf, zowel als voor de aangrenzende systemen: Noordelijk Deltabekken, Hollandsche Kust en Waddenzee. Het Voordelta- en Rijnmondgebied vormt een onderdeel van het Watersysteem Noordzee. Het daarvoor ontwikkelde Continental Shelf Model (CSM) biedt op zijn beurt de randvoorwaarden voor stromingen, waterstanden en transporten aan het te beschouwen gebied aan. De rivier- en estuarium randvoorwaarden, het binnengebied, komen van de Noordelijk Deltabekken modellen of, wanneer dit beter schikt, uit metingen. Meten is echter zeer duur en van de metingen, zoal mogelijk, gelden de soms geïntegreerde resultaten slechts in één situatie: namelijk de bestaande en van alléén die omstandigheden waaronder gemeten werd.

Voor alle problemen geldt dat hydrodynamische factoren, getij, stromingen, golven, de basis vormen voor alle andere processen. De hydrodynamische processen zélf kunnen worden onderscheiden in (schaal)niveaus. Getijgolven kunnen worden doorgerekend met een 2D_n stromingsmodel bijvoorbeeld ZUNOWAK of nog wat grover met CSM. De ingewikkelde situatie in en rond Havenmond Hoek van Holland vergt een meer gedetailleerd 3D-model en zo ook bijvoorbeeld het Splitsingspunt Westgeul. Evenals hiervoor is gezegd dat het ene watersysteem de randvoorwaarde vormt voor aangrenzende systemen, zo geldt dat grootschalige modellen de randvoorwaarden berekenen voor kleinschalige. Een getijgolfmodel produceert randvoorwaarden voor golfmodellen, seiches, stof- en sedimenttransporten.

De sprong van het CSM model (vrij grof) en/of ZUNOWAK model naar een binnenmodel als DISTRO is te groot; afgezien van het feit dat CSM en ZUNOWAK (nog) geen zout(gradiënt) kennen. Daarom is er een "tussenmodel" nodig dat in het kustgebied, en dan vooral de omgeving van Voordelta, Havenmond en Waterweg, het menggebied van het zoute en zoete water, de overgang naar het binnengebied en zijn modellen tot stand brengt.

Worden nu de probleemvelden in het gebied zelf beschouwd dan kan de volgende onderverdeling worden gemaakt:

- a) Bezien vanuit de verontreinigingsproblematiek wordt gedacht aan:
- de invloed van ingrepen voor transportroutes van verontreinigingen,
 - de invloed van ingrepen voor de kwaliteit van water en sediment binnen het gebied,
 - de invloed van ingrepen voor het gedrag van stoffen in het water en sediment (procesdynamica).
- b) Bezien vanuit het ecologisch functioneren wordt gedacht aan:
- het analyseren van de gevolgen van ingrepen op o.a. saliniteit, troebelheid, sedimentatie, erosie en waterkwaliteit,
 - het analyseren van de gevolgen van ingrepen op de habitat en migratie van organismen.
- c) Bezien vanuit kust morfologisch functioneren wordt gedacht aan:
- analyse van de ontwikkelingen van de morfologie van de Voordelta (soortgelijke aan hetgeen voor de Grevelingen is gedaan) en van de invloed van overwogen beheersmaatregelen op dergelijke ontwikkelingen,
 - analyse van de erosie van de kust van Zuid-Holland; welke maatregelen versterken deze erosie, welke kunnen deze reduceren
 - analyse uitbreiding Maasvlakte
- d) Bezien vanuit hydrodynamisch functioneren wordt gedacht aan:
- de invloed van (grootschalige) ingrepen (Europoortkeringen, Haringvlietsluizen, Maasgeul, Stortlocaties baggerspecie, openstellen Beerdam) op het grootschalige transport proces: getijstromen, waterstanden, golven en golfdoordringing, zoutverdeling, sediment
 - analyse van stormvloed standen,
 - analyse van waterloopkundige condities en effecten op stabiliteit van werken en veiligheid.

Om tot een vertaling van bovengeschetste beïnvloedingen naar een (kwantitatief) onderzoeks instrumentarium te komen is eerst een analyse nodig van (transport) processen die bepalend zijn voor invloeden en effecten. Aan de hand van een dergelijke analyse kan worden vastgesteld wat bekend en voorradig is, wat nog ontbreekt en wat vervolgens, noodzakelijkerwijs, nog aan onderzoeksinstrumenten zou moeten worden ontwikkeld.

4. Beschrijving van de processen

4.1 Inleiding

In de Voordelta en het Rijnmond gebied zijn drie (deel-)systemen aan te wijzen, met ieder specifieke fysische processen, die bepalend zijn voor de waterbeweging, hydromorfologie, waterkwaliteit en ecologie. De te onderscheiden systemen zijn:

- het kustgebied/ voordelta;
- de riviertakken van het Noordelijk Deltabekken;
- de havens verbonden met de riviertakken

De met elkaar in verbinding staande systemen beïnvloeden elkaar wederzijds en vormen daarmee het grotere systeem Voordelta Rijnmond.

4.2 Het Kustgebied / de Voordelta

In het kustgebied en de Voordelta wordt de waterbeweging primair bepaald door de getijbeweging met een getijslag van orde 1.5 a 2 m. De horizontale getijbeweging op zee is voornamelijk evenwijdig langs de kust gericht, met een eb stroming in zuidwestelijke richting en een vloedstroming in noordoostelijke richting. De stroomsnelheden zijn van de orde 1 m/s, terwijl de amplitude van het horizontale getij afhankelijk van doortij en springtij ongeveer 8 tot 12 km bedraagt.

Onder invloed van de variabele windrichting en windsterkte kunnen wind en golf gedreven stromingen ontstaan met circulatie patronen met doorgaans korte responstijden (uren /dagen). De dominante windrichting is hierbij zuidwestelijk, maar lang aanhoudend abnormale windrichtingen kunnen het cirkulatie patroon en daarmee de verspreiding van stoffen sterk beïnvloeden.

De gemiddelde reststroming is in noordoostelijke richting, maar kan onder invloed van langdurige noordoostelijke winden van richting veranderen. De langjarig gemiddelde reststroming wordt geschat op 0.03 - 0.08 m/s.

De uitstroming van het zoete rivierwater, via de bovenste delen van de vertikaal in de Waterweg, gaat gepaard met een zoetwaterbel/pluim (Van Alphen, et al). Saliniteit en dikte van de zoetwaterbel zijn afhankelijk van onder meer de rivierafvoer. De zoetwaterbel heeft een duidelijke horizontale begrenzing middels een front. In verticale richting is er een duidelijk grensvlak met de zoute onderlaag. De grootte, vorm en ligging van de zoetwaterbel worden bepaald door de fase van de uitstroming van de Waterweg, het rivierdebiet, de eb en vloed stroming langs de kust en windkondities. Met de eb stroming verspreidt de bel zich eerst ca. 10 km in zuidelijke richting, zie figuur 4.1. Na kentering beweegt de bel zich met de vloedstroming in noordelijke richting. Met de laagwaterkentering in de Waterweg stopt de uitstroming van zoet water, waardoor de bel los raakt van de monding. Soms breekt de bel daarna uiteen in verschillende delen. Met een nieuwe eb cyclus vloeit de inmiddels weer in zuidelijke richting stromende bel weer samen met een nieuwe bel die intussen uit de Waterweg stroomt.

Bij rivierafvoeren van 1000 m³/s - 3500 m³/s kan de dikte van de zoetere bovenlaag afhankelijk van de rivierafvoer en windkondities, variëren van 2 - 10 m, terwijl de uitspreiding 10 - 20 km kan bedragen. De dichtheidsverschillen met de zoute onderlaag bedragen enkele kg/m³ afhankelijk van de rivierafvoer.

Bij analyse van de verschijnselen blijkt dat dichtheidsverschillen, entrainment aan het grensvlak, vervorming van de bel onder invloed van de getijstromingen, wind, golven en coriolis krachten, bepalend zijn voor de vorm, grootte en ligging van de bel.

In de overgang van de "near field" zoetwaterbel naar het "far field", waar gelaagdheid geen rol meer speelt, zijn turbulentie gegenereerd door de getijstroming en turbulentie opgewekt door de wind, beide belangrijk bij het mengen van het zoete met het zoute water. Van Alphen schat dat bij windsnelheden van Beaufort 3, het aandeel van beide processen van de zelfde orde grootte zijn. Bij lagere windsnelheden domineert de menging onder invloed van de getijbeweging. De grootte van dit overgangsgebied is derhalve afhankelijk van de windkondities en rivierafvoer. Figuur 4.2 geeft een indicatie van de grootte van het overgangsgebied.

Bij grote rivierafvoeren wordt de afvoer van rivierwater via de Haringvlietsluizen (spuiprogramma) steeds belangrijker. Door de turbulentie opgewekt bij de uitstroming bij de sluis, zal buitengaats van de sluis, menging van het rivierwater met het zoute zeewater gepaard gaan met 3-D stroombeelden. Voor zover de uitstroming van rivierwater op enige afstand buiten de direkte omgeving van de sluis gepaard zal gaan met een zoetwaterbel danwel met een zekere mate van stratifikatie zullen de zoetwatergebieden vanuit de Waterweg en Haringvliet in elkaars invloedssfeer liggen.

De morfologische ontwikkelingen van de Voordelta worden bepaald door de volgende fysische processen (Steijn R.C. et. al., 1989):

- getijstromingen; met overheersende vloedstromingen aan de landzijde van de zandbanken evenwijdig aan de kust en overheersende ebstromingen aan de zeezijde van deze banken. In geulen tussen de banken vinden er kortsluitstromingen plaats;
- golf-asymmetrie die vorming van zandbanken veroorzaakt;
- golfwerking op diepten van minder dan 4 m, waar de getijstroming en stromingen onder invloed van golven de zogenaamde littoral drift veroorzaken;
- wind gedreven stromingen, met name de zuidwestelijke.

In figuur 4.3 wordt een overzicht gegeven van deze processen bij de vorming van de Voordelta.

Bij lage en gemiddelde rivierafvoeren zullen buitengaats van de Haringvlietsluizen het stromingspatroon en sedimentatie en erosie bepaald worden door de getijbeweging op zee en windinvloeden. Echter bij hoge rivierafvoeren zullen tijdens eb grote hoeveelheden water gespuid worden via de Haringvlietsluizen. Deze uitstroming zal van invloed zijn op de sedimentatie en erosie patronen van de Voordelta ter plaatse.

4.3 De riviertakken

De waterbeweging in het stelsel Waterweg, Oude en Nieuwe Maas wordt bepaald door de getijbeweging in Hoek van Holland en de rivierafvoer terwijl middels het spuiprogramma van de Haringvlietsluizen de verdeling van de afvoer van de rivieren over de Waterweg en Haringvliet wordt geregeld. Verder is het grote kombergende oppervlak van het Haringvliet en Hollandsch Diep van invloed op de waterbeweging van het stelsel van getijrivieren waarbij het Spui, Noord en Merweden een verbinding vormen met dit zuidelijk gedeelte van het Noordelijk Deltabekken. Een wijziging van het spuiprogramma van de sluizen zal naast een wijziging op de verdeling van de rivierafvoer, ook van invloed zijn op de getijbeweging van het systeem.

Zoutindringing vindt plaats via de Waterweg onder invloed van dichtheidsverschillen tussen het zoute zeewater en zoete rivierwater. De uiterste grens van zoutindringing bij lage rivier afvoeren reikt tot ongeveer de splitsingpunten met de Hollandsche IJssel en Spui. Onder gemiddelde omstandigheden zal de zoutindringing nog tot in de Nieuwe en Oude Maas reiken. Bij middenstandsverhogingen door storm kan de zoutindringing enkele kilometers verder binnendringen.

De inhomogene stroming kan als gedeeltelijk gelaagd/gemengd gekenmerkt worden, waarbij onder doodtij omstandigheden de gelaagdheid toeneemt. In de Waterweg, Oude- en Nieuwe Maas is deze stroming vanwege de geometrie van de takken te karakteriseren als een 2-D vertikaal verschijnsel.

Door de verticale dichtheidsgradienten/gelaagdheid zijn de turbulente verticale mengingsprocessen gedempt. Dit heeft tot gevolg dat het transport van (verontreinigde) stoffen samen met het zoete rivierwater, voor een groot deel plaats vindt door het bovenste gedeelte van de vertikaal en dat menging met de zoutere onderlaag wordt beperkt.

Slib afkomstig van de rivier en stromend richting zee, flokkuleert zodra in de punt van de zouttong geleidelijk aan het chloridegehalte toeneemt. Dit proces versterkt de verhoging van slibconcentraties in het zoutindringingsgebied.

Het repeterende sedimentatie- en erosiepatroon van slib wordt bepaald door concentratieverdelingen en stroomsnelheidsverdelingen in de vertikaal in combinatie met de getijbeweging. Bijzondere omstandigheden zoals hoge rivier afvoeren en storm veroorzaken grotere aanvoer van slib. Slib wordt vanuit van zee door de Waterweg in landinwaartse richting getransporteerd, vooral tijdens stormen.

Een haven langs een getijrivier met zoutindringing heeft invloed op de inhomogene stroming in de rivier (Roelfzema, 1978). In het Systeemonderzoek Noordelijk Deltabekken is middels onderzoek in het getijmodel Rijnmond aangetoond dat de havens in het Noordelijk Deltabekken van invloed zijn op de inhomogene waterbeweging. De invloed van de havens is tweërlei:

- a) de komberging van de havens + Hartelkanaal, waardoor de horizontale getijbeweging in de Waterweg, Oude en Nieuwe Maas wordt vergroot met orde 10 %.
- b) Een dispersieve werking van de havens op de zoutindringing waardoor de zoutindringing op de rivier vergroot wordt. De stromingsprocessen die hieraan ten grondslag liggen worden hierna behandeld.

4.4 De havens

De stroming in de (mond van de) havens langs de Waterweg (Botlek haven), Nieuwe Maas en Oude Maas (Hartel Kanaal) is complex drie dimensionaal. Als oorzaak hiervan zijn drie processen aan te wijzen:

- a) komvulling onder invloed van de getijbeweging;
- b) uitwisseling stromingen onder invloed van dichtheidsverschillen tussen haven en rivier;
- c) neerstroming in de monding van de haven als gevolg van de langs de haven trekkende eb- en vloedstroming, in relatie tot de geometrie van de ingang van de haven.

In figuur 4.4 zijn deze processen schematisch weergegeven.

ad a)

De komvulling van de haven kan beschreven worden middels de kombergingsstroming $Q = A \, dH/dT$. Doordat er op de rivier faseverschillen zijn tussen de kenteringstijdstippen en hoog en laag water van circa een uur, begint de haven zich reeds te vullen tijdens de laatste fasen van de eb en te ledigen tijdens de laatste fasen van de vloed.

ad b)

Door dichtheidsverschillen tussen haven en rivier ontstaat er in de monding van de haven een uitwisselingsstroming, die vergelijkbaar is met het type "lock exchange flow". Onderin de havenmondning stroomt water met een grotere dichtheid in of uit, terwijl gelijktijd bovenin de havenmondning een tegengestelde stroming ontstaat. Doordat in de rivier onder invloed van de getijbeweging de dichtheden voortdurend variëren is deze uitwisselingsstroming voortdurend aanwezig. Tijdens vloed zijn op de rivier de dichtheden groter zijn dan in de haven, terwijl tijdens eb de omgekeerde situatie ontstaat.

Bij reeds geringe dichtheidsverschillen zullen deze uitwisselingsstromen ontstaan. Doordat de zoutindringing in het Waterweggebied onder een groot aantal omstandigheden van rivier afvoer tot voorbij de havens reikt, zullen deze verschijnselen zich bij vrijwel alle havens in het genoemde gebied voordoen (met uitzondering bij hoge rivierafvoer). Stroomsnelheden in de monding van de haven onder invloed van deze uitwisselingsstromen kunnen een orde groter zijn dan de stroming onder invloed van de komvulling.

De typische uitwisseling in de havenmondning maakt dat er in de haven een gelaagdere toestand heerst dan in de rivier. Daarnaast is door de lagere stroomsnelheden in de haven het turbulentie niveau laag, zodat weinig energie beschikbaar is voor menging. Zodoende kunnen onder bepaalde kondities in de havens min of meer tweelagen systemen ontstaan.

In deze systemen kunnen dichtheidsgolven ontstaan die zich met orde 0.5 m/s in de havenbekkens voortplanten. Door de geometrie van de havens met verschillende zijtakken ontstaat een complexe dichtheidsstroming onder invloed van de heen en weer lopende en reflekterende dichtheidsgolven.

ad c)

De neerstroming in de havenmonding wordt veroorzaakt door de uitwisseling van impuls tussen haven en rivier. Door de variërende eb en vloed beweging zal de stroming in de neer zich steeds wijzigen en van draairichting omkeren. Vorm en grootte van de neer worden in belangrijke mate bepaald door vorm, grootte en oriëntatie van de havenmonding. Stroomsnelheden in de neer zijn van de orde grootte van 0.2 a 0.3 maal de snelheid op de rivier.

De neer in de haven monding drijft allerlei secundaire neren in de haven aan, waarvan de grootte en vorm bepaald worden door de geometrie van de havenbekkens.

Het tegelijkertijd optreden van deze drie processen maakt dat de stroming in de havenmonding en haven zeer complex en drie dimensionaal wordt.

Een en ander wordt geïllustreerd in figuur 4.5, waar een meting van de stroming in de monding van de Botlek haven is weergegeven.

In de haven zelf wordt de stroming dus bepaald door de neerstromingen (ook sekundaire neren), dichtheidsstromingen met gelaagd (2 -lagen) karakter en een (langzame) komvulling en lediging.

Door de lage stroomsnelheden sedimenteert slib in de haven. De verspreiding van (geloosde) stoffen in horizontale richting wordt mede beïnvloed door de neerstroming, eventuele dichtheidsverschillen tussen lozing en ontvangend water, mogelijk windgolven en scheepvaart beweging.

De dichtheidsverschillen tussen boven- en onderlaag onderdrukken de menging van stoffen in verticale richting. Reeds bij geringe dichtheidsverschillen (0.5 kg/m³) wordt de verticale uitwisseling al sterk gedempt. Hierdoor kunnen stoffen geloosd in een onderlaag danwel bovenlaag "gevangen" blijven zonder op te mengen in de vertikaal.

4.5 Samenvatting

In het zeegebied langs de kust en voordelta zijn getij, wind- en golfgedreven stromingen alsmede door dichtheidsverschillen gedreven stromingen kenmerkende processen. Deze gaan gepaard met een reststroming in noordoostelijk richting langs de kust. Daarnaast is er een golfgedreven, golf invalsricting afhankelijke brandingsstroom. Onder invloed van aanhoudende winden kan de reststroming van richting veranderen.

In de omgeving van de uitmonding van de Waterweg en Haringvlietsluizen gaat de uitstroming van zoet water gepaard met een zoetwaterbel, waardoor plaatselijk in een gebied met lengteafmetingen tot 20 km een 2-lagen systeem ontstaat. De grootte van de bel wordt in sterke mate bepaald door de rivierafvoer. De veranderlijke positie van de bel wordt bepaald door de getijstroming, dichtheidsverschillen, wind, golven en coriolis. In het overgangsgebied naar het far field spelen wind en getijstroming een belangrijke rol in de mengings processen.

Ten aanzien van de morfologische processen in het kustgebied zijn naast getij, golf- en windgedreven stromen, golfwerking en golfrioting belangrijk.

In de riviertakken zijn getijstroming en rivierafvoer kenmerkend. Hierbij is onder een grote range van rivierafvoeren de stroming in de Waterweg, Nieuwe en Oude Maas inhomogeen, met name onder doodtij, gelaagde kondities. Door de geometrie van de riviertakken is de stroming 2-D vertikaal van karakter. Middels het spuiregime van de Haringvlietsluizen wordt de verdeling van de rivierafvoer, en daarmee ook deels de getijbeweging in het systeem bepaald. De inhomogene stroming en de getijwerking zijn bepalend voor het transport van verontreinigde stoffen en sedimentatie en erosie van slib in het systeem.

De stroming in en van en naar de haven is 3-dimensionaal, hetgeen veroorzaakt wordt door de combinatie van de komvullingstroming, dichtheidstromingen en neerstromingen. In de haven waar de stroomsnelheden laag zijn, is het turbulentie niveau laag, in combinatie met gelaagdheid leidt dit tot verhin- derde menging van geloosde stoffen in de vertikaal. De dichtheidsstromingen en neerstroming in de havenmonding maken dat het slib vanuit de rivier de haven in wordt getransporteerd, waarna het in de haven bezinkt.

In het voorgaande is een kwalitatieve beschrijving gegeven van de belangrijkste processen. Echter voor de opzet van een goed instrumentarium aan modellen, is nadere grondige analyse van gegevens vereist. Hiervoor zullen naast analyse van bestaande meetgegevens, ook nieuwe meetcampagnes opgezet moeten worden ten behoeve van model calibratie en verifikatie. Een en ander zal mede sterk moeten worden gestuurd vanuit het projekt Veldmetingen Noordelijk Deltabekken zoals dat in 1991 is opgestart, Z71-90.

5 Aanbevelingen en uitgangspunten voor onderzoek/modellering

5.1 Algemene uitgangspunten

Voor de modellering van de processen zoals beschreven in hoofdstuk 4, dient als uitgangspunt een integrale benadering gekozen te worden. Hierbij kan bij de processen onderscheid gemaakt worden tussen grootschalige en meer kleinschalige processen. De modelleringsactiviteiten kunnen vervolgens hierop afgestemd worden.

De getijstromingen, wind- en golfgedreven stromingen, door dichtheidsverschillen gedreven stromingen, reststromingen, verspreiding en menging van het zoete water en stoffen en grootschalige hydromorfologie voor de kust vereisen een grootschalige modellering van het gehele kustgebied. In dit model moeten alle relevante fysische processen kunnen worden weergegeven. Het te modelleren gebied zal grofweg de Noord- en Zuid-Hollandse en Zeeuwse kust moeten omvatten.

De uitstroming via de Waterweg en de Haringvlietsluizen die gepaard gaat met een zoetwaterbel, 3-D stromingsverschijnselen en hun onderlinge interactie, vereist een integrale opzet in een model of modellen van dit deel van het kustgebied. Hierbij moeten de near field zoet/zout verschijnselen en de hydromorfologische verschijnselen voor de beide uitmondingen beschreven worden. Het betreft dan een modellering van een kustgebied van ongeveer Scheveningen tot Schouwen, terwijl de westrand van het model orde 20 km uit de kust zal moeten liggen.

Ten aanzien van de getijbeweging en verdeling van de rivierafvoer (spuiprogramma Haringvlietsluizen), zal in dit model een koppeling gemaakt moeten worden naar de specifieke waterbeweging in het Noordelijk Deltabekken. Hierbij zijn essentieel een goede modellering van de inhomogene waterbeweging bij de in- en uitstroming van de Waterweg, inclusief de Europoort en de uitstroming bij de Haringvlietsluizen, waarbij dus ook rekening dient te worden gehouden met de mogelijkheid van een gedeeltelijk zout Haringvliet.

Een goede beschrijving van de 3-D inhomogene stroming in en om de havens, vereist een (zeer) gedetailleerde modellering. Het betreft hierbij een gedetailleerde modellering van de geometrie, dichtheidstromingen, neerstroming en inhomogene stroming op de riviertakken. De interactie tussen haven en rivier is hierbij essentieel, hetgeen moet leiden tot een 3-D modellering van zowel de haven als (delen van) de riviertak.

Gezien de gegeven problemen kan vastgesteld worden dat hoge eisen gesteld worden aan de te maken modellen. Een gefaseerde aanpak waarbij gewerkt wordt vanuit bestaande kennis en mogelijkheden lijkt dan het meest voor de hand te liggen. Een integratie van modellen beginnend met modellering in 2 dimensies lijkt een eerste stap. Het inbrengen van waar nodig de derde dimensie is daarna de volgende stap.

5.2 Nadere specificatie van de activiteiten

Nader specificaties waaraan de modellering moet voldoen zijn o.a.:

- groot genoeg om "overall" effecten en interacties tussen subsystemen te kunnen analyseren en grootschalige gevoeligheden vast te kunnen stellen,
- verfijnd genoeg om de invloed van lokale ingrepen te kunnen analyseren, zoals bijvoorbeeld onderscheid in plaat en geulsystemen (Slijkgat, Eurogeul), ingrepen als verplaatsen dumpinglocatie (loswal Noord), verplaatsen van lozingen in havens, beschouwingen van laterale inhomogeniteiten als gevolg van onvolledige menging door lozingen en/of splitsingen (eigenlijk samenvloeiingen, bijv. Oude en Nieuwe Maas) en effect van ander Haringvlietsluizen beheer op de (locale) morfologie van de Voordelta,
- waar nodig (in verband met stoftransport) beschouwing van gelaagdheid en zoetwaterfronten als gevolg van uitstromingen Haringvliet en Nieuwe Waterweg,

- mogelijkheid om golfgedreven langsstroming in de kustzone voldoende nauwkeurig te modelleren (≈ 10 punten in de brandingszone)
- waar nodig interactie tussen stroming en golven en de invloed op erosie sedimentatie patronen,
- sedimenttransporten in het gebied met onderscheid in minimaal anorganisch slib ($< 63 \mu\text{m}$), organisch slib en zand,
- tijdschaal: mogelijkheden voor analyse van getij invloeden (asymmetrisch transport, erosie/sedimentatie), voor seizoenschaal (o.a. rivier afvoer en meteorologische invloeden) en voor lange termijn (morfologische en ecologische) ontwikkelingen.

Het te modelleren gebied dient groot genoeg te zijn om de invloed van eventuele randeffecten te minimaliseren. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de mogelijkheid om ook niet gemiddelde afvoer, getij, wind en golf situaties te simuleren.

6. Opzet voor modellering

Gegeven de diversiteit van de geschetste problematiek wordt gedacht aan een modelleringsaanpak die voor wat betreft de mate van detail uitgaat van drie niveaus:

- o) een grootschalige basis modellering voor de (gehele) Nederlandse kust
- i) een basis modellering van het kustgebied van de Rijn/Maas mond
- ii) "dedicated", detailmodellen voor de diverse verschillende problemen binnen i), met name in de Voordelta en mond Waterweg/Loswal Noord gebieden; "dedicated" detailmodellen voor de zout/zoet havens in het Rotterdamse havengebied

Ad o) Bij de grootschalige basis modellering wordt gedacht aan het bestaande DGW twee-lagen model van de Belgisch/Hollandsche Kust ("HOKU"). Het model strekt zich uit van Oostende tot Terschelling. Het heeft een rechthoekig grid met een maaswijdte van 1600 m. Een dergelijk model is bedoeld om grootschalige interacties en transporten te beschrijven, zoals effecten van transporten door de Nieuwe Waterweg op de water- en bodemkwaliteit van de Waddenzee, effecten van veranderingen ten aanzien van Loswal Noord, effecten van ingrepen op de kustlijn enz.

Met deze aanpak wordt beoogd om op "o-niveau" interacties van het onderhavige beheersgebied (= Rijn/Maasmond) met aangrenzende gebieden te bestrijken.

Voor het onderzoek naar de processen en de veranderingen daarin ten gevolge van ingrepen in het te beschouwen beheersgebied zélf vormt niveau i) de basis.

Ad i): De basis modellering van het kustgebied van de Rijn/Maasmond moet een verbinding leggen tussen de benedenrivieren (uitstroming Waterweg en Haringvliet) en de Noordzee. Tevens wordt hiermee een aansluiting gemaakt tussen de Haringvlietsluizen en de mond van de Waterweg. Het model zal dienst doen als een "overall" beheersinstrument om eerste orde effecten en grootschalige interacties te kunnen afschatten: wisselwerking Haringvliet (in huidige en eventueel toekomstige andere regimes) met de Voordelta en met de mond van de Waterweg, interacties van Loswal Noord scenario's met de mond van de Waterweg, effectafschatting grootschalige veranderingen in kustlijnen (kunstmatig of natuurlijk), toelevering van consistente randvoorwaarden voor het benedenrivieren gebied (zout, slib/sediment, kwaliteit) etc. De opzet van dit model, gebaseerd op TRISULA-curvilinear programmatuur, dient zodanig te zijn dat aangesloten wordt op het bestaande 2Dh-model (WAQUA-kromlijnig + rechtlijnig) van het Hollandsch Diep/Haringvliet), op het bestaande TRISULA meerlagen model van de mond van de Waterweg/Loswal Noord alsmede op bestaande Noordzee modellen en het moet expliciet een goede aansluiting geven op uitbreidingen stroomopwaarts van Hoek van Holland.

Het model zal ook randvoorwaarden moeten genereren voor detail modellen onder punt ii), zie hierna.

De noordrand wordt gedacht bij Scheveningen (mogelijk zelfs ten Noorden daarvan), de zuidrand bij de kop van Schouwen Duiveland; het probleemgebied Voordelta/uitstroming Haringvlietsluizen mag niet door de zuidelijke rand worden beïnvloed. De westelijke rand ligt op 15 à 20 km vanaf de kust en sluit aan op het 2L-model onder o) en/of op bijv. ZUNOWAK. Voor de eerste, grootschalige afschatting van effecten wordt aan een 2Dh modellering gedacht. Op termijn moet uitbreiding tot meer lagen (via 2 à 3 met zout/zoet, slibdeken aan de bodem) tot omstreeks 10 mogelijk zijn.

De plaats van de Oostranden van het model wordt mede bepaald door de bestaande en eventuele toekomstige modellen van het binnengebied. In de 2D_h fase kan de aansluiting op het 2D_h model van Hollandsch Diep/Haringvliet worden gemaakt bij de Haringvliet sluizen en de 2D_h-aansluiting op de Waterweg kan op ZWENDL bij Hoek van Holland worden gemaakt. In de 3D fase is het konsekwent en principieel gezien noodzakelijk om de 3D rand tot en met de grens van het zoutindringsgebied van het Hollandsch Diep/Haringvliet te leggen hetgeen een uitbreiding van het bestaande 2D_h model tot een 3D aanpak impliceert (\approx tot en met de Volkeraksluizen). Voor de Waterweg geldt dan dat bij Hoek van Holland aangesloten kan worden op DISTRO (2D_v), dan wel dat, als onderdeel van een toekomstige 3D aanpak van de Waterweg, de Oostrand voorbij Rotterdam wordt gelegd.

De gridgrootte in het zeegebied van het model ligt in de orde van 800 m = de helft van het grootschalige basis model onder o). Detail aanpak vindt plaats in groep ii).

Ad ii) Detailmodellen in de kustzone:

- Loswal Noord, effecten op slibhuishouding en waterkwaliteit: verfijnd "3D" model binnen i) voortbouwend op uitgevoerd DGW-werk. Europeul expliciet in ii) én i) opnemen,
- optimalisatie locatie Loswal noord; binnen de basis modellen o) en i),
- localisering van sedimentatiegebieden als functie van Haringvliet-sluizen beheer; grof via i), detail model 2D_h, invloed golven. Noordrand voorbij Slufter, zuidrand onder Bollen van de Ooster,
- morfologie Voordelta Haringvlietmond; 2D_h-model, golfgedreven stromingen en sediment-fluxen. Grid resoluties van 100 m tot \approx 30 meter in brandingszones; toepassing van HISWA als golfvoortplantingsmodel,
- morfologie kust Zuid-Holland (inclusief Voordelta),
- effecten aanpassingen kustlijn op kustvorming,
- scheepvaartbegeleiding Maasmond bij uitbreiding Maasvlakte,
- golven en seiches in havens; toepassing van PHAROS en WAQUA-seiches voor Europoortgebied; bestaande modellen, inpassen in i), met name zeevaartse randvoorwaarden,

Detailmodellen Rotterdamse havens.

Deze modellen zijn bedoeld om gedetailleerde analyses mogelijk te maken met betrekking tot:

- effecten van in de haven geloosde stoffen op de water- en bodemkwaliteit van de haven,
- effecten van op de rivier geloosde stoffen op de water- en bodemkwaliteit van de haven.

In het zout/zoet gebied is hierbij sprake van 3D-transport patronen, met name bij de Botlekhavens, in combinatie met het splitsingspunt Westgeul. In wat mindere mate geldt dit 3D verschijnsel ook bij de meer stroomopwaarts gelegen havens (de geometrie is "eenvoudiger", de dichtheidsverschillen zijn kleiner). In alle gevallen is de interactie haven/rivier essentieel in de modelleringsaanpak (randvoorwaarden voor de havens, transporten door de haveningang). De modellering kan rekening houdend met de interactie met de rivier, per haven worden opgezet:

- meerlagen model TRISULA van Botlekhavens + stukken Waterweg, Nieuwe- en Oude Maas: \approx 10 lagen. Aansluiting op DISTRO en ZWENDL voor getij en concentratie randvoorwaarden,
- meerlagen model TRISULA van 1e of 2e Petroleumhaven + stuk Nieuwe Maas
- meerlagen model Eem- en/of Waalhaven + stuk Nieuwe Maas.

Op langere termijn kan worden overwogen een aansluiting te maken via de Waterweg met het TRISULA model onder i) (van de Kust-zone). Omgekeerd staat deze ontwikkeling met betrekking tot het kust-zone model (in fases 2D_b en 3D) los van de geschetste 3D aanpak van de havens.

Een alternatieve aanpak voor de havens zou kunnen bestaan uit een grootschalige 3D-modellering van het gehele haven gebied incl. Waterweg en Nieuwe/Oude Maas. Daarmee wordt direct de aansluiting met het basis model i) gemaakt, de aanpak van de specifieke havenproblematiek is evenwel in eerste instantie minder gedetailleerd.

Samengevat wordt met de hierboven geschetste modellering de in de tabel 1 beschreven problematiek als volgt aangepakt (de gehanteerde nummering komt overeen met die van Tabel 1).

Niveau 0) en niveau 1), (= Integratie niveau), (HOKU + RIJMAMO):

- 1: grootschalige verspreiding rivierslib op zee vanuit Haringvlietsluizen en Maasmond (slib en verontreinigingen zeewaarts en zout landinwaarts)
- 2: Slib- en verontreinigingsbalans; koppeling noordrand met zuidrand van het benedenriviereengebied, inclusief de interacties met Europeoortkering varianten
- 4: Loswal Noord, koppeling estuariummond met Loswal Noord en omringend zeegebied
- 5: Optimalisatie locatie Loswal Noord, in verband met verdeling van contaminanten
- 6: Risico analyse putten: zie 5
- 7: Beheersvarianten Haringvlietsluizen: zie 1
- 10: Localisering sedimentatie, zie 7 en 1
- 11: Zandwinning kustgebieden; inschatten effecten morfologische ingrepen en invloeden op waterkwaliteit en slibtransport
- 13: Infrastructurele aanpassingen Maasmond, effecten op hydromorfologie en stofverspreiding
- 16: Erosie kust Zuid-Holland en
- 17: Morfologische ontwikkeling Voordelta; specifieke hydromorfologische interacties op korte en langere termijn.

Niveau 0) + 1) levert randvoorwaarden voor de modellering van het binnengebied. Dit is met name van groot belang voor de aanpak van de problemen 3), (bestaande verspreidingsmodellen zoals DISTRO en ZWENDL), 8) (Invloed beheersvarianten Haringvlietsluizen op zoutindringing NAB) en 9) Localisering sedimentatiegebieden voor de binnenwateren.

Op niveau ii) tenslotte liggen de specifieke detailproblemen van de havens en de Voordelta.

7. Voorstel voor aanpak van modellering en aanvullende activiteiten

(zie ook Tabel 2)

Op "T=0" (= 1/1/92)

- Oriëntaties op afstemming/integratie van niveaus 0) en i): HOKU (Hollandse Kust Oostende ↔ Terschelling) met RIJMAMO (Rijn/Maasmond).

Afstemming/integratie met betrekking tot randvoorwaarden en locaties, grid groottes, rechtlijnig versus kromlijnig enz.

- Uitvoeren van aanpassingen HOKU-model (indien nodig).

- Opzet overall kustmodel RIJMAMO: (Rijn/Maas/Mond):
 - * vaststellen modelgrenzen en randen,
 - * aansluiten op bestaande modellen,
 - * in eerste instantie 2Dh,
 - * kromlijnig TRISULA.Doel: ervaring opdoen met model, relevante processen, parameters; consistentie en gevoeligheden van het fysische systeem bepalen.

- Probleemdefiniëring/prioriteitsstelling ten behoeve van opzet detailmodellen van Voordelta en/of Loswal Noord omgeving; afstemming op RIJMAMO. Keuze modellen op basis van prioriteitsstelling beheerders → vervolgens eerste uitwerking.
Doel: aanpak gegeven problematiek, afstemming detail model(len) op RIJMAMO.

- Opzet 3D havenmodel, inclusief deel rivier ten behoeve van randvoorwaarden toelevering; Botlek, of Petroleum of Eem/Waalhaven.
N.B. òf detail per haven òf globale aanpak voor gehele havengebied.
Doel: ervaring opdoen met 3D aanpak/resultaten ten opzichte van huidige 2Dv,/2L aanpak: méérwaarde!, aangeven relevante processen/parameters, aangeven richting voor aanpak/praktische problematiek (lozingen/vergunning/sanering).

- Opzet/Uitvoering van de volgende aanvullende activiteiten:
 - * inventarisatie van eisen ten aanzien van natuurgegevens, nodig voor de opzet en/of ijking van modellen, ("toelevering")
 - * studie naar de opzet van databestanden, bijvoorbeeld opzet GIS-bestanden met kwaliteit van bodemsedimenten in Voordelta of in havens, ("ondersteuning")
 - * studie naar infrastructuur omgeving, ("ondersteuning")
 - * te gebruiken post-processing faciliteiten (software en hardware), ("ondersteuning")
 - * opzetten van een inventarisatie van modeltechnische mogelijkheden en

ontwikkelingen daarbij (bijvoorbeeld ten aanzien van turbulentiemodellering bij 3D toepassingen), ("toelevering")

- * uitvoeren van een beknopte analyse om de raakvlakken van het INVOWA project met de modellerings activiteiten die in het kader van MANS zijn uitgevoerd vast te stellen, en waar nodig, op elkaar af te stemmen, ("afstemming")

8. Nawoord

Het resultaat van dit verslag is een ordening van de gedachten ten aanzien van de opzet voor onderzoek naar de problematiek van de Voordelta/Mond Waterweg en de Rotterdamse havens.

De voorgestelde aanpak onder hoofdstuk 7 en de vertaling daarvan naar het activiteitschema van Tabel 2 is daarom globaal. Dit schema dient als leidraad op hoofdlijnen voor de komende jaren. Uitwerkingen tot gedetailleerde werkplannen voor onderdelen is de volgende stap, die met name gestuurd zal worden door prioriteitsstellingen en de dan beschikbare middelen.

Inmiddels is evenwel duidelijk geworden dat:

- het totale project onmiskenbaar integrale aspecten omvat, met name op de niveaus o) en i), die samen mede een integratie kader vormen voor niveau ii); aanpak van het project moet dan ook vanuit dit gezichtspunt worden uitgewerkt,
- integrale uitvoering van het project een aantal jaren zal duren (≈ 4): uitvoering van o) en i) en een groot aantal onderdelen van ii); tijdens de uitvoering zullen diverse resultaten gericht op de praktische problematiek beschikbaar komen; dit geldt voor alle drie niveaus,
- het project omvangrijk is; realisatie is alleen dan mogelijk als hiervoor een forse menscapaciteit beschikbaar wordt gesteld. Gedacht wordt aan een projectteam samengesteld uit DGW en WL met een inzet van ≈ 3 netto mensjaren per jaar.

Referenties

Van Os, A.G., Abraham G.

"Density Currents and Salt Intrusion"

International Course in Hydraulic Engineering,
Delft, June 1990

Van Alphen J.S.L.J., De Ruijter W.P.M. en Borst J.C.

"Outflow and three dimensional spreading of Rhine water in the Netherlands Coastal Zone." (draft version)

Steijn R.C., Louters T., Van der Spek A.F.J. en Vriend H.J.

"Numerical model of the ebb tidal delta evolution in front of the Delta-works."

International conference on Hydraulic and Environmental Modelling of Coastal, Estuarine and River Waters.

Bradford, England, Sept 1989.

Roelfzema A., Van Os A.G.

"Effects of harbours on salt intrusion in estuaries"

16 th International Conference on Coastal Engineering Proceedings, Vol 3
Hamburg, part 4, Chapter 172, 2810-2816, 1978

Activiteiten INVOWA (::: = kernactiviteiten)	1992				1993				1994				1995		
	DGW mens- maanden	WL		KfI	DGW mens- maanden	WL		KfI	DGW mens- maanden	WL		KfI	DGW mens- maanden	WL	
		mens- maanden	KfI			mens- maanden	KfI			mens- maanden	KfI			mens- maanden	KfI
RIJMAMO 2DH - opzet - hydrodynamica - stoffen - resultaten - randvoorwaarden binnengebied	1 2,5	2 4 4 1,5 0,5	50 100 100 40 15		2 1	1 0,5	25 15								
RIJMAMO 3D - opzet - hydrodynamica - stoffen - resultaten - randvoorwaarden binnengebied					1,5 1	2 4 1 3	50 100 25 75	15 50 100 50		0,5 0,5 4 2	1 2 4 1		4 2	2 2	50 50
Detailhavenmodel(len) 3D - opzet - hydrodynamica - stoffen - resultaten					2	1,5 3 2 1	40 75 50 25				2 1	50 25	2 2	2 2	1 25
Voordelta modellen - opzet - resultaten					2 2	2 1	50 25			3 3	1	25	2 2	2 2	0,5 15
Inventarisatie natuurgegevens	0,5	0,5	15												
Opzet databestanden/invulling	0,5	0,5	15		1	1	30			0,5	0,5	15	0,5	0,5	15
Opzet post-processing/aanpassing	0,5	0,5	15												
Studie naar hardware infrastructuur	0,5	0,5	15												
Afstemming INVOWA-MANS	1														
Afstemming INVOWA Beleidsplan Voordelta		1	15												
Aanpassing Hollands Kust model	3														
Totaal	9,5	15	380		12,5	23	585	330	17	12	330	12,5	6	155	

Tabel: 2 Globaal activiteitplan: (bedragen WL: prijspeil 1992, exclusief BTW, exclusief rekenkosten)

" bij "rekenkosten" onderscheid te maken in kosten t.g.v. gebruik WL hardwareinfrastructuur: 1992 = 25 KfI, 1993 = 40 KfI, 1994 = 35 KfI en echte rekenkosten : inschatting 1992, RIJMAMO 2DH: 15 KfI

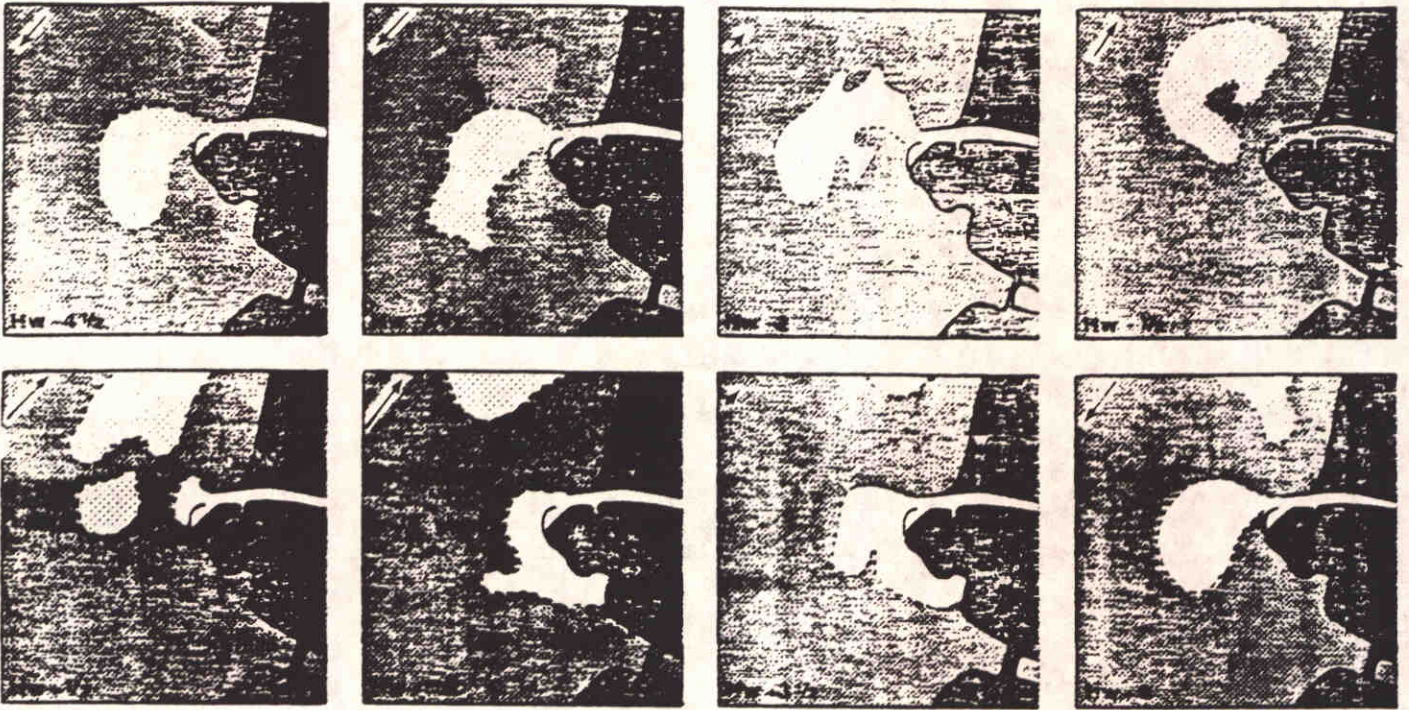


Fig. 4.1 Zoetwaterbel voor de mond van de Waterweg

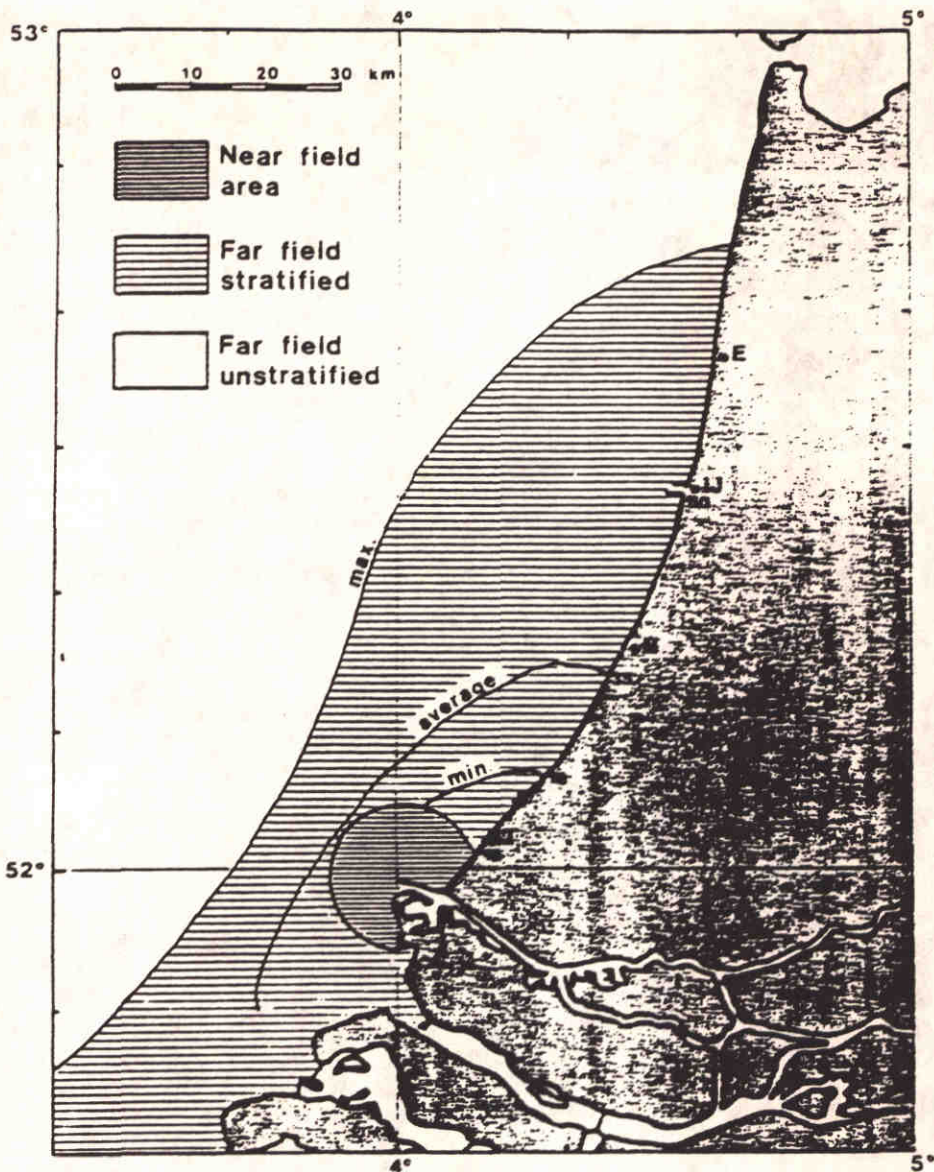


Fig. 4.2 Stratifikatie voor de Nederlandse kust

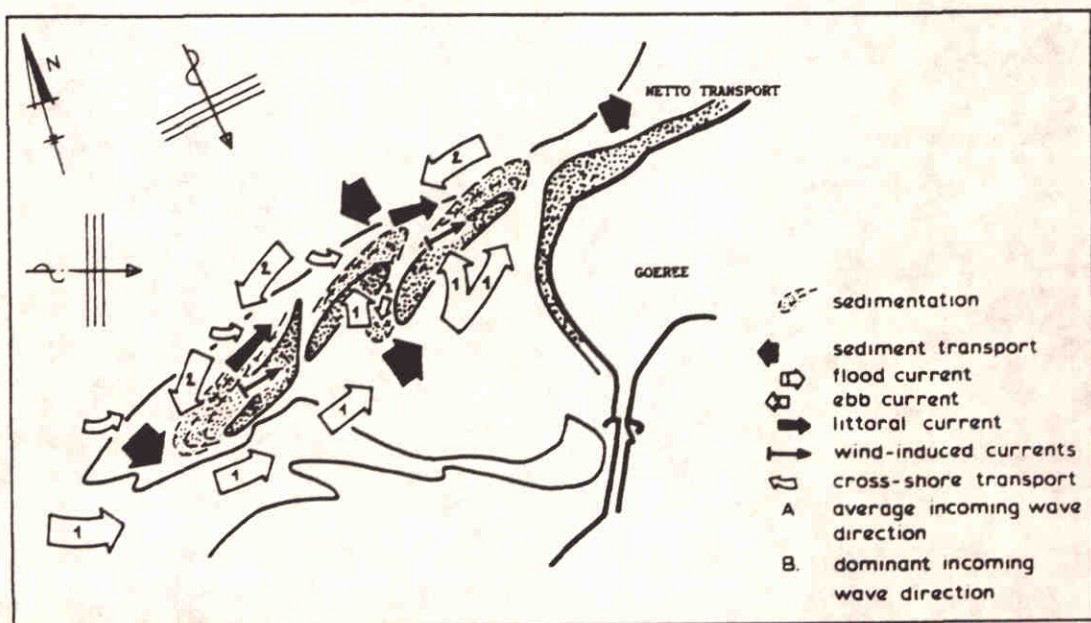
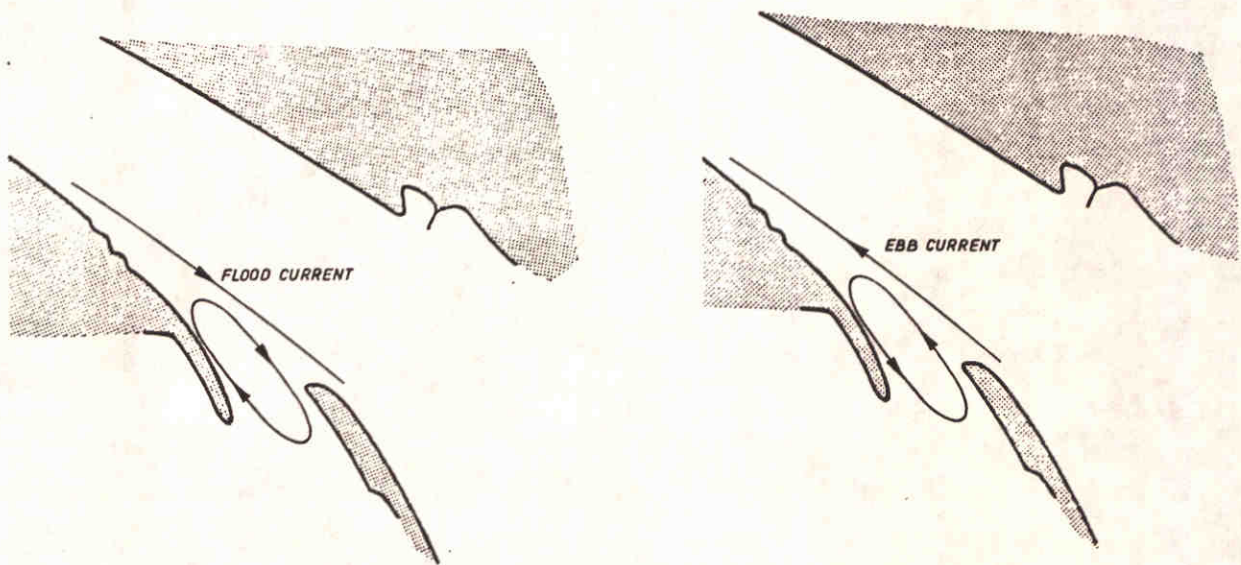


Fig 4.3 Optredende fysieke processen voor de Grevelingen

		SALT IN RIVER	FRESH IN RIVER
TIDAL FILLING		REGIME (1) 	REGIME (2)
TIDAL EMPTYING		REGIME (3) 	REGIME (4)

Fig. 4.4 Komvulling + uitwisselingsstromen t.g.v. dichtheidsverschillen



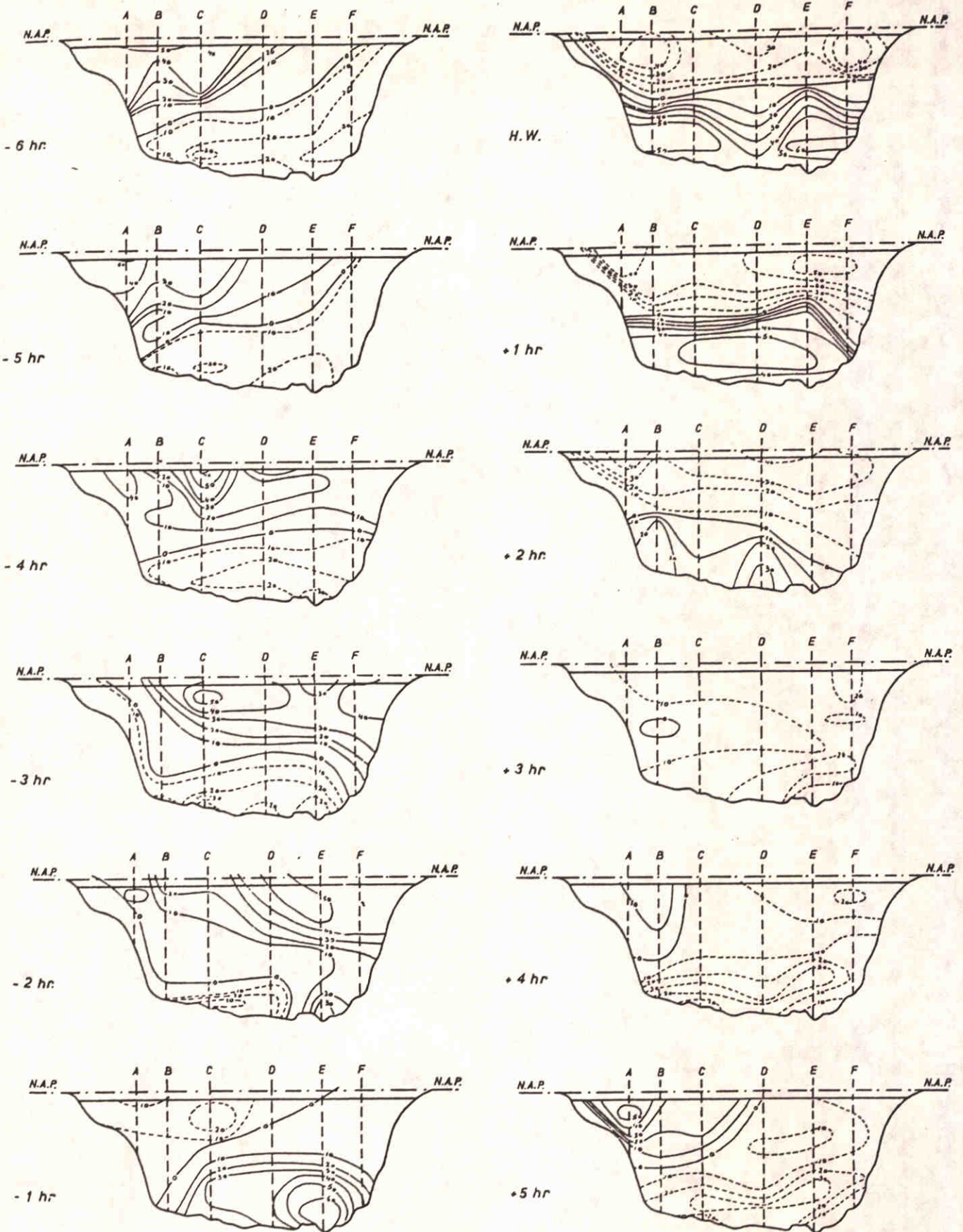


Fig. 4.5 Stroming in de monding van de Botlekaven



hoofdkantoor
Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon (015) 56 93 53
telefax (015) 61 96 74
telex 38176 hydnl-nl

locatie 'De Voorst'
Voorsterweg 28, Marknesse
postbus 152
8300 AD Emmeloord
telefoon (05274) 29 22
telefax (05274) 35 73
telex 42290 hylvo-nl

