



overzicht van het slibonderzoek
in nederland
1981

directie waterhuishouding en waterbeweging
rijksinstituut voor zuivering van afvalwater

nota WWKZ- 82G.101
 RIZA- 82.055

projectcode

auteur(s): ir. H.W.Brunsveld van Hulten
 ir. G.N.M.Stokman
datum: december 1981

bijlagen:

samenvatting:

Uitgaande van de signalering van de problemen met betrekking tot het slib in de Nederlandse wateren, wordt in dit rapport getracht een overzicht te geven van de onderzoeksactiviteiten die verspreid plaatsvinden. Tevens wordt getracht een samenhangend beeld van de slibproblematiek te geven, waarbinnen de huidige stand van zaken ('state of the art') op de diverse deelgebieden wordt geplaatst. Tenslotte worden aanbevelingen gedaan om de samenhang in de onderzoeksactiviteiten te versterken.

Inhoudsopgave slibrapport

Lijst van gebruikte afkortingen

Conclusies en Aanbevelingen

	blz.
1. Inleiding	1
2. Probleemstelling	2
2.1. Achtergronden	2
2.2. Definitie en samenstelling van slib	5
2.3. Slibbeweging (fysisch)	5
2.4. Slibgedrag (fysisch-chemisch)	7
2.5. Gedrag verontreinigende stoffen	9
2.6. Geografische indeling	10
2.7. Korte beschrijving van de slibproblematiek per geografisch gebied	11
2.7.1. Noordzee	11
2.7.2. Estuaria	12
2.7.3. Waddenzee	14
2.7.4. Bovenrivieren	14
2.7.5. Benedenrivieren	15
2.7.6. IJsselmeergebied	16
2.7.7. Overige wateren	16
3. Huidige stand van zaken	18
3.1. Algemeen beeld	18
3.2. Kennis per geografisch gebied	20
3.2.1. Noordzee	20
3.2.2. Estuaria	22
3.2.3. Waddenzee	25
3.2.4. Bovenrivieren	26
3.2.5. Benedenrivieren	27
3.2.6. IJsselmeergebied	30
3.2.7. Overige wateren	31
3.2.8. Routinematig onderzoek	31
3.3. Organisatorische verbanden	33
3.4. Meettechnieken en modelontwikkelingen	35
3.4.1. Fysische meettechnieken	35

3.4.2. Chemische meettechnieken	42
3.4.3. Biologische meettechnieken	46
3.5. Modelontwikkelingen	49
3.5.1. Ontwikkelingen in waterbewegingsmodellen	50
3.5.2. Ontwikkelingen in waterkwaliteitsmodellen	53
3.5.3. Koppeling waterbewegings- en waterkwaliteitsmodellen	55
4. Bevindingen	57

Literatuur

Figuren

Bijlagen

Lijst van gebruikte afkortingen

Instituten

BAW	Bundes Anstalt für Wasserbau (Hamburg)
BER	Direktie Benedenrivieren
BOR	Direktie Bovenrivieren
DD	Deltadienst
DDMI	Deltadienst Hoofdafdeling Milieu en Inrichting
DDWT	Deltadienst Hoofdafdeling Waterloopkunde
DIHO	Delta-Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek (Yerseke)
Dir. NZ.	Direktie Noordzee
DIV	Dienst Informatieverwerking
ECN	(Stichting) Energie Centrum Nederland
EPA	Environmental Protection Agency (Verenigde Staten)
GWR	Gemeentewerken Rotterdam
HAM	Havenmonden
IB	Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (Haren)
IG-TNO	Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek-TNO
IOV	Instituut voor Oecologisch Onderzoek "Weevers'Duin" (Oostvoorne)
IRC	Internationale Commissie ter bescherming van de Rijn
ITAL	Instituut voor Toepassing van Atoomenergie in de Landbouw (Wageningen)
KNHM	Koninklijke Nederlandse Heidemij
LGM	Laboratorium voor Grondmechanica
LH-W	Landbouw Hogeschool Wageningen
NIOZ	Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee
RGD	Rijksgeologische Dienst
RID	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
RIN	Rijksinstituut voor Natuurbeheer
RIV	Rijksinstituut voor de Volksgezondheid
RIVO	Rijksinstituut voor Visserijonderzoek
RIWA	Rijncommissie Waterleidingbedrijven
RIZA	Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater
RWS	Rijkswaterstaat
TNO	Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
WL	Waterloopkundig Laboratorium
WSA	Wasser und Schiffahrt Amt (Emden)
WSD	Wasser und Schiffahrt Direktion (Emden)
WVO	Wet Verontreiniging Oppervlaktewater
WW	Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging
WWFA	Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging. Fysische Afdeling

WWH	Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging. Hoofdafdeling Hydro-Instrumentatie
WWKZ	Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging. District Kust en Zee
WWNO	Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging. District Noord
WWZO	Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging. District Zuid-Oost
WWZW	Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging. District Zuid-West
ZZW	Direktie Zuiderzeewerken

Projektorganisaties

BOEDE	Biologisch Onderzoek Eems-Dollard Estuarium
CCBB	Coördinatie Commissie Berging Baggerspecie
CCRX	Coördinatie Commissie voor de metingen van Radio-actieve en Xenobiotische stoffen
JMG	Joint Monitoring Group
MIVEOS	Micro Verontreinigingen in Organismen en Sediment
MKO	Minimalisering Kosten Onderhoudsbaggerwerk
PERS-TOX	Persistentie en Toxiciteit
ROBB	RWS Overleg Berging Baggerspecie
RvO	Raad van Overleg voor het Fysisch-Oceanografisch Onderzoek van de Noordzee (ook wel met ROFON aangeduid)
SGBB	Stuurgroep Berging Baggerspecie
TOW	Toegepast Onderzoek Waterstaat
WAKWON	Waterkwaliteitsonderzoek Noordzee
ZMAS	Zware Metalen in Aquatische Systemen

Technische termen

CZV	Chemisch zuurstof verbruik
ED-verdrag	Eems-Dollard Verdrag
HCB	Hexachloorbenzeen
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (ook wel PCA's genoemd)
PCB	Polychloor bifenylen
POC	Particulair organisch koolstof
TOC	Totaal organisch koolstof

Conclusies en aanbevelingen

- Het uitgangspunt dat het slib in de nabije toekomst meer en gecompliceerdere vragen zal oproepen wordt o.a. bevestigd in de diverse RWS-directieplannen.

Het onderzoek vindt verspreid plaats en de noodzakelijke afstemming en interpretatie krijgen nog onvoldoende gestalte.

De problematiek maakt één samenhangende visie van de RWS op het slib noodzakelijk. De samenwerking tussen RIZA en WW op dit gebied dient daarom te worden versterkt, zodat geïntegreerde onderzoeksdoelen kunnen worden bereikt.

- Ten aanzien van de kennis van het slib kan worden geconcludeerd dat deze voor het fysische onderzoek relatief sterk en voor het chemisch-biologisch onderzoek nog te zwak ontwikkeld is. Voor beide geldt dat er te weinig in situ meetgegevens ingewonnen kunnen worden en tevens dient aan de interpretatie van beschikbare meetgegevens meer aandacht te worden besteed. De samenhang tussen beide genoemde onderzoeksgebieden is nog nauwelijks ontwikkeld, wat tot gevolg heeft gehad dat de ontwikkeling van ecologische modellen nog slechts in beperkte mate op gang is gekomen.
- Verwacht wordt dat het totale slibonderzoek een veel groter beslag op het computergebruik zal gaan leggen t.b.v. gegevensverwerking, implementatie en operationele toepassing van modellen, koppeling van kwaliteits- en kwantiteitsmodellen en voor de ontwikkeling van ecologische modellen.

De volgende aanbevelingen zijn te formuleren:

- * Het is nodig dat vanuit het beheer beleidsdoelstellingen ontwikkeld worden, o.a. m.b.v. de waterkwaliteitsplannen, om te komen tot een aantal concrete bestuurlijke maatregelen. Het slibonderzoek kan dan worden gericht op het bepalen van de effecten die de maatregelen beogen, alsmede de vaststelling van de toestand.
- * Versterking van de bestaande zwakke punten m.b.t. de kennis, de meettechnieken en het computergebruik
 - vergroting van de kennis door onderzoek van chemische en biologische processen
 - ontwikkeling van meetinstrumenten voor concentratiemetingen en toestandsbepalingen in de natuur, ook onder extreme omstandigheden
 - verbetering van de chemische en biologische bepalingsmethoden
 - optimalisering van de ontwikkeling van adequate computermodellen.

- * Versterking van de organisatie van het slibonderzoek met als doel het bereiken van geïntegreerde resultaten. Aanbevolen wordt dit met coördinatie na te streven. Deze coördinatie dient te worden bereikt door de verdere versterking van de samenwerking tussen RIZA en W&W, te samen met DDMI en DDWT.
- * Op korte termijn dient een gezamenlijk onderzoeksplan betreffende het slib te worden opgesteld. Daarin is op te nemen datgene wat er al bereikt is en datgene wat nodig is, gezien de beleidsmaatregelen. Een dergelijk plan dient aan te sluiten op de respectievelijke directieplannen. Rekening dient te worden gehouden met de onderzoeksinfrastructuur buiten de RWS.
- * De lopende onderzoeken dienen zo min mogelijk onderbroken te worden tenzij uit gezamenlijk onderzoeksplan naar voren komt dat een lopend onderzoek een (te) lage prioriteit heeft.
- * Prioriteiten in slibonderzoek moeten worden opgesteld aan de hand van prioriteiten in het beheer. Deze zullen moeten worden uitgewerkt in het op te stellen onderzoeksplan.

1.

INLEIDING

De aanwezigheid van slib in het aquatisch milieu vormt voor de RWS reeds lange tijd een bron van zorg, waarbij gewezen kan worden op scheepvaart en milieu.

De specialistische diensten van RWS worden dan ook vele vragen voorgelegd welke betrekking hebben op het slib. Verwacht mag worden dat de komende tijd meer, en vooral gecompliceerdere, vragen zullen worden opgeworpen.

In diverse directieplannen van RWS-onderdelen zijn hiervoor reeds aanwijzingen aanwezig. Recentelijk voorziet de wijziging van de WVO in een stelsel van waterkwaliteitsplannen, waarin het ten aanzien van het waterkwaliteitsbeheer en de bestrijding van de waterverontreiniging te voeren beleid moet worden omschreven, hetgeen tevens zal leiden tot meer vragen op slibgebied.

Reeds in 1979 was de slibproblematiek bij RWS aanleiding tot een briefwisseling tussen WWKZ en het RIZA: Hierbij kwam de noodzaak tot een gestructureerde aanpak van het slibonderzoek naar voren. In augustus 1980 heeft dat geleid tot een oriënterende bespreking tussen de HID's van WW en het RIZA.

In dit gesprek werd de nadruk gelegd op de coördinerende rol van de specialistische diensten in het slibonderzoek t.b.v. RWS. Onderkend werd dat vragen van technisch-wetenschappelijke aard op het werkterrein van de Waterstaat met de huidige stand van kennis niet afdoende zijn te beantwoorden. Ook de middelen om de effecten van verschillende of alternatieve beleidsmaatregelen t.a.v. het slib te bepalen zijn nog onvoldoende ontwikkeld. Weliswaar is de huidige stand van kennis niet onaanzienlijk, maar deze kennis is over een breed veld gespreid en over vele instituten verdeeld aanwezig. Een duidelijk en samenhangend beeld ontbreekt echter.

Door de twee genoemde RWS-diensten is daarom besloten een inventarisatie te maken van behoeften, kennis en leemten in deze kennis. Door stimulering van het huidige onderzoek en nieuwe ontwikkelingen kan dan in een gerichte samenwerking en langs effectieve weg, gekomen worden tot de gewenste resultaten. Hoewel vele vragen t.a.v. de slibproblematiek betrekking hebben op de zoute wateren is voor de volledigheid een overzicht gemaakt voor alle Nederlandse (rijks-)wateren.

Gekozen is daarbij voor een geografische indeling waarbinnen de huidige en de te verwachten slibproblemen worden samengevat (hoofdstuk 2). De huidige toestand van de technisch-wetenschappelijke kennis betreffende de fysische, fysisch-chemische en chemische eigenschappen van slib evenals de meettechnieken en modelontwikkelingen zijn zo volledig mogelijk samengevat in hoofdstuk 3.

Een afzetting van de (toekomstige) problemen tegen de huidige kennis wordt met behulp van een eenvoudige sterkte / zwakte analyse uitgevoerd. Te zamen met de overige bevindingen uit dit rapport vormt dit hoofdstuk 4.

De conclusies en aanbevelingen sluiten dit rapport af. Ten behoeve van het overzicht zijn deze aan het begin van de nota geplaatst.

2. PROBLEEMSTELLING

2.1. Achtergronden

Slib komt als natuurlijk bestanddeel voor in alle Nederlandse wateren: rivieren, meren, estuaria, Waddenzee en Noordzee. De mate waarin het voorkomt, de samenstelling en het gedrag van het slib en de aangehechte verontreinigingen verschillen van gebied tot gebied. Bovendien bestaan daarin grote verschillen over de tijd, als gevolg van wisselende omstandigheden zoals seizoenen en ook lozingen. Menselijke ingrepen op grote schaal (indijkingen, kanalisatie, afsluiting zee-armen, beheersing van de kwantitatieve waterhuishouding en stopzetten van landaanwinning), gepaard met intensieve en langdurige baggerwerken hebben veranderingen gebracht in de natuurlijke evenwichtssituatie. Met de groei van het inzicht in de rol van het slib in het milieu als substantie en als drager kwam de vraag naar kennis op omtrent de beweging van het slib en omtrent de functie als drager van verontreinigingen.

De problematiek van het slib kan worden veroorzaakt door:

- de fysische aanwezigheid, zoals:
 - * de troebelheid en het esthetisch aspect voor de recreatie
 - * de lichtverstrooiing en absorptie in relatie tot het ecosysteem (primaire produktie, flora en fauna)
 - * de fysische belasting van het ecosysteem (o.a. verstikking mossel- en oesterculturen).
 - * de bodemligging en diepgang in vaargeulen, haventoeegangen en havens
- het transportvermogen voor verontreinigende stoffen die van invloed zijn op:
 - * de waterkwaliteit
 - * de recreatie en de volksgezondheid
 - * het ecosysteem

Momenteel komen de vragen omtrent slib in alle Nederlandse Rijkswateren voor.

De vragen komen naar voren bij de verschillende taken van het beheer, zoals vergunningenbeleid voor baggeren en storten van baggerspecie en lozingen van slibrijk afvalwater. Kennis van de plaatselijke hydraulische situatie en het gedrag van slib alsmede veranderingen op langer termijn zijn daarbij essentieel.

Bij deze problematiek dient men zich af te vragen waar het slib vandaan komt (waaronder plaatselijke produktie; erosie en primaire produktie), waarheen het gaat, hoe het zich verspreidt en waar uiteindelijk sedimentatie plaatsvindt. Hierbij dienen naast natuurlijke processen als erosie, transport, sedimentatie en consolidatie ook de menselijke activiteiten als baggeren, storten en lozen van baggerspecie en residuen van waterzuiveringen mee in beschouwing genomen te worden. Milieuhygiënische vragen komen voort uit de fysische aanwezigheid van het slib, maar vooral uit de aan het slib gebonden verontreinigingen, zoals zware metalen, organische microverontreinigingen, microbiologische verontreinigingen en nutriënten.

Omdat de vragen omtrent slib zich overal voordoen en de respectievelijke beheersinstanties zich voor hun specifieke problemen zien gesteld, is het slibonderzoek vanuit zeer veel verschillende gezichtshoeken aangevat. Een samenhangend overzicht van deze vraagstellingen, het slibonderzoek, de opgebouwde kennis, de samenwerkingsverbanden en de deelnemende instituten is echter nooit samengesteld. De doelstelling in dit rapport is een globaal beeld te schetsen van de geografisch gespreide probleemstellingen, de onderzoekingen, de organisatorische verbanden en de samenwerkende instituten.

Om deze specifieke situatie in de benadering van de slibproblematiek bespreekbaar te maken met alle belanghebbende dienstonderdelen, wordt hier gekozen voor een geografische indeling van de Nederlandse wateren (zie 2.6). Aan de hand van de vraagstellingen in deze geografische gebieden zal naar overeenkomstige probleemstellingen worden gezocht, die onderzoek met een meer algemeen karakter rechtvaardigen.

Globaal bestaat de indruk dat vrij veel kwalitatieve kennis is verkregen over de slibbeweging. Deze kennis is in hoofdzaak verkregen door de kennis van de waterbeweging op macroschaal. In mindere mate is kennis verkregen over de fysische processen, zoals de waterbeweging op microschaal, de erosie en de sedimentatie van het slib. In nog mindere mate is de rol van het slib in het transportmechanisme voor de verontreinigingen bekend.

Bij deze problematiek dient men zich af te vragen waar het slib vandaan komt (waaronder plaatselijke produktie; erosie en primaire produktie) , waarheen het gaat, hoe het zich verspreidt en waar uiteindelijk sedimentatie plaatsvindt. Hierbij dienen naast natuurlijke processen als erosie, transport, sedimentatie en consolidatie ook de menselijke activiteiten als baggeren, storten en lozen van baggerspecie en residuen van waterzuiveringen mee in beschouwing genomen te worden. Milieuhygiënische vragen komen voort uit de fysische aanwezigheid van het slib, maar vooral uit de aan het slib gebonden verontreinigingen, zoals zware metalen, organische microverontreinigingen, microbiologische verontreinigingen en nutriënten.

Omdat de vragen omtrent slib zich overal voordoen en de respectievelijke beheersinstanties zich voor hun specifieke problemen zien gesteld, is het slibonderzoek vanuit zeer veel verschillende gezichtshoeken aangevat. Een samenhangend overzicht van deze vraagstellingen, het slibonderzoek, de opgebouwde kennis, de samenwerkingsverbanden en de deelnemende instituten is echter nooit samengesteld. De doelstelling in dit rapport is een globaal beeld te schetsen van de geografisch gespreide probleemstellingen, de onderzoekingen, de organisatorische verbanden en de samenwerkende instituten.

Om deze specifieke situatie in de benadering van de slibproblematiek bespreekbaar te maken met alle belanghebbende dienstonderdelen, wordt hier gekozen voor een geografische indeling van de Nederlandse wateren (zie 2.6). Aan de hand van de vraagstellingen in deze geografische gebieden zal naar overeenkomstige probleemstellingen worden gezocht, die onderzoek met een meer algemeen karakter rechtvaardigen.

Globaal bestaat de indruk dat vrij veel kwalitatieve kennis is verkregen over de slibbeweging. Deze kennis is in hoofdzaak verkregen door de kennis van de waterbeweging op macroschaal. In mindere mate is kennis verkregen over de fysische processen, zoals de waterbeweging op microschaal, de erosie en de sedimentatie van het slib. In nog mindere mate is de rol van het slib in het transportmechanisme voor de verontreinigingen bekend.

Om inzicht te verkrijgen in de bestaande kennis, moeten inventarisaties van uitgevoerd onderzoek worden verricht. De meettechnieken om de hoeveelheid slib in de natuur vast te leggen zijn momenteel nog onvoldoende ontwikkeld. Extreme omstandigheden, waaronder juist verwacht mag worden dat de grootste transporten plaatsvinden, kunnen daardoor niet worden onderzocht. Voor het begrip van de processen en de beschrijving in wiskundige modellen is dit een essentieel onderdeel.

2.2. Definitie en samenstelling van slib.

Een algemeen geldige definitie van slib is moeilijk te geven, omdat in verschillende vakgebieden verschillende definities worden gehanteerd.

Volgens Normblad NEN 209 is slib die fractie van het sediment, die een valsnelheid heeft, die ligt tussen de valsnelheden van kwartsbolletjes met diameters tussen 2 en 16 μm .

In de praktijk vormt over het algemeen de in het water zwevende stof en de sedimentfractie kleiner dan 50 à 63 μm onderwerp van studie. Slib kan zowel uit anorganische als organische bestanddelen zijn opgebouwd.

De belangrijkste anorganische delen zijn kleimineralen en kwarts. Het organische deel bestaat voornamelijk uit detritus. Vele organismen voeden zich met de organische bestanddelen van slib.

Voor de structuur van het slib wordt gekeken naar de korrelgrootte en korreloppervlakte, de mechanische en rheologische eigenschappen, de flocculatie en de elektrochemische krachten. Voor de eigenschappen van slib wordt gekeken naar de erosie- en sedimentatiesnelheid, de dichtheid en de chemische samenstelling en na de sedimentatie ook naar de poriënwatersamenstelling. Bij de chemische samenstelling wordt onderscheid gemaakt tussen die van het slib zelf en die van de aangehechte verontreinigingen.

2.3. Slibbeweging (fysisch)

Naar herkomst wordt het slib onderscheiden in fluviatiel en marien slib. Het kan voorkomen in zwevende vorm of als sediment. De plaatselijke produktie (primaire produktie) en de erosie van de bodem zijn

slibbronnen. De beweging van het slib (erosie, verspreiding, sedimentatie en consolidatie) kan gezien worden als het resultaat van de energieprocessen die zich in het water afspelen. Daar waar de turbulentiegraad hoog is, zal het bodemmateriaal geërodeerd en voor een deel in suspensie gehouden worden.

Het begin van de erosie wordt bepaald door de schuifspanning die het water uitoefent op de bodem, als functie van de consolidatiegraad en de eigenschappen van de bodem, zoals cohesie en oppervlakteruwheid.

In theorie bestaat over dit proces veel kennis, doch natuurmetingen zijn nauwelijks voorhanden.

In gebieden met een lage turbulentiegraad (globaal bij een stroomsnelheid van kleiner dan 0,3 m/s) zal in het algemeen afzetting plaatsvinden (sedimentatie). In getijdegebieden bestaat in de kenteringsfase nog een hoge turbulentiegraad, zodat geen of nauwelijks sedimentatie optreedt.

Consolidatie vindt plaats in gebieden waar het slib zich heeft afgezet. Het is een gestage verdichting, waarbij de dichtheid en de weerstand tegen afschuiving toenemen en het watergehalte afneemt.

In een zekere fase van de consolidatie kan het slib zich gedragen als een plastische vloeistof. Bij toeneming van de afschuivende kracht, waarbij de weerstand eerst toeneemt, zal bij een zekere grenswaarde (yield stress of zwichtspanning) het slib zich plotseling als een visceuze massa gaan gedragen.

Aanwezigheid in lagen bodemsediment van gassen, die vrijkomen uit de afbraak van de organische bestanddelen, verminderen de consolidatie en de weerstand tegen afschuiving. Dergelijke lagen eroderen ook gemakkelijk in zijn geheel.

De energietoevoer aan het water heeft plaats via getijden, rivierafvoeren, scheepvaart, wind en zon. De hierdoor veroorzaakte waterbeweging wordt verder beïnvloed door de bodemgesteldheid, de waterdiepte en dichtheidsverschillen t.g.v. temperatuur, zoutgehalte en slibgehalte.

Daar de energieprocessen in het water stochastisch van aard zijn zal de waterbeweging en ook de slibbeweging een stochastisch karakter hebben.

Een redelijke beschrijving van de processen is niet te geven, omdat de samenhang van de genoemde grootheden in de werkelijkheid (3-dimensionaal) nog onvoldoende bekend is.

Het bepalen van een gemiddeld slibtransportpatroon blijft met een gering aantal metingen een ongewisse zaak. Fluctuaties worden alleen betrouwbaar uitgemiddeld met een groot aantal waarnemingen. Een goede kennis van de transportmechanismen is voor een juist begrip van het slibtransport van essentieel belang en kan in het algemeen een gedeelte van de ontbrekende natuurmetingen opvangen. Van belang daarbij zijn de eigenschapsveranderingen van de beschouwde vloeistof (massaverandering, dichtheidsstromen) en het afwijkend plastisch gedrag van sliblagen. Slib laat zich als gevolg van dit plastisch gedrag beschrijven als een zogenaamde Binghamse vloeistof. De transportverschijnselen zijn maar in beperkte mate te beschrijven met eenvoudige verspreidingsmechanismen (o.a. diffusie-modellen al dan niet gemiddeld over het getij), ook als men zich beperkt tot een bepaalde categorie slib met bepaalde deeltjesdiameter.

De milieuhygiënische aspecten van de slibbeweging betreffen voornamelijk de invloed van sedimenterend slib op bodemflora en fauna en op pelagische organismen. Bovendien is de fysische aanwezigheid van slib in de waterkolom van invloed op de troebelheid en de lichtverstrooiing. De troebelheid is een esthetisch aspect (recreatie), terwijl het lichtniveau mede bepalend is voor de fotosynthese (primaire produktie).

2.4. Slibgedrag (fysisch-chemisch)

Het fysisch-chemisch gedrag van slib omvat flocculatie, complexvorming, en ad- en desorptie van verschillende stoffen. Dit gedrag wordt veroorzaakt door elektrische en V.d. Waalskrachten en door het organische stof-gehalte, waaraan een groot deel van de contaminanten adsorberen.

Flocculatie is het proces van vlokvorming dat optreedt in een suspensie van cohesief materiaal. Door botsing van de deeltjes, als gevolg van de turbulente beweging in het water en het verschil in valsnelheid der afzonderlijke deeltjes, kunnen deze aan elkaar gaan kleven. De grootte van de vlokken hangt af van de turbulentie-intensiteit. Flocculatie kan optreden bij menging van twee waterstromen, bijvoorbeeld een hoofd - met een zijrivier.

Ook treedt vlokvorming van fijne sedimenten, die in water zijn gesuspendeerd, op in water waarin elektrolyten zijn opgelost, zoals in brakke en zoute delen van estuaria.

Het met het slib samenhangende probleem van milieuvervuiling bestrijkt naast de beschreven fysische processen ook de fysisch-chemische en chemische processen. Er wordt met nadruk op gewezen dat samenwerking op diverse onderzoeksgebieden een noodzakelijke voorwaarde tot succes is in het doorgronden van de slibproblematiek. Met name geldt dit op het gebied van het modelleren van de fysisch-chemische processen (fysische binding van contaminanten aan slibdeeltjes, complexvorming en decontaminatie) en de waterbeweging.

Omdat de parameters die het slibgedrag bepalen groot zijn in aantal en stochastisch in karakter, zijn zeer veel metingen noodzakelijk. Grote steun bij dergelijk onderzoek kan worden gegeven met modelberekeningen.

De milieuhygiënische aspecten zijn in het voorgaande reeds kort aangestipt. Het betreft hier vooral het gedrag van verontreinigingen, waarop in de volgende paragraaf nader wordt ingegaan.

2.5. Gedrag van verontreinigende stoffen

Bij het gedrag van verontreinigende stoffen gaat het in het bijzonder om de volgende vragen:

- 1) Welke verontreinigingen komen aan slib gehecht voor en in welke concentraties?
- 2) Welke interacties vinden plaats tussen de verschillende abiotische compartimenten (waterkolom, zwevende stof, sliblaag, bodem en poriënwater)?
- 3) Wat is de binding van de verontreinigingen binnen één abiotisch compartiment (in het algemeen speciation) en wat is de biologische beschikbaarheid (bio-availability)?

De eerste vraag geeft het belang aan te weten in welke concentraties de aan het slib gehechte verontreinigingen voorkomen. De huidige meet-technieken kunnen echter slechts een beperkte indruk geven van de verontreinigingsgraad van slib, daar nog niet alle analytische-technische problemen van slibanalyses zijn opgelost. Dit geldt zeker voor het door organismen opneembare c.q. biologisch beschikbare deel van de verontreinigingen.

Om het gedrag van de verontreinigende stoffen te beschrijven zijn de volgende abiotische compartimenten gedefinieerd: waterkolom, zwevende stof, sliblaag, bodem en poriënwater.

De tweede vraag betreft de processen die de concentraties in de verschillende compartimenten beïnvloeden, zoals adsorptie-desorptie, oxydatie-reductie, bodemfixatie-vrijkomen met poriënwater en complexvorming.

De derde vraag tenslotte stelt de bindings- en verschijningsvorm van de verontreinigingen aan de orde. Deze is van belang voor de biologische beschikbaarheid en dus voor mogelijke opname in de voedselketen. De verontreinigingen die in dit kader aandacht verdienen zijn: zware metalen, organische microverontreinigingen, microbiologische verontreinigingen, radiochemische verontreinigingen en nutriënten.

Voor het gedrag van de afzonderlijke verontreinigingen zijn nog de volgende aspecten van belang:

- zware metalen en organische microverontreinigingen.

Voor deze stoffen gaat de aandacht vooral uit naar de opname door

en accumulatie in organismen en de gevolgen voor die organismen (o.a. toxiciteit, mutageniteit, ecologische gevolgen).

- Microbiologische verontreinigingen.

Het gaat hierbij om virussen, bacteriën, schimmels en parasieten.

De overlevingstijd van deze organismen in het milieu is van direkte invloed op de recreatie en de volksgezondheid.

- Radiochemische verontreinigingen.

De radioactiviteit van slib is van belang

baggerspeciebergingen

- Nutriënten

De in het slib aanwezige nutriënten kunnen van invloed zijn op de primaire produktie. In baggerspecie komen hoge concentraties aan nutriënten voor (m.n. fosfaat). Ook de nutriëntenhuishouding van de bodem is van invloed op de concentraties in de waterkolom.

2.6

Geografische indeling

Ten behoeve van een nadere uitwerking van de slibproblematiek is een onderscheid gemaakt in geografische gebieden (zie figuur 1), waarin afzonderlijke wateren of probleemgebieden zijn aangegeven. Deze indeling, waarbij de belanghebbende beheerinstanties zijn vermeld, is hieronder aangegeven.

Geografisch gebied	Beheerder
1. Noordzee	Direktie Noordzee
- open zee	
- kustwater (Loswal-Noord)	
2. Estuaria	Kustdirekties
- Eems-Dollard	
- Westerschelde	
- Oosterscheldegebied	
3. Waddenzee	Groningen, Friesland en Noord-Holland
4. Bovenrivieren	BOR
- Maas	Direktie Limburg
- Rijnakken	
- IJssel	
5. Benedenrivieren	BER
- Biesboschgebied	

- Nieuwe Merwede
- Hollands Diep
- Haringvliet
- Rijnmondgebied (Gemeente Rotterdam)
- 6. IJsselmeergebied ZZW
 - IJsselmeer
 - Ketelmeer
 - Markermeer
 - Randmeren
- 7. Overige
 - Kanaal Gent-Terneuzen Directie Zeeland
 - Noordzeekanaal en Buiten- Directie Noord-Holland
haven
 - Amsterdam-Rijnkanaal BOR, Directies Utrecht en Noord-Holland
 - Invloed uitwateringen:
 - Oude Rijn geen rijkswater
 - Lauwersmeer geen rijkswater

2.7 Korte beschrijving van de slibproblematiek per geografisch gebied

In paragraaf 2.1. is reeds aangegeven dat de slibproblematiek een breed scala van problemen omvat. Een overzicht van deze problematiek per geografisch gebied is weergegeven in bijlage 1. Hierin wordt duidelijk dat in bijna alle deelgebieden overeenkomstige problemen bestaan t.a.v. slib. In deze paragraaf wordt de problematiek per geografisch gebied nader uitgewerkt.

2.7.1. Noordzee

De slibproblematiek op de Noordzee omvat de balans (toe- of afname), de verspreiding (o.a. i.v.m. de bodemligging) en de milieuhygiënische aspecten. Bij de slibbalans wordt de vraag gesteld of er van vermeerdering of van gelijkblijven van de hoeveelheid slib in de Noordzee sprake is. Bij de slibverspreiding gaat het om de vraag hoe het slib geografisch verdeeld is, welke veranderingen deze verdeling ondergaat, welke transporten er plaatsvinden en welke bronnen, erosie en sedimentatiegebieden er aanwezig zijn. Slibbronnen voor de Noordzee zijn:

- de rivieren (Rijn, Maas, Schelde en Eems) die via estuaria, Nieuwe Waterweg en IJsselmeer hun slib afvoeren naar zee, nadat een gedeelte in Nederland is gesedimenteerd;
- grensoverschrijdende belasting langs de kust;
- ter plekke geproduceerd (erosie en detritus);
- en als laatste datgene wat door de mens wordt geloosd en gestort. Een belangrijk gebied hierbij is Loswal-Noord, waar een groot gedeelte van de baggerspecie uit het Rijnmondgebied wordt gestort.

De sedimentatie als ook de erosie wordt bepaald door de energiehuishouding in de Noordzee die van plaats tot plaats sterk varieert.

In de kustzone gaat het om de vraag van voorkomen en transport van slib. Kwantitatief gezien levert het slib nu reeds problemen op voor de recreatie. De invloed op het ecosysteem moet nog worden onderzocht.

De uitwisseling van de kustzone met de open zee is van belang voor de bepaling van het netto slibtransport langs de Nederlandse kust.

De milieuhygiënische aspecten van slib betreffen naast de esthetische problemen voor de recreatie voornamelijk de aan het slib gehechte verontreinigingen. In welke concentraties komen de verontreinigingen in het slib voor, wat is de biologische beschikbaarheid van deze stoffen en wat zijn de effecten op het ecosysteem?

Ook de microbiologische verontreiniging kan een terrein van onderzoek vormen o.a. in relatie tot zwemwater, bijvoorbeeld de afvalwaterlozing van Den Haag.

2.7.2. Estuaria

Bij de estuaria gaat het bij de vraagstelling om de balans en het nettotransport van slib door het estuarium en om de verdeling binnen het estuarium. Ook hierbij gaat het om de erosie en de sedimentatie in het gebied. Tot de bronnen behoort de toevoer door de rivieren en de zee en de produktie ter plaatse.

In de estuaria vindt menging plaats van het zoete afstromende rivierwater met het zoute zeewater. Op deze ontmoetingsplaats vinden ingewikkelde processen plaats t.g.v. dichtheidsstromen, flocculatie, getij-invoerd, getij-invoerd en menging.

Een belangrijke vraag voor de Eems-Dollard en de Westerschelde is wat de gevolgen zijn voor het milieu van het verdiepen van vaarwegen en havens en de verlegging van vaargeulen.

In beide estuaria vindt de laatste jaren een toenemende baggeractiviteit voor het verdiepen van vaargeulen en havens plaats. Het BOEDE onderzoekt in het Eems-Dollard estuarium of er een relatie bestaat met het eveneens de laatste jaren toegenomen zwevende stof-gehalte. Van belang is tevens of een mogelijk veranderde primaire produktie op de Noordzee van invloed is op het zwevende stof-gehalte en het voedselaanbod (detritus) in de estuaria.

Verdieping van de vaargeulen veroorzaakt tevens een afname van de stroomsnelheden, waarbij de ebsnelheid meer afneemt dan de vloed-snelheid. Het vloedtransportvermogen neemt t.o.v. het ebtransportvermogen in belangrijkheid toe. De ruimende werking van het ebvermogen wordt afgezwakt, waardoor een stijging van het zwevende stof-gehalte ontstaat.

Voor verlegging van vaargeulen zal veel materiaal verplaatst moeten worden, waarbij een gedeelte in suspensie zal worden gebracht. Veranderingen in het zwevende stof-gehalte zijn van invloed op de primaire produktie, de bodemflora en fauna, de vissen en op de recreatie.

In de Eems-Dollard en de Westerschelde zijn industrie en scheepvaart de belangrijkste functies, naast de natuur-, recreatie- en visserijfuncties welke in de Oosterschelde prevaleren.

Na de bouw van de stormvloedkering en de compartimenteringswerken zal voor de Oosterschelde een nieuwe situatie ontstaan, welke van invloed zal zijn op het slibgehalte in de Oosterschelde en wellicht de Noordzee. Na voltooiing van de werkzaamheden is het voedselaanbod voor schelpdiercultures een belangrijk aspect.

Ten aanzien van de aan het slib gehechte verontreinigingen geldt voor de estuaria dat inzicht noodzakelijk is in de invloed op het ecosysteem. Met name is de invloed van microverontreinigingen van belang, vanwege de belangrijke kraamkamerfunctie die de estuaria vervullen voor de Noordzee.

2.7.3. Waddenzee

De Waddenzee is een slibrijk gebied, waar veel behoefte bestaat aan kennis omtrent het gedrag van slib en de gevolgen van slibstortingen. Van belang zijn sedimentatie- en erosievraagstukken in relatie tot waterbouwkundige ingrepen (Dollardhaven, koelwaterinlaten, op diepte houden van vaargeulen, Delfzijl, Eemshaven, Termunterzijl).

Het op diepte houden van vaargeulen in de Waddenzee, t.b.v. de bevaarbaarheid, en de aangrenzende havens, levert bovendien problemen op voor de berging van de baggerspecie.

Ook de fundamentele vragen naar de herkomst, de verspreiding en de balans van het slib zijn in de Waddenzee van belang.

Vanwege de belangrijke natuurfunctie van de Waddenzee gaat de grootste belangstelling uit naar de aan het slib gehechte verontreinigingen. Inzicht is gewenst in de herkomst en samenstelling, vooral m.b.t. microverontreinigingen, van het naar de Waddenzee aangevoerde slib en welke processen in dit slib plaatsvinden na sedimentatie in de Waddenzee. Dit inzicht is eveneens van belang voor een juiste beoordeling van de relatie tussen de ontwikkelingen van de belangrijkste verontreinigingsbronnen (Rijn en Eems) en de resulterende contaminatie van de Waddenzee.

In de Waddenzee is, evenals in de estuaria, het voedselaanbod van groot belang, zodat inzicht nodig is in de invloed van de primaire produktie in de Noordzee op dit voedselaanbod in de Waddenzee.

Tenslotte is inzicht nodig in de invloed van het spuien van IJsselmeerwater op het slibgedrag en de slibkwaliteit in de Waddenzee.

2.7.4. Bovenrivieren

De grote rivieren transporteren grote hoeveelheden slib en veroorzaken voor een belangrijk deel de slibbelasting van Nederland. De Rijn vormt in deze de belangrijkste slibbron. Meer inzicht is nodig in dit transport, in relatie tot afvoer en seizoenen. Een modelmatige beschrijving is niet voorhanden.

In het Nederlandse gedeelte van de rivieren bezinkt een deel van het zwevende stof, hetgeen problemen op kan leveren. Niet alleen in het Rijnmondgebied, de Nieuwe Merwede en de monding van de IJssel moet slib worden verwijderd, maar ook in de bovenloop van de rivieren vinden baggeractiviteiten plaats.

Dit slib wordt meest weer op een stroomafwaarts gelegen punt in de

rivier gestort. Inzicht in de gevolgen van deze activiteiten is gewenst.

Bekend is dat rivierslib als belangrijke drager fungeert van verontreinigingen (Uitarwijk-Winkel, 1977). Over de relatie van het slib met de waterkwaliteit en de organismen in de rivieren is weinig bekend. De aan het slib gehechte verontreinigingen dragen ook in belangrijke mate bij aan problemen in stroomafwaarts afgelegen gebieden. Bovendien kunnen de verontreinigingen problemen opleveren bij de bereiding van drinkwater uit rivierwater.

2.7.5. Benedenrivieren

Het Benedenrivierengebied is een belangrijk sedimentatiegebied van slib dat door de grote rivieren wordt aangevoerd.

Het Rijn- en Maaswater wordt, sedert de afsluiting van het Haringvliet en de ingebruikname van de Volkeraksluizen, bij lage afvoer (tot $\pm 1700 \text{ m}^3/\text{sec.}$) hoofdzakelijk via de Nieuwe Waterweg naar de Noordzee afgevoerd. bij hogere afvoeren wordt het surplus van $1700 \text{ m}^3/\text{sec}$ gespuid via de Haringvlietsluizen. Bij $6000 \text{ m}^3/\text{sec}$ staan de Haringvlietsluizen geheel open, zodat bij nog hogere afvoeren het debiet door de Nieuwe Waterweg zal toenemen.

Een aanzienlijk deel van het Rijnslib sedimenteert in de Nieuwe Merwede, maar ook in het Rijnmondgebied en het Hollands-Diep/Haringvliet vindt sedimentatie plaats. Naast fluviatiel slib sedimenteert in het Rijnmondgebied een belangrijke hoeveelheid (tot 70% van het totaal) slib van mariene herkomst.

De belangrijkste problemen ten aanzien van het slibbezwaar doen zich voor in de Rijnmond en de Nieuwe Merwede.

In het Rijnmondgebied zijn havens en vaarwegen verdiept waardoor de natuurlijke situatie is verstoord. Verdieping van de vaargeul verlaagt de stroomsnelheid, waardoor meer materiaal kan sedimenteren. Tevens dringt de zouttong verder landinwaarts door, zodat flocculatie meer stroomopwaarts optreedt.

Verdieping en uitbreiding van de havens hebben de laatste decennia eveneens aanzienlijk bijgedragen aan een vergrote sedimentatie. De hoeveelheden baggerspecie vertoondende laatste decennia dan ook een duidelijke toename.

Milieu problemen worden veroorzaakt door de aan het slib gehechte verontreinigingen. Zij zijn van invloed op de waterkwaliteit en op het functioneren van het gehele ecosysteem. Dit geldt met name in het Haringvliet waar het gesedimenteerde materiaal niet meer in suspensie gebracht wordt (lage stroomsnelheden en geringe windinvloed ten gevolge van de diepte). Een belangrijk aspect bij mogelijk sedimentonderzoek in het Haringvliet vormt het saneringsbeleid ten aanzien van Rijn en Maas, zodat het effect van verbeteringen in de waterkwaliteit eveneens onderzocht kunnen worden in het slib.

Een overzicht van het gehalte van een aantal zware metalen in het slib in de Nederlandse Delta is gegeven in figuur 2.

De aan het slib gehechte verontreinigingen kunnen problemen geven bij de drinkwaterbereiding uit water dat wordt ingelaten in de Biesbosch-spaarbekkens en uit water dat wordt ingelaten bij Dordrecht, Gouda, Andel e.a.

2.7.6. IJsselmeergebied

De wateren in het IJsselmeergebied zijn stagnant en relatief ondiep. De IJssel vormt de belangrijkste slibbron. Dit slib sedimenteert voor een gedeelte in het Ketelmeer, de rest wordt getransporteerd naar het Kleine IJsselmeer. Een belangrijke vraag is wat de invloed van de windsnelheid, wind-richting en golfwerking is op het slibgehalte en -transport in het IJsselmeer. In verband met het eutrofiëringsprobleem is ook de invloed op het doorzicht van belang.

Op een aantal plaatsen in het IJsselmeergebied vindt thans verdieping plaats t.b.v. de zandwinning. Inzicht in de gevolgen van deze verdieping op het slibgehalte en het doorzicht is noodzakelijk. Door de aanwezigheid van deze diepe putten neemt de druk toe om meer baggerspecie te mogen storten dan nu het geval is. Studies in deze richting zijn binnen het MKO verricht bij BER (1977). Ook ecologische en recreatieve gevolgen van baggerspecie-stortingen in het IJsselmeergebied verdienen zeker aandacht.

2.7.7. Overige wateren

Het kanaal Gent -Terneuzen, het Noordzeekanaal met de buitenhaven, het Amsterdam-Rijnkanaal en de uitwateringen van de Oude Rijn en het Lawersmeer zijn die wateren waar tot slot nog enige slibproblemen van worden aangegeven.

Bij alle wateren die zoet water afvoeren naar zout water is een belangrijke vraag wat de invloed is van het spuien op het slibgedrag in de ontvangende zoute wateren. Hierbij zijn de gevolgen van de (vaak tijdelijke) verzoeting van belang.

In het Noordzeekanaal met zijn Buitenhaven en in het kanaal Gent-Terneuzen verdient het gedrag van de aan slib gebonden verontreinigingen aandacht, daar er langs deze kanalen industriële activiteiten plaatsvinden waardoor het slib in meerdere of mindere mate verontreinigd wordt. Bovendien moet in deze kanalen en aanliggende havens gebaggerd worden t.b.v. de scheepvaart. Dit laatste geldt eveneens voor het Amsterdam-Rijnkanaal, dat bovendien nog verbreed wordt. Voor de berging van de specie uit deze drie kanalen worden ook lokaties in Rijkswateren overwogen.

3. HUIDIGE STAND VAN ZAKEN

3.1. Algemeen beeld

Binnen Nederland is door verschillende instituten en organisaties in diverse samenwerkingsverbanden reeds veel inspanning gestoken in het onderzoek naar het fysisch gedrag van slib (zie voor globaal overzicht bijlage 2). Milieuhygiënische aspecten en de relatie daarvan tot het fysische gedrag zijn in veel mindere mate onderzocht.

Een verantwoord overzicht van de huidige kennis vereist gesprekken met de betrokken instituten en instellingen in Nederland en een literatuurstudie, zowel nationaal als internationaal.

Een eerste overzicht wordt in het navolgende gegeven. Eerst wordt een algemeen beeld geschetst rond de onderwerpen slib en verontreinigingen, waarna per geografisch deelgebied, voorzover mogelijk, aanvullende informatie wordt gegeven. Tot slot wordt ingegaan op het routinematige onderzoeksprogramma, waarin veel gegevens zijn ingewonnen in alle bij de slibproblematiek betrokken gebieden.

Slib

De laatste jaren is kwalitatief enig inzicht verkregen in het globale slibtransport binnen Nederland, hoewel een goede kwantitatieve beschrijving nog ontbreekt. De aanvoer van fluviatiel slib vindt plaats via de rivieren (Rijn, Maas, Schelde en Eems) en de afvoer naar de Noordzee via de estuaria, via de door de mens aangelegde stagnante zoete bekkens (IJsselmeer en Haringvliet) en via de Nieuwe Waterweg. Van het aangevoerde slib blijft ongeveer twee-derde deel in de rivieren en meren achter.

Naast de aanvoer door rivieren wordt ook door de Noordzee marien slib aangevoerd in de estuaria, de Waddenzee en de Nieuwe Waterweg. In het Eems-Dollardgebied is de aanvoer van slib overwegend vanuit zee. Verder wordt slib gevormd in gebieden waar primaire produktie plaatsvindt, door afsterven van de biomassa (detritus).

De beschrijving van de slibbeweging hangt sterk af van de kennis van de waterbeweging. In globale zin is deze waterbeweging bekend, doch de fijnere karakteristieken (turbulentiegraad, snelheidsverdelingen in de verticaal, bodemschuifspanning en invloed van de orbitaalbeweging op de bodem) zijn onvoldoende bekend om een juiste beschrijving te geven. Vooral in de ondiepe wateren (kustzône) en de zeegaten heersen zeer gecompliceerde stromingspatronen die met de huidige wiskundige model-

len, nog niet goed kunnen worden beschreven. Van de door de waterbeweging veroorzaakte slibbeweging, met name erosie en sedimentatie, is eveneens geen goede beschrijving beschikbaar. Het sedimentatiegedrag is binnen het MKO in onderzoek, evenals het gedrag van slib tijdens het baggerproces.

Globaal inzicht in de slibbeweging is verkregen door onderzoek van o.a. WL, IB, Dir. NZ, RIZA, BER, DD, WW, NIOZ, GWR en onderzoek in België (projet Mer).

Onderzoek naar de slibkarakterisering (zwevende stof, droge stof, gloei-rest, organische stof, korrelgrootte-verdeling, fraktie < 16 μ , slibleeftijd, enz.) wordt verricht door: IB/WL, ITAL, RIV, ECN, RIZA en RGD.

De aanwezigheid van slib is van directe invloed op het ecosysteem. Hierover is de volgende informatie aanwezig:

- invloed slib op troebeling en primaire productie bij BOEDE, NIOZ (Postma), DIHO, DDMI
- invloed slib op water- en bodemorganismen bij:
BOEDE, NIOZ, DIHO, RIVO (vissen en plankton), DDMI.

Aan slib gehechte verontreinigingen

Enig onderzoek is reeds verricht om inzicht te verkrijgen in de gehalten van de aan slib gehechte verontreinigingen en de processen die deze gehalten beïnvloeden (fysisch, chemisch, en biologisch). Vooral het IB/WL bezit veel expertise en know-how op dit gebied. Het IB verricht geochemisch onderzoek in de fundamentele sfeer en het WL benadert de hydrodynamische en morfologische aspecten in de toegepaste sfeer.

Naar het fysisch-chemisch gedrag van slib (flocculatie en complexvorming), met name naar de veranderingen bij zoet/zout-overgangen in estuaria en zeehavens, wordt onderzoek verricht door IB/WL en BER. Ook op laboratoriumschaal wordt hieraan door het IB/WL aandacht geschonken, evenals door het NIOZ. De vroegere studiediensten, thans verenigd in WW (o.a. Hellevoetsluis), hebben eveneens het fysisch-chemisch gedrag in situ onderzocht. Met name in de Nieuwe Waterweg en de estuaria.

Belangrijke chemische processen, die van invloed zijn op de gehalten aan verontreinigingen, zijn adsorptie-desorptiereacties. Veel onderzoek is verricht naar de adsorptie van zware metalen aan slib of slibcomponenten (ijzerverbindingen en mangaan-oxiden). Laboratorium- en veldstudies van het WL maken het belang van de pH bij adsorptieprocessen duidelijk. Ook de invloed van het chloridegehalte, de turbiditeit en de organische fractie van het slib zijn onderzocht.

Naast chemische processen worden de gehalten aan verontreinigingen in slib beïnvloed door biologische processen (o.a. opname van slib als voedsel, bioturbatie). Onderzoek naar de gehalten in slib en de invloed van deze verontreinigingen op organismen en ecosystemen wordt door vele instituten uitgevoerd. In de volgende paragrafen, waar per geografisch deelgebied een overzicht van de huidige kennis gegeven wordt, zullen de betrokken instituten worden aangegeven. Deze kennis is meest in projectmatig onderzoek verzameld. In paragraaf 3.2.8. tenslotte zal worden ingegaan op de op routinematige basis ingewonnen gegevens.

3.2: Kennis per geografisch deelgebied

Voor een globaal overzicht van de instituten die betrokken zijn bij de verschillende aspecten van de slibproblematiek, zij verwezen naar bijlage 2.

3.2.1. Noordzee

Voorname-lijk door activiteiten van het NIOZ is inzicht verkregen in de aard en de deeltjesgrootteverdeling van gesuspendeerd materiaal in de Noordzee. Uit de resultaten is door Eisma (1979, 1980) een redelijk benaderde slibbalans voor de Noordzee opgesteld. In samenwerking met RGD, Dir. NZ en WL/IB voert het NIOZ ook onderzoek uit naar slibaccumulatiegebieden.

Daartoe wordt de slibverdeling op de Noordzee (52 - 55° NB) m.b.v. bodemonsters bepaald (Creutzberg en Postma, 1979). Ook is enig inzicht verkregen in de afzettingsgebieden van diverse sedimentfracties in relatie tot de karakteristieken van deze gebieden (b.v. Waddenzee, zuidelijke Noordzee).

Eisma (1978) veronderstelt een doorstroming door de Noordzee van het merendeel van het gesuspendeerd materiaal in noordwaartse richting met sedimentatie in de Noorse trog, terwijl Creutzberg en Postma (1979) en ook anderen aanwijzingen vinden voor afzettingen in de Noordzee boven de 53° NB.

Hoewel de getijstroom in hoofdzaak verantwoordelijk wordt geacht voor de erosie en transport van het slib, veronderstelt Madsen (1976) dat de oscillerende waterbeweging t.g.v. de golven in sterkere mate verantwoordelijk is voor de erosie van sediment, zeker in de ondiepere gebieden waar de orbitaalbeweging de bodem raakt.

Onderzoek naar de slibbeweging in de Noordzee is verricht door het NIOZ, RGD, dir. NZ, WW en DD. In de kustzone en in de Waddenzee is onderzoek verricht door de vroegere studiediensten, thans verenigd in WWKZ, BER, DD en diverse kustdirecties.

In opdracht van Dir. NZ heeft het WL een studie verricht naar de mogelijkheden van multi-lementenanalyse voor het bepalen van de herkomst van slib in de Noordzee (WL, R 1036, 1978). Door de geringe verschillen in samenstelling tussen Noordzeeslib en Rijnslib kan deze analyse alleen met succes worden toegepast bij het bestuderen van slibtransport in de estuaria.

De bijdragen van de slibstortingen en lozingen in de nabijheid van de Nederlandse kust is aanzienlijk, maar het aandeel hiervan op de van nature aanwezige slibhoeveelheid is niet met voldoende nauwkeurigheid bekend.

Hendriksma (1980) besteedt aandacht aan dit probleem. Ook met behulp van radio-activiteitsmetingen van de natuurlijke achtergrondstraling van baggerspecie wordt dit probleem onderzocht.

In het kader van thematiek 7 van de Raad van Overleg is onderzoek uitgevoerd naar de gevolgen van het in zee brengen van baggerspecie, met het accent vooral op Loswal Noord. Aan het onderzoek namen deel: dir. NZ, DD, WL, RIZA, WW, NIOZ, IB, RIVO, GWR en RIV. Het thematiek 7 onderzoek wordt voortgezet in de nieuw gevormde Coördinatiegroep Slib van de RVO, waarin ook aandacht wordt geschonken aan de aan slib gehechte verontreinigingen. Globale schattingen van de slibstortingen op de Loswal Noord gedurende de afgelopen 12 jaar geven een grove indicatie van de belasting, maar geven ook een aantal vragen aan naar gericht onderzoek, zoals verspreiding, erosie en sedimentatie. Met name is het ontbreken van voldoende nauwkeurige meetgegevens in de natuur een reden, dat nog niet voldoende kennis voor een redelijke verklaring omtrent het mechanisme kon worden ontwikkeld. Onder andere zijn daarvoor metingen nodig onder extreme omstandigheden, zodat invloed van diverse factoren (stroom, golven, etc.) kan worden vastgelegd. Als gevolg hiervan zijn de wiskundige modellen nog niet geschikt te maken voor de simulatie van de slibbeweging.

Binnen de Projectgroep WAKWON wordt naast de algemene parameters als zuurstof, fosfor- en stikstofverbindingen, aandacht geschonken aan de slibverdeling van de Noordzee. Hiervoor worden het zwevende stofgehalte en een aantal hiermee gerelateerde parameters bepaald. De meerjarige meetreeksen (1975-1981) zijn opgeslagen in WAKWAL en worden verwerkt binnen de projectgroep.

Door WWKZ en WWFA wordt aandacht besteed aan waterbewegingsmodellen voor de Noordzee, echter deze modellen zijn in de huidige opzet principieel niet geschikt voor slibtransportberekeningen. Binnen TOW en de RvO wordt onderzocht of slibtransport ingebouwd kan worden in bestaande waterbe-

wegingsmodellen. Voor de Oosterschelde gebeurt dit met name door DDWT. Op de Noordzee en de Waddenzee is onderzoek verricht naar de troebeling (een grootheid die meer omvat dan slib) door het KNMI (Visser 1975) en door het NIOZ.

Aan de aan het slib gehechte verontreinigingen wordt onderzoek verricht door het NIOZ en het RIZA. De gevolgen voor organismen worden door het NIOZ onderzocht en in opdracht van RWS door TNO.

3.2.2. Estuaria

3.2.2.1. Eems-Dollard

In 1977 is in de haven van Delfzijl een proef genomen met een nieuwe methode van baggeronderhoud, het zogenaamde stationaire slibopzuigen (v.d. Veen, 1980). De BOEDE-groep heeft daarbij, in samenwerking met het NIOZ, metingen verricht voor onderzoek naar de verspreiding van slib dat in het estuarium wordt gestort. De Wolf e.a. (1979) concludeerden dat de troebelheid in het Eems-Dollard estuarium over de periode 1951-1973 met een factor 5 - 10 is toegenomen. Het ligt voor de hand dit verschijnsel in verband te brengen met de toename in baggerwerkzaamheden.

Momenteel onderzoekt het BOEDE of er werkelijk een relatie bestaat tussen de baggeractiviteiten en de genoemde verhoging.

Bij het onderzoek van de BOEDE-groep is tevens een vergelijk gemaakt van verschillende meetmethoden (Barretta e.a. 1980). De Adviesdienst Delfzijl heeft gelijktijdig onderzoek verricht naar de mogelijkheden van het storten van slib op stroom (Reenders, 1980). Bij de Adviesdienst is kennis aanwezig op het gebied van kwantitatieve slibverdelingen en transporten.

Een beschrijving van de ontwikkeling van de Dollard is gegeven door Reenders (1972).

Met betrekking tot Nederlandse modellen voor het Eems-Dollardgebied kan worden gesteld dat deze nog niet voldoende zijn ontwikkeld voor slibberekeningen. Wel zijn er Duitse hydraulische modellen van de Eems en de Dollard waarmee simulaties zijn uitgevoerd voor sedimenttransport, met name zand. Slibsimulatie is nog niet mogelijk.

Binnen het BOEDE is een aanzet gemaakt voor een mathematisch model van het ecosysteem van het Eems-Dollard estuarium, waarin de invloed van slib op de primaire produktie tot uiting komt (Ruurdij, 1981).

Omtrent de directe ecologische gevolgen van zwevend slib bestaat enig inzicht bij het NIOZ, de BOEDE-groep en het RIZA.

Uit onderzoek van het BOEDE is gebleken dat de primaire produktie sterk beïnvloed wordt door het zwevende stofgehalte en dat een toename van de baggeractiviteiten deze produktie verder zal doen dalen. Ook de invloed

van slib op de groei van organismen (o.a. de kokkel) is binnen het BOEDE onderzocht.

Kennis over de aan slib gebonden verontreinigingen is aanwezig bij het RIZA.

Essink (1980) beschrijft het gedrag van kwik in water, slib en organismen in het Eems-Dollard estuarium, nadat hier in 1976 de lozingen van kwik sterk zijn gereduceerd.

In opdracht van het RIZA heeft het IB/WL in 1975 en 1976 het voorkomen van kwik in slib uit het Eems-Dollard estuarium onderzocht (IB/WL, R 1120, 1978).

In navolg op dit onderzoek zijn dezelfde monsters onderzocht op de metalen zink, koper, chroom, lood, cadmium en nikkel (IB/WL, R 1529, 1980).

In 1980 is door het RIZA onderzoek verricht naar het kwikgehalte en het gehalte van een aantal organische microverontreinigingen in de Eems-Dollard en de haven van Delfzijl.

Verder speelt er in het Eems-Dollard estuarium een soortgelijke problematiek als bij Loswal Noord (zie par. 3.2.1.).

In Duitsland is de nodige kennis aanwezig over het Eems-Dollard estuarium. Bij het Bundes Anstalt für Wasserbau (Hamburg) is onderzoek verricht naar de veranderingen in de slibhuishouding t.g.v. de eventuele aanleg van de Dollard-haven. Het rapport hierover bevat ook relevant historisch materiaal (Akkerman, 1980).

3.2.2.2. Westerschelde

In het kader van het "Projet Mer" is in België uitgebreid slibonderzoek uitgevoerd in het Schelde-estuarium en langs de Belgische kust. Hierbij kwam alle aspecten van de slibproblematiek aan de orde. Tevens is in het kader van dit projekt modelonderzoek uitgevoerd (Projet Mer, 1976 en 1977).

De Adviesdienst Vlissingen van WWKZ heeft onderzoek gestart naar de verdeling van het bodemslib in de Westerschelde en de bepaling van de valsnelheid.

Sinds 1966 wordt door de Adviesdienst Vlissingen regelmatig onderzoek verricht naar het slibgehalte in het oppervlaktewater, om een inzicht in de slibbeweging in de Westerscheldemonding te verkrijgen. De slibconcentratie wordt gecorreleerd met de getij- en windgegevens voor de diverse getijfasen. In het oostelijk gedeelte van de Westerschelde wordt tevens gecorreleerd met het zoutgehalte en met de afvoer van de Schelde. Ook is door de Adviesdienst een bijdrage geleverd aan de Nota "Slibproblemen in het Deltagebied" van de DD.

In 1976 is een begin gemaakt met het onderzoek naar de uitwisseling tussen de Ooster- en de Westerschelde (WWKZ, WWFA en DD), hetgeen nog niet is afgerond.

Verdere informatie m.b.t. slib en slibtransport is beschikbaar bij:

- Adviesdienst Vlissingen
- Dienstkring Vlissingen van de Directie Zeeland.

Ten aanzien van de aan het slib gehechte verontreinigingen kan eveneens verwezen worden naar de resultaten van het "Projet Mer".

Het RIZA heeft in het kader van het Project WAKWA (t.b.v. Directie Zeeland) gerapporteerd over de Waterkwaliteitsaspecten van de Westerschelde (Hendriksma 1981).

In dit rapport is aandacht geschonken aan het slib en de hieraan gehechte verontreinigingen.

Door het IB en het WL zijn, in opdracht van het RIZA verschillende studies uitgevoerd in de Westerschelde o.a.;

- invloed gipslozingen voor Terneuzen (zware metalen en fosfaat) (WL, M 1650, 1980)
- zware metalenonderzoek in zwevende stof en sediment. Voor het eerst uitgevoerd in 1974 (IB/WL, R 994). Herhaald in 1979 met een uitbreiding in 1980, waarvan de resultaten in concept zijn gerapporteerd aan het RIZA (IB/WL, concept 1981).

Het IB/WL heeft ook eigen onderzoek uitgevoerd in de Westerschelde o.a. in het kader van een onderzoek naar de belasting van de zuidelijke Noordzee met slib en zware metalen uit de rivieren. (Salomons, Eysink, 1979).

3.2.2.3. Oosterschelde

De huidige kennis van RWS betreffende de Oosterschelde is voornamelijk geconcentreerd bij de Deltadienst (DDMI en DDWT). Deze dienst coördineert ook het gehele huidige Oosterschelde-onderzoek. Aan dit onderzoek werken, o.a. in het kader van het BALANS-project, ook WW en DIHO mee, het RIZA is betrokken bij de begeleiding.

Voor de opzet van het slibonderzoek worden door de DD thans een aantal projecten ontwikkeld. Naast het BALANS-project zijn dit BORFOS en SLIBOS (zie toelichting in bijlage 3). Doel is te komen tot een geïntegreerd veldmeetprogramma, ontwikkeling van wiskundige modellen en onderzoek van erosie- en sedimentatiemechanismen in het laboratorium. Voorts zal ook onderzoek naar produktie en opname van organisch slib plaatsvinden.

3.2.3. Waddenzee

Alle aspecten van de slibproblematiek spelen in de Waddenzee een rol (zie bijlage 1).

De Adviesdienst Hoorn adviseert in hoofdzaak over de baggerbezwaren in de aan de Waddenzee grenzende havens Den Helder, Den Oever en Harlingen. In verband met het storten van deze baggerspecie heeft de adviesdienst enige kennis opgebouwd over de algemene beweging van het slib in de Noordzee en de Waddenzee. Bij Ameland is binnen de Adviesdienst een meer algemeen onderzoek uitgevoerd naar de morfologie, waaruit indicaties voor het slibtransport zijn te bepalen (Boersma, 1980). Ook de kennis verkregen bij de advisering omtrent verlegging van vaargeulen (Brakzand, doorsteek Lutjewad) kan daartoe bijdragen.

Naar de morfologie en de gevolgen van zand- en schelpwinning is aandacht besteed door het WL (Eysink, 1979).

In het kader van het Project "Zandwinning Waddenzee" wordt onderzoek verricht naar de invloed van zandwinning op het weer in suspensie brengen van slib en naar de biologische en de ecologische gevolgen hiervan (zowel veld- als literatuuronderzoek) (Postma en Reenders, 1980).

Ook in een eerder stadium is reeds onderzoek uitgevoerd naar de invloed van zandwinning op de waterkwaliteit van de Waddenzee (Essink, 1977).

Ten aanzien van verontreinigingen vertoont de Waddenzee een natuurlijke tendens om deze stoffen te accumuleren. Het getijtransport van slib speelt een belangrijke rol in dit fenomeen. Tot deze conclusie komt de "Pollution-Werkgroep" van Waddensea Working Group (1978).

Onderzoek naar de slibverspreiding en sedimentatie is en wordt uitgevoerd door het NIOZ. Aandacht is besteed aan het probleem van de herkomst van het verontreinigde slib dat de Waddenzee binnenkomt.

Veel sedimentonderzoek heeft plaatsgevonden op het Balgzand, (ten oosten van Den Helder), dat een belangrijk sedimentatiegebied is.

Dit onderzoek wordt voortgezet in het project "Accumulatie van contaminanten in de Waddenzee", dat door het NIOZ wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van V en M.

Het IB/WL heeft, o.a. in opdracht van het RIZA, onderzoek uitgevoerd naar zware metalen in bodemslib (rapportage in voorbereiding).

3.2.4. Bovenrivierengebied

Naar het fysisch-chemisch gedrag van slib en aangehechte verontreinigingen in Rijn en Maas is een uitgebreide literatuurstudie uitgevoerd door het RID en het RIWA (1979). Hierbij is gebruik gemaakt van analyseresultaten uit het routine-programma "Kwaliteitsonderzoek in de Rijkswateren" (kwartaalverslagen RWS, RIV en RID). Vooral de relatie tussen de slibproblematiek en de drinkwaterbereiding was in deze studie van belang. Ingegaan is op processen die in rivieren de slibconcentratie en -kwaliteit beïnvloeden. Gesteld kan worden dat er nog onvoldoende inzicht bestaat in de mate van erosie en sedimentatie op de Nederlandse rivieren, vanwege de zeer lage meetfrequentie. De analyseresultaten van het routineprogramma in Rijn en Maas zijn door het RIZA gerapporteerd in twee nota's (Dijkzeul 1980 en 1981) waarin een overzicht wordt gegeven van het verloop van de waterkwaliteit van respectievelijk de Rijn, in de periode 1972-1979, en de Maas, in de periode 1953-1980.

In beide rapporten wordt de zwevende stof genoemd als een belangrijke beïnvloedende factor van de waterkwaliteit.

Voor de Maas is enig inzicht verkregen in de voorspelling van het slibgehalte in relatie tot de afvoer, voor de Rijn geldt dit in mindere mate.

Waarschijnlijk ligt dat aan de schaal waarop de verschillende processen zich afspelen. Zeer waarschijnlijk bestaat ook een grote invloed van de scheepvaart op de hoeveelheid slib in suspensie, maar deze is niet te kwantificeren.

Een belangrijke studie naar Zware Metalen in Aquatische Systemen (ZMAS) is in 1977 gestart door het IB/WL en het TNO in opdracht van RWS.

Onderzoek wordt verricht naar:

- de aanwezigheid en de verspreiding van zware metalen in abiotische en biotische componenten van aquatische systemen;
- de processen die hierbij een rol spelen;
- en de effecten van de aanwezigheid van deze stoffen op het biotische deel van aquatische systemen.

Het project bestijkt de rivieren Rijn, Maas en IJssel en hun benedenstroomse zoete bekkens, Ketelmeer en IJsselmeer enerzijds, Nieuwe Merwede, Hollands Diep en Haringvliet anderzijds.

De Rotterdamse haven en het Waddengebied vallen buiten het kader van het onderzoek.

De verkregen inzichten in deelaspecten van het onderzoeksprogramma moeten leiden tot het opstellen van procesbeschrijvende geochemische - biologische modellen met mogelijk voorspellende waarde.

Verschillende deelprojecten zijn afgerond. Tot nu toe hebben twee rapportages plaatsgevonden (IB/WL, M 1468 III en TNO, CL 79/49 beide 1979).

Het IB/WL-rapport geeft een overzicht van de biogeochemische- en hydrodynamische processen, die een rol spelen bij het gedrag van zware metalen in Nederlandse zoetwatergebieden.

Het TNO-rapport behandelt de opname en afgifte van metalen door organismen (m.n. de driehoeksmossel *Dreissena polymorpha*) in experimentele veldsituaties. In totaal is een eerste fase afgerond, waarover in 1982 gerapporteerd zal worden. In de tweede fase worden nota's voorbereid waarin een onderzoeksvisie t.a.v. organische en anorganische microverontreinigingen zal worden neergelegd.

In de ZMAS-studie wordt aangegeven dat de rivieren grote hoeveelheden zware metalen transporteren, zowel in oplossing als gebonden aan zwevend slib, naar de sedimentatiegebieden stroomafwaarts. In de rivieren treden adsorptieprocessen op van metalen aan zwevend slib, waardoor de opgeloste concentraties dalen.

Bij de desbetreffende gebieden in paragraaf 3.2.5 zal hier nader op in worden gegaan.

3.2.5. Benedenrivierengebied

Bij de uitstroming van de rivieren Rijn en Maas in de bekkens in het benedenrivierengebied, treedt door afname van de stroomsnelheid een sterke sedimentatie op. Onderscheid wordt gemaakt in de zoetwaterbekkens (Nieuwe Merwede, Biesbosch, Hollands Diep en Haringvliet) en het door de zee beïnvloede gebied (Rijnmondgebied).

3.2.5.1 Nieuwe Merwede, Biesbosch, Hollands Diep en Haringvliet

Het slib dat wordt aangevoerd bezinkt voor een belangrijk gedeelte in de Nieuwe Merwede. Hier vinden dan ook intensieve onderhoudsbaggerwerkzaamheden plaats, waarvan de baggerspecie in het Hollands Diep wordt gestort.

Het Hollands Diep is een smal en relatief diep water, zodat de windinvloed op

de erosie gering is. Wel wordt de circulatie in het bekken beïnvloed. Het Haringvliet is een sedimentatiebekken. Het bekken wordt gekarakteriseerd door een lage stroomsnelheid en een relatief grote verblijftijd. Het nog resterende fijnere slib kan zo tot uitzakking komen. Bij hoge afvoeren van de bovenrivieren wordt een gedeelte van het gesedimenteerde slib in Nieuwe Merwede en Hollands Diep geërodeerd en afgevoerd naar de Noordzee.

In het kader van het ZMAS-project is in deze bekkens veel onderzoek gedaan naar de gehalten van metalen in afgezet slib, poriënwater, zwevend slib, oppervlaktewater en in organismen.

In het afgezette slib is sprake van een duidelijke gradiëntsituatie. Hoge metaalgehalten bij de monding van de rivieren en een afname in de richting van de Haringvlietdam.

De metaalgehalten in het zwevende slib hangen samen met de afvoer terwijl in het Haringvliet ook nog andere processen, samenhangend met de pH (beïnvloed door algengroei) van invloed zijn.

Kennis over slib en aangehechte verontreinigingen in deze bekkens is bovendien aanwezig bij DD, WWZW, BER, IB/WL en RIZA.

Kennis over gehalten aan verontreinigingen in organismen is aanwezig bij het RIVO. Op vele lokaties in de Nederlandse binnenwateren worden gehalten aan verontreinigingen in commerciële vissoorten bepaald.

(zie o.a. Pieters e.a. 1981) Bijvoorbeeld de relatie paling - slib - verontreinigingen krijgt hierbij aandacht.

3.2.5.2 Rijnmondgebied

Ten gevolge van de menselijke ingrepen is de hoeveelheid baggerspecie in het Rijnmondgebied toegenomen van 0,3 miljoen m³/jaar in 1923 tot 21 miljoen m³/j in de huidige situatie. De verwijdering en berging van deze baggerspecie geeft veel problemen, ten aanzien van de slibberging en de kosten van baggeren en transport. Hieraan is in verschillende kaders intensief onderzoek verricht. Het onderzoek in het kader van de MKO is altijd in hoofdzaak gericht geweest op het baggerwerk zelf, hoewel ook aan aspecten van meer algemene aard aandacht werd geschonken. De relatie tussen Loswal Noord en de slibberging van de Rotterdamse havens is in onderzoek in het kader van de RvO. (zie ook notanr. NZ-N-79.09).

WWZW heeft in het Rotterdamse Waterweggebied onderzoek gedaan naar erosie en sedimentatie berekend uit inhoudsveranderingen en transporten onder invloed van de getijfase, de windrichting en -snelheid en het seizoen (WWZW nota nrs. 44.001.03 en 44.001.04). Een globaal sedimentatiepatroon is vastgesteld door correlatie met het gemiddelde slibgehalte van de Bovenrijn (WWZW nota nr. 44.001.05).

Ook het concentratieverloop in de vertikaal gedurende een getijcyclus is onderzocht (voorloper van het MKO-project Slibwolksignalering, WWZW-nota nr. 44.001.07). Proeven zijn gedaan met slibstorten gedurende de eb-fase, waaruit een snelle sedimentatie is gebleken (WWZW-projectnr. 44.002.1).

Door het Hydraulics Research Station te Wallingford is het 2-lagen model (1-D) volgens Vreugdenhil, aangepast voor slib en zijn enkele meetcampagnes in het Noordelijk Deltabekken doorgerekend. Analyse van de resultaten wordt momenteel uitgevoerd (WWZW-projectnr. 44.003.02).

Ook onderzoek naar de mogelijkheden van het consolidatiegedrag van een slibpakket te berekenen, is uitgevoerd. Nagegaan wordt nog hoe de niet-lineaire elastische eigenschappen van slib met een aangepast model kunnen worden nabootst (WWZW-nota nr. 44.005.02).

Bij het onderzoek naar de slibbeweging en het slibgedrag in het Rijnmondgebied zijn, zowel in als buiten de genoemde kaders MKO en RVO, steeds veel instellingen en diensten betrokken geweest en nog steeds betrokken.

Naast WWZW zijn dat DDWT, GWR, Dir. NZ, WWFA, WWKZ, BER en WL (o.a. in TOW-verband).

Ook voor het overleg t.a.v. de slibproblematiek zijn speciale kaders in het leven geroepen te weten de SGBB met de CCBB en de ROBB.

Het gedrag van de verontreinigende stoffen komt in studies uitgevoerd in het Rijnmondgebied eveneens uitgebreid aan de orde.

In 1974 heeft het IB/WL in opdracht van GWR onderzoek uitgevoerd naar de zware metaalgehalten in sedimenten uit de Rotterdamse havens (WL, R995, 1974).

In 1972 en 1976 is hiernaast eigen onderzoek uitgevoerd in de havens.

In 1977 is in opdracht van GWR, BER en Dir. NZ een uitgebreider onderzoek van start gegaan, dat het gebied omvatte van de Lek en de Nieuwe Merwede tot Loswal Noord. Op het verzoek van het RIZA werd ook het effect van eventuele lozingen onderzocht. De resultaten laten een afname van de zware metaal- en fosforgehalten zien gaande in zeewaartse richting, veroorzaakt door het mengingsproces van gecontamineerd rivierslib met minder gecontamineerd zeeslib. Aanwijzingen voor plaatselijke lozingen werden gevonden (IB/WL, M1500, 1979) en (BER, 1980).

Dit uitgebreide onderzoek is in december 1979 en januari 1980 herhaald om de toestand op dat moment en om de veranderingen in de tijd vast te stellen. Het onderzoek werd uitgevoerd door het IB/WL, het RIV en het IG-TNO. De meetresultaten zijn gerapporteerd in een nota van GWR (1981).

Aan het onderzoek naar de mogelijkheden van storten van baggerslib is veel aandacht besteed. In opdracht van GWR en BER is door het WL in samenwerking met het RIZA onderzoek uitgevoerd naar de milieu-chemische aspecten van de verondieping van het Oostvoornse Meer met baggerslib uit Rotterdam. Hiervoor is slib uit de havens onderzocht op nutriënten, zware metalen, zuurstofverbruikende stoffen, organische microverontreinigingen en bacteriën (WL, M1501/M1549, 1980).

Bij BER is eveneens een nota verschenen betreffende aspecten van verondieping van het Oostvoornse Meer (BER, 1977).

Tot slot dient opgemerkt te worden dat het slib dat in het Rijnmondgebied wordt opgebaggerd, regelmatig onderzocht wordt op verontreinigingen.

Ook de volgende instellingen en diensten hebben nog bijgedragen aan de kennis over de verontreinigingen: NIOZ, DDMI, RIVO, RIV, Wevers' Duin.

3.2.6

IJsselmeergebied

In het IJsselmeergebied is sinds de afsluiting van de Zuiderzee studie ver-richt naar het gedrag van slib. Met name in verband met de visserijvaart is de aanslibbing van de toegangswegen naar de havens onderzocht. Eveneens is onderzoek gedaan naar het transport van slib, in relatie tot golfwerking en windgedreven circulatie (Thijssse 1972).

Het zwevend materiaal wordt aangevoerd door de IJssel en sedimenteert grotendeels in het Ketelmeer. Uitwisseling tussen Ketelmeer en IJsselmeer vindt plaats door windgedreven circulatie, erosie en sedimentatie. Deze processen veroorzaken ook de herverdeling van het slib over het IJsselmeer. Gevolg hiervan is een egalisatie van de bodem en een mogelijke herverdeling van de aangehechte verontreinigingen. Thijssse verwacht dat het slibbezwaar op het Markermeer thans grotendeels voorbij is, ten gevolge van de

sluiting van de dijk Lelystad-Enkhuizen. Het onderhoudswerk in het IJsselmeergebied beperkt zich thans in hoofdzaak tot het op diepte houden van toegangseu- len tot de diverse havens, uitgevoerd door de diverse gemeenten. De druk tot berging van baggerspecie (m.n. uit het Amsterdam-Rijnkanaal) in het IJsselmeergebied, vooral de randmeren, neemt thans toe, omdat de huidige bergingsplaatsen volraken. De gevolgen voor de waterkwaliteit krijgen o.a. bij het RIZA aandacht.

Omtrent het gedrag van slib in het IJsselmeergebied zijn gegevens beschikbaar uit studies van het WL, IB, ZZW (thans in archief bij WWO) en WWO.

Kennis over de aan slib gehechte verontreinigingen in het IJsselmeergebied is aanwezig bij het IB en het RIZA. Vooral in het ZMAS-project is veel kennis verkregen over het gedrag van zware metalen in het IJsselmeergebied. In het traject Lobith-Ketelmeer treedt een daling op van opgeloste metaalgehalten en een toename van de gehalten in het zwevend slib, dat sedimenteert in het Ketelmeer. In het Ketelmeer worden hogere metaalgehalten in het sediment gemeten dan in het IJsselmeer, waar verder geen grote gradiënten zijn waargenomen ten gevolge van de herverdeling van het slib. Ook in de sedimentkolom 0-10 cm, treden geen grote verschillen op.

Door de hoge nutriëntenlast en de lange verblijftijd, in de grootte van maanden, kan in het IJsselmeergebied een intensieve algenbloei tot ontwikkeling komen. Deze algenbloei induceert samen met andere processen een pH-toename. In het ZMAS-onderzoek is een verband gevonden tussen de gehalten aan opgelost zink en chroom en de pH; hoge gehalten bij lage pH en omgekeerd. Bovendien veroorzaakt de pH-toename een adsorptie-precipitatie van de opgeloste metalen aan het zwevend slib.

Na afsterving levert de algenmassa een belangrijke bijdrage aan het zwevend slibgehalte (detritus) en beïnvloedt het, na sedimentatie, mede de sedimentkwaliteit (nutriënten).

3.2.7 Overige wateren

De kennis over deze overige wateren beperkt zich, wat de kanalen betreft, in hoofdzaak tot de hoeveelheden baggerspecie die verwijderd moeten worden. Mogelijk is ook kennis beschikbaar over de kwaliteit van de te bergen specie. In 1979 heeft het RIZA in het Kanaal Gent Terneuzen een onderzoek uit laten voeren naar de water- en slibkwaliteit.

De kennis over de invloed van afwatering is aan de orde gekomen bij de ontvangende wateren.

3.2.8 Routinematig onderzoek

Het routineprogramma "Kwaliteitsonderzoek in de Rijkswateren" omvat een uitgebreid handbemonsteringsnet alsmede de automatische meetstations. In het programma worden veel gegevens ingewonnen in alle bij de slibproblematiek betrokken wateren.

De resultaten van de handbemonsteringen worden opgeslagen in WAKWAL en gerapporteerd in de kwartaalberichten.

De voor de slibproblematiek belangrijke parameters zijn:

- zwevende stofgehalte
- gloeirest
- doorzicht
- chlorofylgehalte
- TOC
- CZV
- opgeloste en totaal concentraties aan verontreinigingen, welke gezamenlijk een indruk geven van de gehalten gebonden aan zwevende stof.

Daar in de estuaria en de Waddenzee in het routineprogramma slechts een momentopname in de getijfase wordt vastgelegd, worden regelmatig specifieke getijmetingen uitgevoerd die geschikt zijn om de getijvariatie te volgen. Indien hierbij stroommetingen worden uitgevoerd kunnen genoemde metingen eveneens voor transportberekeningen gebruikt worden. Dit type metingen wordt uitgevoerd door:

- RIZA en de adviesdiensten Hoorn en Delfzijl in zowel de Eems-Dollard als de Waddenzee.
- Directie Noordzee in samenwerking met verschillende instituten in het Noordzeegebied.
- DDMI in de Oosterschelde.
- Adviesdienst Vlissingen in de Westerschelde.

Naast het routinematig onderzoek in de Rijkswateren zijn ook de volgende meetprogramma's van belang:

- CCRX - NMP, Nationaal Meetprogramma van de Coördinatie Commissie voor Radioactiviteit en Xenobiotische stoffen.
Rapportage in "Verslagen, adviezen en rapporten van het ministerie van V en M" (bijvoorbeeld 1979).
- JMG - programma waarin de input van Hg, Cd en PCB's in de Noordzee gemeten wordt én de concentraties van deze stoffen in de compartimenten water, sediment en organismen.
- IRC - programma.

Dit is een gezamenlijk meetprogramma van de Rijnnoeverstaten ter controle en bewaking van de Rijnwaterkwaliteit, waarin een groot aantal parameters worden bepaald. Deels in steekmonsters, deels in mengmonsters en op een aantal punten met behulp van continue werkende automatische meetstations.

3.3. Organisatorische verbanden

De slibvraagstukken zijn regionaal verspreid. Vanuit deze situatie zijn *in de loop der tijd studies naar het gedrag van slib opgezet zonder naar een grotere samenhang te streven*. Fundamentele aspecten konden daarmee op de achtergrond blijven. Ook vanuit afzonderlijke instituten en instellingen zijn diverse losse projecten en onderzoeksprogramma's ontwikkeld en uitgevoerd, soms in relatie tot de slibvraagstukken van de beherende instanties. Een overzicht wordt gegeven in bijlage 3.

Het onderzoek concentreerde zich rond 1975 in hoofdzaak rond de *Delta en het Europoortgebied*. De morfologische toestand, de herkomst en de balansen van marien en fluviatiel slib werden daarbij bestudeerd, naast consolidatie, toxiciteit en baggertechnieken.

Het onderzoek in het Europoortgebied is thans samengebracht in de stuurgroep "Minimalisering Kosten Onderhoudsbaggerwerk" (MKO), welke een voorbeeld is van samenwerking op grotere schaal, wel met een duidelijke koppeling naar de praktijkbehoefte.

Daarnaast wordt in de RvO, binnen de Coördinatiegroep "Slib", de problematiek rond de Loswal Noord bestudeerd in verschillende aspecten. Het onderzoek in de Westerschelde naar de slibbeweging, erosie en sedimentatie en recentelijk naar de gevolgen van verdieping worden uitgevoerd in het kader van de Technische Schelde Commissie. Verder bestaan er contacten met België over de bevaarbaarheid van de Westerschelde.

De onderzoeksprojecten in de Oosterschelde hangen voor het overgrote deel samen met de afsluitingswerken. Ten behoeve van het beheer en de inrichting van de Oosterschelde is inzicht nodig in de stofstromen in het gehele gebied. Dit onderzoek wordt gecoördineerd door de DD.

Voor de problematiek ten aanzien van de Eemshaven en de haven van Delfzijl bestaan contacten met de beheerders (Havenschap Delfzijl en voor de koelwaterinlaat met de Elektriciteitscentrale Delfzijl).

In het kader van het Eems-Dollard verdrag bestaan er ook verbanden met de Duitse organisaties zoals de WSA en WSD in Emden en het BAW in Hamburg. In deze verbanden komen metingen, studie, wiskundige en hydraulische modellen aan de orde.

De coördinatie van de RWS-taken in de Waddenzee vindt plaats in het Waddencomité, dat eveneens zorg draagt voor de gecoördineerde informatie aan de Directeur-Generaal. Interdepartementale coördinatie vindt plaats in het Interdepartementale Wadden Comité en het provinciale overleg tenslotte in de Stuurgroep Waddenzee. Naast de genoemde organisatie in het praktijkgericht onderzoek, wordt er ook op fundamenteel gebied samengewerkt. In het TOW-kader komen een groot aantal aspecten van de waterbouwkunde aan de orde, met een aantal raakvlakken aan de slibproblematiek t.w. het sedimenttransport en de morfologie van de grote rivieren en de modelmatige beschrijving van de stroming en de transportverschijnselen.

Het TOW-onderzoek is gestart in 1970 en bestaat uit een samenwerking van RWS en het WL, waaraan ook andere onderzoeksinstellingen deelnemen (o.a. GWR, TNO, LGM, TH Delft).

Een overzicht van de resultaten wordt gegeven in de jaarlijkse voortgangsverslagen (TOW, 1981). In overweging is momenteel of slib moet worden opgenomen in TOW. Op fysisch en chemisch gebied verrichten het WL en het IB ook veel eigen onderzoek met raakvlakken aan de slibproblematiek waarvan de voortgang per kwartaal gerapporteerd wordt in de speurwerkverslagen van het WL (WL, 1981).

Aandacht wordt o.a. besteed aan: slibconcentratiemeters, sedimenttransport, baggertechniek, waterkwaliteitsmodellen, stromings- en transportmodellen, geochemie en zware metalen.

Deze werkzaamheden sluiten veelal aan bij onderzoek dat in opdracht wordt verricht en waarvan enige resultaten zijn vermeld in par. 3.2.

Op chemisch gebied vindt er internationaal een coördinatie plaats van het sedimentonderzoek.

In ICES-, JMG- en EEG-kader worden monitoringactiviteiten gestart om de verontreinigingsgraad van het sediment vast te stellen en om de gevolgen van menselijk handelen na te gaan; o.a. gevolgen van lozingen, dumpingen en saneringen.

Om de internationale onderzoeksresultaten te kunnen vergelijken, dienen de analyserende laboratoria vergelijkbare resultaten te produceren.

Om dit te bereiken worden intercalibratie-onderzoekingen uitgevoerd, waaraan, ook vanuit Nederland, laboratoria deelnemen.

Ook nationaal zal naast de concentraties in de waterfase meer aandacht worden besteed aan de optredende gehalten van microverontreinigingen in sediment en organismen.

Dit heeft al gestalte gevonden in het project ZMAS en in de onderzoeken die in het kader van de JMG in Nederland worden uitgevoerd. De inventarisaties t.b.v. het ZMAS-project zijn momenteel afgerond en op verslaglegging na gereed.

In aansluiting op deze activiteiten is door het RIZA de projectgroep MIVEOS gevormd (Micro Verontreinigingen in Organismen en Sediment).

In het bovenstaande wordt duidelijk dat de organisatie van het slibonderzoek in Nederland alleen te omschrijven is met een opsomming van een aantal clusters van onderzoek en nog wat losse projecten.

3.4 Meettechnieken

De meettechnieken zijn te onderscheiden naar de metingen in de natuur en metingen onder laboratorium omstandigheden. Metingen in de natuur zijn ingewikkeld en/of omvangrijk en dus kostbaar. Bovendien is het tot nu toe nauwelijks mogelijk om onder extreme weersomstandigheden, waaronder maximale transporten van sommige stoffen kunnen optreden, metingen uit te voeren. Deze situaties vereisen autonoom werkende apparatuur, welke robuust is uitgevoerd.

Laboratoriumomstandigheden geven meer mogelijkheden. Processen kunnen, zij het in beperkte mate, worden gesimuleerd, waarbij zowel metingen in als buiten de proefopstelling kunnen worden uitgevoerd. Verdieping van inzicht in de afzonderlijke deelprocessen is hierdoor mogelijk.

In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de fysische, chemische en biologische meettechnieken, in relatie tot de slibproblematiek, waarbij aandacht wordt geschonken aan de monsternamen en monsterbehandeling.

3.4.1 Fysische meettechnieken

Voor een systematische behandeling van de fysische meettechnieken voor slib kan men uitgaan van het meetprincipe (optische, acoustische, elektrische of radioactiviteitsmetingen) of van de manier van meten (contact of contactloos). Opgemerkt moet worden dat deze twee indelingen in feite sterk met elkaar samenhangen.

Verder is het belangrijk te onderkennen waar in de waterkolom of de bodem de meting of monstername moet worden uitgevoerd, om de juiste keuze van meettechniek en meetinstrument te kunnen doen.

Iedere meettechniek geeft informatie over slechts een gedeelte van alle fysische aspecten van het slib. Dit betekent veelal dat met een combinatie van meettechnieken gewerkt moet worden, wil men de gewenste gegevens verzamelen.

Meetprincipes

Water is opaque (niet doorlatend) voor elektromagnetische straling, behalve voor het zichtbare licht. Optische metingen berusten op de doorlatendheid (of uitdoving door absorptie) en scattering (verstrooiing). Scattering is afhankelijk van de golflengte van het gebruikte licht en van de doorsnede van de deeltjes. Naarmate de hoeveelheid deeltjes in het water toeneemt neemt de scattering toe. Het golflengteinterval van het licht dat doordringt neemt tegelijkertijd af tot 550-580 nm (Brunsveld van Hulten- en Gossé, 1974).

Acoustische metingen berusten op de verandering in voortplantingssnelheid van geluidsgolven, veroorzaakt door verschillen in soortelijke massa. Geluidsgolven planten zich voort in het water met een snelheid van ongeveer 1500 m/sec. Verhoging van de soortelijke massa, veroorzaakt door zoutgehalte, temperatuur en opgelost en gesuspendeerd materiaal, verhoogt de voortplantingssnelheid.

Ook voor bodemonderzoek, waarin de voortplantingssnelheid van geluidsgolven ten gevolge van toenemende dichtheid toe kan nemen tot 6000 m/sec, zijn acoustische technieken ontwikkeld.

Electrische geleidendheidsmetingen zijn geschikt voor het meten van dichtheden van sliblagen ($800-1600 \text{ kg/m}^3$). De stroomdoorlating is een maat voor de dichtheid. Geleidendheidsveranderingen worden ook gebruikt in elektronische deeltjestellers (o.a. Coulter Counter). De geleidendheidsverandering is tevens een maat voor de deeltjesgrootte.

Radioactiviteitsmetingen kunnen berusten op de natuurlijke achtergrondstraling van gesuspendeerd en bodemmateriaal. Geconcentreerd gesuspendeerd materiaal kan een voldoende hoge natuurlijke activiteit hebben om een relatie tussen deze straling en de concentratie mogelijk te maken. Van passieve radioactieve straling wordt eveneens gebruik gemaakt voor onderzoek naar slibverspreiding en slibleeftijd.

Bovendien bestaat de mogelijkheid tot het gebruik van kunstmatige radioactieve stralingsbronnen. Adsorptie- of terugkaatsingsmetingen worden toegepast voor dichtheidsbepalingen. Tracermethodes worden toegepast voor onderzoek naar slib- of zandverspreiding.

Hierbij onderscheidt men de passieve tracers, welke na monstername, via een activeringsmethode in het laboratorium worden bepaald (bijv. tantaal). Aktieve tracers kunnen direct in-situ worden gemeten.

Naar de manier van meten kan het volgende onderscheid worden gemaakt:

- instrument in water of bodem brengen.
- instrument in water aan het oppervlak (bijv. acoustisch).
- instrument boven water (remote sensing, zichtbaar licht).
- water naar instrument pompen (on-line meten).
- monstername (met volgende fysische of chemische analyse).

De te meten fysische grootheden in slib zijn:

- deeltjesgrootte en deeltjesgrootteverdeling
- aantal deeltjes per volume eenheid
- dichtheid en dichtheidsverdeling van de deeltjes
- concentratie en concentratieverdeling (zowel horizontaal als vertikaal) (in mg/l of als droge stof in mg/kg)
- vorm slibdeeltjes
- soortelijk massa slib (kg/m^3)

Aanvullende specifieke zwevende stof grootheden zijn:

- sedimentatiesnelheid en -snelheidsverdeling
- troebelheid /turbiditeit

Tot slot de volgende sedimentgrootheden:

- consolidatiegraad
- slib leeftijd
- dikte sliblagen (op en in de bodem)
- poriënwater - en gasgehalte

Een beschrijving van het grote aantal combinatiemogelijkheden van meet-technieken en te meten fysische grootheden zou te ver voeren voor dit rapport. Wel moet in de verdere programmering van het slibonderzoek grote aandacht worden geschonken aan de keuze van de meetinstrumenten in verband met de uitwisselbaarheid van gegevens (standaardisatie en calibratie van metingen).

In het volgende zal voor de verschillende compartimenten (zwevende stof, slib op de bodem en slib in de bodem) kort ingegaan worden op een aantal meettechnieken en instrumenten.

3.4.1.1 Zwevende stof

De aanwezigheid van zwevende stof is een belangrijk fenomeen in oppervlaktewateren. Onderzoek naar zwevende stof is van belang voor het dynamische gedrag van deze wateren en voor het gedrag van verontreinigingen. In deze paragraaf wordt ingegaan op de bepaling van de zwevende stofconcentratie en de fysische eigenschappen.

De bepaling van de zwevende stofconcentratie

De eenvoudigste methode voor de concentratiebepaling van zwevende stof is een bekend volume aan water te nemen, het te filtreren en het gewicht van het achterblijvende materiaal te wegen.

Voor het nemen van watermonsters wordt gebruik gemaakt van speciale flessen of containers en van pompen.

Er zijn vele typen monsterflessen (van 1-30 l) en containers (tot wel 1000 l) beschikbaar. Men laat ze zakken aan een kabel, waarna op de gewenste diepte het monster kan worden genomen.

Met pompen aan boord of pompelpompen kan hetzelfde worden bereikt. Pompsystemen worden daarnaast vaker gebruikt voor grotere hoeveelheden water, bij de bemonstering van lage concentraties of als meer materiaal nodig is voor de analyse.

Voor de verwijdering van zwevende stof uit watermonsters wordt meest gebruik gemaakt van filters en voor grotere monsterhoeveelheden van doorstroomcentrifuges.

De bepaling van de fysische grootheden van zwevende stof

In het algemeen zijn voor de metingen in de waterige fase de optische meettechnieken het meest onderzocht, waardoor veel ervaring is opgedaan en ook de meeste instrumenten zijn ontwikkeld. De acoustische technieken voor concentratiemetingen zijn thans in ontwikkeling. Metingen met radioactieve straling en met elektrische geleidbaarheid zijn vrij ver ontwikkeld.

De beschikbare optische instrumenten zijn:

- bundelverzwakkings- of transmissiemeter
- verstrooiings- of scatterometer (nephelometrie)
- secchi-schijf
- remote sensing.

Transmissie en verstrooiing zijn beide niet alleen functies van het aantal deeltjes, maar ook van de grootte, de vorm en de weerkaatsing van de deeltjes. Dus verschillende oplossingen met dezelfde concentratie kunnen verschillende optische eigenschappen hebben, waardoor calibratie moeilijk wordt (Dyer, 1979). Nephelometers zijn gevoelig tot erg lage concentraties en worden minder toegepast in estuaria.

Secchi-schijf metingen verschaffen een snelle maar ruwe maat voor het doorzicht. De calibratie naar zwevende stof concentraties kan alleen uitgevoerd worden door simultaan te nemen watermonsters voor gravimetrische analyse.

Op remote sensing gebied zijn er een toenemend aantal geavanceerde instrumenten beschikbaar voor opnames van water vanuit vliegtuigen en satellieten. Van speciaal belang voor zwevende stof monitoring doeleinden zijn scanners in het zichtbare licht gebied en fotografische apparatuur. Nieuwe ontwikkelingen zijn momenteel gaande op het gebied van de (aktieve) laser scanners. Een beperking van remote sensing technieken bij zwevende stof metingen blijft het gebrek aan zichtdiepte.

Acoustische instrumenten worden meest toegepast voor onderzoek van de sliblaag op de bodem en van het sediment zelf. Hetzelfde geldt voor de in situ toepasbare elektrische geleidendheidsmetingen.

Het geleidendheidsprincipe wordt eveneens toegepast in deeltjestellers zoals de Coulter Counter. Het gebruik van dit instrument verschaft gedetailleerde informatie over de korrelgrootteverdelingen en de concentratie. Dit type van analyse wordt nog maar beperkt toegepast in het slibonderzoek.

Slib bevat van nature radioactieve stralers, welke gemeten kunnen worden met een gammascintillator. De gemeten straling, gecorrigeerd voor verschillende invloeden, is een maat voor het zwevende stof gehalte. Toepasbaar voor gehalten boven 0,5 g/l, dus bijvoorbeeld voor "fluid-mud"-studies. Van kunstmatige radioactieve straling wordt gebruik gemaakt in de gammastralingsdichtheidsmeter, voor dichtheidsonderzoek in fluid-mud en sediment.

Met behulp van genoemde technieken kunnen dus een aantal fysische grootheden worden bepaald. Voor de bepaling van andere fysische grootheden en voor aanvullende informatie over de bekende parameters, moeten monsters worden genomen en in een laboratorium geanalyseerd.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van:

- de microscoop, voor metingen en tellingen van deeltjes
- zeven, voor het vaststellen van de deeltjesgrootte-verdeling. Deze methode wordt veelal toegepast om sedimentfracties te scheiden, maar recentelijk zijn ook microzeven beschikbaar, met zeefdiameters tot 5 μ m, welke bruikbaar zijn voor zwevende stof. Hierbij worden zowel droge als natte zeefmethodes toegepast.
- sedimentatietechnieken, de sedimentatiesnelheid en de sedimentatiesnelheidsverdeling.
Centrifuges worden wel gebruikt voor de bepaling van de deeltjesgrootte-verdeling, maar de Coulter Counter werkt beter en sneller. Voor de bepaling van sedimentatiesnelheden wordt gebruik gemaakt van verschillende typen bekerglazen en buizen.
- de pycnometer en de viscositeitsmeter, voor de bepaling van de dichtheid van de deeltjes zodat een indruk verkregen wordt van de samenstelling (organische en anorganische fractie).

In Nederland is al de nodige ervaring opgedaan met de bepaling van de fysische eigenschappen en zwevende stof.

Wat de meetinstrumenten betreft, heeft het WL op basis van het meetprincipe en de gegevens verstrekt door de fabrikanten, een vergelijkend onderzoek verricht van een groot aantal in de handel verkrijgbare slibconcentratiemeters (rapport WL, S453, 1980 e.v.). Bij dit vergelijkend onderzoek zijn WWHI en DD betrokken geweest.

Gebleken is dat uitgaande van bestaande meetprincipes de beste resultaten te verwachten zijn van een instrument berustend op een combinatie van transmissie- en verstrooiingsmeting van ultrageluid. Hiervoor zullen ontwikkelingen op gang moeten worden gebracht, zodat pas op langere termijn resultaten zijn te verwachten. Over de bestaande instrumenten wordt geconcludeerd dat er een vijftal typen zijn die met geringe aanpassing goed bruikbaar zijn op de korte termijn.

In het Benedenrivierengebied wordt nagegaan, in hoeverre een combinatie van optische zwevende stof meters en een Ott-molen als transportindicator kan worden gebruikt. (Projectnr. 44.001.08 WWZW).

In het BOEDE-onderzoek zijn een aantal meettechnieken, die verschillende parameters aangeven, met elkaar gecorreleerd. Om de fijnere fractie (<50 μ) te meten wordt de gravimetrische bepaling, na uitfiltering van deze fractie, en de elektronische deeltjesteller-methode aanbevolen (Baretta e.a., 1980).

De methode voor de bepaling van de bezinksnelheid in het laboratorium, bij concentraties lager dan 1000 mg/l, is door de Afdeling Hellevoetsluis van WWKZ tot een standaardmethode ontwikkeld (Piekhaar, 1981). Door WWFA is de doorstroomconcentratie-methode verder ontwikkeld. (Gossé, 1976). Op basis van

lichtverstrooiingsmetingen (Turner fluorometer met beperkte bandbreedte van het spectrum en de Monitek met brede spectrumbundel) worden de concentratiebepalingen uitgevoerd. De calibratie wordt uitgevoerd via gravimetrische analyse van monsters. In het laboratorium wordt voor calibratiestandaard gebruik gemaakt van kwartsbolletjes, in verband met vergelijkbaarheid van metingen met diverse verschillende instrumenten en voor langere perioden (reproduceerbaarheid). Deze zgn. nephelometrische methode voor het meten van de slibconcentratie is nog niet volledig ontwikkeld, maar zal zowel toegepast kunnen worden in een vaste opstelling (bijv. Meetpost Noordwijk) als op varende schepen.

3.4.1.2. Sliblagen op en in de bodem

Het sediment vormt een belangrijk aspect in vele studies op fysisch, chemisch en biologisch terrein. Voor de bepaling van de fysische eigenschappen worden of *in situ* metingen gedaan of monsters genomen voor analyse in het laboratorium.

Ten behoeve van het sedimentonderzoek *in situ* zijn de acoustische instrumenten het verst ontwikkeld.

Beschikbaar zijn:

- niet-lineair echolood, waarmee informatie over een sliblaag op een harde bodem wordt verkregen.
- side scan sonar. Met deze apparatuur worden gegevens ingewonnen over de morfologie, het sedimenttype en, d.m.v. herhaalde metingen, over erosie- en sedimentatiegebieden.

Voor een oriënterend sedimentonderzoek kan dit instrument zeer veel nut hebben, hoewel het over het algemeen nodig is monsters te nemen ter interpretatie van de opnamen.

- seismic profiling. Deze methode berust op hetzelfde principe als de side scan sonar. Echter door toepassing van drukgolven wordt meer informatie verkregen over dieper liggende sedimentlagen, zoals bijvoorbeeld ingewassen sliblagen, zodat een geologische kaart van de bodem kan worden samengesteld.

Ook voor de interpretatie van deze resultaten moeten bodemonsters worden genomen.

Met behulp van radioactieve bronnen en met elektrische geleidendheidsmetingen wordt dichtheidsonderzoek uitgevoerd in het sediment.

Bij BER is een methode ontwikkeld om m.b.v. radioactieve gamma-straling (via absorptie of backscatter) het slibgehalte in sliblagen te meten.

In het MKO-onderzoek t.b.v. GWR is door het LGM een gamma-slibdensitometer ontwikkeld. In ditzelfde kader is ook een compressie-gasvolumemeter ontwikkeld, met een resolutie beter dan 0,1 vol% gas (Jaarverslag LGM, 1979).

Het gasgehalte is evenals het poriënwater gehalte van belangrijke invloed op de grondmechanische eigenschappen.

Voor de verdere analyse van het sediment moeten monsters worden genomen. Hiervoor zijn vele monsternamapparaten ontwikkeld, voornamelijk gebaseerd op twee types: happers en core-nemers.

Happers worden neergelaten tot op de bodem. Door de aanraking met de bodem wordt een mechanisme bediend, waardoor bij het ophalen een monster wordt genomen. Een voorbeeld is de bekende Van Veen-happer.

Cores worden genomen als informatie nodig is over de gelaagdheid van het sediment onder het bodemoppervlak. Het eenvoudigste instrument bestaat uit een metalen buis met gewichten en stabilisatievinnen aan de bovenzijde. De core-nemer dringt in de bodem na een vrije val door het water. Verschillende methodes zijn ontwikkeld om een ongestoord monster te verkrijgen dat gebruikt kan worden voor de analyse.

Core-nemers kunnen ook in de bodem doordringen m.b.v. triltechnieken. Een tweede type apparaat is de box-cover, waarmee vrij grote (tot 50 cm diep, 30 cm lang en 20 cm breed) ongestoorde monsters kunnen worden genomen. Dit apparaat wordt met handkracht in het sediment gedreven en dus slechts toepasbaar in ondiepe wateren of droogvallende delen van estuaria.

De verwerking van het monster is afhankelijk van de verdere analyse. Als voorbehandelingsmethodes worden meest toegepast: uitwassen, d.m.v. osmose of spoelen worden zouten uit het sediment verwijderd, en drogen. Vaak worden een aantal gedeelten van het monster bij verschillende temperaturen gedroogd. De bepaling van de fysische grootheden van het sediment gaan analoog aan de voor zwevende stof gebruikte methoden. In een literatuurstudie van het IB/WL (R 1578, januari 1981), als bijdrage aan de standaardisatie van zware metaalbepalingen in sedimenten, wordt ruime aandacht geschonken aan de monsternam en behandeling.

3.4.2 Chemische meettechnieken

De belangrijkste doelen van het chemisch slibonderzoek zijn:

- het bepalen van de samenstelling voor onderzoek naar de eigenschappen, de herkomst en de verspreiding van het slib.
- de identificatie, monitoring en controle van verontreinigingen.
- het bepalen van de gevolgen van de aan het slib gehechte verontreinigingen voor het milieu (sterk verbonden met de biochemie, zie paragraaf 3.4.3).

De chemische meettechnieken voor slib, zowel als zwevende stof of als sediment, berusten op analyse van monsters in het laboratorium. Een onderscheid tussen zwevende stof en sedimentanalyses is dan ook minder zinvol, behalve voor een aantal compartiment-specifieke grootheden die direct na monsternamen bepaald moeten worden. In de waterfase zijn dat de temperatuur en de zuurgraad. In het sediment gaat het daarnaast nog om het zuurstofgehalte en de redoxpotentiaal als functie van de diepte.

In het slibonderzoek is het "organische-stof"-gehalte een parameter die in de meeste studies van belang is.

De volgende bepalingen worden toegepast:

- gloeiverlies, dit is het gewichtsverlies door uitgluoen bij hogere temperaturen (ca. 500° C. à 600° C.)
- koolstofgehalte, bepaald als TOC of POC.
- zuurstofverbruik, CZV.
- CHN (koolstof, waterstof, stikstof) - analyse.

Voor al deze bepalingen zijn verschillende instrumenten beschikbaar. Informatie over de organische fractie wordt ook verkregen door de bepaling van:

- detritus, als maat voor dood organisch materiaal
- chlorophyl, als maat voor het aanwezige plankton
- ATP, als maat voor levend organisch materiaal (plankton en bacteriën)

De analysetechnieken voor de bepaling van de chemische samenstelling van slib staan tot in detail beschreven in standaard referentie-werken. De analyse kan gegevens verstrekken over de minerale samenstelling, zoals de kleifractie, het carbonaat- en het kwartsgehalte, over de elementen waaruit het slib is opgebouwd zoals calcium, silicium en aluminium, en gegevens over stoffen die zich aan het slib hechten, met name vele verontreinigingen zoals zware metalen en organische microverontreinigingen. Voor een aantal elementen is het moeilijk een onderscheid te maken tussen de natuurlijke gehalten en de door de mens veroorzaakte (antropogene) verhoging.

In vele onderzoeken (Förstner en Wittmann, 1979) is duidelijk geworden dat sedimentanalyse zeer bruikbaar kan zijn bij het opsporen van verontreinigingsbronnen en in de keuze van monsterpunten voor waterkwaliteitsonderzoek, omdat door de snelle adsorptie van verontreinigingen aan het sediment, de sedimentkwaliteit een maat is voor de waterkwaliteit.

Tot heden is niet duidelijk in welke mate aan slib gehechte verontreinigingen beschikbaar zijn voor organismen.

Bekend is reeds dat de binding aan slib afhankelijk is van:

- de korrelgrootteverdeling, een afname van de gehalten aan verontreinigingen is geconstateerd bij toename van de korrelgrootte (Förstner en Salomons, 1980)
- het organische stofgehalte, met name organische microverontreinigingen hechten zich bij voorkeur aan het organische deel van het slib
- ad- en desorptieprocessen onder invloed van saliniteit, zuurgraad en temperatuur (seizoen).
- biologische processen, zowel bioturbatie als biologische omzettingen (bijv. omzetting van kwik in methylkwik)
- complexvorming (o.i.v. ijzer- en mangaanhydroxiden) met name in het sediment
- oxidatiegraad en redoxpotentiaal in het sediment

Een indruk van de bindingssterkte van de verontreinigingen wordt verkregen met verschillende extractietechnieken.

Analyse van zware metalen

Behalve voor de directe metingen aan vast materiaal, met behulp van onder meer de neutronen activeringsanalyse of de X-ray fluorescentie-spectroscopie, is het nodig om de metalen voor de analyse in oplossing te brengen. Een grote verscheidenheid van sterke tot zwakke extractietechnieken wordt toegepast, waarbij er geen volledige duidelijkheid is over de fractie van de metalen welke met de verschillende technieken wordt ontsloten.

Het IB/WL gebruikt een aantal extractiestappen (van zwak tot sterk zuur) ter identificatie van de metaalbinding. Voor de analyse wordt veelal gebruik gemaakt van atomaire absorptie spectroscopie naast de reeds genoemde neutronen activeringsanalyse en X-ray fluorescentie, alsmede atomaire emissie spectroscopie en polarografische methoden.

Analyse van organische microverontreinigingen

De organische microverontreinigingen omvat een zeer grote groep van verbindingen zoals organochloorbestrijdingsmiddelen, polychloorbifenylen, aromatische koolwaterstoffen, oplosmiddelen etc.

De analyse omvat meest de volgende stappen:

- extractie; verschillende extractiemiddelen (bijv. pentaan) worden toegepast, waarbij er nog geen volledige duidelijkheid is over welk deel van de verontreinigingen wordt geëxtraheerd.

- opwerking; hieronder wordt de zuivering en de concentratie van het extract begrepen.
- scheiding; met behulp van gepakte kolommen, waarin verschillende pakkingen en loopvloeistoffen worden toegepast, kan een scheiding tussen de verschillende groepen van organische microverontreinigingen worden teweeggebracht.
- bepaling; voor de uiteindelijke analyse zijn verschillende chromatografische technieken beschikbaar:
 - gaschromatografie
 - gas-vloeistof chromatografie
 - capillaire gaschromatografiemogelijk in combinatie met een massaspectrometer. Kwantitatieve evaluatie wordt uitgevoerd met behulp van standaards.

Analyse van nutriënten

De bepaling van de stikstof- en fosforverbindingen in slib berust op hetzelfde principe als de bepaling van deze verbindingen in water, welke beschreven staan in de standaard-referentie-werken.

Door extractie en oxidatie kunnen de stikstofverbindingen omgezet worden in opgelost nitraat en bepaald. Ook de Kjeldahl methode wordt toegepast, waarbij alleen de gereduceerde stikstofverbindingen (ammonia en organisch stikstof) worden bepaald. Fosfor kan worden vrijgemaakt met behulp van zuren en na oxidatie tot fosfaat worden bepaald.

Radiochemische analyses

Deze analyses berusten op het meten van verschillende typen radioactieve straling (α -, β - of γ - straling), met behulp van verschillende detectoren. Deze analyses worden eveneens gebruikt voor het bepalen van de slibleeftijd en de hieruit af te leiden sedimentatiesnelheid. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van natuurlijke radioactieve stralers (bijv. ^{210}Pb) en van kunstmatige (zoals ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{106}Ru etc). Deze kunstmatige stralers zijn door atoomproeven in het milieu gebracht. ^{137}Cs komt voor het eerst in 1954 voor, de maximale fallout vond in 1963 plaats. Met behulp van deze twee referentiejaartallen zijn slib-cores te dateren. De nauwkeurigheid is niet groot, daar de huidige methodes tamelijk ongevoelig zijn.

^{137}Cs wordt gemeten met een γ -spectrometer, welke uitgerust kan zijn met verschillende detectoren.

Analyse van microbiologische verontreinigingen

In het slibonderzoek heeft de aandacht zich vooral gericht op de analyse van bacteriën en virussen, naast andere pathogenen als schimmels en parasieten. Het principe van de bacteriologische bepalingen is dat een bepaalde hoeveelheid monsters geënt wordt op een bacterie-specifieke voedingsbodem, geïncubeerd wordt bij een vaste temperatuur, waarna de

gevormde bacteriekolonies worden geteld. Toegepast worden zowel de MPN (most probable number) - methode, waarbij gewerkt wordt met een verdunningsreeks in buisjes en de membraanfiltratie-methode, waarbij het filter na filtratie van het monster geënt wordt op de voedingsbodem. Voor de bepaling van virussen wordt een test ingezet. Het monster wordt geënt op bepaalde celcultures met een specifieke voedingsbodem. Na incubatie worden de virussen bepaald volgens de PFU (plague forming unit) - methode. In het kader van het slibonderzoek worden in Nederland nog geen virusbepalingen uitgevoerd.

3.4.3 Biologische meettechnieken

Met biologische meettechnieken kan de invloed van slib of de aan slib gebonden verontreinigingen op organismen worden bestudeerd. De aandacht dient zich dan wel te richten op die organismen die intensief met het zwevende stof of het sediment in aanraking komen, of het als voedselbron gebruiken.

In het volgende zullen een aantal technieken worden aangegeven welke echter nog niet alle volledig ontwikkeld zijn, zeker gezien in relatie tot de slibproblematiek.

Biochemie

Het effect van verontreinigingen (verstoringen) is dikwijls het niet goed functioneren van een kritiek orgaan. Dit ziekteverschijnsel is meest terug te voeren naar een cellulaire biochemische verstoring welke opgespoord kan worden. Aandacht wordt ondermeer geschonken aan:

- verstoringen in stofwisselingsprocessen
- binding van verontreinigingen aan eiwitten, met name zware metalen
- bloedonderzoek, hoofdzakelijk van vissen
- primaire produktie.

Fysiologie

Fysiologische metingen worden uitgevoerd om de gezondheidstoestand van een organisme te meten en om de gevolgen van verontreinigingen na te gaan, vaak in relatie met biochemische metingen. Het onderzoek kan zich richten op o.a.:

- de voedselopname
- de ademhaling
- de groei
- de voortplanting

Pathologie

Ziekteverschijnselen kunnen een goede indruk geven van verontreinigings-

druk op organismen. Metingen kunnen vlot uitgevoerd worden in maten van voorkomen, seizoensvariatie en geografische spreiding. Drie groepen ziekteverschijnselen zijn aan te geven:

- de eerste groep omvat zweren, vinrot en overige aantastingen van organismen, welke meest correleren met grootschalige gebiedsgebonden verontreinigingen.
- de tweede groep bestaat uit tumoren en vergroëningen welke verschillende oorzaken kunnen hebben, maar welke van belang zijn in het onderzoek naar carcinogene verontreinigingen.
- de derde groep betreft infecties veroorzaakt door virussen, bacteriën of parasieten.

Gedrag.

Een verstoring van de omgeving zal van invloed zijn op het gedrag van organismen. Onderzoek naar het gedrag kan op de volgende wijzen worden uitgevoerd:

- organismen uit het ecosysteem testen onder laboratoriumomstandigheden
- organismen uit het laboratorium of controle gebieden in het te onderzoeken ecosysteem brengen en na een bepaalde periode onderzoeken
- een volledige laboratoriumopstelling waarbij testorganismen in aquaria met water en slib uit het ecosysteem worden gebracht.

Echter om gedragsveranderingen te kunnen onderscheiden van normaal gedrag en deze te kunnen beoordelen is een diepgaande studie van de betreffende organismen noodzakelijk.

Genetica

Twee soorten genetische veranderingen in organismen zijn aan te geven. Ten eerste kunnen, door de voortdurende aanwezigheid van verontreinigingen in het milieu, mutaties optreden in de blootgestelde populatie. Ten tweede kunnen bepaalde verontreinigingen direct inwerken op het genetisch materiaal.

Genetisch onderzoek wordt meest uitgevoerd met zich snel reproducerende organismen als bacteriën of microalgen.

Ecologie

Ecologische studies omvatten het onderzoek naar de respons van populaties of gemeenschappen op de aanwezigheid van verontreinigingen. De effecten kunnen acuut of chronisch zijn. Acute gevolgen zijn meest eenvoudig te detecteren daar de gevolgen in het algemeen dramatisch zijn. Chronische effect studies daarentegen zijn langdurig, daar zij ook de natuurlijke variaties moeten kunnen onderscheiden. Hierbij kan gedacht worden aan lange termijn monitoring-onderzoek.

Bioassay

In bioassays kunnen een aantal van bovengenoemde typen onderzoek op laboratoriumschaal worden uitgevoerd hetgeen bij gedragstudies reeds is genoemd. Bioassays zijn meest toegespits op de respons van organismen nadat ze in het laboratorium in contact gebracht zijn met watermonsters, waarin alle variabelen kunnen worden gecontroleerd of geëlimineerd.

Met vele van bovenstaande technieken is reeds de nodige ervaring, ook binnen Nederland, opgedaan:

- In het kader van de JMG wordt biochemisch onderzoek uitgevoerd in een viertal organismen (mossel, garnaal, bot en kabeljauw). Aandacht wordt besteed aan de gehalten aan verontreinigingen in organismen in relatie tot de gehalten in het water, met name gehecht aan zwevende stof.
- Door het RIVO wordt aandacht besteed aan visziekten. In de Westerschelde is een visziektenonderzoek van start gegaan, waarin de gehalten aan verontreinigingen in water en sediment worden onderzocht.
- TNO voert in opdracht van RWS verschillende typen biologische onderzoek uit. In het "Aktieve Biologische Monitoring"-experiment is het gedrag van en de gehalten aan verontreinigingen in mosselen onderzocht zowel in het veld als in het laboratorium, waarbij gebruik is gemaakt van ongecontamineerde mosselen. (TNO, 1981). Dit experiment is een onderdeel van het PERS-TOX-project, waarin eveneens aandacht is besteed aan de biologische afbreekbaarheid van verontreinigingen en de mutageniteit. De resultaten van dit onderzoek zijn in het zgn. "Toetsenboek" (TNO, 1977) vastgelegd, dat dient als handleiding voor het onderzoek dat uitgevoerd moet worden bij vergunningsaanvragen voor lozingen op zee. In het ZMAS-project is door TNO onderzoek verricht naar de opname en afgifte van metalen door driehoeksmossels. (TNO, 1979).

Een literatuurstudie naar de mate waarin aan slib gehechte verontreinigingen beschikbaar zijn voor organismen zal, op verzoek van de JMG en gefinancierd door de EEG, door TNO in samenwerking met het IB/WL worden uitgevoerd.

Tot slot van deze paragraaf over biologische meettechnieken wordt in het kort ingegaan op de apparatuur die gebruikt wordt voor het bemonsteren van organismen. Voor bemonstering in de waterkolom worden netten gebruikt. Grofmazige voor het vangen van vis en fijnmazige, zgn. planktonnetten, voor fyto- en zoöplankton. Grotere organismen op en in de bovenste centimeters van de bodem worden gevangen met een zgn. kor, waarbij een metalen stang (de boom), soms verzaaid met kettingen, de bodem omwoelt, waarna de organismen (vissen, mosselen) opgevangen worden in een net. Bodemorganismen worden m.b.v. de reeds in paragraaf 3.4.1.2 genoemde cores bemonsterd, waarna de organismen met zeven uit de sedimentmonsters worden gewassen.

3.5 Modelontwikkelingen

De modelontwikkelingen zijn te onderscheiden naar de aspecten van de waterbeweging, waarin de fysische deelprocessen van belang zijn en de aspecten van de waterkwaliteit met zijn fysisch-chemische en biologische processen. De modelmatige benadering in het slibonderzoek tracht in de praktijk ook langs deze onderzoekslijnen het uiteindelijke doel te bereiken, nl. via proceskennis het gedrag en de verspreiding van slib en aangehechte verontreinigingen te voorspellen.

In grote lijn is als volgt een onderscheid in de benadering te maken:

a. numerieke benadering

Uitgegaan wordt van een min of meer gedetailleerde numerieke/wiskundige beschrijving van de waterbeweging en de fysisch-chemische processen, waarmee via computerberekeningen en verifikatie daarvan met natuurmetingen het verloop van de genoemde processen wordt berekend. (curve-berekening bijv. WAQUA). In principe zijn hiervoor weinig meetgegevens nodig, maar is wel veel computerrekenwerk benodigd. Vanwege het kostenaspect beperken de modellen binnen Nederland zich momenteel hoofdzakelijk tot beschrijvingen op micro- en mesoschaal.

b. integrale benadering

Uitgegaan wordt van een integrale/fenomenologische beschrijving van de waterbeweging en de fysisch-chemische processen, waarmee natuurmetingen geanalyseerd worden. In principe zijn hiervoor relatief grote hoeveelheden meetgegevens nodig en is analyse via de computer noodzakelijk (curve-fitting, bijv. WAKWON). De integrale benadering richt zich in hoofdzaak op meso- en macroschaal.

Opmerking: In het gebruik van modellen is het mogelijk beide genoemde benaderingen te combineren in wat een hybride-aanpak genoemd kan worden. Dat wil zeggen dat de empirische beschrijving van de processen in de roosterpresentatie van de numerieke modellen kan worden weergegeven. Om de ontwikkeling van de gewenste ecologische modellen verder te brengen dient een grotere integratie van de genoemde benaderingen na te worden gestreefd.

In de beide benaderingen is reeds het onderscheid in de schaal van het model genoemd.

- Met macroschaalmodellen worden globale fenomenen beschreven op lange termijn (seizoen) over grote gebieden (> 1000 m).
- Mesoschaalmodellen zijn korte termijnmodellen (getijperiode) voor de beschrijving van beperktere gebieden (0,1 - 1000m).
- Microschaalmodellen worden gebruikt voor de beschrijving van funda-

mentele processen als erosie en sedimentatie of ad- en desorptie. Ook is in de benaderingen nog een onderscheid te maken naar de dimensie nl. een één-, twee- (horizontaal of vertikaal) of driedimensionale beschrijving van het te modelleren systeem naast een beschrijving van een ideaal gemengde situatie.

In de volgende paragrafen wordt een nadere toelichting gegeven op de ontwikkelingen in waterbewegings- en waterkwaliteitsmodellen. Op beide gebieden wordt de laatste tijd meer en meer aandacht geschonken aan de beweging en het gedrag van slib. Het hierboven geschetste onderscheid (numerieke versus integrale benadering) vormt het essentiële verschil in aanpak voor de beschrijving van de waterbeweging en waterkwaliteit.

3.5.1 Ontwikkelingen in waterbewegingsmodellen

Bij de beschrijving van de waterbeweging kan worden uitgegaan van de aspecten die van invloed zijn op de beweging:

- energiebronnen (wind, afvoer, getij, zon etc.)
- dichtheid (saliniteit, temperatuur)
- topografie (bodem, oever)
- wrijving
- aardrotatie

Deze invloeden kunnen worden beschreven in basisvergelijkingen, waaraan randvoorwaarden (bijvoorbeeld behoud van massa of energie, of een begin waterstands- of snelheidsverdeling, of een continuïteitsvergelijking) kunnen worden opgelegd.

De aandacht voor slib gaat in waterbewegingsmodellen o.a. uit naar slibtransport, sedimentatie en erosie in verband met het dichtslibben van havens en vaarwegen.

Voor de oplossing van de basisvergelijkingen van de waterbeweging kan in sommige eenvoudige gevallen gebruik worden gemaakt van analytische oplossingsmethoden, maar veelal wordt van numerieke methoden gebruik gemaakt. Deze laatste methode kan voor willekeurig gevormde bekkens worden gebruikt, terwijl er een redelijk groot aantal modellen in de loop der tijd zijn ontwikkeld.

Met behulp van de computer moeten de modelberekeningen worden uitgevoerd. Om het computergebruik te verminderen kunnen vereenvoudigingen worden toegepast. Tot de mogelijkheden behoren de beperking van het aantal dimensies, vereenvoudiging in de bodemschematisatie of de beperking van het aantal mee te nemen energiebronnen.

Wat de numerieke oplossingstechnieken betreft, zijn de volgende ontwikkelingen te onderscheiden:

1. De eindige differentiemethode

In een puntenrooster (1 of 2 dimensionaal, horizontaal of vertikaal, of 3 dimensionaal) worden de basisvergelijkingen opgelost, terwijl de randvoorwaarden extern worden opgelegd. Deze methode is het meest toegepast. Redelijk goede resultaten zijn bereikt t.a.v. de waterbeweging. Koppeling met enige milieuparameters (niet-afbreekbare stoffen, homogeen gemengd, goed oplosbaar) is gerealiseerd. Voor afbreekbare stoffen zijn de toename- en afnamekrommen niet altijd nauwkeurig genoeg bekend. Chemische reacties kunnen ingebracht worden, Slib en zandtransport zijn nog niet te simuleren met deze modellen. Thans is bij de RAND-Corporation een 3d-model in ontwikkeling. Geavanceerde toepassingen van dergelijke modellen vergen al snel excessieve computerrekentijden en ook geavanceerde output faciliteiten (gegevens en tekeningen) met een grote mate van interactie en flexibiliteit.

2. Het variatieprincipe dat leidt tot de eindige elementenmethode

(Thans in ontwikkeling bij THD, Praagman, 1980). In een afgesloten gebied wordt een volume-integraal geminimaliseerd, waarbij de randvoorwaarden inbegrepen zijn.

Beide genoemde benaderingen zijn equivalent, in de zin dat de ene uit de andere formulering kan worden verkregen. Toepassingen leveren al snel excessieve computertijden op.

3. De integraalvorm wordt opgelost door superpositie van verschillende fundamenteeloplossingen, die ieder aan de basisvergelijkingen voldoen (Brebbia, 1978). Dit wordt de randvoorwaarde integraalvergelijkingmethode genoemd. Deze methode is gebaseerd op het theorema van Green, waarbij een integraal over het gehele gebied wordt omgezet in een integraal over het oppervlak van dat gebied. Deze methode is minder geschikt voor niet-lineaire vergelijkingen.

Verder is koppeling van deze methode met de twee vorengenoemde methodes mogelijk (Straw, 1978). Deze methode lijkt beter geschikt voor de erosie- en sedimentatieprocessen van slib en zand en zal daarom verder onderzocht dienen te worden.

De meeste wiskundige modellen voor de waterbeweging binnen de RWS zijn op de eindige differentiemethode gebaseerd (WAQUA, IMPLIC). (zie voor overzicht bijlage 4 en literatuur: Divisie, 1981).

Aan iedere implementatie van een bepaald rekenschema in een zeker gebied wordt veelal een specifieke naam toegekend.

Bijvoorbeeld WAQUA voor het Deltagebied heet RANQ-DeLTA (en ook wel model zuidelijke Noordzee) en de implementatie voor het gebied ten noorden van de Waddenzee heet NOWA.

Enkele modellen rekenen de actuele beweging door voor korte tijdsperioden (getijvariaties, enkele dagen) of de gemiddelde beweging (getijgemiddelde, reststroom) over langere perioden. Afhankelijk van de vraagstelling en de gewenste nauwkeurigheid van het antwoord, kan een keuze gemaakt worden voor gebruik van een model.

De situatie is thans zo dat de waterbewegingsmodellen nog niet voor alle geografische gebieden, waar milieuvraagstukken liggen, zijn geïmplementeerd (zie bijlage 5). Inspanning op dat gebied wordt gepleegd, doch de capaciteit is beperkt en implementatie vraagt veel ontwikkelings-tijd en goede meetgegevens op grote schaal.

Gekoppeld aan de waterbewegingsmodellen zijn mogelijkheden voor de berekening van transporten en verspreiding van opgeloste stoffen (WAQUA, DIACIM). Ook op directere wijze kunnen deze berekend worden (DFTHOR, DFENST, VEDWAM, DFESTA), waarbij voor eenvoudige gevallen van analytische oplossingsmethoden gebruik wordt gemaakt. Ook deze modellen zijn nog niet voor alle relevante wateren geïmplementeerd, om dezelfde bovenstaande redenen.

Omdat bovengenoemde modellen principieel niet goed geschikt zijn voor simulatie van de sedimentatiebeweging (erosie, sedimentatie, dichtheidsveranderingen), mag niet verwacht worden dat snel grote doorbraken plaats zullen vinden.

Op ad-hoc basis worden wel modellen ontwikkeld om fysische deelprocessen afzonderlijk te bestuderen, bijvoorbeeld erosie en sedimentatie als functie van de getijfase. Een enkele toepassing van een model voor zandtransport, nl. het 2-lagenmodel van Vreugdenhil (WL), is uitgevoerd door het Hydraulics Station te Wallingford (Eng.).

Door het WL is in het kader van TOW en eigen speurwerk onderzoek gestart naar de bruikbaarheid van verschillende beschikbare waterbewegingsmodellen. Gerapporteerd is o.a. in WL-rapport R-900-IV, 1981 en in verschillende speurwerkverslagen. Een inventarisatie van de beschikbare wiskundige modellen wordt door Sanders (WWL) uitgevoerd. Internationaal worden eveneens pogingen ondernomen om het sedimenttransport te modelleren. Op verschillende symposia is het belang hiervan onderstreept en wordt gewezen op de grote behoefte aan veldmetingen.

3.5.2 Ontwikkelingen in waterkwaliteitsmodellen

Waterkwaliteitsmodellen hebben in het algemeen betrekking op de analyse en kwantificering van de relatie tussen de toevoer van verontreinigingen en de kwaliteit van het water (het aquatisch ecosysteem), waarbij meest minder aandacht geschonken wordt aan de fysische aspecten. Het belang van de slibmodellering in waterkwaliteitsmodellen wordt gekarakteriseerd door de volgende aspecten:

- slib fungeert als belangrijke drager van verontreinigingen, waarbij de uitwisseling tussen water-slib (ad- en desorptie) van belang is voor water- en slibkwaliteit.
- de invloed van slib op het lichtklimaat.

De ontwikkeling van waterkwaliteitsmodellen is steeds sterk probleemgericht geweest en daardoor beperkter van aanpak. Voor de opzet van een model moet keuze gemaakt worden uit verschillende mogelijkheden. De vraagstelling moet bijdragen tot de modelkeuze. De volgende mogelijkheden kunnen worden onderscheiden:

- 1 a. stochastisch
- b. deterministisch
- 2 a. steady state
- b. dynamisch
- 3 a. analytisch
- b. numeriek
- 4 a. gedetailleerd
- b. globaal

ad 1 a) De vergelijkingen voor de beschrijving van de waterkwaliteitsprocessen in een stochastisch model worden afgeleid uit de meetresultaten d.m.v. stochastische analyse (bijv. correlatieberekeningen).

Deze modellen geven meest een globale beschrijving.

ad 1 b) Een deterministisch model is gebaseerd op de wiskundige beschrijving van de volume- en massabalansen en de processen die hierop van invloed zijn. De formulering berust op differentiaalvergelijkingen, waardoor berekeningen onder veranderende omstandigheden mogelijk zijn, mits de parameters voldoende nauwkeurig kunnen worden bepaald.

ad 2 a) In een steady-state model zijn de vergelijkingen geen functie meer van de tijd, zodat gemiddelde evenwichts-situaties doorgerekend kunnen worden.

ad 2 b) Een dynamisch model is geschikt voor simulaties van tijdsafhankelijke verschijnselen. Hierbij kunnen in grote of geringe mate details worden opgenomen.

ad 3 a) In een analytisch model zijn de vergelijkingen analytisch oplosbaar, hetgeen over het algemeen niet mogelijk is zonder invoering

van grote vereenvoudigingen.

ad 3 b) Meest worden dan ook numerieke oplossingen van de vergelijkingen gemaakt, waarbij van diskretisaties gebruik wordt gemaakt.

ad 4 a) Details, zowel in waterbeweging als in waterkwaliteit vergen ruime computerfaciliteiten en lange rekentijden.

ad 4 b) Een globaal inzicht in een systeem kan worden verkregen met eenvoudige, globale, modellen. Met beperkte kennis kunnen met deze modellen waterkwaliteits- en balansberekeningen worden uitgevoerd.

De huidige ontwikkelingen binnen RWS vinden in nauwe samenwerking met het WL plaats. Het WL heeft, in het kader van verschillende RWS-opdrachten en eigen speurwerkprojecten, een aantal voorspellende waterkwaliteitsmodellen ontwikkeld en operationeel gemaakt t.w.:

- MODQUAL, een ééndimensionaal steady-state waterkwaliteitsmodel voor rivierstelsels (WL, R-1056-IV/R-1463-1/S-321-IV, 1981), gebaseerd op een in de V.S. ontwikkeld model, gemodificeerd door het WL.
- In het WABASIM-project zijn, in opdracht van de DD, een aantal modellen ontwikkeld of nog in ontwikkeling. Calibraties en validaties worden uitgevoerd met meetresultaten uit modelreservoirs (het Grote Rug-project) en uit literatuurgegevens. Te noemen zijn: BLOOM II, een algenbloei-model, ontwikkeld uit het "Algae Bloom"-model voor "Policy Analysis of the Oosterschelde" (POLANO, Biegelow e.a. 1977). Dit steady-state model beschrijft de maximale algenbiomassa als functie van nutriënten en lichtklimaat.
- OXYMOD, een zuurstofmodel voor meren dat in het kader van de PAWN-studie ontwikkeld werd en samen met BLOOM II toegepast werd op een tiental meren in Nederland.
- CHARON, een nutriëntenmodel dat de nutriëntenhuishouding in een meer in relatie tot externe belasting en biologische activiteit beschrijft.
- SEDMOD, een sedimentmodel. Dit model is in ontwikkeling en beschrijft de concentratieprofielen in en de fluxen uit de bodem. De volgende parameters worden beschreven: zuurstof, nitraat, afbreekbaar organisch koolstof, ammonium, fosfaat en silicaat.

Deze modellen of combinaties worden toegepast in een aantal studies. MODQUAL wordt toegepast t.b.v. de waterkwaliteitsmodellering van Rijn, Maas en Hollandsch Diep in opdracht van het RIZA en de DD.

Voor de Maas wordt een uitbreiding tot een pseudo-dynamisch model overwogen, omdat de steady-state benadering in de Maas minder bruikbaar is.

Voor het Rijnmodel wordt gedacht aan een uitbreiding met een modelma-

tige beschrijving van de zwevende stof.

Dit in het kader van een toekomstige modellering van toxische stoffen en een meer gedetailleerde beschrijving van de fosfor-componenten.

Aan de modellering van toxische stoffen wordt door het WL reeds aandacht geschonken, daar zij van de EPA de beschikking heeft gekregen over het rekenmodel EXAMS. Met dit model kan binnen Nederland ervaring worden opgedaan voor de modellering van toxische stoffen.

MODQUAL, BLOOM II en CHARON worden toegepast in het kader van het saneringsonderzoek IJsselmeer. MODQUAL berekent de invoer via de IJssel. Voor de berekeningen in het IJsselmeer wordt een gekoppelde versie van BLOOM II en CHARON ontwikkeld.

Binnen WABASIM loopt ook een WABASIM-zout project dat tot doel heeft de kennis omtrent zoute aquatische ecosystemen te bundelen, te ordenen en te presenteren (in model te brengen) zodat richtlijnen t.b.v. waterkwaliteitsbeheer en maatregelen t.b.v. het optimaal functioneren van een bekken kunnen worden afgeleid.

Dit project beperkt zich voorlopig tot het Grevelingenmeer, waarvan een ecosysteemmodel wordt ontwikkeld gebaseerd op de koolstofkringloop.

3.5.3 Koppeling waterbewegings- en waterkwaliteitsmodellen

Overziet men het veld van de modelontwikkelingen dan is op waterbewegingsgebied de eindige differentiemethode het meest toegepast, waarbij het WAQUA-model (ontwikkeld door J. Leendertse van de RAND Corporation, Santa Monica, Californië) het meest geavanceerde is, maar nog niet op alle relevante geografische gebieden geïmplementeerd.

Aan waterkwaliteitsmodellen wordt in het kader van het saneringsbeleid en het beheer veel aandacht geschonken.

De koppeling tussen experimenten en modelontwikkelingen is, met name op slibgebied, zwak, terwijl de relatie van de fysisch-chemische en biologische processen met de hydraulische processen matig is.

Deze koppeling kan op verschillende plaatsen plaatshebben. Op numerieke wijze kan de waterbeweging in roosterpunten over het betreffende gebied worden berekend. De waterkwaliteitsprocessen kunnen ook numeriek worden berekend, met deterministisch afgeleide vergelijkingen, in dezelfde roosterpunten. Dit kan een grote mate aan detail verschaffen waarvoor ruime computerfaciliteiten en lange rekentijden nodig zullen zijn.

Indien eenvoudige vergelijkingen worden gebruikt (bijv. een stochastisch waterkwaliteitsmodel), kan de benodigde computercapaciteit en rekentijd waarschijnlijk beperkter worden gehouden. Ook kunnen de

waterkwaliteitsrelaties in aparte modellen worden weergegeven, waarin tevens de waterbeweging op integrale wijze kan worden benaderd, de zogenaamde black-box modellen. Deze methode levert de overdrachtsfunctie van een systeem zonder zich te richten op de details van onderliggende processen. Deze wijze van benaderen zal hoogstwaarschijnlijk de minste computercapaciteiten rekentijden vergen. In de afweging voor een keuze speelt de mate van nauwkeurigheid een rol.

Afgezien van de vraag welke simulatiemethode het meest geschikt is voor de aanpak van slibproblemen en welke gebieden en onderzoeken de hoogste prioriteit hebben, is het duidelijk dat het totale gebied van het slibonderzoek, de implementatie en operationele toepassing t.b.v. het beheer een veel groter beslag op de computer zal gaan leggen, dan thans het geval is. Daarom is het gerechtvaardigd na te gaan welke mogelijkheden voorzien moeten worden, om sturing van de ontwikkeling van adequate wiskundige modellen te optimaliseren.

Bovendien is er de mogelijkheid om de computer te specialiseren en wel naar kleinere gespecificeerde rekeneenheden met zeer grote geheugens of naar speciale snelle machines, zoals de vector mainframe (CDC, Cray Computers, Hewlett Packard).

Afwegingen moeten plaatsvinden tussen het experimenteel onderzoek (w.o. metingen en meettechnieken, die ook dienen voor de randvoorwaarden van de modelberekeningen), de modelbouw en het computergebruik.

4.

BEVINDINGEN

Uit de opsomming van onderzoeken en ontwikkelingen in de vorige hoofdstukken, alsmede door de verspreidheid van het onderzoek over diverse instituten en instellingen, is het zeer moeilijk een samenhangend beeld op te bouwen. Wel zijn de sterke en zwakke punten van de genoemde slib-onderzoeken zo goed mogelijk vermeld. Om de samenhang van het beeld toch enigszins vast te leggen, kan aan de hand van het totale proces systematisch worden nagegaan of de kennis van de betreffende deelprocessen (fysisch, chemisch en biologisch) en de meettechnieken (in de natuur en het laboratorium) sterk of zwak genoemd kunnen worden. Hoewel deze methode zeer grof is en de beoordeling een indicatieve waarde heeft, kan daarmee toch een bruikbaar samenhangend beeld worden verkregen. De mate van kennis van een deelproces is ook een maat voor het modelleren, immers geringe kennis van een proces levert eenvoudige en onnauwkeurige modellen op.

Bij de beoordeling van de sterkte of zwakte van een onderdeel zal ook de internationale positie beschouwd moeten worden. De eisen t.a.v. het milieubeleid worden mede internationaal afgestemd. Om met deze eisen gelijke tred te houden voor wat betreft de technische wetenschappelijke onderbouwing, zullen de activiteiten in het onderzoek afgewogen moeten worden. Deze afweging zou met de volgende benadering kunnen worden ontwikkeld.

In bijlage 6 is het totale proces schematisch weergegeven in de onderdelen: primaire en secundaire fysische processen, de chemische en biologische processen en de gevolgen voor de mens en het milieu. Voor ieder daarvan is vanuit een RWS-visie een sterkte/zwakte analyse gegeven, hoewel elke afweging uiteraard enigszins subjectief is.

primaire processen

- Voor de waterbeweging zijn zowel de kennis als de meettechnieken sterk. De nieuwste ontwikkelingen gaan in de richting van een 3-dimensionale beschrijving met een grote mate van detail. De meettechnieken worden ook verfijnd, zodat zowel horizontale als verticale en orbitaalbewegingen van het water kunnen worden gemeten.

- De kennis omtrent het slib is zwak tot sterk, de meettechnieken om de slibconcentratie in de natuur voldoende nauwkeurig te bepalen zijn zwak. Nieuwe ontwikkelingen om dat te verbeteren zijn wel gaande, maar niet in voldoende mate.
- De kennis omtrent het zand is relatief sterk. De meettechnieken voor de concentratiebepaling in de natuur is nog zwak, met name in de brandingszone. Wel zijn nieuwe ontwikkelingen gaande.

secundaire processen

- De kennis omtrent het transport en de menging van slib is relatief zwak. Uitzakking en verticale uitwisseling zijn nog onvoldoende onderzocht. Transporten en transportomstandigheden voor kortere en langere perioden zijn nog weinig bekend. Ook de meettechnieken zijn onvoldoende om deze processen voldoende nauwkeurig te meten.
- Wat de erosie en sedimentatie, de consolidatie, het poriënwater en de slibinwassing in de bodem betreft, zijn zowel kennis als meettechnieken zwak te noemen.

chemische processen

- De kennis omtrent de chemische reacties die in de waterkolom plaatsvinden tussen water en zwevende stof, is zwak te noemen. Wel kan in het laboratorium over voldoende nauwkeurige analysetechnieken worden beschikt, echter omtrent de optredende processen is te weinig bekend om de metingen op juiste wijze in te richten.
- Van de chemische reacties in het sediment zijn zowel de kennis als de meettechnieken zwak te noemen. T.g.v. processen in de bodem kunnen vele (instabiele) intermediairen van chemische verbindingen ontstaan die van monstername niet meer bepaald kunnen worden.

biologische processen

- Omtrent de mechanische invloed van het slib op het ecosysteem is de kennis zwak. Wel zijn meettechnieken beschikbaar maar in het onderzoek heeft dit aspect weinig of geen aandacht gehad.
- Zowel wat het slib zelf betreft (primaire productie, detritusvorming, opname en afgifte door organismen) als wat de aangehechte verontreinigingen betreft (opname en afgifte door organismen, accumulatie in organismen) zijn wel een aantal meettechnieken beschikbaar om de biologische beïnvloeding van de slibhuishouding alsmede de invloed van

slib met aangehechte verontreinigingen op organismen te bepalen. Ook zijn ontwikkelingen op dit gebied gaande, echter de hiermee verworven kennis voor de betreffende wateren is zwak te noemen.

- De kennis en de meettechnieken van de biologische invloed op het slib op en in de bodem en de invloed van de aan het slib gehechte verontreinigingen op organismen zijn zwak.

gevolgen

De kennis omtrent de gevolgen van deze met slib gerelateerde processen voor maatschappij en milieu is veelal zwak. De meettechnieken om deze gevolgen daadwerkelijk te meten zijn nauwelijks of niet ontwikkeld.

modellen

De stand van zaken m.b.t. de huidige modellen loopt parallel aan de kennis. Modellen voor de genoemde processen zijn veelal per proces afhankelijk ontwikkeld. Toepassing is beperkt mogelijk, daar de bestaande modellen voor veel relevante wateren nog niet zijn geïmplementeerd. Door dit geheel kan de opbouw van inzicht in de samenhang der processen niet voldoende ondersteund worden door simulaties van deze processen. De situatie m.b.t. de modellen is dan ook als zwak te kenmerken.

monsternametechnieken

Wat de monsternametechnieken betreft zijn naast de standaardmethoden thans bij de RWS nieuwe ontwikkelingen aan de gang. Met name zijn dit de autonoom metende opstellingen (automatische meetstations en meetpalen) waarmee meer aandacht wordt geschonken aan met slib gerelateerde parameters. Op de nieuwe milieumeetschepen dient men tevens met de slibproblematiek rekening te houden.

Het slibonderzoek is momenteel hoofdzakelijk gericht op het aanpakken van regionale problemen. Doordat er weinig algemeen slibonderzoek wordt gedefinieerd zijn de inspanningen niet effectief gericht op de gesignaleerde vraagstelling en is de werkwijze niet voldoende efficiënt.

Een hechtere samenwerking tussen de specialistische diensten RIZA en W&W kan het voor de RWS mogelijk maken de aanwezige kennis beter te richten op zijn eigen doelstellingen.

Hiernaast zal algemeen slobonderzoek moeten worden gedefinieerd waarvoor een onderzoeksplan moet worden opgesteld. Daar bij de behandeling van de geografisch gespreide problemen gebleken is dat sommige vraagstukken sterk regionaal gebonden zijn zal het waarschijnlijk noodzakelijk blijven een aantal (deel)onderzoekingen op die regionale problematiek te richten.

In zijn totaliteit kan geconcludeerd worden dat er verspreid kennis, meettechnieken en modellen beschikbaar zijn, die op zich vaak relatief sterk zijn, maar die door een betere samenhang van doelstellingen en activiteiten nog verder kunnen worden versterkt.

Literatuur

- Akkerman, R., 1980. Standpuntbepaling m.b.t. het BAW-rapport
"Untersuchung der Sedimentationsverhältnisse in der Unter-
ems und im Dollard nach einer geplanten Emsumleitung; Teil 2:
Einfluss auf die Sedimentation im Hafen Delfzijl."
Rijkswaterstaat, Directie Groningen, Adviesdienst Delfzijl,
notitie 80-29a.
- Barretta, J.W., J.G. Barretta-Bekker, V.N. de Jonge, L.A. Villerius
en P. de Wolf, 1980. Slibspecielozingen in het Eems estuarium
nabij Delfzijl, zoals gemeten volgens verschillende meetmetho-
den. Biologisch Onderzoek Eems-Dollard Estuarium, Publicaties
en Verslagen nr. 4.
- BER, 1977. Nota betreffende aspecten van verondieping van het Oost-
voornse Meer met onderhoudsbaggerspecie; Projectgroep "Brielse
Gat", Rijkswaterstaat, Directie Bovenriversen.
- BER, 1980. De verontreiniging van slib op enige lokaties in het Be-
nedenriviereengebied. (Een intern rapport).
Rijkswaterstaat, Directie Benedenriversen, Afdeling Waterkwali-
teit.
- Boersma, H., 1980. Morfologisch onderzoek Ameland (MORFAM). Verslag
van het onderzoek wantij Engelsmanplaat en Pinkegat.
Rijkswaterstaat, Directie Groningen, Adviesdienst Delfzijl,
nota 80-1.
- Brebbia, C.E., e.a., 1978. Recent Advances in Boundary Element Methods.
PENTECH Press: London, 424 p.
- Brunsveld van Hulten, H.W. en J.G. Gossé, 1974. Onderzoekingen voor
toepassing van multispectrale fotografie bij kleurstofexperi-
menten. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbe-
weging, Fysische Afdeling, nota FA 7401.
- Creutzberg, F. and H. Postma, 1979. An experimental approach to the
distribution of mud in the Southern North Sea. Neth. J. Sea Res.
13 (1): 99-116.
- Divisie, 1981. Modellen voor de waterbeweging in één dimensie. Kwar-
taaltijdschrift van de Dienst Informatieverwerking van de Rijks-
waterstaat, no 1981/1.
- Dyer, K.R., 1979. Edition of the handbook:
Estuarine hydrography and sedimentation. Cambridge University Press
Chpt.4: Hydrographic surveying.
Chpt.5: Sonar and seismic profiling.

- Dijkzeul, A., 1980. De waterkwaliteit van de Rijn in Nederland in de periode 1972-1979. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, notanr. 80-032.
- Dijkzeul, A., 1981. De waterkwaliteit van de Maas in Nederland in de periode 1953-1980. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, notanr. 81-048.
- Eisma, D., 1978. Sedimentatie van gesuspendeerd materiaal in de Noordzee. In: J.T.F. Zimmerman, Texel 1978. Waterbeweging in het zuidelijk gedeelte van de Noordzee. Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel, Netherlands: 141-164.
- Eisma, D. and J. Kalf, 1979. Distribution and particle size of suspended matter in the Southern Bight of the North Sea and the Eastern Channel. *Neth. J. Sea Res.* 13 (2): 298-324.
- Eisma, D., 1981. The mass-balance of suspended matter and associated pollutants in the North Sea. In: *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 181: 7-14.
- Essink, K., 1977. Verslag van een oriënterend onderzoek naar de invloed van zandwinning op de waterkwaliteit van de Waddenzee. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, notanr. 77-006.
- Essink, K., 1980. Mercury pollution in the Ems estuary. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 33: 111-121.
- Eysink, W.D., 1979. Morfologie van de Waddenzee, gevolgen van zand- en schelpwinning. Waterloopkundig laboratorium, rapportnr. R 1336: 1-92.
- Förstner, U. and G. Wittmann, 1979. *Metal pollution in the aquatic environment*. Springer, Berlin.
- Förstner, U. and W. Salomons, 1980. Trace metal analysis on polluted sediments. Part I: Assessment of sources and intensities. Part II: Evaluation of environmental impact. *Environmental Technology Letters* Vol. 1: 494-517.
- Gossé, J.G., 1976. Evaluatie van een Monitek troebelheidsmeter, model LT-210/130, serienr. 799. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Fysische Afdeling, rapport 76-FA-075.
- GWR, 1981. Milieuaspecten onderhoudsbaggerspecie. Gehalten aan olie, bestrijdingsmiddelen en zware metalen. Analyseresultaten monstercampagnes december 1979 en januari 1980. Gemeentewerken Rotterdam, code 110.10-R.8104.
- Hellema, J.A., 1981. De praktijk van slibmetingen in Europoort. OTAR, 2: 89-97.
- Hendriksma, J., 1980. Zwevende stof gehalten langs de Noordzeekust. Interne nota. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater.

- Hendriksma, J., 1981. Waterkwaliteitsaspecten van de Westerschelde. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater. notanr. 81.049.
- IB/WL, 1975. Voorkomen en gedrag van zware metalen in slib uit de Schelde. R 994.
- IB/WL, 1978. Voorkomen van kwik in slib uit het Eems-Dollard estuarium. R 1120.
- IB/WL, 1979. Geochemisch-biologisch onderzoek naar het voorkomen en gedrag van zware metalen in Nederlandse zoetwater gebieden. Interimverslag over de werkzaamheden 1977-1978. M 1468 deel III, ZMAS 33.
- IB/WL, 1979. Kwaliteitsonderzoek van baggerspecie in het Rotterdamse havengebied in 1977. M 1500.
- IB/WL, 1980. Inventarisatie van metalen in slib uit het Eems-Dollard estuarium. R 1529.
- IB/WL, 1981. Inventarisatie en geochemisch gedrag van zware metalen in de Schelde en de Westerschelde. In concept.
- IB/WL, 1981. Contribution to the standardization of the methods of analysis for heavy metals in sediments. Part I: Literature study. Part II: Evaluation and recommendations. R 1578.
- Kwartaalverslagen. Kwaliteitsonderzoek in de Rijkswateren. Rijkswaterstaat; Samenstelling: Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater.
- LGM, 1979. Jaarverslag: 65-66. Laboratorium voor Grondmechanika.
- Madsen, O.S., 1976. Wave climate of the continental margin: elements of its mathematical description. In: D.J. Stanley, D.J.P. Swift, Marine sediment transport and environmental management, Wiley and Sons. New York: 65-87.
- MKO, 1981. Overallplan onderzoeksprojecten MKO voor de jaren 1981 t/m 1983. MKO-R-81.17.
- NZ-N-79.09, 1979. Rapportage van de projectgroep Thematiek 7 aan de Raad van Overleg voor het Fysisch-Oceanografisch Onderzoek van de Noordzee over de activiteiten in de jaren 1975-1979. Rijkswaterstaat, Directie Noordzee. Op dit rapport is in 1980 nog een aanvulling verschenen bij brief kenmerk 8005. Rijkswaterstaat, Directie Noordzee.
- Piekhaar, R.S., 1981. Sedimentatie-eigenschappen van zee- en rivierslib. Ontwikkeling van een analysemethode voor de bepaling van slib. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Kust en Zee, Afdeling Hellevoetsluis, nota WWKZ-81.5002.
- Pieters, H., N. Wassenaar en J. Geerdes, 1981. Totaal kwikbepaling en kwikonderzoek in rode aal uit Nederlandse oppervlaktewateren. Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, rapport CA 81-03.

- Postma, J.T. en R. Reenders, 1980. Zandwinning uit de Waddenzee en Noordzee ten behoeve van dijkverhogingen en andere bestemming te land. Rijkswaterstaat, Directie Groningen, Adviesdienst Delfzijl, nota 80-34.
- Projet Mer, 1976 en 1977. Nationaal onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma: leefmilieu, water. België, Diensten van de Eerste Minister, Programmatie van het wetenschapsbeleid. Eindverslag in 11 delen.
- Reenders, R., 1972. De ontwikkeling van de Dollard over de periode 1952-1969/1970. Rijkswaterstaat, Directie Groningen, Adviesdienst Delfzijl, nota 72.2.
- Reenders, R., 1980. De sedimentologische gevolgen van het storten van baggerspecie uit de haven van Delfzijl in het Eems-Dollard estuarium. Rijkswaterstaat, Directie Groningen, Adviesdienst Delfzijl, nota 80.14 (2 delen).
- RIWA-RID, 1979. Slib in Rijn en Maas. Een beschrijving van de kwalitatieve en kwantitatieve aspecten van slib in de Rijn en de Maas in relatie tot de drinkwatervoorziening.
- Deel I: Samenvattend rapport
- Deel II: Theoretische aspecten
- Deel III: Toetsing theorie aan metingen
- Ruardij, P., 1981. Een ééndimensionaal model van de transportprocessen in het Eems-Dollard-oecosysteem. Biologisch Onderzoek Eems-Dollard Estuarium, Publicaties en Verslagen nummer 3.
- Salomons, W. and W.D. Eysink, 1979. Pathways of mud and particulate trace metals from rivers to the southern North Sea. In: Biochemical and hydronamic processes affecting heavy metals in rivers, lakes and estuaries. Waterloopkundig Laboratorium, publication no. 253, 1981: 1-34.
- Straw, R.P., 1978. Coupling boundary integral equation methods to "other" numerical techniques. In: Recent advances in boundary element methods. C. Brebbia (ed.), PENTECH Press, London.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons, 1968. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board of Canada, Ottawa.
- Thysse, J.Th., 1972. Een halve eeuw Zuiderzeewerken. Uitg.: Tjeenk Willink, Groningen.
- TNO, 1979. Biologisch en geochemisch onderzoek naar het voorkomen en het gedrag van zware metalen in Nederlandse zoetwater gebieden. Interim-rapport nr. CL 79/49: ZMAS 32.
- TNO, 1981. De experimentele toepassing van de mossel, *Mytilus Edulis*, L., bij het meten van zware metalen en organische microverontreinigingen in Nederlandse kustwateren. Rapport MD-N&E 81/2.

- TOW, 1981. Voortgangsoverleg Toegepast Onderzoek Waterstaat 1980. Waterloopkundig Laboratorium.
- Uiterwijk-Winkel, A.P.B., 1977. Microbiologische aspecten en het sedimentatiegedrag van rivierslib. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuid-West, notanr. 44.006.01.
- Veen, R. v.d., 1980. Stationaire slibzuigproef 1979. Rijkswaterstaat, Directie Groningen, Adviesdienst Delfzijl.
- Visser, M.P., 1975. Troebelheidsmetingen in de zuidelijke Noordzee 1972-1974, met nadruk op het Hollandse kustgebied. Memorandum van de Afdeling Oceanografie, KNMI, aan de leden van MLTP-4 van de RvO (persoonlijke mededeling).
- Verslagen, Adviezen, Rapporten, 1979. Metingen van Xenobiotische stoffen in het Biologisch Milieu in Nederland 1977. Coördinatie-commissie voor de metingen van radioactiviteit en xenobiotische stoffen (CCRX). Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
- Wolf, P. de, F. Colijn en F.A. van Arkel, 1979. Effecten van troebelings in de Eems-Dollard. Biologisch Onderzoek Eems-Dollard Estuarium, nota 6.3.
- WL, 1974. Zware metalen in onderhoudsbaggerspecie uit de Rotterdamse havens. R 995.
- WL, 1978. De toepassing van de multi-elementenanalyse voor het bepalen van de herkomst van slib in de Noordzee.
- WL, 1980. Slibconcentratiemeters.
Deel I: Inventarisatie en evaluatie. 5453-I, augustus 1980.
Deel II: Oriënterende experimentele vergelijking. 5453-II, augustus 1981.
In voorbereiding: M 1799: Onderzoek naar metingen met natuurslib.
- WL, 1980. Milieuchemische aspecten van het storten van baggerslib uit de Maasmond, de Botlek- en Waalhaven in het Oostvoornse Meer. M 1501/M 1549.
- WL, 1980. De invloed van een gipslozingen ter hoogte van Terneuzen op de gehalten aan zware metalen en fosfaat in zwevend en afgezet slib in de Westerschelde. M 1650.
- WL, 1981. Drie-dimensionale circulatiemodellen voor ondiepe meren en zeeën. Inventarisatie van tijd-afhankelijke modellen.
R 900-IV.
- WL, 1981. Kwartaalverslagen speurwerk.

- WWKZ, 1980. Besprekingsverslag Slibonderzoek, organisatie. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Kust en Zee, verslag no. WWKZ-80 G. 631.
- WWZW, notanr. 44.001.03. Sedimentatie en erosie in het Rotterdamse Waterweggebied. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuid-West.
- WWZW, notanr. 44.001.04. Onderzoek naar het sedimentgehalte voor de loop van de Noorderdam te Hoek van Holland. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuid-West.
- WWZW, projectnr. 44.001.05. Sedimentgehaltemeting in het Rijnmondgebied, najaar 1974. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuid-West.
- WWZW, notanr. 44.001.07. Vooronderzoek vaste sedimentgehalte Poortershaven. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuid-West.
- WWZW, projectnr. 44.001.08. Transportmetingen. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuid-West.
- WWZW, notanr. 44.002.01. Proefstorting Rotterdamse Waterweg. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuid-West.
- WWZW, projectnr. 44.003.02. IJking 2-lagenmodel ten behoeve van sedimentbeweging Rotterdamse Waterweg. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuid-West.
- WWZW, notanr. 44.005.02. Consolberekeningen bij slibconsolidatieproeven. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuid-West.
- ZZW/RIZA/RIJP, 1976. Waterstaatkundige werken en waterkwaliteit in het IJsselmeergebied. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Noord, nota 286.

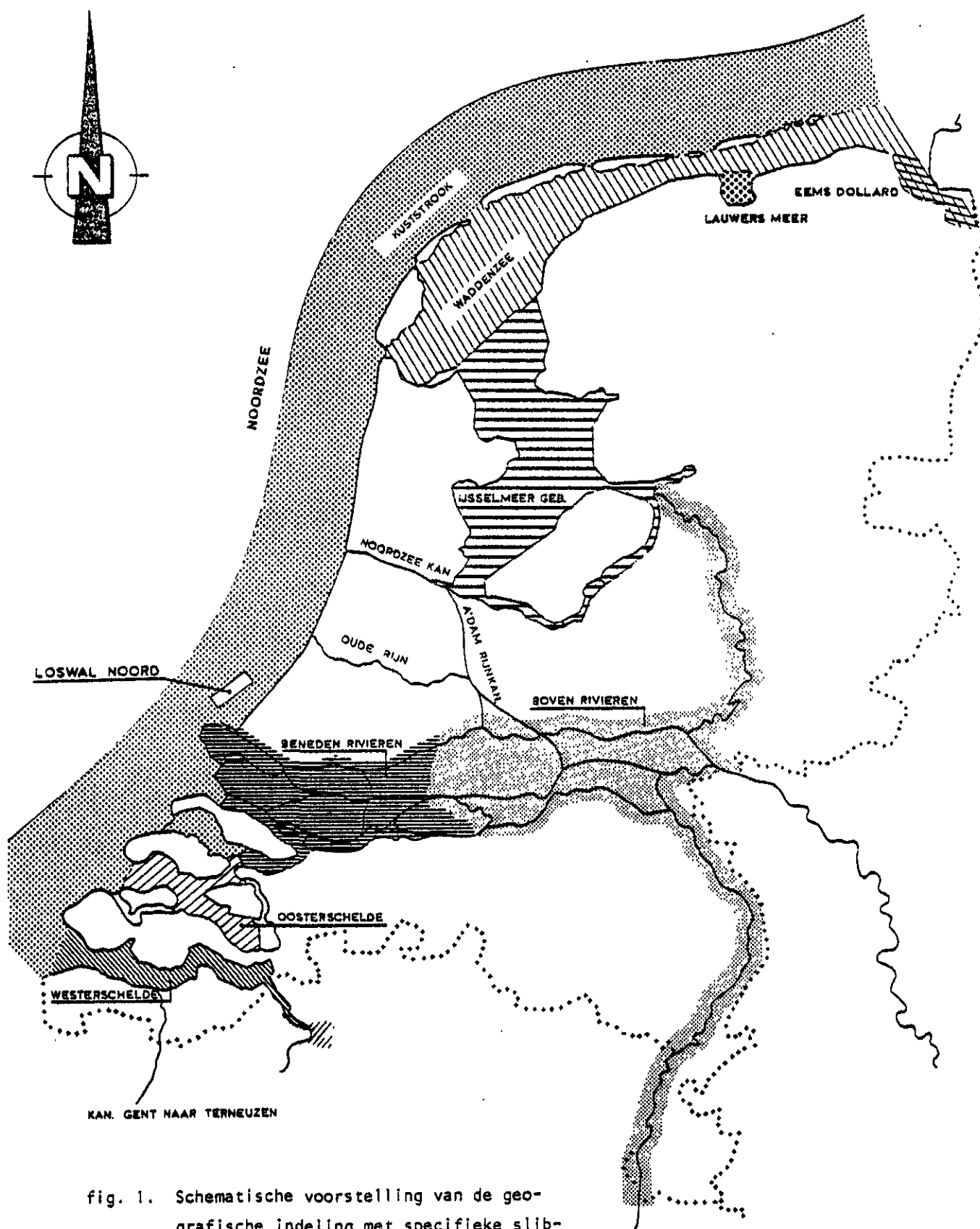


fig. 1. Schematische voorstelling van de geografische indeling met specifieke slibproblemen.

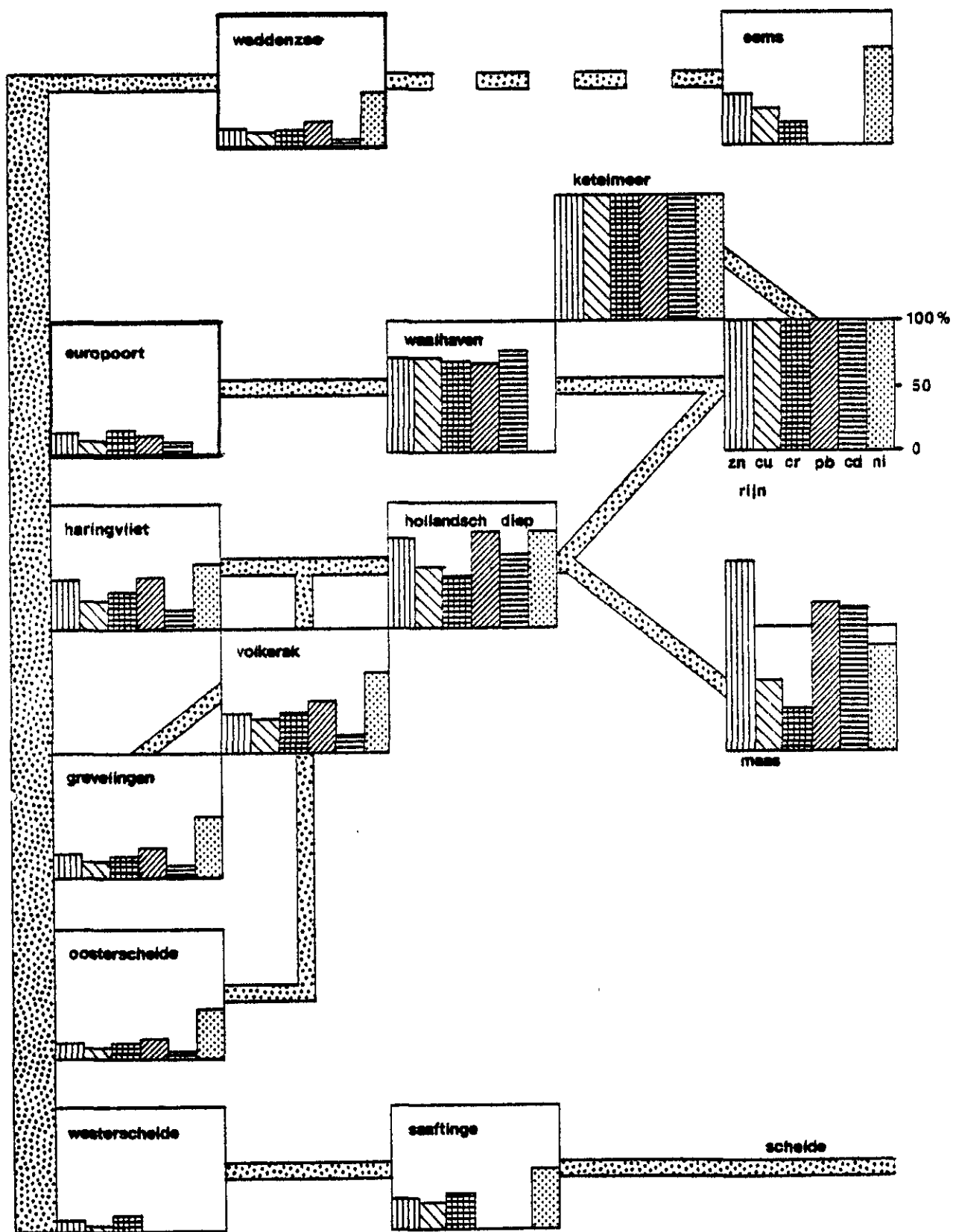


fig. 2 DE INVLOED VAN DE ZWARE METALEN VAN DE RIJN EN DE MAAS
OP HET SLIB IN DE NEDERLANDSE WATEREN
DIAGRAM VOLGENS dr. A.J. de GROOT
(situatie ca. 1977)

		Aspekten slib									
		Hydraulica					Milieu				
		Her- komst	Tech- niek	Kinema- tica	Water- beweging	Model- len	Meet- techn.	Fy- sisch	Chemisch	Biolo- gisch	Ecolo- gisch
		mar- ien fluviaal produktie	baggeren storten	erosie transp. + verspr. sedimentatie consolidatie	getijbeweging reststroom afvoer windinvloed	waterbeweging balans (in/output) verspreiding waterkwaliteit	experimenten kwantitatief kwalitatief	invloed flora-fauna	interakties water-slib binding verontr.	biowallability accumulatie toxiciteit/carcinogenen	prim. produktie voedselketen ecosysteem recreatie volksgezondheid
Geografische gebieden	Noordzee										
	-open zee	x x	x	x x x x	x x x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x
	-kustwater	x x x	x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	-Loswal-Noord	x x	x	x x x x	x x x	x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	Estuaria										
	-Eems-Dollard	x x x	x x	x x x x	x x x	x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x
	-Westerschelde	x x x	x x	x x x x	x x x	x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x
	-Oosterschelde	x x	x	x x x x	x x x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	Waddenzee	x x x	x	x x x x	x x x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	Bovenrivieren										
	-Maas	x x	x x	x x x	x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	-Rijntakken	x	x x	x x x	x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	-IJssel	x		x x x	x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	Benedenrivieren										
	-Biesboschgebied	x x	x	x x x	x	x x x x	x x	x	x x	x x x	x x x x
	-Nieuwe Merwede	x x	x	x x x	x	x x x x	x x	x	x x	x x x	x x x x
	-Hollands Diep	x x	x	x x x	x x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	-Haringvliet	x x	x	x x x	x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	-Rijnmondgebied	x x	x	x x	x x	x x	x x x		x x	x x x	
	IJsselmeergebied										
	-IJsselmeer	x x	x	x x x x	x x	x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	-Ketelmeer	x x	x	x x x x	x x	x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	-Markermeer	x x	x	x x x x	x	x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	-Randmeren	x x	x x	x x x x	x	x x	x x x	x	x x	x x x	x x x x
	Overige										
	-kanaal Gent-Tern.	x	x			x x	x x		x x	x	
	-Noordzeekanaal		x			x x	x x		x x	x	
	-Oude Rijn	x				x	x x		x x		
	-Lauwersmeer						x x	x	x x		
	-A'dam-Rijnkanaal	x	x			x	x x		x x	x	

x aspekt van belang voor betreffend water

Bijlage 1. Overzicht slibproblematiek uitgesplitst over de geografische gebieden.

		Aspekten slib										
		Techniek	Hydraulica					Milieu				
			Kinematica	Waterbeweging	Modellen	Meettechn.	Fysisch	Chemisch	Biologisch	Ecologisch		
		baggeren storten	erosie transp. + verspr. sedimentatie consolidatie	getijbeweging reststroom afvoer windinvloed	waterbeweging balans (input/output) verspreiding waterkwaliteit	experimenten kwantitatief kwalitatief	invloed flora-fauna	Interacties water-slib binding verontr.	bioavailability accumulatie toxiciteit/carcinogeen	prim. produktie voedselketen ecosysteem	recreatie volksgezondheid	
Instellingen en diensten Specialistisch beheer	RWS-BOR	x x	x x x x		x			x	x			
	RWS-BER	x x	x x x x		x			x				
	RWS-NDZ	x x	x x x	x x		x			x x x			
	RWS-ZZW	x			x		x					
	RWS-Kustdir's Gem. Rotterdam	x x	x x	x	x		x					
	RWS-WWFA	x	x x x x	x x x x		x x	x	x				
	RWS-WWHI					x						
	RWS-WWKZ		x x x x	x x		x x	x	x				
	RWS-WWNO			x x	x	x x	x	x				
	RWS-WWZO		x x x x	x x x		x x	x	x				
	RWS-WWZW		x x x x	x x x		x x	x	x				
	RWS-RIZA			x x		x x x	x	x x	x x x	x x	x	x
	RWS-DIV				x x x x	x x x x	x	x x				
	RWS-DD	x x	x x x x	x x	x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x	x
	WL	x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x	
	IB				x	x x x x	x x x	x	x x	x x x	x x x	x
	DIHO					x x	x x x	x	x x	x x x	x x x	x
	LGM	x x		x x		x x	x x x			x x x	x x x	
	NIOZ			x x	x x	x	x x x	x	x x	x x x	x x x	x x
	RID					x x x	x x x	x	x x	x x	x x x	x x
	LH-Wagen					x x	x x		x x	x x x	x	x
	TH-Twente			x x	x	x x x	x	x	x x	x	x x x	
	RIV						x	x	x x	x x x	x x x	x x
	RIVO			x x	x		x x x	x	x x	x x x	x x x	x x
	NL Heidemij					x	x x x					
	TPD						x x					
	TNO						x x	x	x x	x x x	x x x	
	KNMI			x x	x	x x	x					
	ITAL							x				
	ECN							x				
	RGD						x					
	BOEDE			x x	x		x x x	x	x x	x x x	x x x	
	Limnol. Instit.				x				x x	x x x	x x x	
	België (Projet Mer)			x	x x	x	x x x	x	x x	x x	x x	
	Duitsland (E-Dollard)	x x		x x x	x	x x	x x x	x	x x	x x		x x

x=expertise

Bijlage 2. Overzicht van instellingen en diensten die betrokken zijn bij de verschillende aspecten van de slibproblematiek.

Bijlage 3 Overzicht organisatorische verbanden

1. MKO

Het MKO is een samenwerking van de Gemeente Rotterdam en RWS. Onder de Stuurgroep MKO ressorteren twee hoofdgroepen welke de volgende onderwerpen behandelen (overeenkomstig rapport MKO-R-81.17):

Marketinggroep

- Bouwmeetsystemen: - beladingsgraad baggerstortschepen
- ontwikkeling van meetsystemen
- Dataverwerking: - vastlegging gegevens
- ontwikkeling van meetsystemen en registratie
- Baggerbeslissing: - beslissingsprocedure wanneer, waar en waarmee baggeren
- Kleiverkoop: - hergebruik van slib

Coördinatiegroep

- Slibwolksignalering:- water- en sedimentbeweging in Rijnmondgebied
- optreden van slibwolken
- Consolidatie: - verloop sedimentatieeigenschappen bij laagsgewijze aanslibbing
- consolidatiesnelheid onder water
- zuigbaarheid van specie
- grootheden voor varen boven slib
- consistentie van toestromen slib
- Varen boven slib: - bepaling nautische diepte
- bepaling vaargedrag schepen boven slib
- Opnametechnieken: - ontwikkeling niet-lineair echolood
- dichtheidsmeters
- Slibvang: - put voor slibopvang
- Stationair zuigsys-
teem - afzuiging uit bufferput
- Slibscherm: - mechanisch terughouden van slib
- Bodemegalisator: - gesleepte ploeg voor het weghalen van bulten
- Slibberging op zee: - Slufterplan
- Slibberging in
 plassen: - Oostvoornse Meer studie
- Sedimenttransport in
 en rond havens

Recentelijk heeft het MKO een meer algemeen karakter voor onderzoek naar het slibgedrag gekregen.

2. RvO

De Stuurgroep van de RvO heeft in 1981 een nieuwe structuur voor de verdere organisatie van het fysisch-oceanografisch onderzoek op de Noordzee aanvaard met 4 coördinatiegroepen op de aandachtsgebieden:

1. Golven
2. Waterstanden, stromen en transportverschijnselen
3. Slib
4. Bodem

Doelstellingen daarbinnen zijn respectievelijk:

1. Onderzoek van zeegang en deining t.b.v. waterbouwkundige werken, scheepvaart en offshore activiteiten. Raakvlakken met het golfonderzoek m.b.t. erosie en sedimentatie, transportprocessen aan het zeeoppervlak, waterstandsverhoging en kustdynamica.
2. Modelmatige aanpak van de waterbeweging en van de transportverschijnselen voor toetsing van beschrijvingen van de processen en de experimentele metingen. Raakvlakken bestaan met het aandachtsgebied Slib.
3. Op milieu-problemen gericht onderzoek van erosie en sedimentatietransport en verspreiding, sedimentatie en accumulatie van slib en de fysisch-chemische uitwisseling tussen de verontreinigingen en het slib. Raakvlakken met aandachtsgebied Waterstanden, stromen en transportverschijnselen.
4. Onderzoek naar de morfologische structuur van de bodem, de erosie- en sedimentatieprocessen van zand, alsmede de zandtransportprocessen, onder invloed van de waterbeweging.

3. SGBB/CCBB

De aanwezigheid van verontreinigingen in de specie uit het benedenrivierengebied moet thans gezien worden als de centrale problematiek bij de verwerking van baggerspecie. Het vinden van een geschikte bergingslocatie uit het oogpunt van het meest gewenste ruimtegebruik hangt hier ten nauwste mee samen. Met het oog op deze problematiek zijn in 1975 een bestuurlijke SGBB en een ambtelijke CCBB ingesteld.

In de SGBB zijn vertegenwoordigd de provincies Zuid-Holland en Gelderland, het Openbaar Lichaam Rijnmond, de Gemeente Rotterdam en de RWS. In de CCBB

zijn bovendien vertegenwoordigd de ministeries van CRM, L&V, V&M en VRO. De opdracht van de SGBB aan de CCBB luidt: "waar en onder welke randvoorwaarden kan baggerspecie (zowel op de korte als op de lange termijn) worden geborgen".

Lit.: voorlopig "Beleidsplan Berging Baggerspecie" (SGBB/CCBB 1980).

4. ROBB

In de ROBB vindt het RWS-vooroverleg plaats inzake de SGBB en de CCBB. Vertegenwoordigd zijn de Hoofddirectie, Directie Zuid-Holland, BoR, BeR, Directie Noordzee en RIZA.

5. Combinatie Speurwerk Baggertechniek

Voortzetting van het door het WL verrichte opdrachtenonderzoek naar zandzuigen. Samenwerking RWS, HAM, Volker-Stevin, Bos-Kalis, Breejenbout en BallastNedam. Opdrachten aan de afdeling Baggertechnieken van het WL m.m.v. het LGM.

In dit onderzoek aandacht voor het cutteren van zand, klei en met name rots. Geen of weinig milieu-aandacht.

6. IWC

In de interdepartementale Waddenzee Commissie wordt de RWS vertegenwoordigd door de directeur-generaal.

7. Waddencomité

Doel van het Waddencomité is de coördinatie van RWS-taken op de Waddenzee en het geven van gecoördineerde informatie aan de directeur-generaal RWS omtrent de Waddenproblematiek.

Aan de orde komen vraagstukken uit het beheer, natuur en milieu exploitatie (zandwinning en olieboringen) en de baggerproblematiek. Met name het slib, de zandwinning en de verondieping van de Waddenzee zijn belangrijke elementen, waarvoor in dit kader onderzoek wordt verricht.

8. Overleg Waddenzeebeheerders

Dit overleg staat los van het Waddencomité en houdt zich momenteel - - in het bijzonder bezig met het opstellen van beheersplannen voor de Waddenzee (onder het Waterkwaliteitsplan). Wel worden in dit overleg de Waddencomité-vergaderingen voorbereid.

9. Eems-Commissie

Internationaal overleg Duitsland-Nederland aangaande beheerszaken rond de Eems waarin RWS op hoofdingenieur-directeur-niveau is vertegenwoordigd.

10. Overleg WSA-Emden

Staat los van de Eems-Commissie, maar bereidt wel haar vergaderingen voor.

11. BOEDE

De doelstellingen van het BOEDE zijn:

- een kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van het estuarium en een studie van de factoren die de structuur en de functie van het ecosysteem bepalen
- een studie van veranderingen en de voorspelling van veranderingen als gevolg van menselijke invloeden, indien mogelijk met gebruik van mathematische modellen
- het verschaffen van gegevens voor het beheer van het estuarium in relatie tot afvalwater, baggerwerkzaamheden, havenaanleg en industrie.

12. De accumulatie van contaminanten in de Waddenzee

In dit project wordt door het NIOZ in opdracht van V&M aandacht besteed aan het gedrag van metalen en chloorkoolwaterstoffen in de Waddenzee. RWS in Begeleidingscommissie.

13. ZMAS

De doelstelling van het project ZMAS is het vastleggen van de situatie met betrekking tot het voorkomen van zware metalen in de compartimenten

water, zwevend materiaal, sediment, poriënwater en organismen. Tevens wordt ingegaan op de processen die daarbij een rol spelen en op de effecten van deze stoffen op het biotische deel van aquatische systemen.

Het project heeft betrekking op de grote rivieren Rijn en Maas en hun benedenstroomse zoete bekkens.

14. MIVEOS

De doelstelling van het project MIVEOS is het leren kennen van de eisen en voorwaarden die moeten worden gesteld aan het routinematig onderzoek naar de gehalten aan rivierverontreinigingen in de compartimenten water, zwevend materiaal, organismen en sediment.

15. CCRX

De taak van de CCRX is om door middel van regelmatig uitgevoerde metingen gegevens te verzamelen over de aanwezigheid in het milieu van radio-actieve stoffen en andere potentieel gevaarlijke stoffen. In de Coördinatiecommissie zijn vele rijksinstellingen en instituten vertegenwoordigd. Er wordt gerapporteerd in jaarverslagen.

16. ICES

Volgens de Conventie uit 1964 zal het de plicht van de ICES zijn:

- om onderzoek van de zee te stimuleren speciaal in relatie tot de "living resources".

Hiertoe worden gezamenlijke meetprogrammas opgezet en publikatie van onderzoeksresultaten gestimuleerd.

De aandacht is gericht op de Atlantische Oceaan en de aanliggende zeeën. In een groot aantal werkgroepen wordt aandacht besteed aan een breed scala van onderwerpen, waaronder de slibproblematiek.

17. JMG

De JMG coördineert de monitoringactiviteiten van de Oslo en Parijse Conventies. Hiertoe is een Joint Monitoring Programme opgezet met als doelen

een schatting te geven van:

- mogelijke gevaren voor de menselijke gezondheid
- schade aan "living resources" en het leven in zee
- het bestaande niveau van zeevervuiling
- het effect van genomen maatregelen voor de reductie van zeevervuiling in het kader van beide Conventies.

Hiertoe zal worden gemeten in de compartimenten water, sediment en organismen.

18. IRC

De IRC dient:

- de aard en omvang van de verontreinigingen vast te stellen
- aan de regeringen maatregelen voor te stellen
- grondslagen voor eventuele internationale regelingen voor te bereiden

19. Committee on the Challenges of Modern Society (CCMS) van de NATO

Studies worden verricht t.b.v. vraagstukken die met het welzijn van de maatschappij (ook wel buiten de NATO-lidstaten) hebben te maken, zoals milieu, geavanceerde meettechnieken en monitoring-activiteiten. Veelal vindt geen financiering van onderzoek plaats, maar worden onderzoekers in staat gesteld bij elkaar te komen, waaruit aanbevelingen voor onderzoek aan de regeringen van de lidstaten resulteren.

20. Technische Schelde Commissie

Regeling van technische problemen in de Westerschelde en de Westerscheldemond (o.a. Vaste Oeververbinding Westerschelde, Bochtafsnijding Bâth, Baalhoekkanaal, Voorhaven Zeebrugge, Scheepvaartbegeleidingssystemen). Terugkoppeling op het ministerie V&W en het ministerie van Openbare Werken, België. Er wordt gewerkt in werkgroepen waarin slib soms een onderdeel vormt.

21. Balans (Stofstroom en balansstudies)

Project binnen de DD: kwantificeren van de stofstromen die bepalend zijn voor de biomassa van fyteplankton, fytobentos en detritus, met de nadruk op primaire productie en detritusimport en het aangeven van bepalende factoren. Schatten van de biomassaindeling en inventariseren van de soorten samenstelling op het 1e en 2e trofisch niveau van de kwantitatief belangrijkste ecologische groepen in relatie tot verschillende milieufactoren ter ondersteuning van bovenstaand onderzoek. Vastlegging van veranderingen, tijdens en na de bouw SVK o.a. zuurstofgehalte en slibtransport..

22. Morfos RWSDD + WL + Svasek + WW

Project binnen de DD: onderzoek relaties tussen bodem- en hydraulische parameters t.b.v. voorspellingen morfologie in O.S.bekken te kunnen maken voor de situatie na aanleg van SVK.

23. Slibos RWSDD + WL + DIV + WW

Project binnen de DD: modelleren en kwantificeren van de slibbeweging in de Oosterschelde voor prognose na afsluiting SVK.

24. WAKWON

De doelstellingen van het WAKWON-onderzoeksprogramma zijn:

- vaststelling bestaande toestand en de veranderingen hierin (trend), om zo te komen tot de opzet van een monitoring-programma
- met behulp van onderzoeksresultaten inzicht verkrijgen in de kwaliteit van het mariene milieu onder invloed van de diverse belastingen enerzijds en de saneringsplannen in maatregelen anderzijds.

25. TOW Samenwerking RWS en WL

Onderzoek wordt verricht o.a. op het gebied van waterbeweging en kustdynamica. In overweging is slib als onderzoeksactiviteit hierin onder te brengen.

Bijlage 4 Waterbewegings- en waterkwaliteitsmodellen

DIMENSIE	VARIABELEN	GEBIED	KORTE TERMIJN (enige dagen)	LANGE TERMIJN (seizoenen)	STEADY-STATE*
1	$\Delta x, \Delta t$	estuaria	IMPLIC (incl. netwerk) WB DIACIM WK VEDWAM WK	VEDWAM WK	VEDWAM WK
	analytisch	estuaria		zoutbalans WK DFESTA WK	
	Δx , water- kwaliteit	rivieren			MODQUAL WK
2	$\Delta x, \Delta y, \Delta t$	estuaria, Noordzee	DEMODO WB WAQUA WB WAQUA WK MONTE CARLO WK	DEMODO WB WAQUA WB WAQUA? WK SEIZOENMODEL WK	DEMODO WB
	analytisch	estuaria, Noordzee	DFTHOR WK	DFTHOR WK	
2 Vert	$\Delta x, \Delta y, \Delta t$	estuaria	DISTRO WB		
3	$\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta t$	estuaria, Noordzee	Rand-Model WB ? WK		
IDEAAL GEMENGD	algen zuurstof nutriënten toxische stoffen	meren meren meren meren, rivieren			BLOOM-II WK OXYMOD WK CHARON WK EXAMS WK

WK = waterkwaliteit

WB = waterbeweging

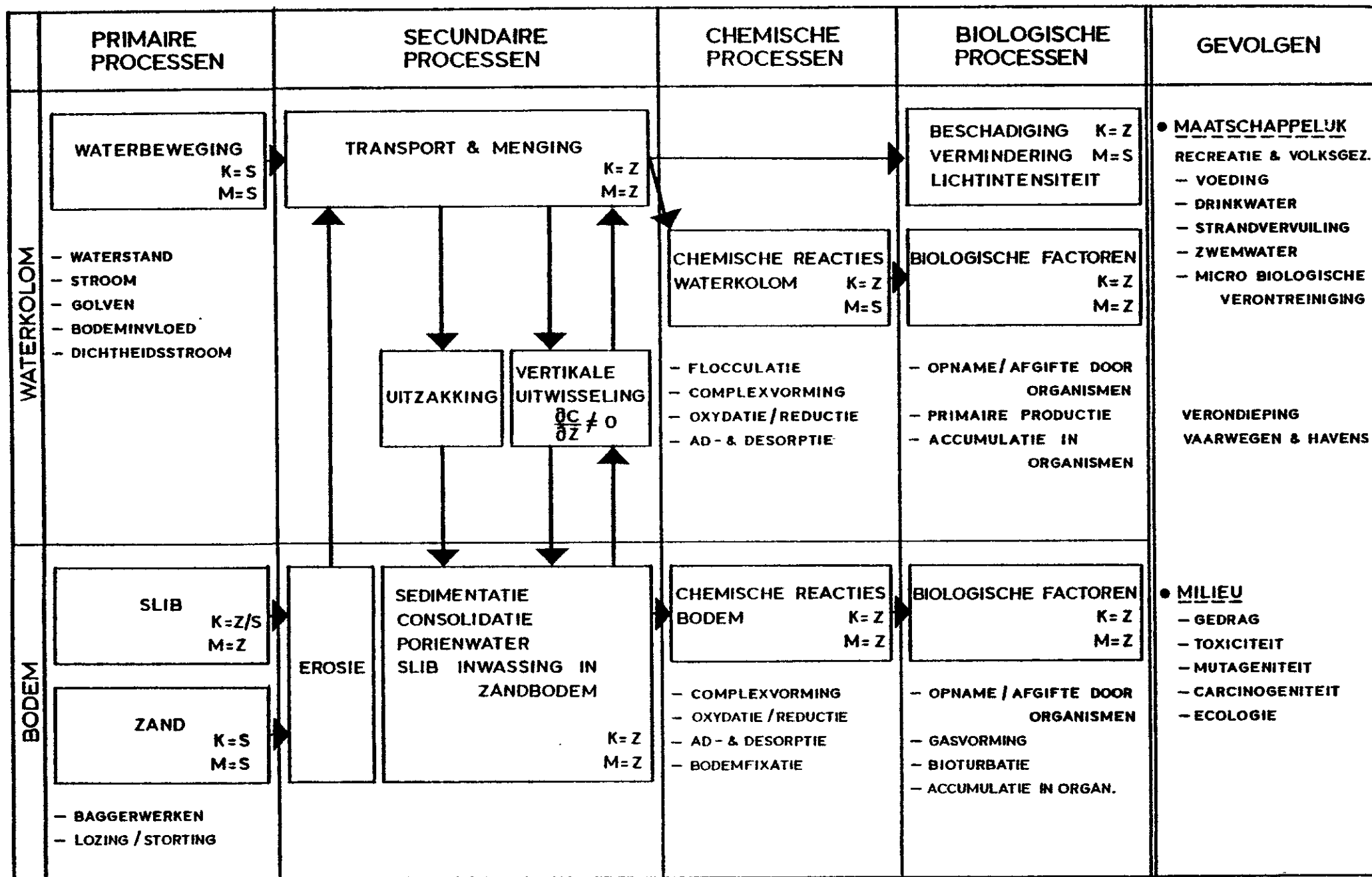
* = berekening evenwichtstoestand

Bijlage 5 Geografische gebieden waarvoor modellen geschikt zijn

Model \ Gebied	W-Schelde	O-Schelde	Waddenzee	Eems-Dollard	Z-Noordzee	Noordzee	Rivieren	Meren
IMPLIC	x	x	x	x	-	-		
DIACIM		(x) bruikbaar?			-	-		
VEDWAM	x	x	x	x	-	-	x	
Zoutbalans	?	x zout		?	-	-		
DFESTA								
WAQUA WB	RD II	RD II x	Rand-Wadden	Rand	x (Den Held.Cromer)	x	-	-
WK		RD II x zout					-	-
DEMOM								
SEIZOENMODEL								
DFTHOR					kustgebied, zonder estuaria (BOD/O ₂)	kustgebied, zonder estuaria (BOD/O ₂)		
DISTRO ontw.voor Nw.Waterweg	?	?	-	?	-	-		
Rand-Model "Algae Bloom"		x						
MODQUAL	-	-	-	-	-	-	x	-
BLOOM-II							-	x
OXYMOD							-	x
CHARON							-	x
EXAMS	-	-	-	-	-	-	x	x

x : geïmplementeerd - : niet van toepassing

? : toepasbaarheid te onderzoeken blanco: nog in te vullen



N.B. K = KENNIS
M = METEN

S = STERK
Z = ZWAK