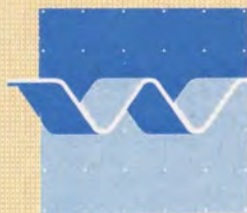


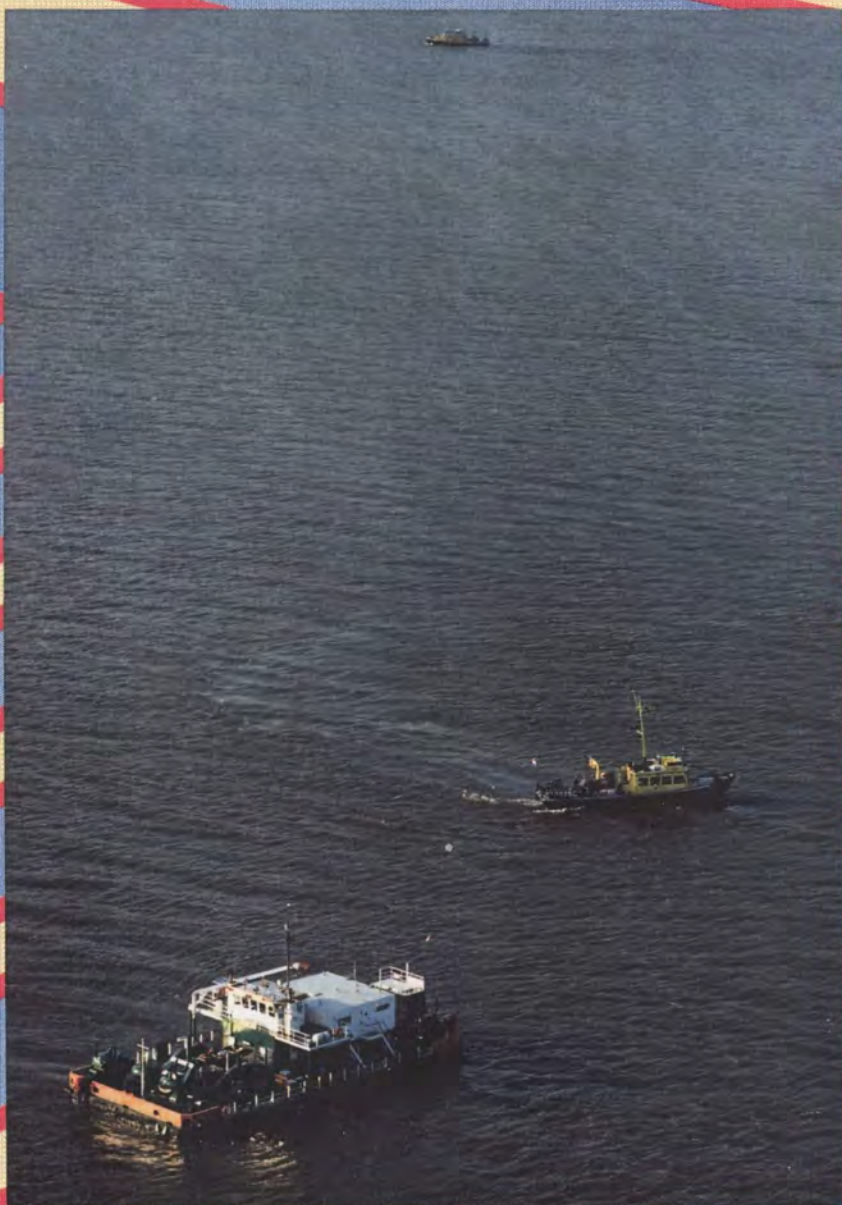
①

DI : 76807



ham-vow

# Evaluatierapport proef waterinjectiebaggeren Haringvliet



Z0821

BIBLIOTHEEK BOUWDIENST RIJKSWATERSTAAT

NR. Z0821 B04

Inhoudsopgave.

	Pag.
Samenvatting.	3
1. Inleiding.	5
2. Probleembeschrijving.	7
3. Doelstelling en opzet van de proef.	8
4. Vastlegging beginsituatie ( $T_0$ -situatie).	9
4.1 Het vastleggen van de hoogteligging van de waterbodem.	9
4.2 Het vastleggen van de bodemopbouw.	10
4.2.1 Vibrocore boringen.	10
4.2.2 Subbottomprofiler survey.	11
4.3 Het bepalen van de fysische eigenschappen van de grond.	11
4.4 Het bepalen van de chemische samenstelling (kwaliteit) van het bodemmateriaal.	12
4.4.1 Gehalten van chemische verontreinigingen conform analyses	14
4.4.2 Gehalten van verontreinigingen na omrekening naar de standaard waterbodem.	14
4.4.3 Resumé.	14
5. Weers-, afvoer- en getijomstandigheden.	15
5.1 Weersomstandigheden.	15
5.2 Afvoersomstandigheden.	15
5.3 Getijomstandigheden en spuiregime Haringvlietssluisen.	17
5.4 Stromingsomstandigheden.	17
5.5 Slotopmerking.	18
6. Uitvoering baggerwerk.	19
6.1 Techniek van het waterinjectiebaggeren.	19
6.2 Uitvoering baggerwerk.	20
7. Het monitoringsprogramma tijdens de proef.	23
7.1 Opzet en uitvoering van de metingen aan de dichtheidsstroom.	23
7.1.1 Het meetinstrument 'Seabat'.	23
7.1.2 De transmissie- en backscatter-sonde.	24
7.1.3 De elektromagnetische snelheidsmeter (EMS).	25
7.2 Opzet en uitvoering van de metingen aan de vertroebeling.	25
7.2.1 De troebelheidssensoren.	26
7.3 Resultaten van de monitoring van de dichtheidsstroom.	26
7.3.1 De hoogte van de dichtheidsstroom.	26
7.3.2 De stroomsnelheid van de dichtheidsstroom.	26
7.3.3 De dichtheid van de dichtheidsstroom.	27
7.3.4 De dynamica van de dichtheidsstroom.	27
7.4 Resultaten van de monitoring van de vertroebeling.	27
7.4.1 De achtergrond vertroebeling in en rond het baggergebied.	27
7.4.2 Monitoring van de vertroebeling in de omgeving van de slibstroom.	28
7.4.3 Monitoring van de vertroebeling in de nabije omgeving van de 'Jetsed'.	28
7.5 Monitoring van de verspreiding van opgeloste verontreinigingen.	29
7.6 Dichtheid en temperatuur van het oppervlaktewater.	30
8. Vastlegging eindsituatie ( $T_1$ -situatie).	31
8.1 Het vastleggen van de hoogteligging van de waterbodem.	31
8.2 Het vastleggen van de bodemopbouw.	31

	Pag.
8.2.1 Resultaat van de bemonstering.	32
8.2.2 Relatie tussen baggerproces en de bemonsteringsresultaten.	33
8.3 Het bepalen van de fysische eigenschappen.	34
8.4 Het bepalen van de chemische samenstelling.	35
8.4.1 Gehalten van chemische verontreinigingen in baggergebied conform analyses.	35
8.4.2 Gehalten chemische verontreinigingen na omrekening naar standaard waterbodern.	37
8.4.3 Resumé.	37
9. Vergelijking tussen begin- en eindsituatie en interpretatie van de resultaten.	38
9.1 Hoogteligging van de waterbodern.	38
9.2 Bodemopbouw in het baggergebied.	38
9.3 Fysische eigenschappen.	39
9.3.1 Massabalans droge stof.	40
9.4 Chemische eigenschappen van de sedimenten.	42
9.4.1 Relatie sliblaag dikte met verontreinigingsgraad.	43
9.4.2 Chemische verontreinigingen na omrekening naar standaardbodern/kwaliteit.	44
9.4.3 Kwaliteit van de specie in de bergingsput.	45
9.4.4 Massabalans verontreinigingen.	45
9.4.5 Resumé.	46
10. Conclusies en aanbevelingen.	47
10.1 Conclusies.	47
10.2 Aanbevelingen.	50
10.2.1 Vooronderzoek en benodigde gegevens.	51
10.2.2 Werkmethode bij het waterinjectiebaggeren.	51
10.2.3 Biologische monitoring van het baggergebied.	51
Verklarende woordenlijst.	52
Literatuurlijst.	53
Colofon.	54
Bijlage A.	
Bijlage B.	

### Samenvatting.

Sedert de afsluiting van het Volkerak en Haringvliet in 1970 zijn in de zuidrand van het Noordelijk Deltabekken, o.a. in het Haringvliet, op de destijds relatief schone zandbodem sedimenten afgezet die sterk verontreinigd zijn met zware metalen en organische microverontreinigingen. Deze sedimenten bestaan uit dikke slibpakketten in de diepere geulen en uit dunne sliblaagjes op de ondiepere delen.

Inmiddels is het beeld ontstaan dat juist de dunne vervuilde sliblagen de belangrijkste risicobronnen zijn voor de mens en het milieu. Het verwijderen van deze lagen, die over grote oppervlakten in het Haringvliet voorkomen, kan een aanzienlijke bijdrage leveren aan het ecologisch herstel van dit watersysteem.

Het verwijderen van dunne verontreinigde sliblagen over grote oppervlakten is echter met gebruikmaking van gangbare baggertechnieken iets waarmee naar verwachting hoge kosten gemoeid zullen zijn.

Een oplossing voor dit probleem zou het toepassen van de waterinjectiebaggertechniek kunnen zijn. Bij deze techniek wordt m.b.v. een baggerwerktuig water in het slib geïnjecteerd waarna een water/slibmengsel ontstaat dat door de zwaartekracht langs een natuurlijk transportkanaal in de bodem naar een dieper gelegen plaats kan stromen.

Voorwaarde bij toepassing in het Haringvliet is dat het baggerproces voldoende beheersbaar moet zijn. Er mag bijvoorbeeld geen onbeheersbare verspreiding van slibdeeltjes en/of opgeloste verontreinigingen optreden.

Om de mogelijke toepassing van waterinjectiebaggeren op het Haringvliet te beoordelen heeft Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland in samenwerking met het aannemersbedrijf HAM-VOW een speciale baggerproef opgezet.

Deze proef is uitgevoerd van 15 t/m 26 november 1993 op een speciaal daartoe geselecteerde lokatie ter hoogte van Hellevoetsluis. Deze lokatie, aangeduid als 'Hoornsche Gat', is 31 ha groot. In dit gebied lag op de oorspronkelijke (zand-)bodem een sliblaag met een gemiddelde dikte van 45 cm.

Om de beoordeling van de techniek mogelijk te maken is de morfologie van de bodem zowel vóór als na de proef gedetailleerd vastgelegd. Bovendien is het gehele baggerproces tijdens de uitvoering uitgebreid gemonitord. Deze monitoring bestond ondermeer uit echolodgingen, troebelheids- en dichtheidsmetingen.

Met name diende beoordeeld te worden of de sliblaag kan worden verwijderd zonder de onderliggende bodem substantieel te verstoren, of de ontstane slibstroom naar de gekozen eindbestemming (in dit geval een diepe put nabij Hellevoetsluis) te sturen is, of verspreiding optreedt van slibdeeltjes naar het omringende water (vertroebeling) en tevens of desorptie optreedt van verontreinigingen, eventueel gepaard gaande met een afwijkend verspreidingsgedrag.

V.w.b. de beoogde verwijdering van de sliblaag kon na afloop van de proef worden vastgesteld dat in het baggergebied een sliblaag is achtergebleven met een dikte die varieert tussen 0 en 24 cm met een gemiddelde van 10 cm. Dit betekent dat ca. 75 % van het slib is verwijderd.

In vergelijking met de oorspronkelijke situatie heeft het overgebleven slib een korrelsamenstelling die gemiddeld iets grover is terwijl de chemische samenstelling globaal gelijk is gebleven.

Er zijn geen aanwijzingen dat er zand uit de onderlaag is meegebaggerd.

Het achterblijven van slib kan voor een groot deel verklaard worden doordat tijdens de proef niet optimaal gebruik is gemaakt van de onderwatermorfologie. In dit kader heeft ook het achterwege laten van een integrale opschoonslag aan het einde van de proef een grote rol gespeeld.

Om de sturing van de slibstroom te beoordelen is aan de hand van een massabalans vastgelegd waar het totaal van het in beweging gebrachte slib is terechtgekomen.

Hieruit is gebleken dat van het weggebaggerde slib ca. 51 % in de bergingsput, ca. 11 % in het transportkanaal en ca. 34 % buiten transportkanaal en baggergebied is terechtgekomen. De sluitfout bedraagt dus ca. 4 %, dit komt overeen met 3 % van het totaal te verwijderen slib.

Voor het feit dat niet alles van het in beweging gebrachte slib in de bergingsput is terechtgekomen zijn aanwijsbare oorzaken gevonden.

Op basis van de ervaringen tijdens de proef kan gesteld worden dat het in principe goed mogelijk moet zijn een d.m.v. waterinjectiebaggeren opgewekte slibstroom naar een vooraf bepaalde bergingsput te sturen.

Gebleken is dat het in de bergingsput afgezette slib aanzienlijk meer fijne fractie, waaraan de bulk van de verontreinigingen is gebonden, bezit dan het oorspronkelijk in het baggergebied aanwezige slib.

Uit diverse metingen is gebleken dat het eindresultaat v.w.b. de geborgen massahoeveelheid met name negatief is beïnvloed door de te geringe afvoer capaciteit van het (natuurlijke) transportkanaal.

V.w.b. de verspreiding van slibdeeltjes zijn er geen aanwijzingen dat er een substantiële hoeveelheid vanuit de dichtheidsstroom in het omringende water terecht is gekomen.

Bovendien kan, met name uit de dichtheidsmetingen en de echolodgingen, worden afgeleid dat er tijdens het voortbewegen van de slibstroom een strakke scheiding is geweest tussen de slibstroom en de omringende waterfase.

Over eventuele desorptie van verontreinigingen en de verspreiding daarvan, kan op basis van de meetresultaten weinig gezegd worden. Alleen m.b.t. enkele PAK's kan voorzichtig worden geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn voor substantiële desorptie. Waarschijnlijk wordt het gedrag van PAK's bepaald door het gedrag van de bodemdeeltjes.

Ook op basis van de massabalans van verontreinigingen wordt geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn voor verspreiding van verontreinigingen buiten de slibstroom.

De eindconclusie is dat de resultaten van de proef voldoende inzicht hebben opgeleverd in de toepasbaarheid van de methodiek van waterinjectiebaggeren in het Haringvliet.

Als aanbeveling voor uitvoeringsprojecten in de toekomst geldt dat t.b.v. het bereiken van een optimaal resultaat veel aandacht geschonken moet worden aan het afstemmen van het baggerwerk op de aanwezige morfologie.

## 1. Inleiding.

Voor een eventuele waterbodemsanering in de zuidrand van het noordelijk Deltabekken is het noodzakelijk inzicht te krijgen in de hiervoor ter beschikking staande baggertechnieken. Met name wordt gezocht naar een baggertechniek die geschikt is voor het verwijderen van dunne vervuilde sliblagen, welke in een groot gedeelte van de zuidrand voorkomen met name in het Haringvliet en in de Biesbosch.

Door het aannemingsbedrijf HAM-Van Oord Werkendam (HAM-VOW) is gedurende meer dan een decennium inspanning verricht in de ontwikkeling van de zogenaamde waterinjectiebaggertechniek. Bij deze techniek wordt m.b.v. een baggerwerktuig water in het slib geïnjecteerd waarna een water/slibmengsel ontstaat dat door de invloed van de zwaartekracht langs een natuurlijk transportkanaal in de bodem naar een dieper gelegen plaats kan stromen.

Deze techniek is in de loop der tijd steeds verder verfijnd, waardoor het baggerproces in toenemende mate beheersbaar is geworden.

De hiervoor genoemde methodiek zou in theorie ook geschikt kunnen zijn om een gedeelte van de rivierbodem in de zuidrand te ontdoen van de dunne sliblaag, die daar sedert de afsluiting van het Haringvliet (november 1970) is afgezet.

Medio 1992 heeft HAM-VOW tijdens een informatiebijeenkomst over waterinjectiebaggeren, na vooroverleg met functionarissen van Directie Zuid-Holland, het plan naar voren gebracht om het waterinjectiebaggeren te beproeven in het Haringvliet.

In de eerste helft van 1993 heeft een werkgroep, waarin HAM-VOW, Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland (afd. APS en TXV) alsmede Directie Noordzee (afd. MTB) en POSW inbreng hebben geleverd, in opdracht van Rijkswaterstaat, directie Zuid-Holland, hoofd Planvorming Water (AP) een projectplan opgesteld. In dit projectplan zijn een drietal mogelijke lokaties voor een proefneming in het Haringvliet aangegeven (lit. nr. 1).

In juni 1993 heeft de staf van de Hoofdafdeling Water (A) van de Directie Zuid-Holland van Rijkswaterstaat, op basis van voornoemd projectplan, ingestemd met de verdere voorbereiding en uitvoering van de proefneming met waterinjectiebaggeren op het Haringvliet.

Voor de voorbereiding, uitvoering en evaluatie van de proef is een projectgroep samengesteld bestaande uit vertegenwoordigers van:

- Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland (hoofdafdelingen A, TX en ZX)
- Rijkswaterstaat Directie Noordzee (afdeling MTB)
- Projectgroep Onderzoek Sanering Waterbodems (POSW)
- Aannemingsbedrijf HAM-VOW
- Waterloopkundig Laboratorium Delft
- Delft Dredging Consultants

De samenstelling van de projectgroep is weergegeven in het colofon.

De proef is in de periode van 15 t/m 26 november 1993, conform het voorstel in het projectplan, uitgevoerd op de voorkeurslokatie 'Hoornsche Gat' nabij Hellevoetsluis (bijlage A, figuur 1). Deze lokatie is gekozen op grond van de in het projectplan geformuleerde criteria.

De bij de proef opgedane ervaringen en bevindingen worden gerapporteerd en geëvalueerd in deze rapportage.

## Leeswijzer:

- In hoofdstuk 2 wordt de problematiek van de verontreinigde bodem van het Haringvliet beschreven en wordt aangegeven waarom aan waterinjectiebaggeren gedacht is als mogelijke oplossing.
- In hoofdstuk 3 worden de verschillende doelstellingen van de proef toegelicht.
- In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe de situatie van de waterbodem in het betrokken gebied, zoals deze was voorafgaand aan de proef (beginsituatie), is vastgelegd en wat de resultaten hiervan waren.
- In hoofdstuk 5 worden de weers-, afvoer- en getij-omstandigheden zoals deze waren tijdens de uitvoering van de proef beschreven.
- In hoofdstuk 6 wordt een toelichting gegeven op de daadwerkelijke uitvoering van het baggerwerk.
- In hoofdstuk 7 wordt beschreven hoe tijdens de proef de verschillende optredende effecten rond het baggerwerk zijn gemonitord en wat hiervan de resultaten zijn.
- In hoofdstuk 8 wordt beschreven hoe de situatie van de waterbodem na uitvoering van de proef is vastgelegd en wat hiervan de resultaten waren.
- In hoofdstuk 9 wordt een vergelijking gemaakt tussen de oorspronkelijke ( $T_0$ ) situatie en de eindsituatie ( $T_1$ ) en wordt beschreven wat de veranderingen zijn geweest.
- In hoofdstuk 10 worden de resultaten en bevindingen zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken getoetst aan de doelstellingen van hoofdstuk 3 en worden conclusies getrokken alsmede aanbevelingen gedaan.

## 2. Probleembeschrijving.

Sedert de afsluiting van het Volkerak en Haringvliet in het najaar van 1970 zijn in de zuidrand van het Noordelijk Deltabekken, o.a. in het Haringvliet, op het destijds relatief schone bodemoppervlak sedimenten afgezet die sterk verontreinigd zijn met zware metalen en organische microverontreinigingen. Deze sedimenten bestaan uit dikke slihpakketten in de diepere geulen en uit dunne sliblaagjes op de ondiepere delen. De fysische samenstelling ervan wijkt af van die van het materiaal waaruit de oorspronkelijke bodem bestaat.

Alhoewel de kwaliteit van het momenteel aangevoerde zwevend materiaal, t.o.v. hetgeen dat in de zeventiger jaren is afgezet, sterk verbeterd is zal, vanwege de geringe sedimentatiesnelheid in het Haringvliet, de kwaliteit van de toplaag mede als gevolg van opmenging met eerdere slipfazettingen slechts langzaam verbeteren.

Inmiddels is het beeld ontstaan dat juist de dunne vervuilde sliplagen de belangrijkste risicobronnen zijn voor de mens en het milieu. Het verwijderen van deze lagen, die over grote oppervlakten in het Haringvliet voorkomen, kan een aanzienlijke bijdrage leveren aan het ecologisch herstel van dit watersysteem.

Het verwijderen van dunne verontreinigde sliplagen over grote oppervlakten is echter iets waarmee naar verwachting hoge kosten gemoeid zullen zijn. Bij gebruikmaking van gangbaar baggermaterieel zal, om een afdoende resultaat te bereiken, altijd een zekere overdiepte gebaggerd moeten worden. Dit heeft tot gevolg dat in verhouding een grote hoeveelheid extra m<sup>3</sup> specie, afkomstig uit de 'schone' pré-1970 bodem, verwijderd wordt en vermengd raakt met het vervuilde slib. De uiteindelijk, tegen vaak hoge kosten, te verwerken hoeveelheid verontreinigde specie wordt dan onnodig groot. Proberen de overdiepte zo gering mogelijk te houden betekent echter een verschuiving van het probleem omdat in dat geval het rendement van het in te zetten baggermaterieel laag zal zijn en dientengevolge de baggerkosten hoog.

Bovendien doet zich het probleem voor dat wanneer selectief bepaalde lagen verwijderd moeten worden het, bij gebruikmaking van gangbare baggertechnieken, noodzakelijk is de laagscheidingen zeer zorgvuldig in kaart te brengen. Dit laatste is niet altijd even eenvoudig en levert vaak een hoge kostenpost bij de voorbereiding van een baggerproject op.

Uitgaande van het principe van het waterinjectiebaggeren zou deze techniek wellicht een perspectief kunnen bieden om dit probleem geheel of gedeeltelijk te kunnen ondervangen.

Theoretisch gezien zou deze techniek in staat moeten zijn tegen relatief lage kosten, zowel v.w.b. voorbereiding als uitvoering, een bepaalde laag die qua fysische samenstelling afwijkt van de daaronder liggende laag selectief te verwijderen, zelfs als het een relatief vrij dunne laag betreft. In dat geval zou het baggeren kunnen worden uitgevoerd zonder het pré-1970 bodemoppervlak substantieel aan te tasten, met als gevolg dat alleen de verontreinigde laag specie wordt verwijderd. Voorwaarde daarbij is dat het baggerproces voldoende beheersbaar moet zijn. Er mag bijvoorbeeld, uit milieuhygiënisch oogpunt, geen onbeheersbare verspreiding van geresuspendeerd bodemmateriaal optreden.

De proef, waarbij het waterinjectiebaggeren op het Haringvliet wordt toegepast, zal het bewijs moeten leveren dat deze methodiek voor het verwijderen van dunne lagen geschikt is.

Indien het waterinjectiebaggeren hiervoor geschikt is, schept dit de mogelijkheid om gedeelten van het Haringvliet in een vrij vroeg stadium te ontdoen van de dunne verontreinigde sliblaag. De hoeveelheid verwijderde specie kan dan, voorafgaande aan een definitieve berging in een depot, tegen relatief lage kosten tijdelijk worden verzameld in de diepe gedeelten van de bodem.

Zodra de tijdelijk geborgen specie in deze berging voldoende is geconsolideerd kan deze, vanwege de grotere laagdikte, efficiënter worden gebaggerd en vervolgens worden geborgen in een daarvoor in aanmerking komend depot.



### 3. Doelstelling en opzet van de proef.

De hoofddoelstelling van de proef is, in het kader van de hiervoor geformuleerde probleem-beschrijving, het verkrijgen van inzicht in de toepasbaarheid van de methodiek van waterinjec-tiebaggeren voor het verwijderen van dunne verontreinigde sliblagen zoals o.a. aanwezig in het Haringvliet.

Inzicht dient te worden verkregen in de navolgende aspecten:

- a. de mate waarin de in het proefvak na november 1970 gesedimenteerde sliblaag kan worden verwijderd zonder de onderliggende bodem substantieel te verstoren.
- b. of, en de mate waarin, de ontstane slibstroom binnen vooraf vastgestelde grenzen naar de gekozen eindbestemming (in dit geval een diepe put nabij Hellevoetsluis) te sturen is;
- c. de te realiseren transportafstanden onder de bij het watersysteem 'Haringvliet' behorende speci-fieke kenmerken en omstandigheden, met name bodemhellingen en bodemreliëf.
- d. de mate waarin in alle fasen van het baggerproces, met name bij het opmengen van dunne sliblagen door waterinjectie en tijdens het transport van slib door dichtheidsstroming, verspreiding van geresuspendeerd materiaal naar het omringende water vermeden kan worden; de beheersbaarheid van het proces staat hierbij centraal.
- e. of tijdens de bij het vorige punt beschreven omstandigheden desorptie optreedt van verontreini-gingen en tevens of deze verontreinigingen een, t.o.v. de normale vertroebeling, afwijkend verspreidingsgedrag vertonen.
- f. de productie van waterinjectiebaggeren.
- g. de hoeveelheid informatie die nodig is om tot een goede prognose te komen t.b.v. een haalbaarheidsonderzoek en/of toekomstige saneringsprojecten.

Ad e: Dit aspect van de doelstelling was in eerste instantie in het projectplan niet opgenomen. In een latere fase is toch besloten dit aspect ook mee te nemen omdat de mogelijkheid bestaat dat door het proces van waterinjectiebaggeren (het inbrengen van water in het sediment) verontreinigingen in oplossing kunnen gaan.  
In dat geval zou het onvoldoende zijn om alleen de verspreiding van het sediment zelf te meten met als doel de milieukwaliteiten van het waterinjectiebaggeren te beoordelen.

V.w.b. de opzet van de proef kan op hoofdlijnen onderscheid gemaakt worden tussen de volgende onderdelen:

- Het vastleggen van de beginsituatie ( $T_0$ -situatie).
- Het uitvoeren van de baggerwerkzaamheden.
- Het uitvoeren van een monitoringsprogramma tijdens het baggeren.
- Het vastleggen van de eindsituatie ( $T_1$ -situatie).
- Het verwerken en interpreteren van verzamelde gegevens.
- Het opstellen van een evaluatierapport.

Bij elk van voornoemde onderdelen is m.b.t. de lokatie van de proef de volgende indeling aangehou-den:

- het gebied waar het slib verwijderd gaat worden (baggergebied).
- het gebied waar het slib in de vorm van een slibstroom doorheen zal gaan op weg naar de bergingslokatie (transportkanaal).
- het gebied waar het slib zich zal gaan afzetten (bergingsput).

#### 4. Vastlegging beginsituatie ( $T_0$ -situatie).

Om na de uitvoering van de proef te kunnen beoordelen in hoeverre de in hoofdstuk 3 vermelde doelstellingen zijn gehaald is het noodzakelijk zowel vóór als na de proef zo goed mogelijk de toestand van de waterbodem in het betrokken gebied vast te leggen.

Het vastleggen van de situatie vooraf is tevens noodzakelijk om de gegevens te verkrijgen die nodig zijn om te bepalen op welke wijze het baggerwerk wordt uitgevoerd, dit geldt met name voor het baggergebied en het transportkanaal.

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de situatie vóór de uitvoering van de proef (de zgn.  $T_0$ -situatie) is vastgelegd en wat hiervan de resultaten zijn.

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen de volgende onderdelen:

1. Het vastleggen van de hoogteligging van de waterbodem.
2. Het vastleggen van de bodemopbouw.
3. Het bepalen van fysische eigenschappen van de grond.
4. Het bepalen van de chemische samenstelling van de grond (bodemkwaliteit).

V.w.b. laagscheidingen in de ondergrond wordt in het kader van deze proef met name gedacht aan de scheiding tussen het na 1970 gesedimenteerde slib en de daaronder liggende oorspronkelijke (zand-)bodem.

##### 4.1 Het vastleggen van de hoogteligging van de waterbodem.

De hoogteligging van de bodem in baggergebied, transportkanaal en bergingsput is vastgelegd door het uitvoeren van echolodingen.

Deze lodingen zijn uitgevoerd in de periode van 18 t/m 21 oktober 1993 m.b.v. het meetvaartuig 'Bokkegat' van de Meetdienst Noordelijk Deltabekken van Rijkswaterstaat. Hierbij zijn zowel langs- als dwarsraaien gevaren met in beide gevallen een onderlinge raaiafstand van 25 meter.

Voor het varen van langsvaaien naast het traditioneel varen van dwarsraaien is vooral gekozen i.v.m. het vermoeden dat in het baggergebied en het transportkanaal dwarsribbels in de bodem aanwezig zouden zijn. Aangezien de eventuele aanwezigheid van deze ribbels van invloed is op het baggerproces, is het noodzakelijk deze gedetailleerd vast te leggen.

Bij het uitvoeren van het lodingsprogramma is gewerkt met een frequentie van het echolood van 210 kc. In een eerdere fase is nog getracht met dubbele frequentie te werken (210 kc en 30 kc). De verwachting hierbij was dat eventueel met de tweede frequentie de hoogteligging van de scheiding tussen het slib en het onderliggende zand vastgesteld zou kunnen worden. Dit gaf echter geen bruikbaar resultaat waarna in dit kader verder is afgezien van het loden met twee frequenties.

Het resultaat van voornoemde lodingen is vastgelegd op 6 lodingstekeningen (3 voor de dwarsraaien en 3 voor de langsvaaien) alsmede in een digitaal bestand. Aan de hand van dit bestand is met behulp van een GIS (Geografisch Informatie Systeem) een grafische presentatie gemaakt (bijlage A, figuur 3).

Bij nadere beschouwing van het resultaat blijkt het volgende:

- De bodem in het baggergebied ligt globaal tussen NAP -8,00 m en NAP -12,00 m en heeft een enigszins in westwaartse richting aflopende helling.
- De bodem in het transportkanaal ligt in grote lijnen tussen NAP -12,00 m en NAP -12,50 m.
- De bodem in de bergingsput verloopt van ca. NAP -12,50 m naar een maximum diepte van NAP -37,10 m.
- In het gebied is niet structureel sprake van dwarsribbels in de aangepeilde bodem. Of er dwarsribbels voorkomen in onderliggende lagen dient op een andere manier bepaald te worden, hier wordt later nog op terug gekomen.

## 4.2 Het vastleggen van de bodemopbouw.

In de voorgaande paragraaf is reeds aangegeven dat in eerste instantie gelijktijdig met het loden van de bodem is getracht d.m.v. het gebruiken van twee frequenties van het echolood de hoogteligging van de scheiding tussen het slib en het onderliggende zand vast te stellen. Dit is echter zonder bruikbaar resultaat gebleven.

Door het nemen van vibrocore boringen in combinatie met een subbottomprofieler survey kon wel een goed beeld verkregen worden van de laagopbouw in de bodem.

### 4.2.1 Vibrocore boringen.

In de periode van 2 t/m 7 september 1993 zijn door de Veldmeetdienst van Rijkswaterstaat (Directie Zuid-Holland) 17 vibrocore boringen uitgevoerd tot een diepte van 2 à 2,5 meter onder het niveau van de waterbodem. Deze boringen waren als volgt verdeeld (zie bijlage A, figuur 2):

- 10 boringen in het baggergebied, genummerd A1 t/m A5 en B1 t/m B5.
- 3 boringen in het transportkanaal, genummerd C1 t/m C3.
- 4 boringen in de bergingsput, genummerd D1 t/m D4.

Aan de hand van de boorkernen zijn boorbeschrijvingen opgesteld waaruit in grote lijn het volgende gehaald kan worden:

- In het baggergebied is, met uitzondering van één geval, gebleken dat de toplaag bestaat uit slib met een dikte variërend van 30 tot 70 cm met direct daaronder fijn of matig grof zand tot op de geboorde diepte. De sliblaag bestaat in de meeste gevallen compleet uit slap materiaal behalve in het zuidwestelijk deel van het gebied waar het onderste deel bestaat uit meer geconsolideerd materiaal. De korrelgrootte van het onderliggende zand ligt tussen de 180 en 500  $\mu\text{m}$ . De eerder genoemde uitzondering betreft boring A5 waar de toplaag bestaat uit slib met een dikte van in totaal 120 cm, het onderste deel (60 cm) hiervan wordt gevormd door matig vast geconsolideerd slib waarin zandlensjes zijn geconstateerd. Onder deze laag bevindt zich weer fijn zand. Overigens dient nog vermeld te worden dat in de onderliggende zandlagen een grote mate aan slib- en kleilensjes is geconstateerd.
- In het transportkanaal is een vergelijkbaar beeld te zien als in het baggergebied. Ook hier bestaat de bodemopbouw uit een toplaag van slib op een onderlaag van fijn tot matig grof zand. De dikte van het slib varieerde hier tussen 32 en 78 cm. Bij boring C3 werd overigens tussen het zand op 1,20 m diepte onder de waterbodem nog een laag van zandhoudend, vast slib aangetroffen. Van deze tussenlaag met een dikte van 40 cm wordt verondersteld dat deze tot de oorspronkelijke, reeds voor 1970 aanwezige, bodem behoort.
- Bij de boringen D1 en D2 die zijn genomen in het gebied van de bergingsput is een toplaag gevonden van resp. 120 en 113 cm slib. Het bovenste gedeelte hiervan kon beschouwd worden als slap en het onderste gedeelte als matig vast. In beide gevallen was hieronder fijn zand aanwezig.
- Bij de boringen D3 en D4 is in de toplaag geen als matig vast te kenmerken slib aanwezig. Hier is sprake van een laag slap slib van resp. 49 cm (D3) en 79 cm (D4) met direct daaronder fijn zand. Overigens is op ca. 1 meter onder de waterbodem bij boring D3 nog wel een zeer dun laagje (16 cm) matig vast slib tussen het fijne zand gevonden. Tot slot kan v.w.b. boring D4 nog opgemerkt worden dat op circa 2 meter onder de bodem klei is aangetroffen, dit speelde echter in het kader van deze proef geen rol.

In het algemeen kan gesteld worden dat de overgang van het na 1970 gesedimenteerde slib naar de daaronder liggende (zand-)bodem in de boringen goed is terug te vinden, dit is vooral voor het baggergebied van groot belang geweest.

Overigens dient hierbij wel vermeld te worden dat de overgang tussen de verschillende lagen in de meeste gevallen zeer geleidelijk verliep. In veel gevallen was er rond voornoemde laagscheiding sprake van een overgangsgebied bestaande uit zandhoudend slib enerzijds en slibhoudend zand anderzijds.

Voor een nadere beschrijving van de boorresultaten en de bijbehorende foto's van de boorkernen wordt verwezen naar de betreffende rapportage van de Veldmeetdienst (lit. nr. 2).

#### 4.2.2 Subbottomprofler survey.

De gegevens die verkregen zijn middels de 17 vibrocore boringen, zoals omschreven in de vorige paragraaf, geven alleen een beeld van de bodemopbouw ter plekke van de betreffende boorpunten. Om een volledig beeld te verkrijgen van de laagopbouw dienden deze gegevens door middel van een zgn. continue meting uitgebreid te worden. Omdat het niet lukte dit middels echoloding met twee frequenties op te lossen is gekozen voor het uitvoeren van een subbottomprofler survey. Deze survey is in de periode van 26 t/m 28 oktober 1993 uitgevoerd door Fugro Survey BV in samenwerking met de Meetdienst Noordelijk Deltabekken van Rijkswaterstaat (lit. nr. 3).

Het programma dat bij deze survey is uitgevoerd bestond uit:

- Het varen van in totaal 38 dwarsraaien over baggergebied, transportkanaal en bergingsput. Deze raaien hadden per stuk een lengte van ca. 500 m. De raaien over het baggergebied en het transportkanaal zijn gevaren met een onderlinge afstand van 100 m en in sommige gevallen 50 m. Bij de bergingsput was dit 200 m en in een enkel geval 100 m.
- Het varen van 3 langsraaien over het baggergebied en het transportkanaal met een lengte per raai van 2700 m en met een onderlinge afstand van 100 m.
- Het varen van 1 langsraai van ca. 1100 m deels over het transportkanaal en deels over de bergingsput. De richting van deze raai was noordwest-zuidoost.
- Het varen van 1 langsraai van ca. 1600 m over de bergingsput, richting: west-oost.

Uit deze survey is gebleken dat er zich in het baggergebied op 30 à 60 cm onder de bodem een laagscheiding bevindt (bijlage A, figuur 4). Gelet op de resultaten van de vibrocore-boringen kan geconcludeerd worden dat dit de laagscheiding is tussen de bovenste sliblaag en de (zand-)bodem van voor 1970. In de bovenkant van deze zandlaag zijn in geringe mate dwarsribbels te herkennen. Verder zijn bij deze survey geen andere laagscheidingen meer in de ondergrond aangetroffen.

#### 4.3 Het bepalen van de fysische eigenschappen van de grond.

T.b.v. een goede voorbereiding van het baggerwerk zijn van de aangetroffen grondlagen de volgende fysische eigenschappen bepaald:

- Het nat en droog volumegewicht.
- Het watergehalte.
- De korrelverdeling.
- Het organische stofgehalte.
- De vloei- en plasticiteitsgrens (Atterbergse grenzen).
- De schuifsterkte.
- De viscositeit.

Hierbij is gebruikt gemaakt van monsters afkomstig van de vibrocore-boringen (zie par. 4.2.1). Getracht is de schuifsterkte van het slib direct tijdens het uitvoeren van de boringen aan boord van het boorschip te bepalen met behulp van een zgn. 'Torvane'. Doordat het slib in de meeste gevallen te slap was is dit echter niet altijd gelukt.

In de meeste gevallen is per boring op drie niveaus bemonsterd, éénmaal uit de bovenste sliblaag en tweemaal, op verschillende niveaus, uit de onderliggende zandlaag.

Alleen bij boring C3 en D3 is i.v.m. het voorkomen van een extra sliblaag tussen het zand op meerdere niveaus, resp. 5 en 4, bemonsterd.

V.w.b. het baggergebied zijn alleen van de monsters uit de toplaag van het slib en uit het bovenste deel van de daaronder liggende zandlaag de fysische eigenschappen bepaald. Bij het transportkanaal is dit alleen van de monsters uit de sliblaag gebeurd. V.w.b. de bergingsput werd het niet nodig geacht voornoemde fysische eigenschappen apart te bepalen.

Het bepalen van de korrelverdeling is uitgevoerd door het bedrijf IGN middels de zgn. hydrometer-proef (lit. nr. 4). Bij zandhoudende monsters is aan deze proef eerst een mechanische zieving vooraf gegaan.

De proeven voor het bepalen van de overige fysische eigenschappen zijn uitgevoerd in het laboratorium van Grondmechanica Delft (lit. nr. 5). In tabel 1 (bijlage B) wordt een overzicht gegeven van de resultaten van enkele van deze proeven.

Overigens dient nog vermeld te worden dat in het kader van het vaststellen van de chemische samenstelling ook enkele fysische parameters zijn bepaald. Hier wordt in paragraaf 4.4 op teruggekomen.

#### 4.4 Het bepalen van de chemische samenstelling (kwaliteit) van het bodemmateriaal.

Voor het bepalen van de chemische samenstelling van het bodemmateriaal zijn de volgende monsters geanalyseerd:

- Van alle boringen (A, B, C en D) de monsters uit de bovenste sliblaag.
- Van boring A5 het monster uit de tussenliggende sliblaag.
- Van de boringen in het baggergebied en het transportkanaal de monsters uit de onderliggende zandlaag.
- Van boring C3 monsters uit de 3<sup>e</sup> t/m 5<sup>e</sup> laag vanwege de ter plaatse afwijkende bodemopbouw.

De monsters zijn geanalyseerd op de parameters conform de 'Standaard parameterlijst onderzoek waterbodempkwaliteit' van Rijkswaterstaat Dir. Zuid-Holland versie 91-1 d.d. 25-1-1991 (lit. nr. 6). Deze analyses zijn uitgevoerd en gerapporteerd door Alcontrol BV (lit. nr. 7).

De fysische parameters die in dit kader zijn bepaald betreffen de percentages droge stof, organische stof en calcië alsmede de granulaire samenstelling (korrelverdeling). Deze bepaling is noodzakelijk vanwege de relatie met de chemische eigenschappen van de sedimenten.

In de tabellen 2 en 3 (bijlage B) zijn de analyseresultaten weergegeven van de droge stof, de organische stof, de granulaire samenstelling en calcië voor zowel de uit slib bestaande toplaag als de daaronder liggende laag (lagen).

Het droge stof-percentages in het baggergebied in de sliblaag en in de daaronder gelegen zandlaag bedraagt bijna 43 resp. ca. 75 %, terwijl dat in de bergingsput aanzienlijk lager ligt nl. omtrent 36 %.

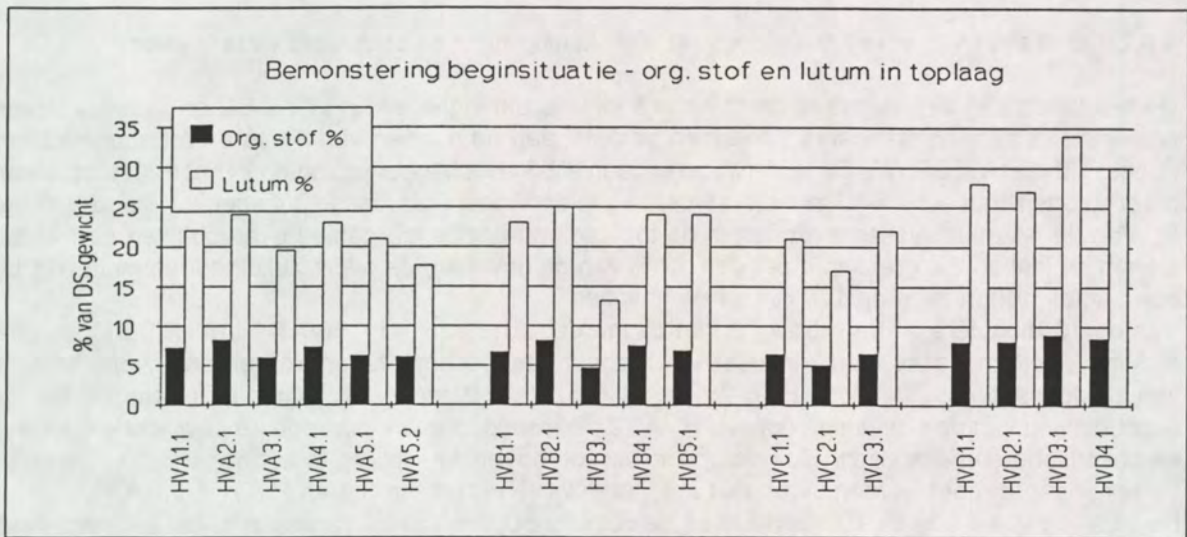
Het droge stof-percentages van het slib in het baggergebied (43 %) komt overeen met een nat volumegegewicht van 1364 kg/m<sup>3</sup>, ter vergelijking: de waarde voor het gemiddelde natte volumegegewicht zoals bepaald bij het onderzoek van Grondmechanica Delft (zie par. 4.3) was 1380 kg/m<sup>3</sup>.

De laagste percentages organische stof en lutum worden uiteraard aangetroffen in de onderliggende zandlaag in het baggergebied en in het transportkanaal; in het baggergebied bedraagt het aandeel van de organische stof en het lutum in deze laag gemiddeld 1,5 resp. 4 %.

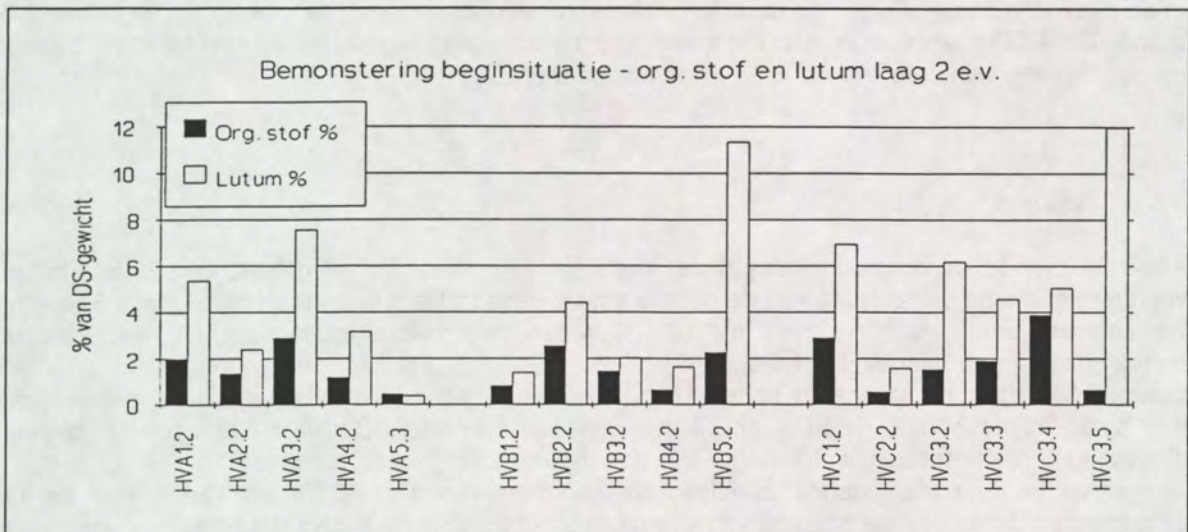
In de te verwijderen sliblaag bedraagt het gemiddelde organische stof-percentages ruim 7,5 en het lutumpercentage bijna 22. In de bergingsput bedragen deze percentages ruim 9 resp. bijna 30, waarmee het aandeel van deze componenten in het sediment in de bergingsput relatief het grootst is.

In figuur 4.1 zijn de resultaten van de bovenste sliblaag weergegeven. In figuur 4.2 is dit eveneens gedaan voor de onderliggende zandlaag, waarbij voor lokatie C3 ook de resultaten van 3 extra monsters zijn weergegeven.

Duidelijk is dat in de toplaag in het baggergebied per eenheid van massa meer materiaal voor adsorptie van chemische verontreinigingen beschikbaar is dan in de daaronder gelegen zandlaag.



Figuur 4.1



Figuur 4.2

#### 4.4.1 Gehalten van chemische verontreinigingen conform analyses.

In totaal zijn bij de chemische analyse 44 stoffen onder de loupe genomen verdeeld over een 5 tal groepen t.w. metalen, PAK's, PCB's, bestrijdingsmiddelen en diversen. De resultaten van alle geanalyseerde monsters van de beginsituatie (gemiddeld per gebied) zijn weergegeven in tabel 4. In deze tabel zijn alle waarden beneden de detectielimiet vervangen door een waarde ter grootte van de helft van de limietwaarde. Dit was nodig om de resultaten statistisch te kunnen bewerken. De d.m.v. analyses bepaalde gehalten van de chemische verontreinigingen in de toplaag in het baggergebied zijn over het algemeen aanzienlijk tot veel hoger dan in de daaronder liggende zandlaag; een uitzondering moet worden gemaakt voor een 5 tal bestrijdingsmiddelen waarvan de gehalten slechts een weinig hoger zijn dan in de zandlaag.

#### 4.4.2 Gehalten van verontreinigingen na omrekening naar de standaard waterbodem.

De resultaten van de fysische en chemische analyses zijn ingevoerd in LAWABO en zijn vervolgens omgerekend naar de standaard bodem en getoetst aan de normen van 3<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding aangevuld met MILBOWA. De te verwijderen laag slib in het baggergebied en in het transportkanaal moet op basis van een 14-tal monsters worden geclassificeerd als klasse 3/4 specie (bijlage B, tabel 5). Van de 44 geanalyseerde stoffen in de toplaag van het baggergebied overschrijden een 20 tal stoffen de klasse 2/3 grens in meer dan 10 % van de gevallen; de overschrijdingsfrequentie ligt bij een aantal stoffen zelfs op 100 % van de gevallen.

Van de 10 monsters uit de sliblaag in het baggergebied (monster nr. HVA1.1 t/m HVB5.1) worden er 8 ingedeeld in klasse 3 en 2 in klasse 4, hetgeen toegeschreven kan worden aan overschrijding van de klassegrens 3/4 door PCB-28 en PCB-52 (elk 2 maal) en PCB-118 (1 maal). Bij de beschouwing van de sliblaag is monster HVA5.2 niet meegenomen vanwege de afwijkende fysische en chemische samenstelling. Ook de specie van de bovenste sliblaag in het transportkanaal en in de bergingsput moet worden ingedeeld in klasse 3/4 (HVC1.1 t/m 3.1 en HVD1.1 t/m 4.1).

De kwaliteit van 7 van de 10 monsters uit de bovenste 0,5 m van de zandlaag in het baggergebied is klasse 2 of beter. Bij 1 monster wordt de klasse 2/3-grens marginaal (met 6 %) overschreden door een PAK nl. Benz(b)fluorantheen; bij 1 ander monster is de indeling in klasse 3 te wijten aan één overschrijding van de klassegrens door kwik met 47 %. Van 1 monster wordt de klassegrens 2/3 door 75 % van de PAK's overschreden, waarbij Pyreen zelfs in klasse 4 ligt.

In de overige monsters liggen de gehalten van de metalen en van de PAK's beneden de klasse 2/3 grens. De PCB's worden in alle monsters van de zandlaag ingedeeld in klasse n en bestrijdingsmiddelen, minerale olie en EOX in de klasse n t/m 2.

#### 4.4.3 Resumé.

Alles overziende wordt geconcludeerd dat in de sliblaag in het baggergebied een 20-tal stoffen voorkomen, die na omrekening van de gehalten naar de standaard waterbodem in klasse 3 terecht komen en bij een 3 tal PCB's zelfs in 10 tot 20 % van de monsters in klasse 4. De resultaten na omrekening zijn samengevat in tabel nr. 6.

Daaruit blijkt dat naar standaard bodem omgerekende gehalten in de sliblaag bij de metalen, de PAK's, de minerale olie, de EOX en bij een gedeelte van de PCB's en bij een tweetal bestrijdingsmiddelen iets tot aanzienlijk hoger zijn dan in de onderliggende zandlaag.

Aangezien in de onderliggende zandlaag de gehalten van alle PCB's en van 9 van de 11 bestrijdingsmiddelen bij de analyse van alle monsters beneden de detectielimiet lagen, mag voor deze verontreinigingen geen betekenis worden toegekend aan de naar de standaard waterbodem omgerekende gehalten, die voor deze stoffen hoger uitvallen dan in de slib. Er is namelijk gerekend met een waarde ter grootte van de helft van de limietwaarde.

## 5. Weers-, afvoer- en getijomstandigheden.

### 5.1 Weersomstandigheden.

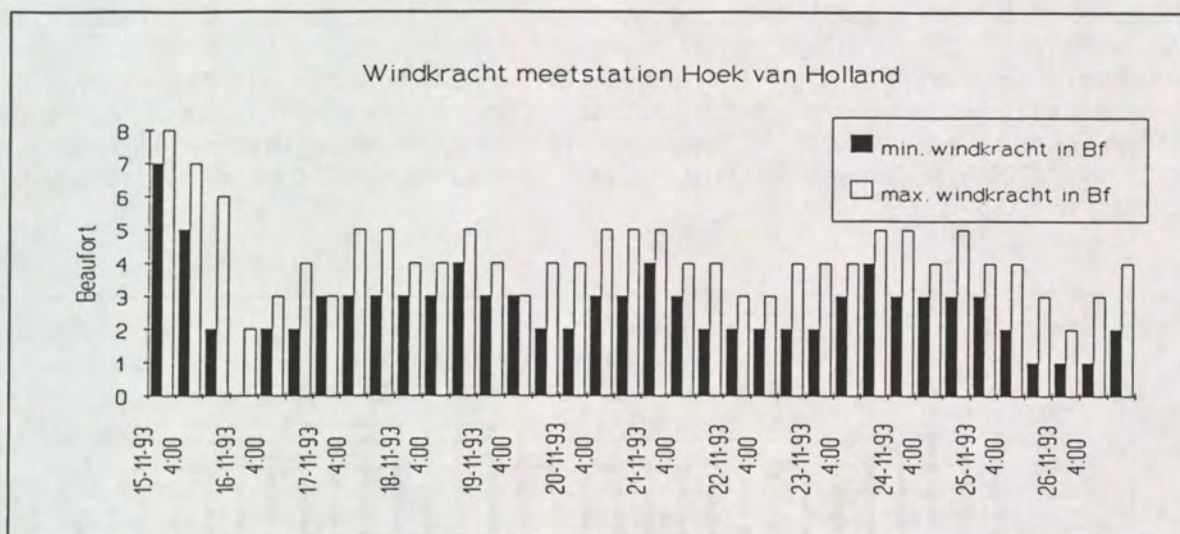
De weersomstandigheden zijn in de periode dat de proef is uitgevoerd over het algemeen erg gunstig geweest m.u.v. die tijdens de eerste dag.

In de nacht voor de aanvang van de proef (15 november) stond er een windkracht van 7 à 8 Beaufort (Bf) uit noordelijke richting (figuren 5.1 en 5.2), die in de loop van de dag af is genomen tot een kracht van minder dan 5 Bf. Gedurende de rest van de periode is de maximale windkracht niet meer hoger geweest dan 5 Bf, terwijl de minimum waarde heeft gelegen tussen 0 en 4 Bf. De wind kwam in die periode uit richtingen tussen noord (via oost en zuid) en west.

De meest voorkomende windrichting lag tussen oost en zuidoost en viel daarmee globaal samen met de richting van het transportkanaal.

De opgetreden windomstandigheden zullen naar verwachting, m.u.v. op de eerste dag, niet van invloed zijn geweest op de stromingsomstandigheden.

De windomstandigheden in het weekend voor de proef hebben wel geleid tot hogere waterstanden op het Haringvliet/Hollandsch Diep bekken, hierop wordt later teruggekomen bij het onderdeel waterstanden.



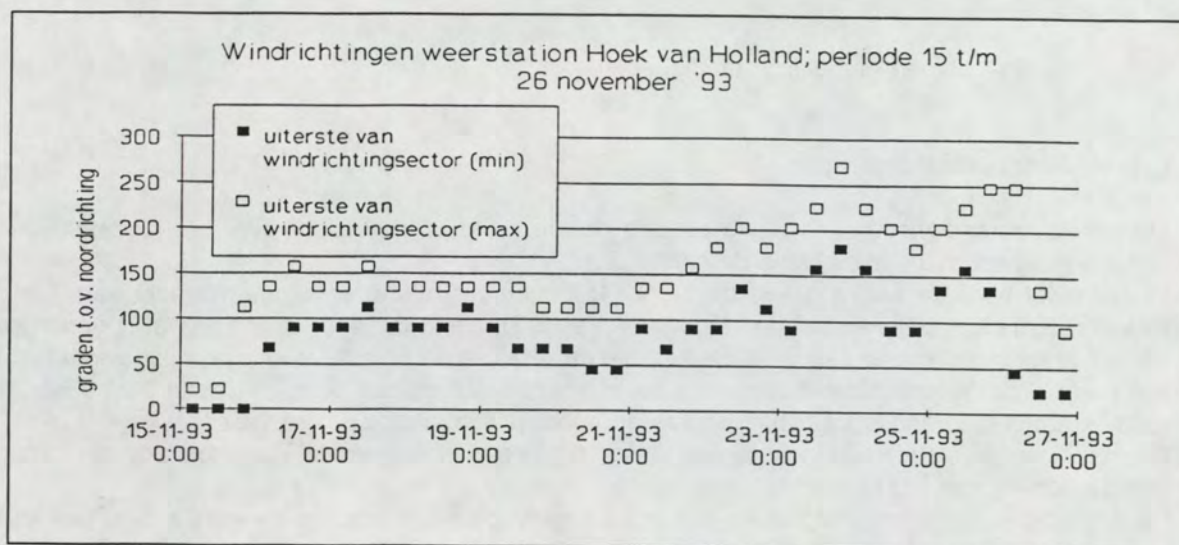
Figuur 5.1

### 5.2 Afvoersomstandigheden.

De afvoeren van de rivieren Bovenrijn en Waal zijn in de proefperiode lager geweest dan het langjarig gemiddelde dat voor de Bovenrijn op 2200 m<sup>3</sup>/s ligt. Rekening houdend met een looptijd van 1,5 à 2 dagen lag de afvoer van de Bovenrijn tijdens de proefperiode tussen 1501 en 1961 m<sup>3</sup>/s (figuur 5.3).

De afvoer van de Bovenrijn is de stuurparameter voor het lozingsprogramma van de Haringvliet-sluizen, voorafgaand aan de proef is vastgelegd dat tijdens de proef indien nodig van het lozingsprogramma LPH'84 zal worden afgeweken om t.b.v. het waterinjectie baggeren optimale stromingscondities te creëren.



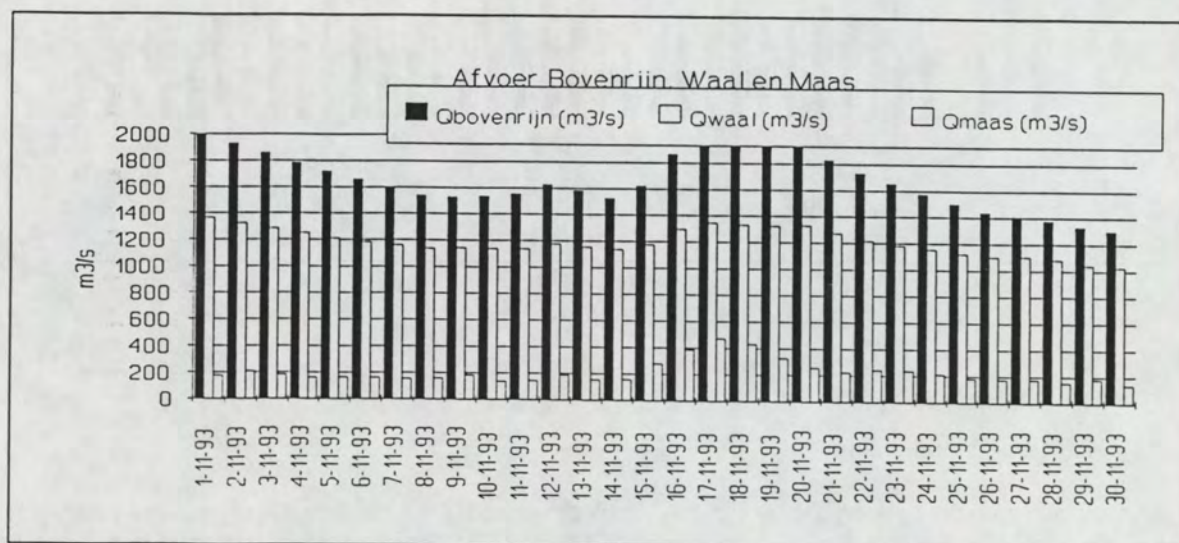


Figuur 5.2

Dit houdt in dat bij de spuisluizen een doorstroomopening wordt ingesteld van 25 m<sup>2</sup> behorend bij een afvoer van 1700 m<sup>3</sup>/s af lager.

De afvoer is op 7 van de 12 dagen beperkt hoger geweest dan 1700 m<sup>3</sup>/s en 5 dagen lager.

De afvoer van de Maas lag in de proefperiode, rekening houdend met een looptijd van 1 dag, tussen 157 en 471 m<sup>3</sup>/s. De zogenaamde 50 %-waarde van de Maas, behorend bij een Bovenrijnafvoer van 2200 resp. 1700 m<sup>3</sup>/s, bedraagt 260 resp. 195 m<sup>3</sup>/s. De Maasafvoer is 10 van de 12 dagen hoger geweest dan 195 m<sup>3</sup>/s.



Figuur 5.3

### 5.3 Getijomstandigheden en spuiregime Haringvlietsluizen.

Gedurende de periode van 15 t/m 26 november 1993 is op werkdagen, om t.b.v. het waterinjectiebaggeren zo optimaal mogelijke stromingscondities te creëren, bij Bovenrijnafvoeren hoger dan  $1700 \text{ m}^3/\text{s}$  afgeweken van lozingsprogramma LPH'84 door het instellen van een kleinere spuiopening ( $25 \text{ m}^2$ ) tijdens het daggetijde.

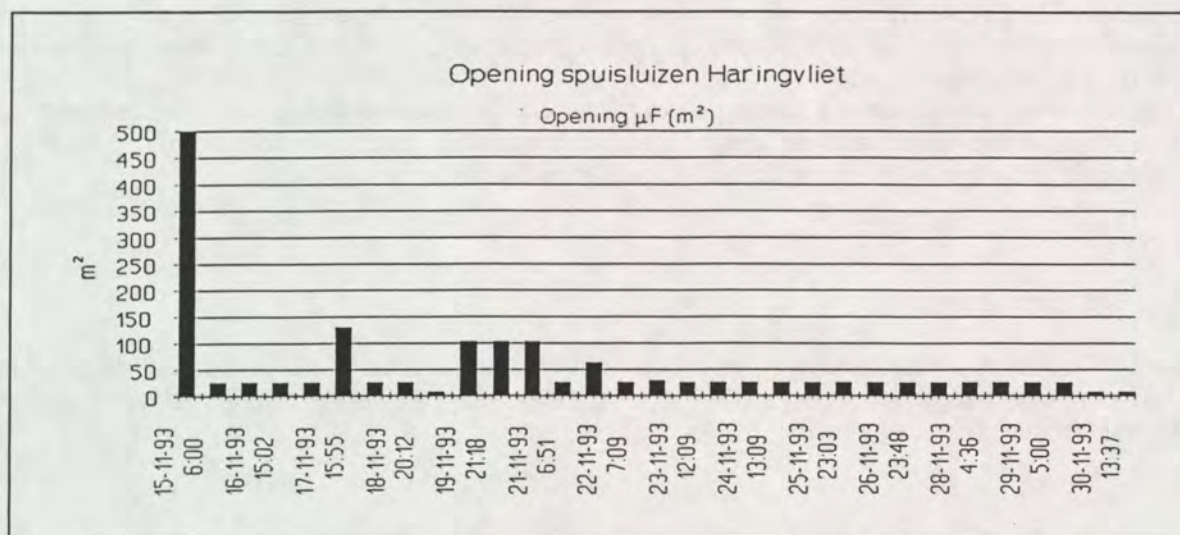
Gedurende de eerste getijperiode op 15 november moest echter een grotere spuiopening (500 i.p.v.  $25 \text{ m}^2$ ) worden ingesteld om de te hoge waterstanden op het Haringvliet/Hollandsch Diep bekken tot de gebruikelijke niveaus (NAP  $+0,50 \pm 0,15$  à  $0,25 \text{ m}$ ) terug te brengen (figuren 5.4 en 5.5).

Het effect van de vergrote spuiopening is goed te zien in het verloop van de waterstanden bij het station Moerdijk gedurende de eerste dag.

Tijdens de rest van de proefperiode is op 8 van de 9 resterende werkdagen, tijdens het getij dat er gebaggerd is, een opening ingesteld van  $25 \text{ m}^2$  en op 1 dag een opening van slechts  $7,5 \text{ m}^2$ .

De verhoging van de waterstanden t.o.v. de gemiddelde hoog- en laagwaterstanden in het bekken was na de derde dag, o.a. dankzij de grotere spuiopening in het nachtgetij van 17 op 18 november, geheel verdwenen.

De resterende dagen vielen de waterstanden te Moerdijk allemaal binnen de range NAP  $+0,16 \text{ m}$  tot NAP  $+0,61 \text{ m}$ . De waterstanden te Hellevoetsluis vertonen qua niveau een vergelijkbaar beeld; er bestaan wel faseverschillen in het tijdstip van optreden van vergelijkbare waterstanden met name ook m.b.t. de tijdstippen van hoog- en laagwater.



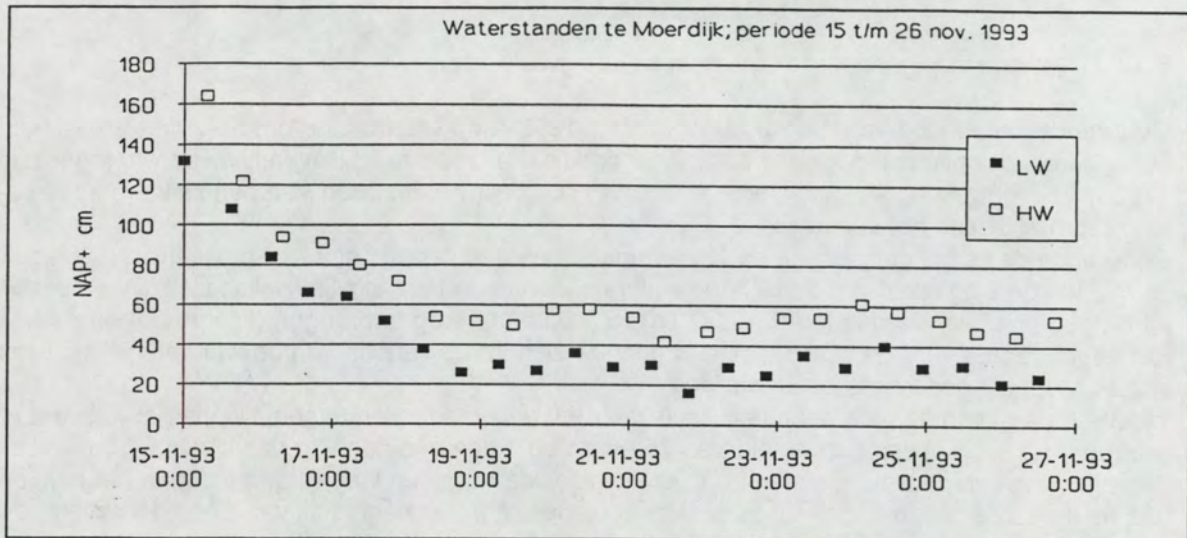
Figuur 5.4

### 5.4 Stromingsomstandigheden.

Alles overziende zullen de stromingsomstandigheden in het Haringvliet nabij Hellevoetsluis alleen op 15 november substantieel zijn afgeweken van de stroomsnelheden die behoren bij een Bovenrijnafvoer van  $1700 \text{ m}^3/\text{s}$  in combinatie met een spuiopening van  $25 \text{ m}^2$ .

Op deze dag hebben de spuisluizen  $500 \text{ m}^2$  open gestaan van 6.00 tot 14.40 uur; om 13.20 uur is gestart met het wegbaggeren van een zandrug in het transportkanaal in de directe nabijheid van de bergingsput.

Gezien het begintijdstip van het baggeren in relatie tot de fase in de spuiperiode, zal de maximale stroomsnelheid t.h.v. het transportkanaal omtrent  $0,15$  à  $0,20 \text{ m/s}$  hebben bedragen; deze is vervol-



Figuur 5.5

gens gaande naar het sluitingstijdstip van de schuiven afgenomen tot ca. 0,05 m/s.

Bij een spuiopening van 25 m<sup>2</sup> behorend bij een Bovenrijnafvoer van 1700 m<sup>3</sup>/s, en een waterstandsamplitude van 25 à 30 cm, ligt de maximum stroomsnelheid in het westelijk deel van het Haringvliet rond 0,05 m/s.

Gedurende de overige dagen zullen de stromingscondities slechts weinig van die behorend bij eerder genoemde combinatie van Bovenrijnafvoer en opening Haringvlietsluizen zijn afgeweken. Tijdens de proef zijn de stromingscondities overigens bemeten.

### 5.5 Slotopmerking.

Gesteld kan worden dat de weers-, afvoer- en getijomstandigheden in de periode dat de proef is uitgevoerd over het geheel gezien zodanig gunstig zijn geweest dat ze het mogelijk hebben gemaakt de proef onder nagenoeg ideale condities uit te voeren.

## 6. Uitvoering baggerwerk.

### 6.1 Techniek van het waterinjectiebaggeren.

Door onder lage druk (1 à 2 bar) water te injecteren in waterbodems van zachte klei, slib of fijn zand, wordt de grond van deze bodem verdund tot een water/sediment-mengsel met lage dichtheid (orde  $1050 \text{ kg/m}^3$ ). Het ontstane mengsel heeft vloeistofeigenschappen met een lage viscositeit en kan als dichtheidsstroom afstromen naar een nabij gelegen lager niveau. Dit proces wordt 'waterinjectiebaggeren' genoemd.

Een uitgebreide beschrijving van deze baggermethode wordt gegeven door Meulblok, Goossens en Verpalen (lit. nr. 8). Echter, om een juiste analyse en evaluatie van het proefbaggeren, zoals heeft plaatsgevonden in het Haringvliet, te kunnen maken, is het noodzakelijk in te gaan op enkele bijzondere aspecten van deze baggertechniek en van deze proef.

Drie hoofdelementen (overigens met sterke invloed op elkaar) zijn:

- a. De inzet van het waterinjectiebaggervaartuig 'Jetsed' (actief te beïnvloeden)
- b. De fysische samenstelling van de bodem (niet te beïnvloeden)
- c. De bathymetrie (slechts indirect te beïnvloeden)

ad a: De inzet van het waterinjectiebaggervaartuig 'Jetsed'.

Bij waterinjectiebaggeren zijn er enkele parameters, die vanuit de 'Jetsed' gestuurd kunnen worden. De belangrijkste zijn:

- Vaarlijngeometrie
- Aantal passages per raai
- Vaarsnelheid
- Pompvermogen (combinatie van debiet en druk)
- Stand Off Distance (SOD), dit is de afstand tussen grond en injectiebalk

ad b: Fysische samenstelling van de bodem.

De fysische parameters van de grond bepalen, in hoeverre een gegeven waterstraal in de bodem zal dringen. Dit bepaalt omvang en concentratie van de initiële water/sediment-wolk, die het begin is van de dichtheidsstroom.

De belangrijkste fysische parameters die de indringing bepalen zijn:

- grondsoort
- volumegewicht
- korrelverdeling
- rheologische eigenschappen
- Atterbergse grenzen

De chemische samenstelling van de bodem (de verontreinigingen) heeft geen directe invloed op het proces maar is wel bepalend geweest voor de gekozen baggermethode, waarbij minimale vertroebeling van de waterfase is nagestreefd.

De uitvoering van de Haringvliet-proef was erop gericht, een sliblaag met variërende dikte te verwijderen van een eronder liggende zandlaag. Ter indicatie van de laagdikte waren 10 vibrocores en een subbottom-meting beschikbaar (zie hfdst. 4).

Dit is wezenlijk verschillend met 'normaal' milieubaggerwerk, waarin een van te voren gedefinieerd diepteprofiel opgeleverd dient te worden. Bij waterinjectiebaggeren zijn vooral van invloed:

- De samenstelling van het sedimentpakket, een homogene samenstelling is gunstig voor het te bereiken resultaat.
- De overgang in de sedimentlagen v.w.b. granulaire samenstelling, het resultaat dat verwacht kan worden is beter naarmate scheiding tussen de lagen duidelijker is.

ad c: De bathymetrie van baggergebied, transportkanaal en bergingsput.

Nadat een initiële mengselwolk is ontstaan, zal deze gaan afstromen als dichtheidsstroom, met de zwaartekracht als aandrijvende kracht. Een randvoorwaarde voor een ononderbroken stroming is de aanwezigheid van een niet-horizontale bodem. Voor deze proef is de minimum helling geschat op 1:1000.

De omvang en de snelheid die de dichtheidsstroom krijgt is afhankelijk van:

- De bodemhelling.
- De bodemwrijving.
- De initiële dichtheid.
- De afmetingen van het kanaal.

Duidelijk is, dat de bathymetrie van zowel het baggergebied als van het transportkanaal bepaalt wat de afvoercapaciteit ten aanzien van een dichtheidsstroom is en tevens wat het afstroombegedrag van een mengselwolk zal zijn. Indien het aangevoerde mengseldebiet groter is dan de afvoercapaciteit, zal een deel van de afstromende mengselwolk naast het transportkanaal terecht komen.

## 6.2 Uitvoering baggerwerk.

De  $T_0$ -peilingen van het baggergebied en het transportkanaal geven een beeld van het werkgebied. Voorafgaande aan de proef zijn enkele zaken geconstateerd, die negatieve invloed konden hebben op het baggerproces:

- Aan de noordoost-begrenzing van het baggergebied was de bodem zeer onregelmatig. Om die reden is hier niet gebaggerd.
- Aan de westrand kwamen twee putten voor, deze zijn bij het baggeren 'genegeerd'.
- De dwarshelling in het baggergebied was ongeveer 1:150 en de langshelling ongeveer 1:300. Bij de overgang naar het transportkanaal werd de langshelling kleiner (1:1000) en tegen het einde van het transportkanaal wordt de helling zelfs negatief (zandrug).  
Deze lay-out was ingegeven door 2 voorwaarden:
  1. Een bestaande verdieping werd gebruikt als bergingsput van het gebaggerde slib.
  2. Er moest naar gestreefd worden zo min mogelijk zand naar de bergingsput te verplaatsen.
- De onderliggende laag bestond lang niet altijd uit 'schoon' zand, maar vaak uit slibhoudend zand en in een beperkt gebied uit geconsolideerd slib.

Uit de  $T_0$ -vibrocores blijkt dat voornamelijk aan de zuidzijde van het baggergebied tussen zand en slib een stoorlaag geconsolideerd slib aanwezig is. Deze stoorlaag behoorde deels wel, deels niet tot de te verwijderen laag, maar was wel verontreinigd.

De te verwijderen sliblaagdikte was 40 à 60 cm. De laag geconsolideerd slib varieerde van 30 tot 60 cm bij 4 vibrocore-boringen.

Uit de sliblaagdikte gegevens van Fugro Survey (bijlage A, figuur 4) kon voor elke positie globaal de bovenkant van het zand afgeleid worden. Per raai volgde hieruit een theoretische lijn, die de schipper als referentie kon gebruiken voor de diepte van de injectiebalk.

Daadwerkelijke sturing geschiedde volgens een ander principe. De weerstand die slib cq. zand op de injectiebalk uitoefenen, is sterk verschillend. Dit blijkt voor de schipper de duidelijkste stuurinformatie te zijn.

Na enkele passages van de 'Jetsed' werd de bodem van de gebaggerde raaien gecontroleerd door middel van bemonstering met een valbom. Niet altijd was hiermee vast te stellen of de te baggeren sliblaag geheel verwijderd was, vanwege de sliblaagjes in de onderliggende laag. In dergelijke gevallen was het bereikte niveau maatgevend.

Opschonen maakte deel uit van het baggerplan. Door omstandigheden (tijdgebrek) is hier nauwelijks aan toe gekomen (slechts het kanaal is opgeschoond).

In het baggerplan is het baggergebied opgedeeld in meerdere vakken (bijlage A, figuur 5).

Tijdens de proef is per vak in de onder ad a. van par. 6.1 vermelde parameters variatie aangebracht om de invloed op de vertroebeling in de waterfase te kunnen evalueren. Bij beschikbaar komen van criteria voor de vertroebeling zou dan een werkbaar niveau gekozen kunnen worden.

M.b.t. deze parameters is als volgt gewerkt:

- Vaarlijngeometrie.

De meeste baggervakken ten noorden van de as van het baggergebied zijn afgewerkt volgens een zogenaamd visgraatpatroon, waarbij de gevaren raaien een hoek maken met de centrale as. De baggervakken ten zuiden van de as zijn afgewerkt in langsvakken evenwijdig aan de as. Vanwege de betere operationele ervaringen (en een naar verwachting beter resultaat) is een deel van de noordelijke vakken ook in langsvakken afgewerkt.

- Aantal passages per raai.

Over het algemeen zullen meerdere passages van het werktuig in dezelfde raai nodig zijn, voordat daar de sliblaag verwijderd is. Aan de hand van de operationele ervaringen (monsternamen d.m.v. valbom) is inzicht verkregen in het aantal benodigde passages.

- Vaarsnelheid.

Er is een minimum vaarsnelheid die met een vrijvarend vaartuig nog redelijk continu aangehouden kan worden. Deze is ongeveer 1 m/s. Tijdens baggeren is deze snelheid zoveel mogelijk aangehouden, aangezien een veel hogere snelheid niet nuttig geacht werd. Gerealiseerd is 1 à 1.5 m/s (fluctuaties zijn een gevolg van het wel/niet raken van de injectiebalk aan de grond).

- Pompvermogen (combinatie druk en debiet).

Reductie van het pompvermogen (oftewel toeren) geeft lagere productie bij een naar verwachting lagere initiële opwervelhoogte. Verschillende niveaus (1500, 1700 en 1900 rpm) zijn getest.

- Stand Off Distance (SOD, afstand tussen grond en injectiebalk)

Een SOD groter dan nul geeft een lagere belasting op de bodem, en dus een kleinere indringdiepte. Waarschijnlijk wordt de initiële opwervelhoogte echter groter (energie wordt voor een groter deel omgezet in turbulente wervels in plaats van bezwijken van grond). Om dit ongewenste effect te vermijden, is getracht de SOD klein te houden.

In tabel 6.1 is per vak aangegeven wat de parameterinstellingen zijn geweest.

Vak	Raaien	Aantal baggerslagen	Pomptoeren	Datum gebaggerd	Vaarlignageometrie
A	12-14	4	1900	18-11-93	Visgraatraai
B	15-17	4	1500	18-11-93	Visgraatraai
C	18-20	4	1900	18-11-93	Visgraatraai
D	21-23	5	4 x 1500, 1 x 1900	18/19-11-93	Visgraatraai
E	24-26	5	4 x 1500, 1 x 1900	19-11-93	Visgraatraai
F	27-29	5	4 x 1700, 1 x 1900	19-11-93	Visgraatraai
G	30-33	4	2 x div., 2 x 1900	24-11-93	Visgraatraai
H1	34-43	2	1900	25-11-93	Langsraai
H2	34-43	3	1900	25-11-93	Langsraai
I	44-48	5	3 x div., 1 x 1900, 1 x 1700	22/23/24-11-93	Langsraai
J	49-52	4	3 x 1900, 1 x 1700	23/24-11-93	Langsraai

Tabel 6.1, Overzicht van baggervakken waarin settings zijn gevarieerd

Tijdens de uitvoering van de proef (op 22 november 1993) is een tussenpeiling uitgevoerd waaruit na vergelijking met de inpeiling een aantal opmerkelijke effecten van de, tot op dat moment uitgevoerde, baggerwerkzaamheden zijn af te leiden (bijlage A, figuur 12):

- Het gebaggerde gebied (vak A-E) is goed te herkennen op de peiling. De verwijderde laagdikte is 20 à 40 cm. Deze spreiding is te zien binnen raaien die met gelijke parameterinstellingen zijn gebaggerd.
- Tegenover het gebaggerde gebied, op het zuidtalud, is een bodemverhoging te zien (10 cm). Zo ook aan weerszijden van het afvoerkanaal en ter plaatse van de overgang baggergebied naar transportkanaal.

E.e.a. kan als volgt verklaard worden:

- De massastraagheid van de dichtheidsstroom kan deze doen 'doorschieten' ingeval van een abrupte overgang in helling of richting (de stroom kan hiermee tegen een talud oplopen, zie het zuidtalud in de tussenpeiling).
- Als er geen duidelijke begrenzing is waarbinnen een dichtheidsstroom kan blijven zal de stroomrichting gaan samenvallen met de richting van de grootste helling. In de langsraaien van het zuidtalud was dit dwars op de raai-richting. In geval van de visgraatraaien van het noordtalud leek de grootste helling samen te vallen met de raai-richting.

## 7. Het monitoringsprogramma tijdens de proef.

In hoofdstuk 3 zijn de aspecten genoemd waarin in het kader van deze proef inzicht verkregen dient te worden. Voor een aantal hiervan was het nodig tijdens de uitvoering van de proef een uitgebreid monitoringsprogramma uit te voeren. Aan de hand van dit monitoringsprogramma dient op de volgende vragen antwoord gegeven te worden:

- a. Kan de ontstane slibstroom door het waterinjectiebaggeren gestuurd worden en zo ja hoe?
- b. Wat zijn de transportafstanden van waterinjectiebaggeren onder de Haringvliet-omstandigheden?
- c. Wat is de mate van verspreiding van waterbodemmateriaal naar het oppervlaktewater (vertroebeling) tijdens alle fasen van het baggerproces?
- d. Wat is de mate waarin verspreiding optreedt van opgeloste verontreinigingen?

### 7.1 Opzet en uitvoering van de metingen aan de dichtheidsstroom.

Om van voornoemde vragen de onderdelen a. en b. te kunnen beantwoorden zijn tijdens alle fasen van het baggerproces (opwekken, natuurlijke afstroming en 'uitsterven') waarnemingen verricht aan de opgewekte slibstroom m.b.t. snelheid, omvang en dichtheid.

Hiertoe werden de volgende meetinstrumenten ingezet:

- Seabat-scanner op meetvaartuig 'Bokkegat'.
- Echoloders (33 en 210 kHz) op de meetvaartuigen 'Slaggaard', 'Westergat', 'Pavo', 'Indus' en 'Bokkegat'.
- Dichtheidsmeters gecombineerd met elektromagnetische snelheidsmeters (EMS-en) op de meetvaartuigen 'Pavo' (transmissiesonde) en 'Indus' (backscattersonde).
- Ott-molensets gecombineerd met electro-magnetische snelheidsmeters (EMS-en) op de meetvaartuigen 'Bokkegat' en 'Slaggaard'.  
(Van de Ott-molensets werden overigens alleen de ELMAR-lichamen gebruikt).
- Watermonstername-apparaten (NISKIN).

M.b.t. de uitvoering van dit onderdeel van het monitoringsprogramma is onderscheid te maken tussen drie activiteiten:

- Het met twee frequenties (33 en 210 kHz) verrichten van echolodingen waarbij zowel in langs- als in dwarsrichting raaien zijn gevaren.
- Het op een vaste positie meten van de dichtheid en de stroomsnelheid van de slibstroom waarbij tevens met de watermonstername-apparaten monsters zijn genomen van de slibstroom. De meetvaartuigen lagen hierbij voor anker.
- Het inzetten van de seabat-scanner om inzicht te verkrijgen waar de effecten van het baggeren optraden en daarmee te kunnen bepalen waar de gedetailleerde metingen moesten worden uitgevoerd. De seabat-scanner werd zowel in het nabije-veld als in het veraf-veld ingezet.

De eerste-lijnsverwerking van deze metingen werd uitgevoerd door Rijkswaterstaat, Delft Dredging en WL. Onder regie van Rijkswaterstaat zijn de analyses verricht t.b.v. het bepalen van de dichtheden van de genomen monsters.

#### 7.1.1 Het meetinstrument 'Seabat'.

De Seabat is een 'multibeam Bathymetric Sonar' die middels een 60-tal transducers met een lengte van anderhalve graad een padbreedte van 90 graden bestrijkt.



Het beeld van de Seabat wordt direct analoog op een beeldscherm zichtbaar gemaakt en kan op video worden opgeslagen. De opslag van gegevens is middels de software instelbaar.

De Seabat is om reden van het analoge beeld als operationeel gereedschap ingezet om te trachten in suspensie gebracht slib 'zichtbaar' te maken. Bovendien kon de 'vaste' bodem nog worden waargenomen, e.e.a. afhankelijk van de mate van suspensie.

Naast het feit dat de analoge beelden direct interpreteerbaar op het scherm beschikbaar zijn, kan het beeld via een PC ook digitaal worden opgeslagen. Het gedigitaliseerde beeld is dat van de 'vaste' bodem omdat een ingebouwd rekenalgorithme alle 'bewegende' informatie er uit filtert.

In het actuele beeld op de monitor is de gedigitaliseerde registratie te zien als een lijn van 'witte' stippen.

Middels de digitaal opgeslagen gegevens zijn peilkaarten te produceren van het aldus bewerkte gebied. Dit was een tweede reden om de Seabat bij de metingen in te zetten.

In afwijking van het normaal echolood registreert de Seabat een 'pad' van ca. tweemaal de waterdiepte. De achterliggende gedachte was dat de gedigitaliseerde, en later uit te plotten, 'vaste' bodem in combinatie met de video-opnamen informatie zou verschaffen over de dikte en de zijdelingse verspreiding van de dichtheidsstroom.

De Seabat was geïnstalleerd op de 'Bokkegat' en heeft met name in de tweede week van de proef met het echolood meegelopen tijdens een groot aantal in- en uitpeilingen aan het begin en het eind van de dag. De Seabat bood bovendien de mogelijkheid in die gevallen waar vertroebeling werd gemeten, deze zichtbaar te maken.

De vertroebeling boven het scheidingsvlak van de dichtheidsstroom met het omringende water was duidelijk waarneembaar op de monitor waardoor direct inzicht in de vertroebelingontwikkeling werd verkregen. Met deze informatie werd vervolgens de troebelheidsmeting gepland danwel bijgesteld. De eerder genoemde correlatie van vaste bodem aan dikte van de sliblaag was niet realiseerbaar aangezien de verwerking van de gedigitaliseerde gegevens te wensen overliet.

De kwaliteit van de uitgewerkte Seabat-peilingen viel echter ook tegen, met name door het feit dat de overlappende randen van de tracks door afwijkingen moeilijk aan elkaar te 'knopen' waren. De diepte-afwijking bedraagt ca. 10 % van de waterdiepte aan de (zij)randen en ca. 5 % in de centrale as van de opname (gevaren lijn). Nadat dit bij de verwerking van de putpeilingen onderkend werd, is er verder van afgezien om alle gedigitaliseerde gegevens van de Seabat uit te werken.

### 7.1.2 De transmissie- en backscatter-sonde.

De transmissie- en backscatter-sonde zijn beide dichtheidssondes die met behulp van ioniserende straling in staat zijn waarnemingen te doen aan de dichtheid van het medium waar zij zich in bevinden. Beide sondes moeten voor het gebruik worden gecalibreerd.

De transmissie-sonde is van beide de meest nauwkeurige. Deze sonde bestaat uit een vorkvormige tweetand. In een van de tanden bevindt zich de stralingsbron, in de andere bevindt zich op gelijke hoogte de sensor. Door deze opstelling is de hoogte van het meetvolume gering van omvang. De intensiteit van de straling die de sensor nog opvangt is een maat voor de dichtheid van het tussen de tanden gelegen medium.

Bij de backscatter-sonde liggen de stralingbron en de sensor in elkaars verlengde boven elkaar in een lansvormige staaf. Door deze opstelling geeft de verkregen dichtheidsinformatie een gemiddelde waarde van ca. 15 cm hoogte van het omringende medium. Een voordeel van deze vormgeving is evenwel dat de backscatter-sonde verder in stijve grond kan penetreren dan de transmissie-sonde.

### 7.1.3 De elektromagnetische snelheidsmeter (EMS).

Voor de metingen van de stroomsnelheid werd gebruik gemaakt van elektromagnetische snelheidsmeters (EMS-en). De EMS-en meten middels elektrische inductie rond de bolpunt van de sensor de snelheid in grootte en richting in het platte vlak haaks op de as van de sensor; in dit geval het horizontale vlak (vertikale opstelling sensor).

De richting van de snelheid is steeds ten opzichte van de oriëntatie van de sensor. Om de sensor 'op stroom' te houden waren de EMS-en met een vaanvormig platte plaat aan de dichtheidssondes danwel de ELMAR-lichamen van de Ott-molensets verbonden. Bij de laatste variant is het niet mogelijk gebleken de richting van de snelheidsvector te relateren aan het magnetische noorden om dat de scheepskompassen van de meetvletten niet functioneerden.

De waarnemingen van de EMS-en werden standaard elektronisch gelogd.

Bij de combinatie met de dichtheidssondes gebeurde dit met een bemonsteringsfrequentie van 2 Hz. (een enkele detailmeting is uitgevoerd met resp. 16 en 4 Hz).

Bij de combinatie met de Ott-molensets gebeurde dit met een bemonsteringsfrequentie van 0,5 Hz.

## 7.2 Opzet en uitvoering van de metingen aan de vertroebeling.

De metingen aan de vertroebeling bestonden uit het meten van de droge stof-concentratie op verschillende plaatsen in en buiten de invloedzone van het waterinjectiebaggeren.

Uit hoofde hiervan zijn 2 soorten troebelheidsmetingen uitgevoerd:

- controle-metingen; metingen waaruit moet volgen in welke mate door het waterinjectiebaggeren resuspensie vanuit de dichtheidsstroming naar de waterfase ontstaat die de toelaatbaarheidsgrenzen overschrijdt. Dit werd uitgevoerd met 2 Mex-3-troebelheidssensoren en 1 slibmonitor met 2 sensoren.
- vertroebelingsmetingen; metingen waardoor de driedimensionale ontwikkeling van de resuspensie in de waterfase wordt bepaald. Hieruit worden de waarden van de vertroebelingsparameters afgeleid, waardoor vergelijking met eerder onderzochte baggertechnieken mogelijk wordt. Dit werd uitgevoerd met behulp van 3 Mex-3-troebelheidssensoren en 1 slibmonitor met 2 sensoren.

Voor deze metingen werd het volgende instrumentarium gebruikt:

- Mex-3-troebelheidssensor en slibmonitor op de 'Slaggaard'
- Mex-3-troebelheidssensor op de 'Westergat'
- Slibmonitor met 2 troebelheidssensoren op de 'Jetsed'
- watermonstername-apparaten (NISKIN) en monsterflessen
- meetformulieren voor handmatige data-acquisitie

Elke dag werden nulpuntcontrole van de sensoren dan wel watermonsternames uitgevoerd ten behoeve van de naijking van de opnemers; de watermonstername werd zoveel mogelijk over de gehele variatie van vertroebelingen die zich voordeed verdeeld

De data-acquisitie van de Mex-3-sets was handmatig; de data-acquisitie bij de slibmonitor op de 'Jetsed' (2 opnemers) ging middels automatische elektronische loggers.

Van de 2 troebelheidsopnemers op de 'Jetsed' bevond zich tijdens de eerste 6 meetdagen één op de ladder ca. 2,5 m boven de jetbalkspuitmonden (tijdens het werken ca. 3 m boven de bodem) en één voor op de boeg 3 m onder het wateroppervlak. De laatste 4 dagen was er één ca. 2,5 m en één ca. 3,5 m boven de jetbalkspuitmonden op de ladder geplaatst.

De veraf-veld-metingen zijn regelmatig gedurende de gehele meetcampagne uitgevoerd. De nabijeveld-metingen zijn op woensdag 24 en donderdag 25 november uitgevoerd.

Van de handmatig vergaarde Mex-uitleswaarden zijn spreadsheets vervaardigd. M.b.v. de droge stof gehalten van de watermonsters werden de ijklijnen vervaardigd. Hiermee werden vervolgens de Mex-uitleswaarden omgerekend naar mg/liter.

### 7.2.1 De troebelheidssensoren.

De gebruikte troebelheidssensoren functioneren op het principe van doorstraalbaarheid van het medium door infrarood licht. Een infrarode lichtbron knippert terwijl aan de overzijde van een vrij doorstroombaar meetvolume een infraroodgevoelige lichtcel de lichtintensiteit continu meet.

De registratie van de lichtcel tijdens de korte periodes waarbij de lichtbron uit is wordt in de meetkast gebruikt om de doorstraalbaarheidsinformatie te ontdoen van de invloed van achtergrondlicht. Voor een redelijk groot gebied van troebelheden bestaat er een lineair verband tussen de troebelheid in mg/liter en de doorstraalbaarheid. Deze omrekeningsfactor wordt bepaald aan de hand van ijkwatermonsters die tijdens de meting worden genomen.

## 7.3 Resultaten van de monitoring van de dichtheidsstroom.

### 7.3.1 De hoogte van de dichtheidsstroom.

Uit de 210 kHz echolodgingen en uit de dichtheidsvertikalen van de backscatter- en transmissiesonde is de hoogte van de slibstroom zeer goed waar te nemen.

De dichtheidssondes tonen een hoogte per meetpunt. Samenvoegen van de dichtheidsinformatie en de stroomsnelheidsinformatie toont vervolgens de hoogte van de dichtheidsstroom (zie als voorbeeld bijlage A, figuren 6 en 7).

Bij de echolodgingen waren op de echorollen soms twee echo's van het 210 kHz-signaal waar te nemen. De bovenste echo kwam van de scherpe dichtheid/diepte-gradiënt op het scheidingsvlak van het bovenstaande water en de dichtheidsstroom. De onderste echo kwam van de scherpe dichtheid/diepte-gradiënt op het scheidingsvlak van de dichtheidsstroom en de waterbodem.

Opmerkelijk detail hierbij is dat de bovenste echo een glad oppervlak laat zien, in breedterichting horizontaal; in langsricting onder een helling en nabij de bergingsput gekromd, zoals de stuwkromme van een vrij afstromende rivier.

De hoogte van de slibstroom neemt geleidelijk af naarmate de afgelegde afstand toeneemt (zie als voorbeeld bijlage A, figuur 8). Een gemiddelde hoogte van 0,4 tot 1,0 meter is gemeten e.e.a. afhankelijk van de afstand tussen het meetpunt en de plaats waar de dichtheidsstroom is opgewekt.

### 7.3.2 De stroomsnelheid van de dichtheidsstroom.

De EMS-en hebben in de dichtheidsstroom een gemiddelde stroomsnelheid van 0,3 tot 0,5 m/s gemeten met enige uitschieters naar boven. De snelheid neemt af naarmate de afgelegde afstand van de slibstroom toeneemt.

Als voorbeeld is in figuur 8 te zien dat de slibstroom ook impuls overdraagt aan het oppervlaktewater. In het oppervlaktewater is nabij de dichtheidsgrenslaag een turbulente grenslaag te zien. Overeenkomstig is in de toplaag van de slibstroom een grenslaag te zien naar het oppervlaktewater toe. Aan de onderkant van de slibstroom is een grenslaag naar de stilstaande bodem toe.

De kop van de slibstroom heeft een hogere snelheid. Uit figuur 9 (bijlage A) waarin de echolodgingen van 3 meetvletten als tijdregistraties staan weergegeven, is af te leiden dat de kopsnelheid dicht bij het baggervak (kp 800) ca. 0,4 m/s is. Op grotere afstand (kp 400) is de kopsnelheid 0,3 m/s.

Door de eerder genoemde inzakking van de slibstroomhoogte en impulsverlies aan de bodem en oppervlakte van de slibstroom neemt de snelheid af naarmate er verder van het baggervak wordt gemeten.

Het vertragen van de stroom kan deels worden versterkt of zelfs teniet worden gedaan door de verschillende hellingen in het transportkanaal. Flauwere hellingen zullen de stroom eerder doen 'uitsterven' en omgekeerd steilere hellingen zullen de stroom (opnieuw) versnellen.

### 7.3.3 De dichtheid van de dichtheidsstroom.

De gemiddelde dichtheid van de opgewekte dichtheidsstroom ligt tussen de 1,02 en 1,1 kg/liter. De dichtheid van de dichtheidsstroom varieert niet over de lengte door de afgelegde afstand van de stroom zelf. De variatie in de dichtheid die de metingen laten zien, wordt veroorzaakt door het verschil in het aanmaken van de dichtheidsstroom door de 'Jetsed'. Het is onvoldoende mogelijk gebleken eenduidig aan te geven welke dichtheidsstroom bij welke 'Jetsed'-actie hoort. Dit komt in de eerste plaats doordat de 'Jetsed' gedurende het trailen door verschillende bathymetrische, geotechnische, en nautische variaties geen eenduidige, stabiele dichtheidsstroom genereert.

Uit de waarnemingen is ondermeer op te maken dat de dichtheidsstroming in de tijd en plaats een sterk variërend beeld kan laten zien van dichtheidsstromen die oudere dichtheidsstromen inhalen en/of overstromen. De richting van de slibstroom is overeenkomstig het geprepareerde toestroomkanaal van het baggervak naar de bergingsput.

### 7.3.4 De dynamica van de dichtheidsstroom.

De aandrijvende kracht voor de stroming van de dichtheidsstroom is dicht bij de 'Jetsed' voor een groot deel de impulsoverdracht van de afbuigende jets.

Vervolgens, en dat geldt voor het grootste traject van de dichtheidsstroom, is de drukgradiënt in horizontale richting de aandrijvende kracht.

De dichtheidsstroom wordt geremd doordat zij impuls verliest (overdraagt middels schuifspanningen) aan het bovengelegen oppervlaktewater en de ondergelegen waterbodem. Tegelijkertijd zakt de hoogte van de dichtheidsstroom doordat het dichtheidsmengsel door hindered-settling uitzakt. Het aangroeien van dichter mengsel gebeurt overeenkomstig onder in de dichtheidsstroom. Het bewijs hiervoor kan worden afgeleid uit het feit dat de dichtheidsstroom over de diepte vrijwel gelijk van dichtheid blijft. Overigens is dit fenomeen ook tijdens de metingen waargenomen in een monster van de dichtheidsstroom.

Hieruit mag worden vastgesteld dat de opgewekte dichtheidsstroom direct, het zij mondjesmaat, begint te sedimenteren. Uit berekeningen gebaseerd op de metingen volgt dat de actieradius van de dichtheidsstroom ca. 10 km is, bij een initiële hoogte van 1 m, onder het bodemverhang van het toestroomkanaal, dat wil zeggen voordat de laatste vlok van de dichtheidsstroom op de waterbodem tot rust komt.

## 7.4 Resultaten van de monitoring van de vertroebeling.

### 7.4.1 De achtergrond vertroebeling in en rond het baggergebied.

Zowel voor als tijdens de baggerwerkzaamheden zijn metingen verricht aan de achtergrond vertroebeling buiten het baggergebied, o.a. door de 'Westergat' in de zgn. 'Boele'-raai welke werd gevormd door drie meetvertikalen op de westgrens van de bergingsput. Westelijk van deze raai is het

zandwingebied van Boele gelegen. De 'Slaggaard' heeft ook enige malen oostelijk van het baggergebied de achtergrondvertroebeling vastgelegd.

Voorafgaand aan het baggeren is ook in het baggergebied de achtergrondvertroebeling gemeten. Naast de gegevens uit deze metingen blijken ook de andere troebelheidsmetingen, vooral boven in de watervertikaal, vaak de achtergrondswaarde weer te geven.

Uit de waarnemingen blijkt de achtergrondvertroebeling in en rond het baggergebied te variëren van 15 tot 20 mg/liter. Over de watervertikaal wordt vrijwel geen variatie gevonden, er is geen verhoging tot op 0,5 m boven de waterbodem.

Opmerkelijk is de geringe verhoging in meetvertikaal Z1 om 15:20 op dinsdag 16 november, gemiddeld was de troebelheid toen 30 mg/liter. Na 20 minuten was de troebelheid in deze vertikaal weer gemiddeld 15 mg/liter.

#### 7.4.2 Monitoring van de vertroebeling in de omgeving van de slibstroom.

Gedurende sommige meetdagen van de meetcampagne zijn de meetvaartuigen op posities boven de slibstroom van het afvoerkanaal voor anker gegaan. Hieruit blijkt dat de vertroebeling vanaf het wateroppervlak tot op 1,5 à 2 m van de waterbodem (het 210 kHz echovlak) nauwelijks varieert van de achtergrondswaarde van 15 tot 20 mg/liter.

Beneden de 2 m boven de waterbodem loopt de troebelheid op tot enige honderden mg/liter op 0,5 m boven de waterbodem. Beneden de 0,5 m boven de waterbodem gaan de sensoren in oversturing. In veel van die gevallen zijn de sensoren dan tot in de slibstroom afgedaald. Dit komt ondermeer doordat de 210 kHz soms de bovenkant en soms de onderkant van de slibstroom als echo weergeeft. Hierdoor kan het niveau van de waterbodem 50 tot 60 cm 'verspringen'.

Sommige meetvertikalen laten wel een vertroebeling zien die hoger komt dan de 2,0 m boven de waterbodem. Vrijwel altijd blijkt dit het gevolg te zijn van de nabijheid van de 'Jetsed'. Dit blijkt ondermeer uit de waarnemingen van de 'Westergat' op 16 november. Het logboek van de aannemer leert dat rond die periode de 'Jetsed' zeer dicht in de nabijheid van de meetlokatie werkte. Overigens is uit deze reeks ook op te merken dat de vertroebeling ook snel weer weg is.

#### 7.4.3 Monitoring van de vertroebeling in de nabije omgeving van de 'Jetsed'.

De 'Westergat' heeft op maandag 22 november, tot zeer dicht, rond de 'Jetsed' gemeten.

De vertroebeling die hierbij is gemeten heeft nagenoeg dezelfde waarden als boven het slibstroomkanaal. Een enkele meetvertikaal heeft een gemiddelde verhoging van 20 tot 40 mg/liter.

Op dinsdag 23 november is de eerste maal bewust de vertroebeling in de nabije omgeving van de 'Jetsed' gemeten. De 'Westergat' en de 'Slaggaard' lagen tijdens deze meting op een onderlinge afstand van ca. 70 m halverwege de baggeraaien 48 t/m 52. Deze raaien waren ca. 1000 m lang. De meetvaartuigen lagen zo dat de 'Jetsed' steeds tussendoor baggerde met de 'Westergat' zuidelijk en de 'Slaggaard' noordelijk.

De passage van de 'Jetsed' door de 'poort' van de meetvaartuigen was op de volgende tijdstippen: 12:08, 12:22, 12:35, 13:02, 13:18, 13:31, 13:47, 14:01, 14:15, 14:30, 14:45, 14:56.

Over het algemeen wordt bij deze metingen beneden de 1,5 m boven de waterbodem een verhoging van de troebelheid gemeten tot enkele honderden mg/liter direct nabij de waterbodem. Een enkele verhoging wordt waargenomen direct tijdens een passage van de 'Jetsed'. Er is geen traceerbare verandering in de meetwaarden al naar gelang de 'Jetsed' voor de eerste, de tweede, de derde of de vierde maal in eenzelfde raai voorbij baggert.

Omdat er zo weinig vertroebeling gemeten werd, is besloten de sensor van de 'Westergat' tijdens enkele passages op 0,5 m van de bodem te houden. De resultaten zijn weergegeven in figuur 10 (bijlage A). De twee pieken tot 1100 mg/liter corresponderen met de passages van de 'Jetsed' in

respectievelijk raai 51 en raai 52, met de laatste het dichtst langs de 'Westergat'. De volgende passage van de 'Jetsed' in raai 48, iets verder van de 'Westergat', zorgt niet meer voor een verhoging bij deze continu-registratie. De uitzaktijd die hieruit kan worden afgeleid bedraagt 15 minuten.

Op woensdagmiddag 24 november hebben de 'Westergat' en de 'Slaggaard' mobiel rond de baggerende 'Jetsed' gemeten. De 'Westergat' noordelijk en de 'Slaggaard' zuidelijk. De meetwaarden van de 'Slaggaard' laten hetzelfde beeld zien als de eerdere metingen: dat wil zeggen zeer beperkt verhoging van de troebelheid aan de bodem. De meetwaarden die de 'Westergat' registreerde waren evenwel gemiddeld 40 mg/liter hoger dan die van eerdere metingen. Hierbij kan opgemerkt worden dat de 'Jetsed' in die periode korte raaien baggerde met relatief veel nautisch manoeuvreren. De daarmee extra gegenereerde vertroebeling stroomt als het ware naar de positie van de 'Westergat'.

De slibmonitor op de 'Jetsed' was uitgerust met twee sensoren. De eerste 6 meetdagen was een van deze sensoren geplaatst op 2,5 m boven de jetbalk op de ladder; de tweede hing over de voorboeg tot 3 m onder het wateroppervlak.

Op dinsdag 23 november is de tweede sensor verplaatst naar de positie 3,5 m boven de jetbalk op de ladder. Opnemer 1 is dichterbij de dwarsbalk geplaatst. Een voorbeeld van de gemeten vertroebelingen is weergegeven in figuur 11 (bijlage A). Uit vergelijking van de waarnemingen is af te leiden dat de nieuwe lokatie, dicht bij de bodem, geen significante verhoging van de troebelheid gaf.

De pieken in de registraties komen overeen met het keren en manoeuvreren van de 'Jetsed'. Sommige gemeten verhogingen in de troebelheid houden verband met de monsternamen met de valbom of het aan de grond zetten van de jetbalk.

Ook uit de waarnemingen op de 'Jetsed' blijkt de vertroebeling niet veel meer dan enige tientallen mg/liter te zijn.

Resumerend kan worden geconcludeerd dat de verhoging van de vertroebeling in de nabije omgeving van de 'Jetsed' zeer beperkt in omvang en grootte is. Zeer dicht bij de jetbalk worden grote verhogingen gemeten maar de reikwijdte van deze vertroebeling is uiterst gering.

## 7.5 Monitoring van de verspreiding van opgeloste verontreinigingen.

Gezien de verontreiniging van de bodem van het Haringvliet met allerlei organische microverontreinigingen (vnl. PCB's en PAK's) was naast het gedrag van het bodemmateriaal ook het gedrag van de verontreinigingen onder invloed van deze baggertechniek van belang. Op theoretische gronden was al afgeleid dat het gedrag van de verontreinigingen tijdens waterinjectiebaggeren wel eens verrassend zou kunnen zijn, vanwege het grote beschikbare adsorptieoppervlak en de dichtheids-scheiding tussen slibstroom en waterkolom. Hierdoor zou verspreiding van verontreinigingen naar de waterkolom kunnen worden verhinderd (lit. nr. 8).

Het onderzoeksprogramma richtte zich daarom op de vraag of verontreinigingen zich tijdens waterinjectiebaggeren al of niet anders gedragen dan de bodemdeeltjes.

De monsternamen concentreerde zich op drie onderdelen van de baggermethode: de waterinjectie (het feitelijke baggeren), het transport en de berging in de put. Deze drie onderdelen werden bemonsterd vóór, tijdens en na het baggeren. In elk monster werden concentraties gemeten van bodemmateriaal (en -kenmerken) en van vervuilende stoffen. Er werd geen onderscheid gemaakt tussen opgeloste en geadsorbeerde verontreinigingen. De analyses betroffen bodemparameters (zwevend stof, Total Organic Carbon (TOC), Dissolved Organic Carbon (DOC), Kjeldahl-N, ammonium, totaal-fosfor en ortho-fosfaat), zware metalen (Cadmium, Koper, Kwik, Nikkel en Zink), HexachloorBenzeen (HCB) en 16 EPA PAK's.

De resultaten gaven aan dat er een goede scheiding optrad tussen waterkolom en slibstroom. De zwevend stof concentraties bleven erg laag. De maximale zwevend stof concentratie werd gemeten na het baggeren en bedroeg 52 mg/l. Door het lage vertroebelingsniveau en de lage uitgangskoncentraties in de waterkolom (< detectielimiet) bleven in veel monsters de concentraties onder de detectielimiet. Slechts een beperkt aantal PAK's werd in voldoende monsters in concentraties boven de detectielimiet aangetroffen om iets af te leiden over het gedrag van de verontreinigingen tijdens het baggeren.

Uit de resultaten kwamen de volgende conclusies naar voren:

- De scheiding tussen slibstroom en waterkolom is zo sterk dat er maar weinig bodemmateriaal in de waterkolom komt.
- Met grote voorzichtigheid wordt geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn voor substantiële desorptie van PAK's. Waarschijnlijk wordt het gedrag van PAK's voornamelijk bepaald door het gedrag van de bodemdeeltjes.
- Methodisch gezien voldoet de aanpak van de meting. Extra aandacht voor de monstergrootte i.v.m. de detectielimiet van de analysetechniek is gewenst. Vooral het nauwkeurig vaststellen van de uitgangssituatie in de waterkolom is erg belangrijk. Het vooronderzoek moet voldoende informatie bevatten om de juiste monsternamen vast te stellen.
- Het verdient aanbeveling de vergelijkbaarheid van extractietechnieken voor de bepaling van organische microverontreinigingen in bodemonsters en in watermonsters nader vast te stellen.

Voor de verdere ontwikkeling van chemische metingen bij baggerwerken wordt aanbevolen om naast veldmetingen ook enkele labexperimenten uit te voeren voor het verkrijgen van het noodzakelijke inzicht in het gedrag van verontreinigingen tijdens baggerwerken.

Bovendien zou het ontwikkelen van een directe in-situ meetmethode de mogelijkheden tot het verkrijgen van inzicht in het gedrag van verontreinigingen en tot het bewaken van de baggerprocesvoering essentieel vergroten. Nieuwe ontwikkelingen in optische fluorescentiemethoden geven aan dat in-situ meetmethoden tot de mogelijkheden gaan behoren.

## 7.6 Dichtheid en temperatuur van het oppervlaktewater.

Tijdens de meetdagen zijn tevens dichtheid en temperatuur van het oppervlaktewater gemeten. Hieruit blijkt dat er, zowel in baggergebied als toestroomkanaal, geen dichtheidsvariëaties zijn over de watervertikaal, noch door temperatuurvariëaties noch door zoutgehaltevariëaties.

De watertemperatuur was ca. 3,5 °C. De geleidbaarheid van het water was ca. 0,5 mS/cm.

Boven de bergingsput werd wel een stratificatie waargenomen. Op ca. 15 m waterdiepte verloopt de tot die diepte constante dichtheid van 1000,6 kg/m<sup>3</sup> over een diepte van 2,5 m naar een vervolgens constante dichtheid van 1001,4 kg/m<sup>3</sup> tot aan de waterbodembedpte van ca. 30 m.

Een simultane troebelheidsmeting laat zien dat op deze dichtheidssprong een vertroebelingswolk van ca. 100 mg/liter blijft 'drijven'.

## 8. Vastlegging eindsituatie ( $T_1$ -situatie).

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de situatie na de proef (de zgn.  $T_1$ -situatie) is vastgelegd en wat hiervan de resultaten waren.

Net als bij de  $T_0$ -situatie kan bij het vastleggen van de  $T_1$ -situatie onderscheid gemaakt worden tussen de volgende onderdelen:

1. Het vastleggen van de hoogteligging van de waterbodern.
2. Het vastleggen van de bodemopbouw.
3. Het bepalen van fysische eigenschappen van de grond.
4. Het bepalen van de chemische samenstelling van de grond (bodemkwaliteit).

### 8.1 Het vastleggen van de hoogteligging van de waterbodern.

Van 29 november t/m 2 december 1993 zijn door het meetvaartuig 'Pavo' van de Meetdienst Noordelijk Deltabekken lodingen verricht in het gehele betrokken gebied, inclusief de bergingsput. Bij deze lodingen, uitgevoerd met een 210 kc echolood, is hetzelfde raaienstelsel aangehouden als bij het vastleggen van de  $T_0$ -situatie, d.w.z. langs- en dwarsraaien met een onderlinge afstand van 25 m.

Aan de hand van deze lodingen en de lodingen die zijn uitgevoerd in het kader van het vastleggen van de  $T_0$ -situatie zijn verschilkaarten gemaakt die het effect van de baggerproef op de hoogteligging van de bodern duidelijk zichtbaar maken (bijlage A, figuur 14).

I.v.m. het te verwachten consolidatieproces is bij de bergingsput met een regelmaat van 1 maal per 2 weken doorgegaan met peilen tot het moment dat zich in de hoogteligging geen meetbare veranderingen meer voordeden. De laatste peiling hier dateert van 17 en 18 mei 1994.

### 8.2 Het vastleggen van de bodemopbouw.

Na afloop van het baggerwerk diende te worden vastgesteld of, en zo ja in welke mate, de sliiblaag in het baggergebied is verwijderd en of de onderliggende bodern door het baggerwerk is verstoord en zo ja, in welke mate (zie de doelstellingen van hfdst. 3).

Om zo snel mogelijk een indruk te krijgen van het effect van het waterinjectiebaggeren zijn nog tijdens de proef door de HAM-VOW een groot aantal bemonsteringen, m.b.v. valbom en van Veenhapper, in het baggergebied uitgevoerd. Deze bemonsteringen waren echter puur indicatief. Om een gedetailleerd en eenduidig beeld te krijgen van de eindsituatie in het baggergebied diende na afloop van de proef een uitgebreid bemonsteringsprogramma te worden uitgevoerd. Bij het opstellen van dit programma is uitgegaan van de vakindeling zoals gehanteerd bij de uitvoering van het baggerwerk (zie hfdst. 6). Deze bemonstering is uitgevoerd in de periode van 29 november t/m 2 december 1993 m.b.v. vibrocore en valbom (lit. nr. 9).

In het baggergebied zijn uit het oogpunt van bij het baggeren gehanteerde settings elf vakken onderscheiden. Aangezien deze vakken qua oppervlakte in combinatie met het aantal monsterlokaties niet allemaal vergelijkbaar waren, zijn een aantal grote vakken verdeeld in kleinere vakken. Daarbij is ook de centrale as binnen het baggergebied verdeeld in vier vakken (L1 t/m L4).

In totaal zijn in het baggergebied een dertigtal deelvakken onderscheiden (bijlage A, figuur 15).

In het baggergebied zijn na een voorselectie, waarbij enkele boringen en enkele valbommonsters nabij de begrenzing van het baggergebied buiten beschouwing zijn gelaten, 29 monsters uit boringen en 160 valbommonsters overgebleven voor fysische en chemische analyse. Er is per (deel)vak één mengmonster samengesteld uit de in dat vak genomen valbommonsters en uit het bovenste monster van de boorkernen; een 10 tal monsters uit het bovenste sedimentpakket in de



boorkernen, die qua laagopbouw een afwijkend beeld vertoonden, zijn als aparte monsters geanalyseerd. In totaal zijn 30 geclusterde monsters (hier genoemd mengmonsters) en 10 separate monsters uit het baggergebied geanalyseerd (bijlage B, tabel 17).

In het transportkanaal zijn 4 boringen uitgevoerd, van elk daarvan is een monster genomen en geanalyseerd uit het nabij het bodemoppervlak gelegen sedimentpakket.

Naast voornoemde bemonstering zijn in de bergingsput nog tien vibrocore-boringen uitgevoerd. Deze boringen zijn uitgevoerd door de Veldmeetdienst van Rijkswaterstaat op 2 en 4 maart 1994 nadat het slib in de bergingsput voldoende was geconsolideerd (lit. nr. 10).

De situering van de vibrocore-boringen is weergegeven in figuur 16 (bijlage A).

Aan de hand van uit deze boringen genomen monsters zijn 8 mengmonsters samengesteld die zijn gebruikt voor verdere analyses.

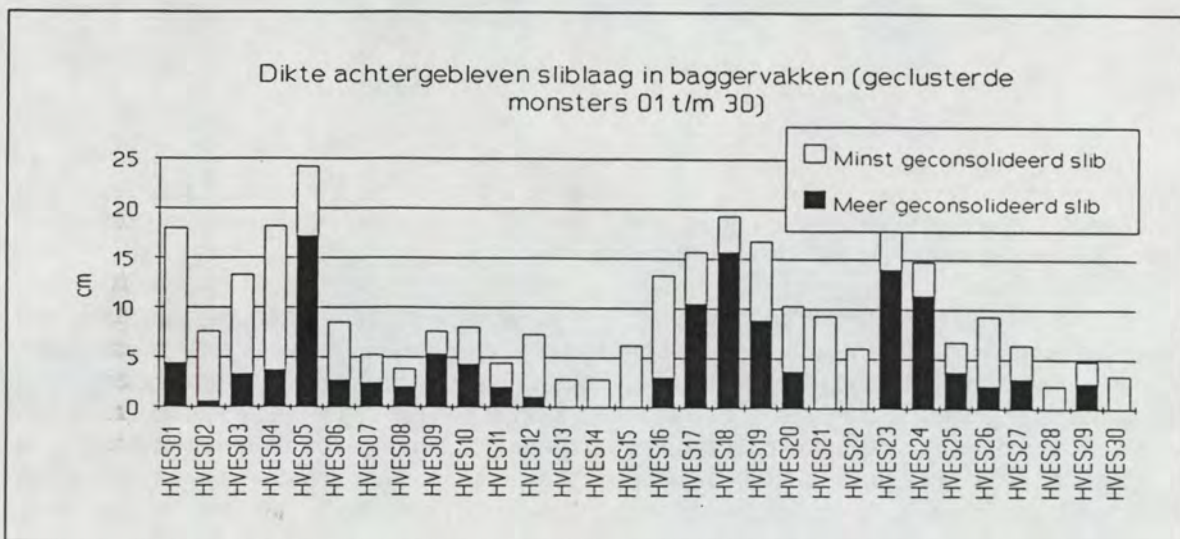
### 8.2.1 Resultaat van de bemonstering.

Het resultaat van de bemonstering van de eindsituatie alsmede van de clustering daarvan is weergegeven in de tabellen 8 en 17 (bijlage B).

Uit tabel 8 blijkt dat er in het baggergebied een wisselend beeld in de opbouw van het bemonsterde sedimentpakket te zien is. Op basis van de geclusterde monsters (01 t/m 30) is te zien dat in de onderscheiden deelvakken de gemiddelde dikte van de sliblaag varieert van ruim 2 tot ca. 24 cm (zie figuur 8.1).

Bij een aantal separaat gehouden monsters (32 t/m 37 alsmede 40, allen afkomstig van vibrocore-bemonstering) is geen slib aangetroffen.

Om e.e.a. inzichtelijk te maken zijn alle, zowel bij de valbommen als bij de vibrocore-boringen, gevonden sliblaagdiktes geïnterpoleerd, hetgeen in figuur 13 is weergegeven.



Figuur 8.1

Vergelijkt men het resultaat van de bemonstering met de situering van de baggervakken (bijlage A, figuur 5), dan zijn er een vijftal aaneengesloten gebieden te onderscheiden die v.w.b. de dikte van de nog aanwezige sliblaag geclusterd kunnen worden. Dit is in tabel 8.1 weergegeven.

In deze tabel is te zien dat in vak L (centrale as) de laagdikte achtergebleven slib het kleinst is, gevolgd door de vakken G t/m H. In de vakken A t/m F alsmede I en J is deze dikte gemiddeld iets groter dan 10 cm.

Uit verwerking van de monstergegevens volgt, dat de bodem in het baggergebied gemiddeld over een diepte van omtrent 16 cm geroerd is. De bemonsterde diepte bedraagt gemiddeld eveneens ca. 16 cm; het slibpakket is gemiddeld 10 cm dik en het bemonsterde gedeelte van het zandpakket ca. 6 cm. Het laagje slib van 10 cm kan nog worden onderverdeeld in gemiddeld 6 cm dun slib en 4 cm meer geconsolideerd slib.

Tot slot dient nog opgemerkt te worden dat gezien het feit dat het bemonsterde pakket deels uit zand en deels uit slib bestaat, het voor de hand ligt dat het bemonsterde sedimentpakket zowel voor een gedeelte de fysische en chemische eigenschappen van de te verwijderen laag slib alsook van het daaronder liggende zandpakket zal dragen.

Te onderscheiden gebieden: gemiddelde monsterlengte en laagdikte (cm)						
Vakcodes	Meng-monster	Lengte monster	Dun slib	Geconsolideerd slib	Zand	Geroerd
A t/m F	01 t/m 06	20	10	4	6	21
G t/m H	07 t/m 13	13	3	3	7	13
I	14 t/m 21	15	6	6	3	16
J	22 t/m 25	15	4	7	4	17
L	27 t/m 30	13	3	2	8	13

Tabel 8.1

### 8.2.2 Relatie tussen baggerproces en de bemonsteringsresultaten.

De 'visgraatvakken' A t/m G (zie figuur 5) zijn allen in 4 of 5 passages gebaggerd. Op 60 % van de oppervlakte is de sliblaagdikte kleiner dan 10 cm. De 10 cm iso-lijn loopt dwars door de vakken A t/m D en langs de scheiding D-E (zie bijlage A, figuur 13). Een stoorlaag (van geconsolideerd slib) is hier niet aangetoond, de  $T_0$ -laagdikte was ongeveer 50 cm.

De tussentijdse controle door valbommen en van Veen-monsters (vanaf de 'Jetsed', direct na baggeren) gaf echter een bijna schone bodem in de vakken A t/m D (slechts aan het einde van vak D werd nog 5 à 10 cm slib aangetroffen). De conclusie moet zijn dat slib van elders neergeslagen is op een gebaggerd gebied.

Vakken E en F waren na 4 baggerslagen zo goed als schoon. Hierna is nog een opschoonslag uitgevoerd. In vak G (gebaggerd na het zuidtalud) is de achtergebleven laag 0 tot 6 cm, na 4 passages van de 'Jetsed'.

De langsraaien 44 t/m 48 (vakken I en J) bevinden zich deels in het gebied waar, op basis van de  $T_0$ -bemonstering (zie hfdst. 4), een laag geconsolideerd slib tussen slib en zand verwacht kon worden. De  $T_0$ -sliblaagdikte was 40 tot 60 cm (van oost naar west). De laag geconsolideerd slib was 0 tot 60 cm.

Tijdens het vorderen van het baggerwerk zijn deze raaien een aantal keren bemonsterd (tabel 8.2). In de eindsituatie is op 60 % van het oppervlak minder dan 10 cm slib aanwezig.

In een flink aantal gevallen is de sliblaagdikte echter nog 20 tot 60 cm. Deze bevinden zich allen in het gebied, waar de stoorlaag van geconsolideerd slib verwacht kon worden. In een aantal  $T_1$ -

boringen (1557-6, 1567-4, 1559-6, 1561-6) is de geconsolideerde laag dan ook goed zichtbaar, onder een dunne laag geroerd slib.

Het feit dat in de valbommen die HAM-VOW direct na afloop van het baggeren genomen heeft, een dergelijke laag niet aangetroffen werd, doet vermoeden dat het geconsolideerde slib sterk lokaal voorkwam.

Resultaten bemonstering Vak I en J				
		Aantal valbommen	Gevonden sliblaagdikte (cm)	Opmerkingen
Vak I (raai 44-48)	Na 2 of 3 passages	18	15-25	30 cm bij 2 van de 18 monsters.
	Na 4 of 5 passages	15	0	Toplaag is zand, soms slibhoudend.
	Na de proef ( $T_1$ )	51	0-15	
Vak J (raai 49-52)	Na 3 passages	19	5-20	Veel slib of sliblenzen in de zandlaag.
	Na 4 passages	9	0	Toplaag is slibhoudend zand.
	Na de proef ( $T_1$ )	29	0-15	Ook monsters met meer dan 25 cm slib.

Tabel 8.2

De vakken  $H_1$  en  $H_2$  (raaien 34 tot 43) zijn 2 resp. 3 keer gebaggerd in langsrichting. Van de oorspronkelijke laag slib (40 à 50 cm) is nog 0-15 resp. 0-10 cm achtergebleven. Hieruit kan geconcludeerd worden dat 3 baggerslagen onder deze omstandigheden nodig zijn.

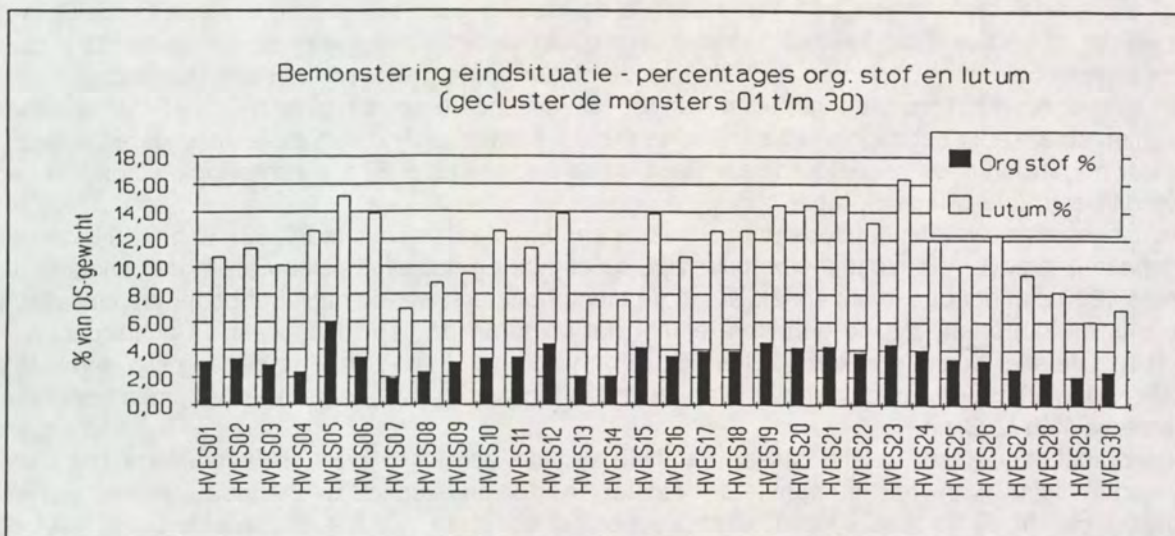
In dit gebied is geen stoorlaag gevonden; verder is het (samen met vak G) als laatste gebaggerd en dus niet meer beïnvloed door baggeractiviteiten in aangrenzende vakken. Dit gebied geeft een goede indicatie, wat de mogelijkheden zijn om met waterinjectiebaggeren een sliblaag van onderliggend zand te verwijderen.

### 8.3 Het bepalen van de fysische eigenschappen.

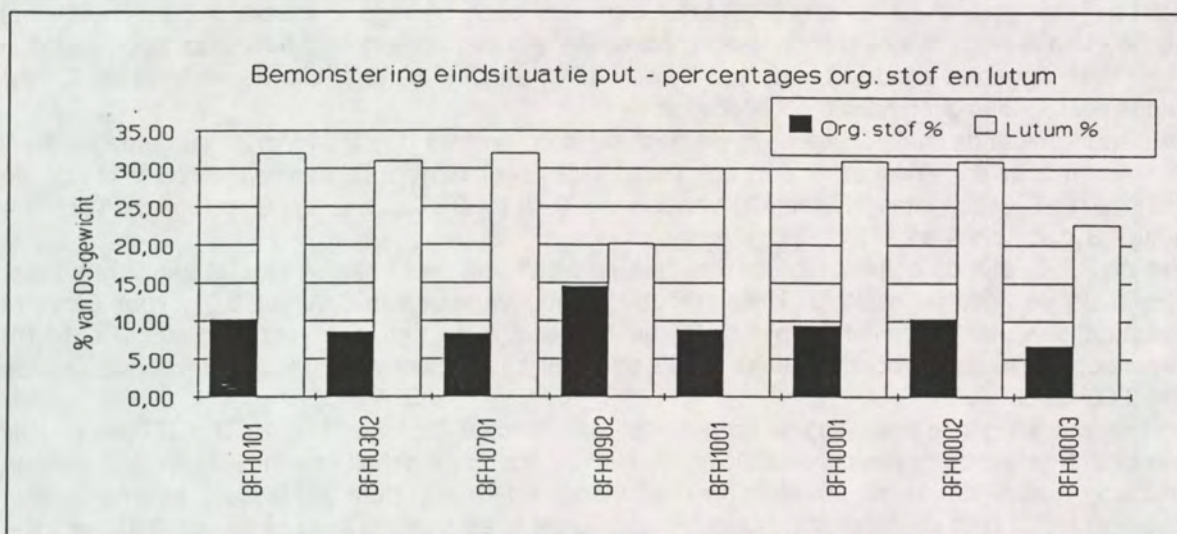
In het kader van het vastleggen van de  $T_1$ -situatie kon volstaan worden met de fysische parameters zoals deze voorkomen in de 'Standaard Parameterlijst Onderzoek Waterbodempkwaliteit' (lit. nr. 6). In de tabellen 9 en 10 (bijlage B) zijn de analyseresultaten van de fysische parameters van de 30 mengmonsters, alsook van 10 monsters uit het bovenste sedimentpakket in de boringen, in het baggergebied weergegeven. Ook de resultaten van de 4 monsters uit de boringen in het transportkanaal zijn vermeld.

De weergegeven parameters zijn de droge stof, de organische stof, de calciëten en de granulaire samenstelling. Van de mengmonsters 01 t/m 30, van de monsters 31 t/m 40, en van de monsters 41 t/m 44 (transportkanaal) zijn enkele statistisch bewerkte resultaten vermeld o.a. de gemiddelde waarde. In tabel 10 zijn de resultaten opgenomen van dezelfde parameters van 8 monsters van de, tijdens de proef afgezette, sedimenten in de eindsituatie in de bergingsput.

In figuur 8.2 en 8.3 zijn de percentages organische stof en lutum weergegeven voor resp. het baggergebied en de bergingsput.



Figuur 8.2



Figuur 8.3

8.4 Het bepalen van de chemische samenstelling.

8.4.1 Gehalten van chemische verontreinigingen in baggergebied conform analyses.

De gehalten aan chemische verontreinigingen in het bemonsterde sedimentpakket in de eindsituatie in het baggergebied zijn weergegeven in de tabellen 12 en 13 (bijlage B). In tabel 12 is de gemiddelde waarde vermeld van de chemische parameters in de baggervakken (mengmonsters 01 t/m 30) en van de monsters uit de boringen 31 t/m 40. In tabel 13 is de gemiddelde waarde vermeld van de gehalten voor de gebieden die op basis van de dikte van de

achtergebleven sliblaag zijn geclusterd. Tevens is de gemiddelde waarde vermeld van de gehalten uit een viertal monsters uit boringen waarin in de toplaag geen slib is aangetroffen. Duidelijk is te zien dat er een verband bestaat tussen de mate van verontreiniging van de bemonsterde laag in de onderscheiden gebieden en de dikte van de aldaar achtergebleven laag slib (morslaag).

In het algemeen liggen de gehalten van de chemische verontreinigingen in het bemonsterde sedimentpakket in het baggergebied voor de meeste stoffen lager dan in de te verwijderen sliblaag, maar hoger dan in de ongestoorde zandlaag uit de beginsituatie. Er zijn echter ook uitzonderingen op dit beeld (zie bijlage B, tabel 4).

In die gevallen, waarbij het bodemoppervlak uit zand bestaat (monsters 31, 33, 36 en 40) liggen de gehalten, in zoverre deze detecteerbaar zijn, op nagenoeg hetzelfde niveau als in de zandlaag die rond 1970 aan het bodemoppervlak lag. In de mengmonsters, waarin nabij het bodemoppervlak wel slib is aangetroffen, zijn de gehalten relatief het laagst in de gebieden, waar de achtergebleven sliblaag relatief dun is (vakken L, G en H). In de vakken J, I en A t/m F is de laag slib gemiddeld dikker dan 10 cm en zijn de gehalten van de verontreinigingen over het geheel genomen hoger dan in de vakken L, G en H.

In hoofdstuk 9 zal de relatie tussen de dikte van de achtergebleven sliblaag en de mate van verontreiniging van het bemonsterde pakket in de onderscheiden baggergebieden worden behandeld. In dit hoofdstuk wordt volstaan met het schetsen van het gemiddelde beeld voor de onderscheiden stofgroepen.

Rekening houdend met het aandeel van het slib en het zand in het bemonsterde sedimentpakket, met de bijbehorende droge stof concentraties, kan becijferd worden dat, voor de gemiddelde situatie, het slib voor ca. 45 % bijdraagt aan de droge stof massa van het sedimentpakket binnen het baggergebied. In de te verwijderen sliblaag was deze bijdrage uiteraard 100 %. Indien het gehalte van een specifieke stof in de oorspronkelijke sliblaag bijvoorbeeld 5 maal zo hoog was dan in de onderliggende zandlaag, dan zou bij een 45 %-aandeel van het slib de verhouding  $T_1$ -slib-zandlaag/ $T_0$ -sliblaag omtrent 0,56 bedragen.

De gehalten van de metalen liggen in de geclusterde monsters HVES 01 t/m 30 uit de baggervakken A t/m L in de eindsituatie dan ook aanzienlijk lager dan in de te verwijderen sliblaag; de verhouding  $T_1$ -slibzandlaag/ $T_0$ -toplaag varieert van 0,49 tot 0,67 m.u.v. arseen dat op 0,71 ligt (zie bijlage B, tabellen 4 en 14).

Van de PAK's zijn de gehalten in de eindsituatie van 11 van de 12 stoffen iets tot aanzienlijk lager dan in de verwijderde sliblaag. Het verhoudingsgetal varieert van 0,50 tot 0,97; voor één stof bedraagt deze factor echter ruim 1,5. Bij de PCB's zijn de gehalten voor één stof (PCB-118) nagenoeg gelijk, maar voor de overige PCB's aanzienlijk lager; het verhoudingsgetal varieert hierbij van 0,60 tot ca. 0,90.

Bij de bestrijdingsmiddelen liggen de gehalten van slechts 3 stoffen t.w. HCB, DDT en  $\alpha$ -HCH gemiddeld genomen boven de detectielimiet; hiervan liggen de gehalten van HCB en DDT op een dusdanig niveau dat ze na omrekening naar standaard waterbodembodem in klasse 3 terecht komen. Volstaan wordt met de verhoudingsgetallen voor deze twee stoffen; deze zijn resp. 0,45 en 2,09. In hoofdstuk 9 zal de afwijkende factor voor DDT onder de loep worden genomen.

Bij de minerale olie en de EOX zijn de gehalten aanzienlijk lager dan in de sliblaag in de beginsituatie, verhoudingsgetal 0,44 resp 0,53.

In de bergingsput liggen de gehalten van de verontreinigingen in de eindsituatie over het algemeen in de dezelfde orde van grootte als in de oorspronkelijk in het baggergebied aanwezige sliblaag, zij het dat er in enkele gevallen toch sprake is van substantiële afwijkingen.

Bij de metalen alsmede de PAK's zijn de gehalten iets tot aanzienlijk hoger dan in de verwijderde sliblaag in het baggergebied. Bij de PCB's zijn de gehalten voor drie stoffen iets lager en voor de overige stoffen iets tot aanzienlijk hoger.

Bij de bestrijdingsmiddelen zijn de gehalten in de bergingsput voor 9 van de 11 stoffen c.q. stofgroepen iets tot aanzienlijk lager. Alleen voor Hexachloorbutadiëen en Pentachloorbenzeen zijn deze respectievelijk iets en aanzienlijk hoger. Van 7 bestrijdingsmiddelen liggen de gehalten beneden de detectielimiet; de gehalten van alle overige bestrijdingsmiddelen zijn eveneens zodanig

laag dat ze na omrekening naar standaard waterbodem beneden de klasse 2/3 grens blijven. De gehalten van minerale olie en EOX zijn in de bergingsput aanzienlijk hoger.

#### 8.4.2 Gehalten chemische verontreinigingen na omrekening naar standaard waterbodem

De resultaten van de fysische en chemische analyses zijn ingevoerd in LAWABO en zijn vervolgens getoetst aan de normen van 3e Nota Waterhuishouding aangevuld met MILBOWA. De bemonsterde laag sediment in het baggergebied, in het transportkanaal en in de bergingsput moet worden geclassificeerd als klasse 3 of klasse 4 specie m.u.v. een viertal monsters uit boorkernen in het baggergebied en een monster uit een boring in het transportkanaal, waarvan de classificatie klasse 2 of beter is (zie bijlage B, tabellen 7 en 11).

Bij nadere beschouwing van de klasseindeling over het baggergebied blijkt, dat 20 van de 30 mengmonsters in klasse 3 terecht komen en de overige 10 monsters in klasse 4.

De indeling van 10 mengmonsters in klasse 4 kan toegeschreven worden aan overschrijding van de klasse 3/4 grens door enkele PCB's. Dit gebeurt het meest frequent door de twee lichtste PCB's (PCB-28: 10 maal; PCB-52: 5 maal) en minder door de zwaardere (PCB-118: 3 maal; PCB-153: 1 maal). Bij de PAK's wordt voornoemde grens tweemaal overschreden door Pyreen en eenmaal door Benz(b)fluorantheen. De overige PAK's en PCB's scoren klasse 3 of beter.

Bij de metalen wordt de klasse 2/3 grens in 13 van de 30 gevallen overschreden; dit gebeurt het meest frequent door kwik (12 maal) en verder door cadmium (4 maal) en koper (2 maal). In de groep bestrijdingsmiddelen wordt de klasse 2/3 grens in alle gevallen overschreden, hetgeen toe te schrijven is aan slechts een tweetal stoffen; dit gebeurt 29 maal door DDT (incl. DDD en DDE) en 22 maal door Hexachloorbenzeen. Door de overige stoffen in deze groep wordt voornoemde grens nauwelijks tot niet overschreden. EOX scoort in 24 van de 30 gevallen beter dan klasse 3.

#### 8.4.3 Resumé.

Alles overziende kan voor het baggergebied geconstateerd worden dat, na omrekening van de gehalten naar de standaard waterbodem, enkele PCB's er toe leiden dat het eindoordeel van LAWABO voor 10 deelvakken op klasse 4 uitkomt. Voor het overige scoren een drietal metalen, het merendeel van de PAK's en de PCB's, een tweetal bestrijdingsmiddelen en EOX in een variërend deel van de monsters klasse 3. In de overige gevallen is de score in de diverse stofgroepen klasse 2 of beter.

In de bergingsput worden alle monsters door LAWABO als klasse 3 geclassificeerd. Deze beoordeling (klasse 3) kan worden toegeschreven aan een drietal stofgroepen t.w. de metalen, de PAK's en de PCB's.

Bij de metalen scoren cadmium, kwik en koper in het merendeel van de monsters klasse 3; de resterende metalen scoren klasse 2 of beter.

Bij de PAK's komt de beoordeling van een drietal stoffen in ca. 85 % van de monsters uit op klasse 3; nog een zestal stoffen scoren in 15 à 40 % van de gevallen klasse 3.

Een vijftal PCB's zorgt er voor dat voor 50 à 100 % van de monsters het eindoordeel klasse 3 luidt. Voor alle overige stoffen in deze monsters, o.a. bij alle bestrijdingsmiddelen, is de kwaliteit klasse 2 of beter.

## 9. Vergelijking tussen begin- en eindsituatie en interpretatie van de resultaten.

### 9.1 Hoogteligging van de waterbodem.

Door uitvoering van de proef met waterinjectie baggeren zijn er veranderingen teweeg gebracht in de morfologie van lokatie 'Hoornsche Gat' (bijlage A, figuur 14).

In het baggergebied is gebleken dat er een over het grootste gedeelte een duidelijke verdieping is opgetreden met een orde van grootte van 20 à 60 cm. Op twee plaatsen echter is zeer lokaal van een aanvulling sprake tot een dikte van 1,80 m. Dit betrof plaatsen waar voorafgaand aan de baggerproef een lokale verdieping in het bodemprofiel aanwezig was.

Men kan stellen dat door de uitvoering van de baggerproef een zekere nivellering van het bodemprofiel is opgetreden waarbij lokale putjes zijn opgevuld met losgemaakt bodemmateriaal.

In het transportkanaal is over een groot gedeelte een verdieping te constateren met een breedte van ca. 30 m. Deze verdieping behoorde niet tot het doel van de proef.

Overigens is een gedeelte van het transportkanaal na een aanvankelijke verdieping tijdens de proef weer verondiept als gevolg van sedimentatie. Hier is materiaal dat bij het baggerproces is losgemaakt achtergebleven.

De bergingsput is voor een gedeelte opgevuld met de specie die uit het baggergebied en uit het transportkanaal is verwijderd.

Er zijn echter door de baggeractiviteiten ook buiten de bergingsput verondiepingen opgetreden, die naar alle waarschijnlijkheid kunnen worden toegeschreven aan verspreiding van sediment door de dichtheidsstroom.

Nabij de randen van het baggergebied is zover na te gaan slib terechtgekomen dat, na het inbrengen van water, boven het niveau van de omringende bodem uit is gekomen en daar over beperkte afstand zijdelings is weggevloeid.

De verondiepingen ter weerszijden van het transportkanaal kunnen worden toegeschreven aan een te geringe capaciteit en het tussentijds verstopt raken van dit kanaal.

De hoogte van de dichtheidsstroom is zeker gedurende een gedeelte van de periode groter geweest dan de diepte (t.o.v. de omringende bodem) van het kanaal, waardoor baggerspecie ter weerszijden van het kanaal is terechtgekomen. De gemiddelde helling van 1:1000 in combinatie met een doorstroomprofiel van gemiddeld  $0,5 \times 30 \text{ m}^2$  is klaarblijkelijk onvoldoende om de dichtheidsstroom tijdens en na afloop van de baggeractiviteiten voldoende in beweging te houden.

### 9.2 Bodemopbouw in het baggergebied.

Er is gebleken dat het niet gelukt is de totale hoeveelheid slib uit het baggergebied te verwijderen. Uit de valbembemonstering en de vibrocore-boringen die t.b.v. het vastleggen van de eindsituatie zijn uitgevoerd blijkt namelijk dat een sliblaagje ter dikte van ruim 0,10 m (overeenkomend met ca.  $32.600 \text{ m}^3$ ) is achtergebleven, waarbij de bodem veelal vanaf het oppervlak tot een diepte van 15 à 25 cm is geroerd.

De te verwijderen laag slib in het baggergebied had, conform de resultaten van de laagdiktemeting met de subbottom profiler van Fugro Survey BV (zie par. 4.2.2), een gemiddelde dikte van omtrent 0,44 m overeenkomend met een volume van  $138.100 \text{ m}^3$  (tabel 15).

Uit een berekening, waarbij de in- en de uitpeiling met elkaar zijn vergeleken, volgt dat uit het baggergebied ca.  $107.000 \text{ m}^3$  slib is verwijderd overeenkomend met een gemiddelde dikte van bijna 0,34 m.

Sommering van de gemiddelde dikte van de verwijderde en de achtergebleven laag slib resulteert in een totale laagdikte van omtrent 0,44 m, hetgeen overeenkomt met het resultaat uit de survey met de subbottom profiler.

Nagegaan is of het in de beginsituatie onder de sliblaag aanwezige zandpakket door de baggeractiviteiten substantieel is verstoord. Dit is gedaan aan de hand van de resultaten van vibrocore-boringen van de  $T_0$ -situatie en van de  $T_1$ -situatie welke globaal op dezelfde lokatie zijn genomen (bijlage A, figuren 17 t/m 23).

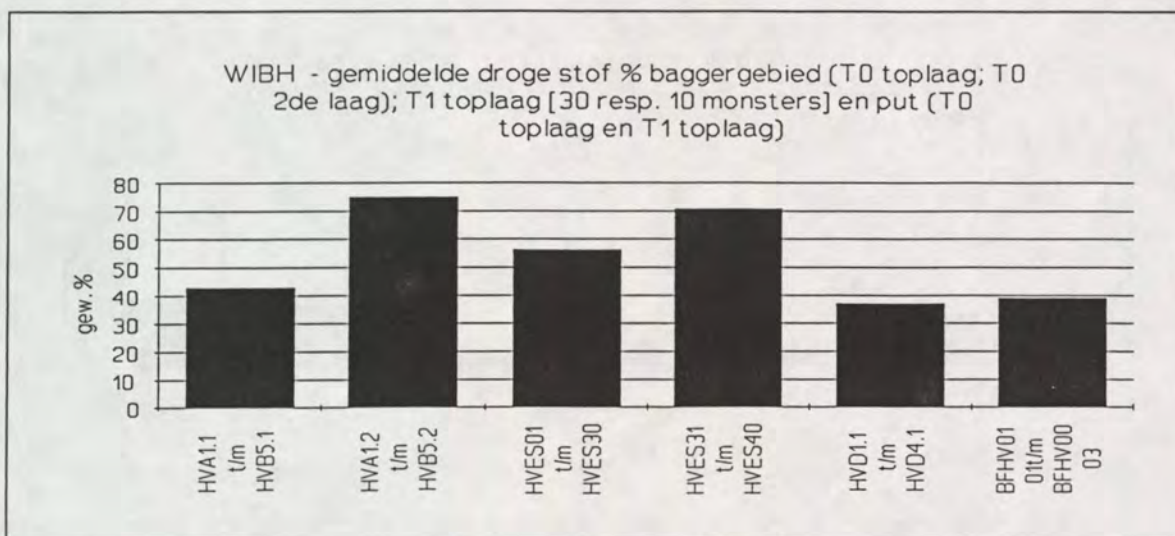
Omdat de referentiehoogtes zoals opgegeven in de boorbeschrijvingen enigszins afwijken van de peilingen die in dezelfde perioden zijn genomen is op deze hoogtes een correctie toegepast waarbij voor de  $T_0$ -boringen de peiling van 18 t/m 21 oktober 1993 is gebruikt en voor de  $T_1$ -boringen de peiling van 29 november t/m 2 december 1993.

Op basis van deze vergelijking kan niet worden geconstateerd dat er bij het waterinjectie baggeren ook zand uit het onder het slib gelegen zandpakket is meegebaggerd. Op basis van de informatie verkregen uit alle bodemonsters en alle boorkernen kan hooguit worden verondersteld dat zeer lokaal enig zand in beweging is geweest.

### 9.3 Fysische eigenschappen.

De fysische eigenschappen zijn zowel vóór als na de proef vastgesteld voor zowel het baggergebied, het transportkanaal alsook voor de bergingsput.

In figuur 9.1 is een beeld gegeven van het gemiddelde droge stof percentage van het sediment in het baggergebied en in de bergingsput voor, en na afloop van, de proef. Daaruit blijkt dat het bemonsterde sedimentpakket in het baggergebied, gezien het droge stof percentage in de mengmonsters HVES 01 t/m 30, is samengesteld uit een deel van de oorspronkelijke sliblaag en voor de rest uit het onderliggende zand.



Figuur 9.1

Het in de bergingsput terechtgekomen sediment had ten tijde van de monsternamen, ruim 3 maanden na afloop van de proef, een iets lager droge stof percentage dan voor de proef in het baggergebied is vastgesteld. Vergelijk de monsters HVA1.1 t/m HVB5.1 met de monsters met code BFHV. In het transportkanaal was het droge stof percentage na de proef in de recent afgezette sedimenten (64 %) aanzienlijk hoger dan in het oorspronkelijk ter plaatse aanwezige slib (45 %).



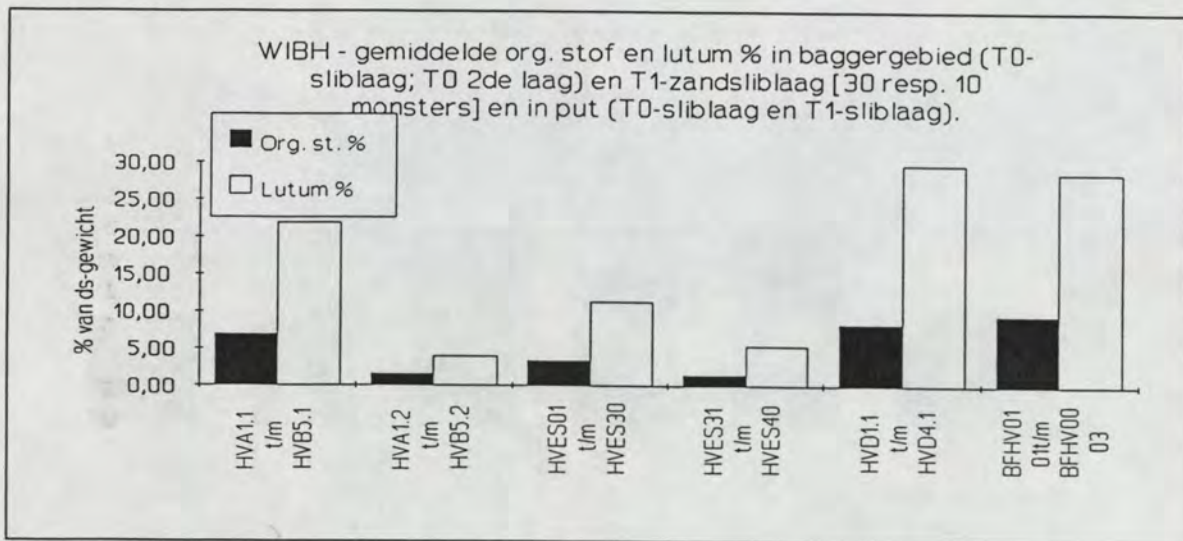
Uit vergelijking van de organische stof en de granulaire samenstelling van de te verwijderen sliblaag in het baggergebied in de beginsituatie met die van de specie, die na de proef in de bergingsput is aangetroffen, blijkt dat de percentages organische stof en van de fracties  $<63 \mu\text{m}$  in de bergingsput per eenheid van massa aanzienlijk groter zijn. In de bergingsput (eindsituatie) blijkt het percentage organische stof een factor 1,4 en het percentage lutum een factor 1,3 hoger uit te vallen dan in het baggergebied (beginsituatie) hetgeen een aanwijzing is voor 'uitzeving' van de grovere fractie tijdens het transport. Tevens zijn er aanwijzingen dat ook tijdens het injectieproces reeds sprake kan zijn van enige uitzeving.

Indien in het baggergebied met de droge stof concentraties en de bijbehorende organische stof en lutum percentages uit de beginsituatie (sliblaag en deel van het zandpakket) de dito percentages voor de eindsituatie worden berekend, dan vallen deze namelijk iets hoger uit dan de uit de analyses verkregen percentages (bijlage B, tabel 15).

Het voor de eindsituatie berekende organische stof percentage is omtrent 1,2 en dat van lutum ca. 1,1 maal zo groot als de waarde die volgt uit de analyse. Hieruit zou met enig voorbehoud de conclusie kunnen worden getrokken dat de laag dun slib, die naar verwachting na het baggerproces opnieuw is gesedimenteerd, procentueel minder organische stof en lutum bevat dan de oorspronkelijk aanwezige laag slib.

Opmerkelijk is dat de samenstelling van het na de proef in het transportkanaal aangetroffen nieuwe sediment aanzienlijk grover is dan van het weggebaggerde slib. De percentages van de organische stof en van de korrelfracties  $<63 \mu\text{m}$  zijn alle ruim gehalveerd t.o.v. de beginsituatie.

In figuur 9.2 zijn de resultaten vermeld (gemiddelde per gebied) van de analyses van de organische stof en van het lutum voor het baggergebied en de bergingsput voor zowel de begin- als voor de eindsituatie.



Figuur 9.2

### 9.3.1 Massabalans droge stof.

De met behulp van lodingen vastgestelde bodemveranderingen zijn, in combinatie met de resultaten van de bodembemonstering en de fysische eigenschappen van de sedimenten, de basis geweest voor het opstellen van een massabalans.

Uit de beschouwing van de fysische eigenschappen, in combinatie met de opbouw van het na de proef bemonsterde lagenpakket in het baggergebied kan worden afgeleid dat de fysische eigenschappen in dit pakket deels afkomstig moeten zijn uit de in de beginsituatie te verwijderen sliblaag en deels uit de daaronder gelegen zandlaag. Dit gegeven is gebruikt om voor het baggergebied een globale massabalans op te stellen. Daarnaast is ook een globale massabalans gemaakt voor de gehele lokatie 'Hoornsche Gat'. Gesignaleerd wordt dat voor het vervaardigen van deze balansen, voor gebieden waar geen danwel onvoldoende gegevens m.b.t. de grootte van de fysische parameters voorhanden zijn, een schatting is gemaakt van de waarde van deze parameters. Deze schatting is gemaakt na vergelijking met vergelijkbare gebieden binnen lokatie 'Hoornsche Gat'.

In tabel 15 (bijlage B) is een massabalans weergegeven voor het baggergebied en voor de gehele lokatie 'Hoornsche Gat'. Deze massabalans is voor de droge stof ook grafisch weergegeven in figuur 24 (bijlage A).

Ten behoeve van de massabalans voor het baggergebied is voor de eindsituatie, waarin een pakket bestaande uit slib en zand is bemonsterd, de zandlaag rekenenderwijs uit het pakket verwijderd. Hierbij is er vanuit gegaan dat de fysische eigenschappen van het zand t.o.v. de beginsituatie onveranderd zijn gebleven. Op deze wijze kan de achtergebleven sliblaag afzonderlijk onder de loep worden genomen. Bij het 'terugrekenen' naar de onderscheiden fysische parameters lijkt het er op dat percentages van de organische stof en de korrelfracties  $<63 \mu\text{m}$  in de achtergebleven sliblaag zijn afgenomen t.o.v. die in de voor de proef aanwezige laag.

Uit vergelijking van de massa van het in de baggerlokatie aanwezige slib vóór de proefneming met de massa door baggerwerk verwijderd slib blijkt dat ca. 76,5 % van het slib is weggebaggerd, terwijl het resterende deel is achtergebleven.

Deze vergelijking is tevens gemaakt voor de onderscheiden fysische parameters; het lijkt er op dat van de organische stof en van de fracties  $<63 \mu\text{m}$  enkele procenten meer dan 76,5 % is verwijderd en van de fractie  $>63 \mu\text{m}$  aanzienlijk minder. Er zijn dus aanwijzingen dat een morslaag in het baggergebied niet dezelfde korrelsamenstelling heeft, minder organische stof en lutum bevat, dan de te verwijderen sliblaag. Dit kan een aanwijzing zijn voor uitzeying tijdens het baggeren. Bij slib dat niet in beroering is geweest zal dit uiteraard niet het geval zijn.

Rekening houdend met de gemiddelde dikte van het pakket dat bemonsterd is, de gemiddelde dikte van het slib- en zandpakket waaruit dit is opgebouwd alsmede de bijbehorende droge stof concentraties per eenheid van volume kan becijferd worden dat in het baggergebied ca. 45 % van de massa van het bemonsterde pakket afkomstig is van de te verwijderen sliblaag en ca. 55 % van de zandlaag die rond 1970 de toplaag vormde.

Het baggergebied en het transportkanaal zijn door waterinjectiebaggeren verdiept, waarbij de gebaggerde specie grotendeels is afgestroomd naar de bergingsput.

De met behulp van lodingen vastgestelde verondiepingen zijn vertaald naar massa droge stof, waarbij verondersteld is dat de afgezette sedimenten nabij het baggergebied en ter weerszijden van het transportkanaal dezelfde samenstelling en dezelfde droge stof concentratie hebben als het achtergebleven slib in het baggergebied. Voor de sedimenten in het baggergebied, in het transportkanaal en in de bergingsput zijn uiteraard de analysesresultaten gehanteerd.

In tabel 9.1 is de massabalans verkort weergegeven. Hierbij is de totale hoeveelheid slib die oorspronkelijk in het baggergebied en in het transportkanaal aanwezig was op 100 % gesteld.

Zeer waarschijnlijk is dat het voor de proef in de bergingsput aanwezige slib, door de bovenbelasting van het geborgen slib, een hogere consolidatiegraad zal hebben gekregen, waardoor in de bergingsput meer slib kan zijn geborgen dan uit lodingen in combinatie met de droge stof concentratie zou blijken. Tevens kan de geschatte droge stof concentratie van de sedimenten, die rond het baggergebied en nabij het transportkanaal zijn terecht gekomen, te hoog zijn geweest.

Gezien vorenstaande kan het percentage in de bergingsput geborgen sediment omtrent 45 %, of nog iets hoger, zijn geweest. Zeker is dat de tijdens de proef geborgen sedimenten 3 maanden na

Verkorte massabalans	
In baggergebied achtergebleven	21,5 %
In transportkanaal achtergebleven	9,0 %
Verondieping rond baggergebied en ter weerszijden van het transportkanaal	26,0 %
Aantoonbaar in put geborgen	40,0 %
Sluitfout	3,5 %
Totaal	100,0 %

Tabel 9.1

de proef een hogere droge stof concentratie bezaten dan het slib dat reeds in de bergingsput aanwezig was.

Wanneer men uitgaat van de massahoeveelheid uit het baggergebied verwijderde specie en stelt men dit op 100 % dan is de verdeling als volgt:

- Geborgen in bergingsput: ca. 50 %
- Achterbleven in transportkanaal: ca. 13 %
- Gesedimenteerd buiten baggergebied en transportkanaal: ca. 37 %

#### 9.4 Chemische eigenschappen van de sedimenten.

Bij beschouwing van de chemische eigenschappen van het bemonsterde sedimentpakket in het baggergebied ligt het voor de hand dat, evenals de fysische eigenschappen, ook de gehalten aan verontreinigingen in de eindsituatie een afspiegeling vormen van de afzonderlijke bijdragen uit de deelpakketten van slib en zand.

In afwijking van bij de fysische eigenschappen zullen de aangetroffen verontreinigingen voor een veel groter deel toegeschreven moeten worden aan die van de te verwijderen sliblaag, omdat de mate van verontreiniging in de te verwijderen sliblaag per eenheid van massa aanzienlijk groter was dan in het daaronder liggende zandpakket.

Bij de metalen blijkt gemiddeld omtrent 80 % van de waarde van de gehalten in de eindsituatie afkomstig uit de oorspronkelijke (te verwijderen) sliblaag en de rest uit het daaronder liggende zand (tabel 14). Bij de onderscheiden metalen varieert het percentage (67 à 86 %) rond genoemde gemiddelde waarde.

Bij de organische microverontreinigingen is de bijdrage uit de onderscheiden slib- en zandlaag voor een aantal stoffen wel en voor een aantal veel minder duidelijk. Een omstandigheid, die de beoordeling c.q. vergelijking bemoeilijkt, is dat de gehalten van een aantal stoffen in de onderliggende zandlaag in de beginsituatie beneden de detectielimiet lagen. Tevens lijkt het er op dat uit het dunne slib een gedeelte van de fijne fractie is weggetransporteerd.

Bij de PAK's en de PCB's draagt de oorspronkelijk aanwezige sliblaag gemiddeld voor omtrent 85 % bij aan de gehalten in het bemonsterde pakket.

De percentages van de onderscheiden stoffen variëren ook hierbij rond de gemiddelde waarde (variatie 80 à 91 % met een uitbijter van 68 % voor PCB-180).

Bij de minerale olie en de EOX is de bijdrage uit de oorspronkelijke sliblaag omtrent 84 resp. 87 %. Bij de bestrijdingsmiddelen is de bijdrage uit de onderscheiden lagen wisselvallig en moeilijker te kwantificeren. De bijdrage uit de sliblaag bedraagt gemiddeld omtrent 63 %.

Opgemerkt wordt dat de gehalten aan bestrijdingsmiddelen in het te verwijderen slib en in het zand in de beginsituatie soms nagenoeg even hoog waren, ondanks het substantiële verschil in het organische stof en lutum percentage.

In een drietal gevallen liggen de gehalten beneden de detectielimiet, en in een vijftal gevallen gemiddeld iets hoger dan de gehalveerde detectielimiet, en is de overeenkomst verklaarbaar. Deze verontreinigingen vormen verder geen probleem omdat ze na omrekening naar standaard bodem beneden de klasse 2/3 grens blijven.

Bij een drietal bestrijdingsmiddelen (HCB, DDT en  $\alpha$ -HCH) zijn verontreinigingsniveaus voor 75 à 95 % afkomstig uit de oorspronkelijke sliblaag.

Bij een tweetal verontreinigingen (DDT en  $\alpha$ -HCH) is de mate van toename van de gehalten in de eindsituatie niet zonder meer verklaarbaar uit de bijdragen uit de zand- en de sliblaag (bijlage B, tabel 4). De gehalten in de bemonsterde laag liggen namelijk hoger dan in de te verwijderen sliblaag. Een verklaring voor dit fenomeen zou kunnen zijn, dat de rond de afsluiting van het Haringvliet afgezette sedimenten relatief veel meer verontreinigd waren met deze twee bestrijdingsmiddelen DDT (incl. DDD en DDE) en  $\alpha$ -HCH dan nadien.

#### 9.4.1 Relatie sliblaag dikte met verontreinigingsgraad.

De chemische eigenschappen zijn op basis van de in hoofdstuk 8 onderscheiden deelgebieden, waarin de dikte van de achtergebleven sliblaag verschillend was, meer in detail onder de loep genomen. Hierbij zijn ook enkele monsters uit boorkernen in ogenschouw genomen, waarin het zandpakket na de proef aan het bodemoppervlak lag.

Er blijkt een relatie te bestaan tussen de verontreinigingsgraad van de monsters en de verhouding waarin het sediment uit de voor de proef aanwezige sliblaag en de daaronder liggende zandlaag aan het bemonsterde sedimentpakket bijdragen. De afzonderlijke bijdragen kunnen het best afgeschat worden aan de hand van de droge stof concentraties. Per eenheid van volume was in het onderliggende zand 2,4 maal zoveel droge stof aanwezig als in de te verwijderen sliblaag.

Een gegeven is dat de sliblaag veel meer verontreinigd was dan de relatief schone onderliggende zandlaag. Naarmate de achtergebleven sliblaag t.o.v. het bemonsterde pakket dunner is, zullen de gehalten van de verontreinigingen lager zijn. Dit is af te leiden uit tabel 8.1 en tabel 13 (bijl. B).

Bij de monsters 31, 33, 36 en 40 bestond het bodemoppervlak na de proef uit zand en zijn de gehalten overall gezien laag; voor een groot aantal stoffen liggen de gehalten beneden de detectielimiet. Bij deze monsters liggen de gehalten op een vergelijkbaar niveau als in de zandlaag in de  $T_0$ -situatie.

Bij de mengmonsters uit de deelgebieden binnen het baggergebied is de verontreinigingsgraad voor de monsters uit het transportkanaal (monsters 27 t/m 30 in gebied L) voor het overgrote deel van de stoffen relatief het laagst, de dikte van de sliblaag bedraagt minder dan 40 % van het totale pakket.

Daarop volgend zijn de gemiddelde gehalten van de monsters 07 t/m 13 uit de vakken G t/m H (dikte sliblaag 45 %) over het algemeen hoger dan in vak L, maar aanzienlijk lager dan in de vakken A t/m F, I en J. In deze deelgebieden draagt de dikte van de sliblaag voor resp. 70, 80 en 73 % bij aan het bemonsterde pakket.

Verder lijkt het er op dat indien er in het achtergebleven slibpakket, bij een nagenoeg gelijke volumeverhouding slib:zand, relatief meer opnieuw gesedimenteerd slib voorkomt de gehalten iets lager uitvallen dan wanneer meer van het nog niet verplaatste slib aanwezig is. Vergelijk de gemiddelde gehalten uit vak I met die uit vak J.

Resumerend kan worden gesteld dat, indien alle slib op een lokatie verwijderd is, de gehalten van de verontreinigingen nagenoeg op eenzelfde niveau komen als in het zandpakket dat rond 1970 aan het bodemoppervlak lag.

In een achtergebleven sliblaag die niet in beweging is geweest zullen de gehalten nagenoeg even hoog zijn als het gemiddelde in de sliblaag die verwijderd moest worden. Het lijkt er op dat de gehalten in slib dat wel in beweging is geweest, en waaruit een gedeelte van de organische stof en van de fijne korrelfractie is verdwenen, wat lager uitvallen dan die in de oorspronkelijke sliblaag.

Naarmate de dikte van de achtergebleven laag verder kan worden geminimaliseerd zullen de gehalten in het pakket, bij een gelijkblijvende dikte van het bemonsterde pakket, in de buurt komen van die in het onderliggende zandpakket.

De vraag is wat baggertechnisch haalbaar is; het optimum is tijdens deze proef niet bereikt.

#### 9.4.2 Chemische verontreinigingen na omrekening naar standaardbodem/kwaliteit.

Het is, gezien het feit dat de gehalten in de achtergebleven laag slib grotendeels worden bepaald door het oorspronkelijk aanwezige slib, dan ook verklaarbaar dat de kwaliteit van de mengmonsters na omrekening naar de standaard waterbodem door LAWABO als klasse 3 en 4 is geclassificeerd en van enkele separate monsters, waarin op het zandpakket geen slib is aangetroffen, als klasse 2 of beter (bijlage B, tabellen 7 t/m 10). Indien op het zand geen slib meer aanwezig is, zoals in de monsters 31, 33, 36 en 40, dan is de kwaliteit klasse 2 of beter.

Bij de mengmonsters uit de onderscheiden bagger(deel)vakken lijkt de kwaliteit van het bemonsterde sedimentpakket voor een aantal verontreinigingen over het algemeen beter te zijn naarmate de achtergebleven sliblaag dunner is. Nochtans is de classificatie (eindoordeel) van de mengmonsters bij 20 van de 30 monsters klasse 3 en de rest klasse 4.

De beschrijving van de kwaliteitsaspecten voor de onderscheiden gebieden zoals genoemd in hoofdstuk 8 is gerelateerd aan de laagdikte achtergebleven slib; begonnen is bij het gebied met de kleinste laagdikte t.w. vak L alwaar gemiddeld 5 cm slib is achtergebleven. De laagdikte in de deelvakken varieert van ruim 3 tot ruim 6 cm (tabel 8.1).

In het binnen het baggergebied gelegen gedeelte van het transportkanaal (vak L) is de kwaliteit van de specie in 3 van de deelvakken klasse 3 en in 1 vak klasse 4. De klassegrens 3/4 wordt in één monster door PCB-28 in geringe mate overschreden. De maximum score van de metalen in dit vak is klasse 2. Van de overige stoffen ligt het merendeel van de PAK's, ongeveer de helft van de PCB's en een tweetal bestrijdingsmiddelen in klasse 3. De rest van de stoffen scoort klasse 2 of beter.

In de vakken G en H met een slibdikte in de deelvakken van 3 tot 8 cm (gemiddelde 6 cm), waarin de geclusterde monsters 07 t/m 13 zijn geanalyseerd, is het eindoordeel conform LAWABO voor alle monsters klasse 3. De indeling in klasse 3 moet worden toegeschreven aan de PAK's en de PCB's, waarvan het merendeel van de onderscheiden stoffen in die klasse valt alsmede een tweetal bestrijdingsmiddelen (HCB en DDT). De resterende stoffen scoren alle klasse 2 of beter.

In de 4 deelvakken binnen vak J (monsters 22 t/m 25) luidt het eindoordeel van LAWABO drie maal klasse 4 en een maal klasse 3.

De achtergebleven laag slib is 6 tot 18 cm dik (gemiddelde 11 cm); het oordeel klasse 4 is toe te schrijven aan de twee lichtste PCB's (3 maal PCB-28; 1 maal PCB-52).

Van de overige verontreinigingen scoort het merendeel van de PAK's en de PCB's en HCB en DDT klasse 3. Bij de metalen komen kwik (100 % van de monsters), cadmium (25 %) en koper (50 %) eveneens in klasse 3.

In de 8 deelvakken binnen vak I (monsters 14 t/m 21) wordt de specie in 4 deelvakken beoordeeld als klasse 4 en in de overige vakken als klasse 3. De achtergebleven laag slib is 3 tot 19 cm dik (gemiddelde 12 cm); het eindoordeel klasse 4 is toe te schrijven aan PCB-28. Pyreen en PCB-52 scoren incidenteel ook klasse 4. De indeling van de overige monsters in klasse 3 is tot stand gekomen vanwege de overschrijding van de klasse 2/3 grens door het merendeel van de PAK's en de PCB's. Bij de metalen scoort kwik in bijna 90 %, en cadmium in 25 %, van de gevallen klasse 3. Bij de bestrijdingsmiddelen scoort DDT in bijna 90 %, en HCB in 50 %, van de gevallen klasse 3. De resterende verontreinigingen liggen in klasse 2 of lager.

In de vakken A t/m F, waarin de monsters 01 t/m 06 zijn samengesteld, luidt het eindoordeel van LAWABO in de vakken C en D klasse 4; het achtergebleven slib in de overige vakken wordt aangemerkt als klasse 3. In dit gebied (A t/m F), waar de achtergebleven laag slib varieert van 7,5 tot 24 cm (gemiddelde 14 cm), is de indeling van twee vakken in klasse 4 toe te schrijven aan PCB-28, -52 en -118. Incidenteel scoort ook PCB-153 en Pyreen klasse 4. Het merendeel van de PAK's en de PCB's en een tweetal bestrijdingsmiddelen worden ingedeeld in klasse 3. De overige stoffen scoren klasse 2 of beter m.u.v. een tweetal metalen en EOX, die incidenteel de klassegrens 2/3 in geringe mate overschrijden.

#### 9.4.3 Kwaliteit van de specie in de bergingsput.

De specie die in de bergingsput is geborgen wordt over de gehele lijn als klasse 3 beoordeeld. De indeling in klasse 3 is tot stand gekomen op basis van de gecorrigeerde gehalten van de metalen cadmium, kwik en koper, en tevens van een aantal PAK's en PCB's (bijlage B, tabel 11).

Bij de PAK's scoren Pyreen, Benz(b)fluorantheen en Chryseen in bijna 90 % van de monsters klasse 3; van een zestal andere PAK's overschrijden de gehalten in 10 tot 40 % van de gevallen de klasse 2/3 grens.

Een viertal PCB's overschrijden in 50 tot 60 % van de gevallen voornoemde grens; PCB-28 bereikt in alle monsters klasse 3.

De bestrijdingsmiddelen, de minerale olie en EOX (in 90 % van de gevallen) overschrijden de klasse 2/3 grens echter niet.

#### 9.4.4 Massabalans verontreinigingen.

Uitgaande van de massabalans voor de droge stof is voor lokatie 'Hoornsche Gat' een massabalans opgesteld voor een zestal metalen en een elftal microverontreinigingen. De geselecteerde parameters worden representatief geacht voor dat deel van de geanalyseerde verontreinigingen, die in het Haringvliet als 'probleem' stoffen kunnen worden aangemerkt. Bij het merendeel van deze stoffen luidt het eindoordeel van LAWABO na de toetsing aan de normen dan ook nogal eens klasse 3 en incidenteel zelfs klasse 4.

In het merendeel van de gebieden is gebruik gemaakt van de in bodemmonsters aanwezige verontreinigingen, waarvan de gehalten d.m.v. analyse zijn bepaald.

Opgemerkt wordt dat in de gebieden waar onvoorziene sedimentatie is opgetreden (rondom het baggergebied en ter weerszijden van het transportkanaal) geen monsters voorhanden zijn van het bodemmateriaal. In deze gebieden is de chemische samenstelling geschat aan de hand van de gehalten aan verontreinigingen in het bodemmateriaal dat uit het baggergebied is afgestroomd.

Per deelgebied is op basis van de massa droge stof (tonnen) en het gemiddelde gehalte per onderscheiden verontreiniging de massa berekend in kg.

Gesignaleerd wordt dat de massabalans van de verontreinigingen, vanwege ontbrekende gegevens in een deel van het gebied en het feit dat het aantal monsters veelal (te) beperkt is en de daarin vastgestelde gehalten van de diverse verontreinigingen niet altijd een even consistent beeld geven per onderscheiden deelgebied, noodgedwongen een globaal karakter draagt.

Een gevolg hiervan is dat rekening moet worden gehouden met een aanzienlijke spreiding in de nauwkeurigheden en dus ook in de sluitfout.

Voor het baggergebied is, naast de massahoeveelheid in kg, per stof tevens het percentage van de massa berekend, dat door baggeren uit dit gebied is verwijderd. Tenslotte is voor de gehele lokatie 'Hoornsche Gat' per stof de sluitfout berekend zowel in kg, alsook in procenten, van de totale te verwijderen massahoeveelheid. De globale verontreinigingen balans is weergegeven in tabel 16.

Geconcludeerd wordt dat de sluitfout, zowel positief als negatief, in de helft van de gevallen beneden 10 % ligt; in de overige gevallen ligt de sluitfout tussen 10 en ca. 17 %. De gemiddelde sluitfout bedraagt omtrent -3,4 %.

De massabalans voor de verontreinigingen is weergegeven in tabel 16 (bijlage B).

Op basis van de voorliggende balans, en gezien de haalbare nauwkeurigheden bij de analyse en de berekeningen, wordt met enige voorzichtigheid geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn dat er een substantiële massahoeveelheid verontreinigingen buiten lokatie 'Hoornsche Gat' terecht is gekomen. Dit geldt zowel voor particulier gebonden alsook voor opgeloste verontreinigingen.

#### 9.4.5 Resumé.

Bezien uit het oogpunt van de speciekwaliteit is de dikte van de achtergebleven laag slib (gemiddeld 10 cm) in het baggergebied nog te groot om over het bemonsterde sedimentpakket (gemiddelde dikte 16 cm) een classificatie klasse 2 of beter te bereiken.

Alleen bij de monsters uit de boorkernen, waarin nabij het bodemoppervlak geen slib is aangetroffen (monsternrs. 31, 33, 36 en 40), is klasse 2 of beter gerealiseerd. Indien de achtergebleven laag relatief dun is (vak L, G en H) zijn de naar standaard waterbodem gecorrigeerde gehalten van de PAK's, van de PCB's en van een tweetal bestrijdingsmiddelen verantwoordelijk voor overschrijding van de klasse 2/3 grens.

Bij toenemende laagdikte komen enkele PCB's en incidenteel ook Pyreen in klasse 4 terecht (vakken C en D en deelvakken binnen I en J). Het merendeel van de PAK's, van de PCB's en de bestrijdingsmiddelen HCB en DDT blijft klasse 3 scoren.

Enkele metalen en incidenteel een of ander van de overige bestrijdingsmiddelen en EOX vallen bij een dikkere laag slib ook in klasse 3.

Het lijkt er op dat opnieuw gesedimenteerd slib (genoemd dun slib) iets minder verontreinigd is dan slib dat niet is verplaatst; vergelijk de gehalten in de deelvakken binnen I en J.

## 10. Conclusies en aanbevelingen.

### 10.1 Conclusies.

Kijkend naar de doelstellingen die aan deze proef ten grondslag hebben gelegen, kunnen per doelstelling de volgende conclusies worden getrokken:

#### a. De verwijdering van de sliblaag zonder verstoring van de onderlaag.

De mate van verwijdering van de verontreinigde sliblaag zonder verstoring van de onderlaag is morfologisch, fysisch en chemisch onderzocht. Aan de hand van echoloodpeilingen en de onderzochte fysische samenstelling van grondmonsters is vastgesteld dat van de oorspronkelijke, gemiddeld 45 cm dikke, sliblaag ongeveer 75 % is verwijderd. Er is dus slib in het baggergebied achtergebleven.

M.b.t. de overgebleven sliblaag is het volgende op te merken:

- De dikte varieert van 0 tot ca. 24 cm en bedraagt gemiddeld 10 cm.
- Deze laag bestaat voor 40 % uit geconsolideerd en voor 60 % uit ongeconsolideerd slib.
- De korrelsamenstelling is iets grover dan die van het oorspronkelijk aanwezige slib. Dit betekent dat met name de fijnere fracties zijn verwijderd.
- De chemische samenstelling komt in grote lijnen overeen met die van de oorspronkelijk aanwezige sliblaag.

De oorzaak van het achterblijven van slib heeft te maken met, zoals achteraf is geconstateerd, het feit dat een baggerstrategie is toegepast die niet optimaal was. Hierdoor hebben zich naar alle waarschijnlijkheid de volgende effecten voorgedaan:

- Slib is plaatselijk helemaal niet in beweging gebracht, bijv. door onjuiste settings van het baggerwerktuig.
- Slib is plaatselijk wel in suspensie gebracht maar niet getransporteerd en vervolgens op dezelfde plek weer gesedimenteerd, bijv. door het niet optimaal gebruik maken van de morfologie van de bodem.
- Het slib is in suspensie gebracht en getransporteerd doch elders binnen het baggergebied weer gesedimenteerd, bijv. door een verkeerde volgorde van het baggeren van de vakken.

Voornoemde effecten waren een gevolg van het proefkarakter van dit project alsmede de beperkte tijd (twee weken) die t.b.v. de uitvoering ervan ter beschikking stond. Op basis van de ervaringen van deze proef kan gesteld worden dat bij een meer structurele (en meer doelgerichte) aanpak een beduidend beter resultaat haalbaar moet zijn.

V.w.b. de verstoring van de onderlaag kan op basis van de beschrijvingen van de sedimentmonsters wordt geconcludeerd dat gemiddeld 6 cm van deze laag is geroerd. Er kon echter niet aangetoond worden of de onderlaag zich al dan niet met de bovenlaag heeft gemengd. Er zijn geen aanwijzingen dat er zand uit de onderlaag is meegebaggerd.



b. De sturing van de slibstroom naar het depot.

Bij het waterinjectiebaggeren is een slibstroom gecreëerd met de volgende eigenschappen:

- Concentratie : 1020 tot 1100 kg/m<sup>3</sup>.
- Snelheid : 0,3 tot 0,5 m/s.
- Hoogte : 0,5 tot 1,0 m.

Uit de diverse metingen die tijdens de proef zijn uitgevoerd is gebleken dat het over het algemeen goed mogelijk is deze slibstroom naar een vooraf bepaalde bergingsput te sturen.

Toch is niet alles van het in beweging gebrachte slib in de voorbestemde bergingsput terechtgekomen. Uit de, aan de hand van in- en uitpeiling opgestelde, massabalans is gebleken dat ca. 51 % in de bergingsput, ca. 11 % in het transportkanaal en ca. 34 % buiten transportkanaal en baggergebied is terechtgekomen (zie bijlage A, figuur 24). Deze verdeling is, v.w.b. het aandeel van de bergingsput enigszins aan de lage kant omdat geen rekening is gehouden met eventuele consolidatie van het oorspronkelijk reeds in de bergingsput aanwezige slib. Daardoor zou het aandeel dat in de bergingsput is terechtgekomen ca. 55 % kunnen bedragen.

Dat er ook slib is terechtgekomen naast het transportkanaal vindt zijn oorzaak in de te lage afvoercapaciteit ervan. Twee factoren zijn hierbij bepalend geweest:

- De diepte van het kanaal (t.o.v. de bodemligging in de omgeving) was plaatselijk kleiner (0,3 tot 0,7 m) dan de hoogte van de slibstroom.
- Het verloop in de bodemhelling in het kanaal (van 1:300 naar 1:1000 en uiteindelijk zelfs negatief) was ongunstig voor het afvoerproces.

Deze factoren hebben er toe geleid dat 'stuweffecten' zijn opgetreden waarna vervolgens een deel van het slib zich zijdelings buiten het kanaal kon verplaatsen.

Ongetwijfeld zou een beter resultaat bereikt zijn als het afvoerkanaal tijdens de uitvoering van de proef zou zijn aangepast. In het kader van deze proef is er echter voor gekozen de bestaande layout van het kanaal niet te veranderen om de hoeveelheid zand die in de bergingsput terecht komt zo minimaal mogelijk te houden.

Tot slot dient nog opgemerkt te worden dat het in de bergingsput afgezette slib aanzienlijk meer fijne fractie bezit dan het oorspronkelijk in het baggergebied aanwezige slib. Geconstateerd is dat tijdens het transport van de specie naar de bergingsput een gedeelte van de grovere fractie in het transportkanaal is gesedimenteerd. Er zijn aanwijzingen dat dit proces van 'uitzeving' reeds in het baggergebied begint, waardoor achtergebleven sediment iets grover is dan het oorspronkelijk aanwezige.

c. De te realiseren transportafstanden.

Het transportkanaal met, t.o.v. van het begin en het eind van het baggergebied, een lengte van 1000 tot 2000 m werd dagelijks door het baggerwerktuig onderhouden, waardoor het mogelijk was om het slib over de gewenste afstand te transporteren. Berekeningen hebben aangetoond dat voor wat betreft de fijnste fractie de slibstroom een actieradius heeft van ca. 10 km bij een initiële hoogte van 1 m en een bodemhelling van 1 m op 1000 m.

Gebleken is dat de grovere fractie een veel kortere transportafstand heeft. Tijdens het transport van de baggerspecie is een gedeelte van de grovere fracties in het transportkanaal gesedimenteerd, hetgeen averechts heeft gewerkt op de transportcapaciteit. Geconcludeerd wordt dat de helling, verlopend van 1:300 via 1:1000 naar vlak en vervolgens naar negatief, te onregelmatig is geweest voor het transport van de grovere fracties in het uit het baggergebied afkomstige sediment.

d. De verspreiding van geresuspendeerd materiaal.

De mate van verspreiding van geresuspendeerd materiaal (vertroebeling) is gemeten in de nabije omgeving van het baggerwerktuig en in de omgeving van de slibstroom.

De vertroebeling in de nabije omgeving van het baggerwerktuig bedroeg vanaf de bodem tot 1,5 m boven de bodem 100 tot 500 mg/l met extremen tot 1000 mg/l. Boven 1,5 m was de vertroebeling nagenoeg gelijk aan de achtergrondvertroebeling.

De vertroebeling boven de slibstroom bedroeg enkele honderden mg/l tot een hoogte van ca 1 m boven de slibstroom. Daarboven was de vertroebeling gelijk aan die van de achtergrond. De uitzaktijd van de vertroebeling was in alle gevallen ca. 15 minuten.

Er zijn geen aanwijzingen dat er een substantiële hoeveelheid materiaal vanuit de dichtheidsstroom in het omringende water terecht is gekomen.

Bovendien kan, met name uit de dichtheidsmetingen en de echolodgingen, worden afgeleid dat er tijdens het voortbewegen van de slibstroom een strakke scheiding is geweest tussen de slibstroom en de omringende waterfase. Ook dit is een aanwijzing dat de verspreiding minimaal moet zijn geweest.

e. Desorptie en verspreiding van opgeloste verontreinigingen.

Door het lage vertroebelingsniveau en de lage uitgangskonzentraties in de waterkolom bleven in veel monsters de concentraties onder de detectielimiet. Hierdoor zijn uit de zgn. milieumeting voor de meeste verontreinigingen geen conclusies te trekken over eventuele desorptie. Slechts een beperkt aantal PAK's werd in voldoende monsters in concentraties boven de detectielimiet aangetroffen. Uit analyses daarvan mag voorzichtig worden geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn voor substantiële desorptie van PAK's. Waarschijnlijk wordt het gedrag van PAK's bepaald door het gedrag van de bodemdeeltjes.

f. De produktie.

De vergelijking tussen de begin- en eindsituatie en het aantal draai-uren van het baggerwerktuig leveren een produktie van ca. 2000 m<sup>3</sup> (in-situ) per uur. In oppervlakte uitgedrukt betekent dit een produktie van ca. 6000 m<sup>2</sup>/uur. Hierbij dient te worden aangetekend dat de produktie moet worden gezien in relatie tot enerzijds proefomstandigheden en anderzijds tot het feit dat een morslaag is achtergebleven. Bij operationele toepassingen zullen de produkties hoger kunnen zijn, wanneer de transportcapaciteit van het kanaal volledig is afgestemd op de produktie, maar ook lager omdat waarschijnlijk een (extra) opschoonslag nodig is die gepaard gaat met een lage produktie.

g. De hoeveelheid informatie die nodig is om tot een goede prognose te komen t.b.v. een haalbaarheidsonderzoek en/of toekomstige saneringsprojecten.

Voor toekomstige saneringsprojecten in het algemeen is het in ieder geval noodzakelijk om de te verwijderen hoeveelheden sediment goed te kennen alsmede de ligging van de laagscheiding tussen vervuilde en niet vervuilde sedimenten zo goed mogelijk vast te leggen.

Tevens is een goed beeld nodig van de mate van vervuiling en variaties hierin in plaats en tijd.

Daarnaast geldt specifiek voor waterinjectiebaggeren dat:

- het van groot belang is de bathymetrie van de omgeving (d.w.z. het geheel van baggergebied, transportkanaal en bergingsput) zorgvuldig vast te leggen.
- het van minder belang is (t.o.v. andere baggertechnieken) de exacte hoogteligging t.o.v. NAP van de laagscheiding in het baggergebied te bepalen.
- het van belang is de fysische opbouw van de lagen goed te kennen.

**Toelichting:**

Meestal wordt milieubaggerwerk uitgevoerd aan de hand van een vastgesteld ontgravingsprofiel. Als de actuele grondgesteldheid dan fors afwijkt van de interpretatie van beschikbaar grondonderzoek, wordt ofwel teveel grond ontgraven, ofwel blijft ongeschikte grond achter, of zelfs allebei. Als er een duidelijke scheiding aanwezig is tussen de te verwijderen sliblaag en het onderliggende zand, is het waterinjectiebaggeren juist 'zelf-selectief'. Dit is een belangrijk voordeel mede omdat in dat geval het grondonderzoek relatief beperkt kan zijn.

De aanwezigheid van een stoorlaag van geconsolideerd slib of een onduidelijke overgang van de sliblaag naar (bijv. sterk slibhoudend) zand kan echter nadelig zijn voor het te bereiken resultaat. Als deze zaken echter goed in kaart gebracht zijn, kan een ontgravingsprofiel gebaggerd worden.

**h. Het monitoringsprogramma.**

Alhoewel niet direct behorende tot de doelstellingen van de proef kan ook het e.e.a. gezegd worden m.b.t. de ervaringen die zijn opgedaan bij de uitvoering van de diverse metingen in het kader van het monitoringsprogramma:

- De echoloodmetingen zijn, ook tijdens de uitvoering van de proef, als een zeer breed toepasbare meetmethode naar voren gekomen. Uit de tijdens de proef uitgevoerde echoloodmetingen was direct af te leiden of er een slibstroom aanwezig was alsmede de afmetingen en de snelheid daarvan (v.w.b. de snelheid met behulp van twee of meer meetvaartuigen).
- De transmissiesonde gaf goede informatie over de concentratie van de slibstroom.
- Echoloodmetingen in combinatie met vibrocore boringen en laagdikte bepaling met de subbottom profiler geven in gebieden waar een duidelijke laagscheiding is tussen zand en slib een goed inzicht in de hoeveelheden specie die verwijderd moeten worden.
- Sedimentmonsters uit boorkernen geven een goed inzicht in de vervuilingsgraad van de specie in de onderscheiden lagen, mits bij de monsternamen rekening is gehouden met aanwezige laag-scheidingen.
- Metingen van stroomsnelheid en -richting in combinatie met troebelheidsmetingen geven een goed beeld over het al of niet optreden van verspreiding tijdens het baggerproces.
- Naast troebelheidsmetingen is ook het meten aan opgeloste verontreinigingen van belang.
- Temperatuur- en geleidendheidsmetingen geven extra informatie, die nodig kan zijn bij de interpretatie van het verspreidingsgedrag van geresuspendeerd bodemmateriaal.

**10.2 Aanbevelingen.**

Op basis van de tijdens de proef opgedane ervaringen, de metingen van het monitoringsprogramma en de conclusies kunnen een aantal aanbevelingen worden gedaan.

**10.2.1 Vooronderzoek en benodigde gegevens.**

De bathymetrie en de bodemsamenstelling van het baggergebied moeten genoegzaam bekend zijn om een goede baggerplanning te maken. Naast een inpeiling zullen vibrocores genomen moeten worden ter indicatie van de verwachte laagdikte en de opbouw van de grond. Het grid waarmee dit is uitgevoerd, is bepalend voor de mogelijkheden om problemen te kunnen voorspellen of achteraf te kunnen beredeneren (lokale afwijkingen in laagdikte, of aanwezigheid van een stoorlaag).

Overigens kan het baggerproces operationeel gezien nog goed functioneren bij een relatief lage informatiedichtheid, het proces kan namelijk beter gestuurd worden door het weerstandsverschil van slib en zand op de injectiebalk dan door een vooraf vastgesteld ontgravingsprofiel.

### 10.2.2 Werkmethode bij het waterinjectiebaggeren.

Gebaseerd op tussentijds (vlak na het baggeren) uitgevoerde echolodingen en bemonstering van de baggervakken is gebleken dat in bepaalde baggervakken (de nummers A t/m F) de sliblaag nagenoeg was verwijderd. Als gevolg van het later baggeren van omringende vakken zijn de reeds gebaggerde vakken weer 'vervuild'. Aanbevolen wordt om een dusdanige baggerstrategie toe te passen, dat door een betere slibstroomgeleiding en volgorde van baggeren de 'vervuiling' van reeds schone vakken kan worden voorkomen.

Dit betekent dat, meer dan bij andere baggermethoden, veel aandacht besteed zal moeten worden aan de lay-out van een te baggeren gebied, de dimensionering van transportkanalen en de volgorde van baggeren binnen het gebied. Dit om het afstromen van de dichtheidsstroom zo onbelemmerd mogelijk te laten plaatsvinden. De capaciteit van het transportkanaal dient minstens even groot te zijn als die van het baggerwerktuig. Gedacht wordt aan creëren van een optimale diepte-breedte verhouding met een bijbehorende helling, waarmee wordt bereikt dat in suspensie gebracht slib als dichtheidsstroom ongehinderd en volledig naar de berging kan afstromen.

De lokatie en afmetingen van de bergingsput spelen bij het gehele proces een grote rol.

V.w.b. de invulling van het baggerproces in het baggergebied zelf geldt dat het werken in langsvraaien is te prefereren boven het werken in visgraat-raaien. Er heerst dan een meer continu proces (gunstig voor het afstroomgedrag) en er is sprake van minder onproductieve tijd (minder keren).

In een gebied met gelijke lengte- en breedteafmetingen is een hoefijzerstructuur het meest gunstig. Tot slot dient vermeld te worden dat een integrale opschoonslag ('van hoog naar laag') in alle gevallen noodzakelijk is om mors op te ruimen.

Er dient zeker overwogen te worden aan deze proef een vervolg te geven om te bevestigen dat daadwerkelijk met een, mede op basis van de ervaringen van deze proef, geoptimaliseerde baggerstrategie goede resultaten behaald kunnen worden.

### 10.2.3 Biologische monitoring van het baggergebied.

Het uitvoeren van een biologische monitoring, ten einde inzicht te verkrijgen in de mate waarin de negatieve effecten van een vervuilde bodem voor het aquatisch milieu kunnen worden gereduceerd door het wegbaggeren van een verontreinigde sedimentlaag. Bij de proef met waterinjectiebaggeren is het niet gelukt om de aanwezige sliblaag volledig te verwijderen, de vraag is of de verdere reductie van de dikte van de achtergebleven laag (morslaag) die baggertechnisch haalbaar is voldoende milieurendement oplevert voor het aquatisch milieu. Deze vraag zou met de resultaten van een biologische monitoring van het baggergebied mogelijk te beantwoorden zijn.

Verklarende woordenlijst.

Achtergrondvertroebeling	:	Troebelheid in mg/liter van het oppervlaktewater die zonder de baggeractiviteit aanwezig is.
Backscattersonde	:	Dichtheidsmeter op basis van ioniserende straling.
Eerstelijnsverwerking	:	Verwerking van de ruwe meetgegevens tot fysische grootheden.
EMS	:	Elektromagnetische snelheidsmeter.
Elmar-lichaam	:	Torpedovormig lichaam waarop de ott-molen draait.
Hindered settling	:	Manier van uitzakken van een suspensie met zodanig hoge deeltjesconcentratie dat de vallende deeltjes elkaar beïnvloeden waardoor de effectieve valsnelheid van het deeltje geringer is dan de valsnelheid ten opzichte van het directe omgevingswater.
Hydrometer-proef	:	Standaard RAW-proef waarbij d.m.v. meting van valsnelheden de fractie fijner dan 2 $\mu\text{m}$ van zand en klei wordt bepaald. Deze proef wordt ook wel genoemd de aerometerproef.
Jetsed	:	Baggervaartuig waarmee waterinjectie baggeren wordt uitgevoerd.
Jetten	:	Met waterstralen eroderen.
Kp	:	Aanduiding voor een plaatscode langs het toestroomkanaal en de centrale as van het baggervak.
LAWABO	:	Landelijk Water en Bodem Bestand.
Loggers	:	Gegevensopslag-apparatuur.
Mex-3-sensoren	:	Optische troebelheidssensoren.
MILBOWA	:	Milieu kwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water.
Monitoring	:	Registratiemetingen.
Seabat	:	Meervoudig echolood met geavanceerde signaal verwerkingsmogelijkheden.
Slibmonitor	:	Zelfregistrerende troebelheidsmeter(s).
Slibstroom	:	Dichtheidsstroom van geresuspendeerd waterbodemmateriaal.
Subbottomprofiler	:	Apparaat waarmee door het uitzenden van twee signalen met verschillende frequenties laagdiktes in de bodem bepaald kunnen worden.
Torvane	:	Handbediend apparaat dat in een grondmonster gestoken en gedraaid kan worden en waar op een schaalverdeling de schuifweerstand afgelezen kan worden.
Track	:	Gevaren of gebaggerd pad.
Transmissie-sonde	:	Dichtheidsmeter op basis van ioniserende straling
Tweedelijnsverwerking	:	Verwerking van de gemeten fysische grootheden tot interpreteerbare informatie.
Uitzaktijd	:	Periode waarover een vertroebelingswolk door uitzakking niet meer in de meetvertikalen wordt geregistreerd.
Vibrocore	:	Boorapparaat dat in de waterbodem getrild kan worden en tot een diepte van ca. 4 meter ongeroerde bodemmonsters kan nemen.
Waterinjectiebaggeren	:	Middels waterstralen waterbodem in suspensie brengen en onderhouden zodat de suspensie als dichtheidsstroming kan afstromen.

Literatuurlijst.

Nr.	Titel/kenmerk	Auteur(s)	Datum
1.	Projectplan Proef Waterinjectiebaggeren Haringvliet	Projectgroep Proef Waterinjectiebaggeren Haringvliet	25-05-1993
2.	Waterbodembemonstering Haringvliet nabij Hoornse-Hoofden t.b.v. proef waterinjectie baggeren	Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland Veldmeetdienst	2, 3, 6, & 7-09-1993
3.	Rapport nr. C1778	Fugro Survey BV	10-1993
4.	Rapportage laboratoriumproeven T <sub>0</sub> -situatie	IGN Hardinxveld-Giessendam	29-09-1993
5.	Rapportage nr. CO-347530/9 en 10	Grondmechanica Delft	25 & 27-10-1993
6.	Standaard parameterlijst onderzoek waterbodembodemkwaliteit versie 91-1	Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland	25-01-1991
7.	Rapportage nr. 9337423 en 9341-121	Alcontrol BV	20 & 27-10-1993
8.	Tijdschrift OTAR	Meulblok, Goossens en Verpaalen	06-1993
9.	Waterbodembemonstering Haringvliet nabij Hoornse Hoofden t.b.v. proef waterinjectiebaggeren (bemonstering eindsituatie)	Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland Veldmeetdienst	12-1993
10.	Waterbodembemonstering, Proef waterinjectie-baggeren Haringvliet nabij Hoornse Hoofden, maart 1994, boringen in de slibput	Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland Veldmeetdienst	03-1994
11.	Rapportage 9406312 en 9412308	Alcontrol BV	03-1994 & 04-1994

Colofon.

Aan de totstandkoming van dit rapport hebben meegewerkt:

Delft Dredging Consultants BV

- Ir. W.G. Borst

Lid projectgroep, tevens coördinator monitoring.

HAM

- Ing. A. Mullié

Lid projectgroep.

- Ir. D.C. Roukema

Lid projectgroep.

- Ing. P.C.M. Verpalen

Coördinator uitvoering baggerwerk.

HAM-VOW

- J. Dekker

Lid projectgroep.

Aerocamera - Michel Hofmeester BV

Foto op voorblad.

Rijkswaterstaat Directie Noordzee

- Ing. T.A.M. Arts

Lid projectgroep.

- W.D. Rokosch

Algehele projectleiding.

Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland

- A. Dekker

Bijlagen.

- Ing. P.F. van Dreumel

Lid projectgroep, tevens interpretatie resultaten.

- Mw. C. van der Graaf-de Wilde

Voorblad.

- J.C.W. Luyendijk

Bijlagen.

- J.D. Meijer

Coördinator Meetdienst Rijkswaterstaat.

- L. van Sintmaartensdijk

Bijlagen.

- Ing. B. Visser

Lid projectgroep, tevens eindredactie.

- P.C.M. van Zundert

Lid projectgroep.

Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst

Reproductie.

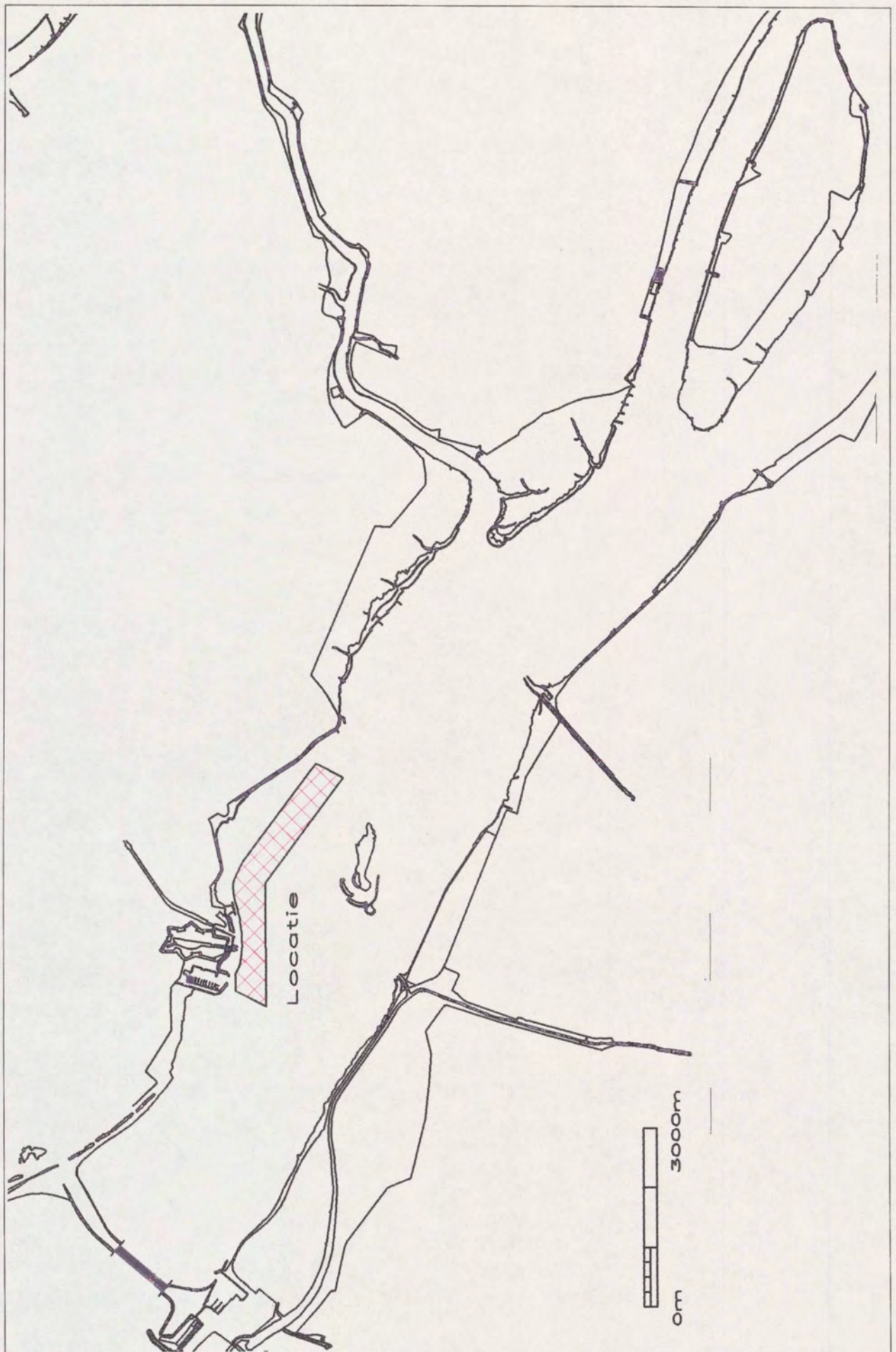
Waterloopkundig Laboratorium Delft

- Dr. H. Goossens

Opzet en uitwerking milieumeting.

- Ir. J.G.S. Pennekamp

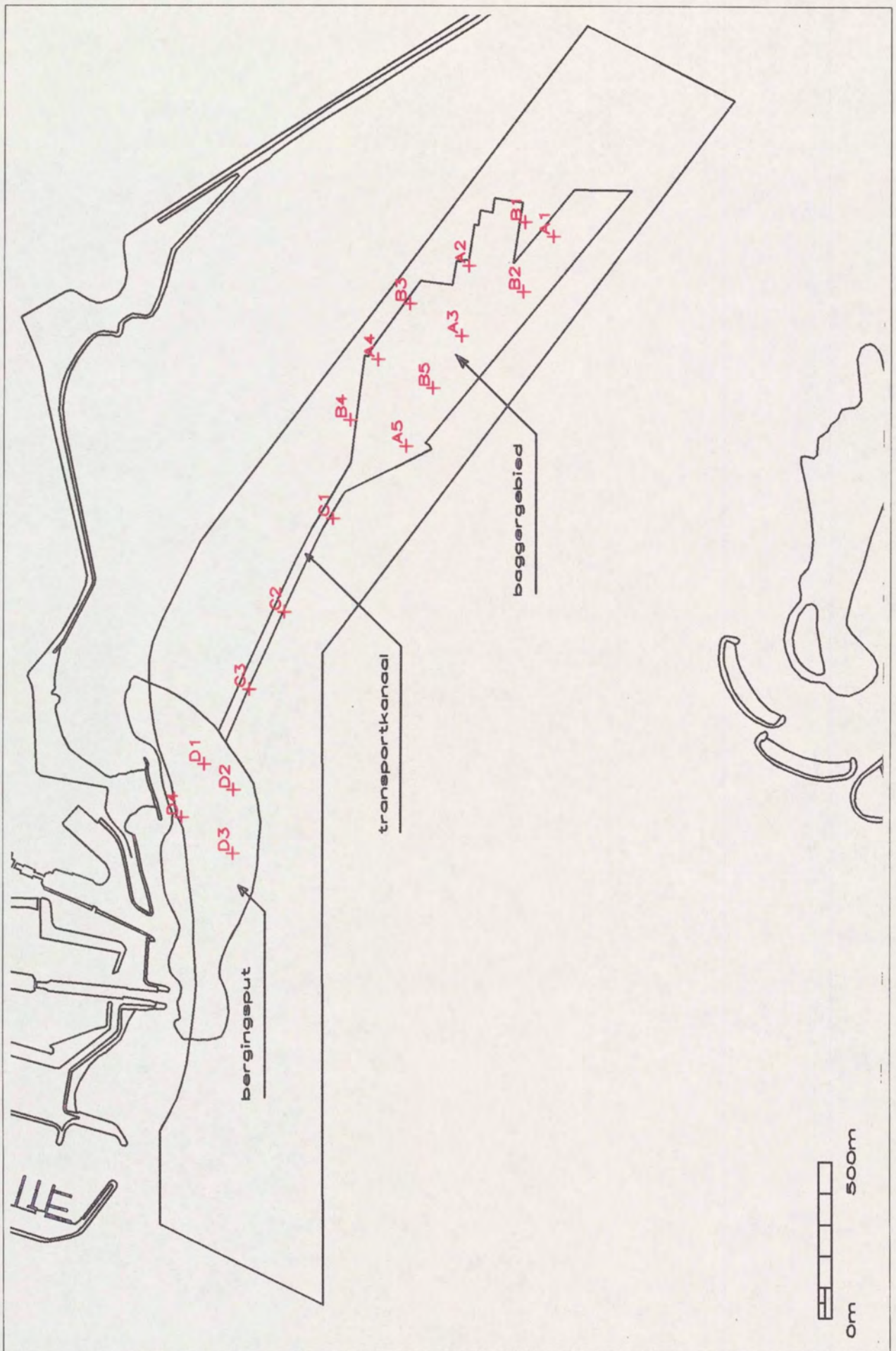
Lid projectgroep.



**Figuur 1** Situatie locatie Hoornsche Gat

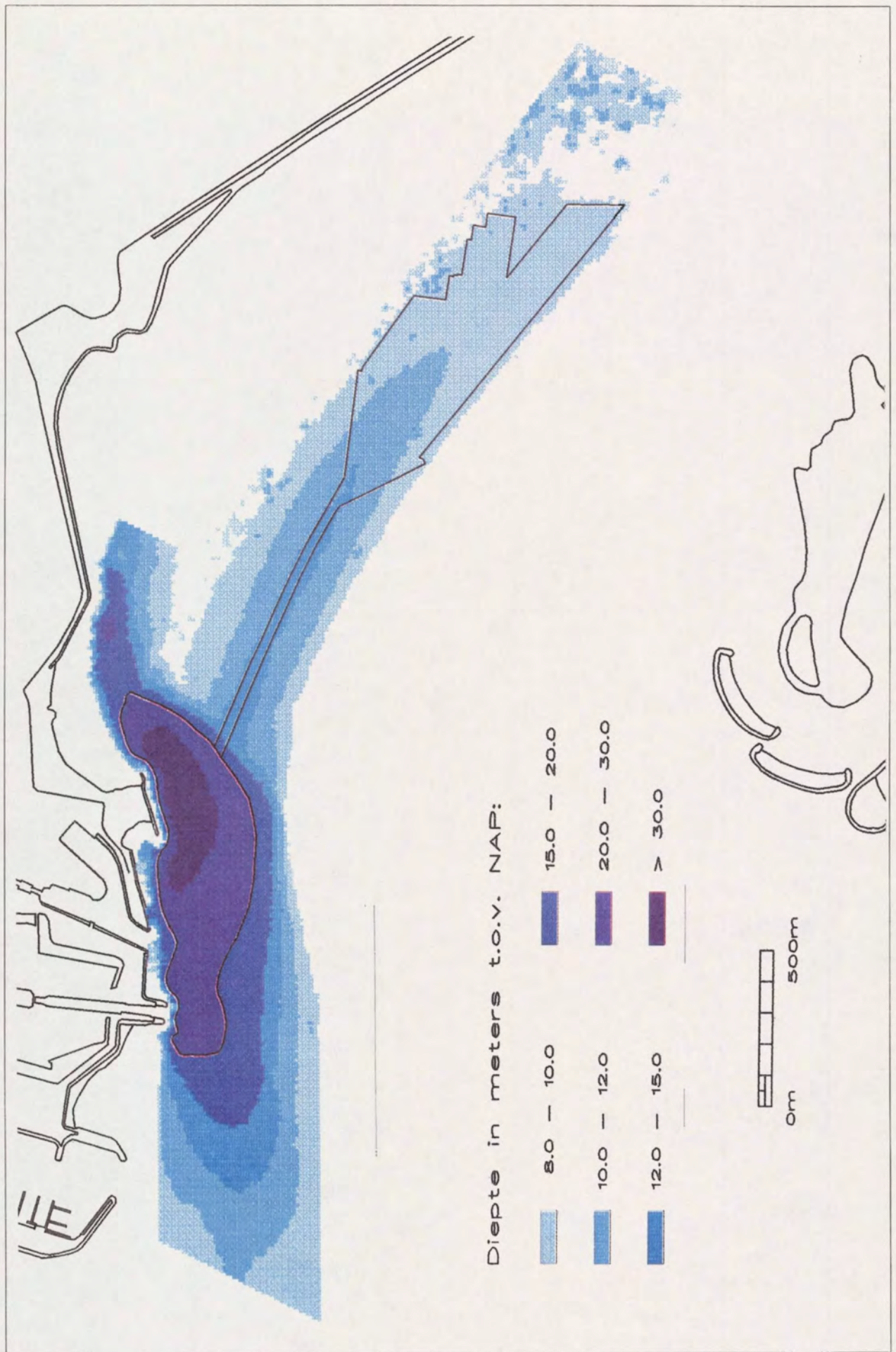
Proef waterinjectie baggeren Haringvliet





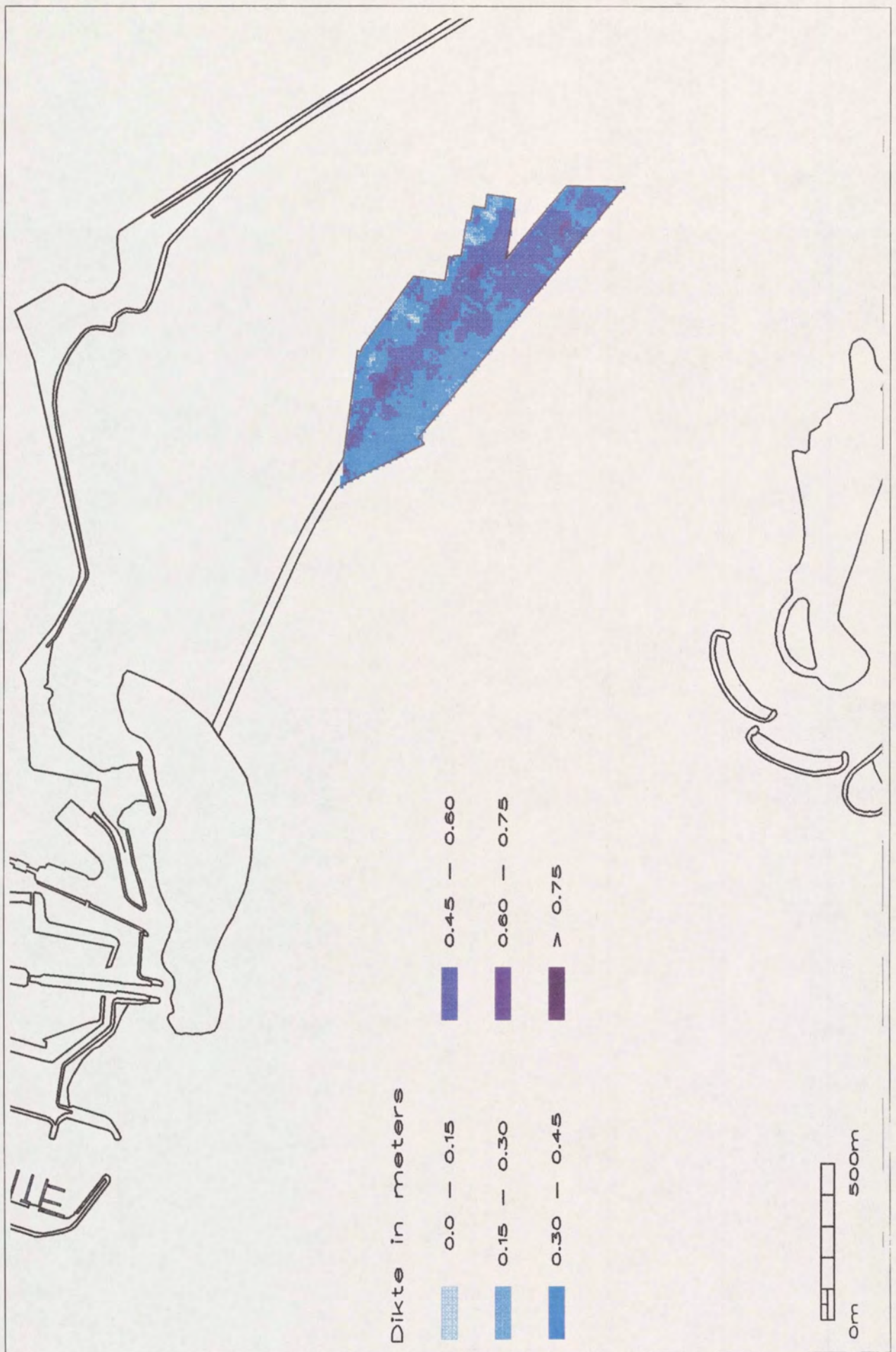
**Figuur 2** Deelgebieden met situering boringen A t/m D (T0)

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



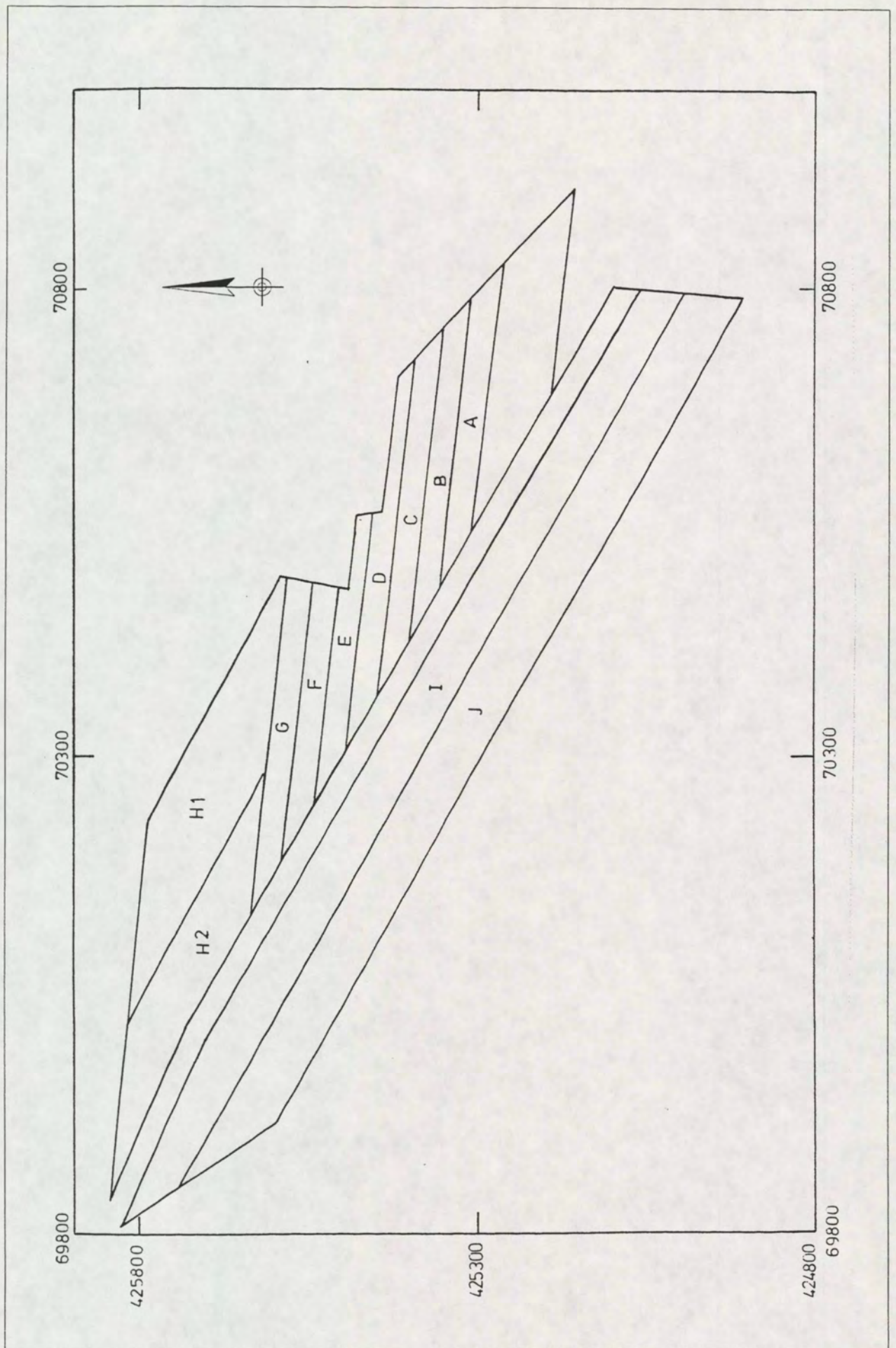
**Figuur 3** Bodemligging voor proef (T0)

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



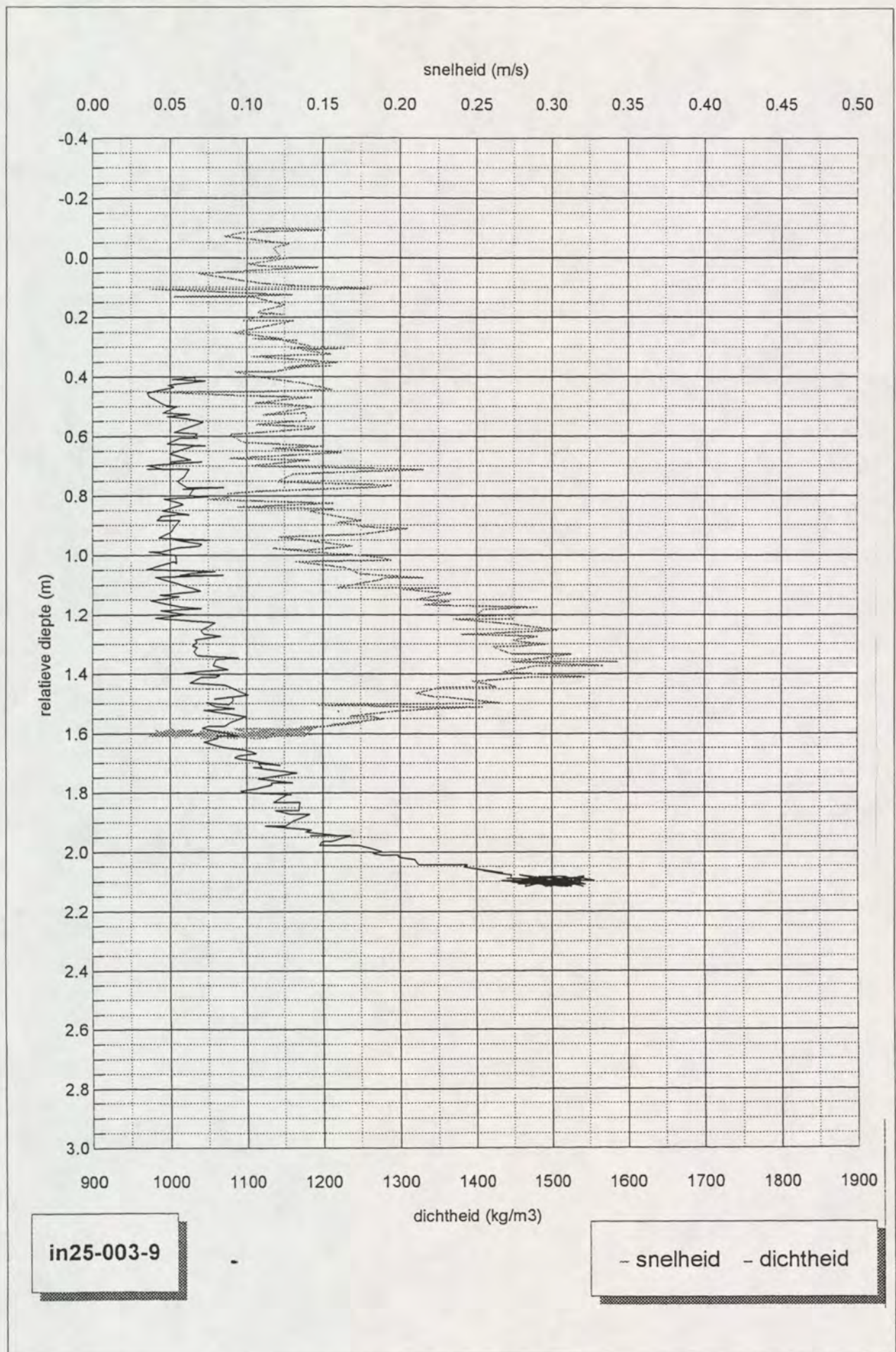
**Figuur 4** Dikte sliblaag in baggergebied (FUGRO SURVEY)

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



**Figuur 5** Situering baggervakken A t/m J

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet

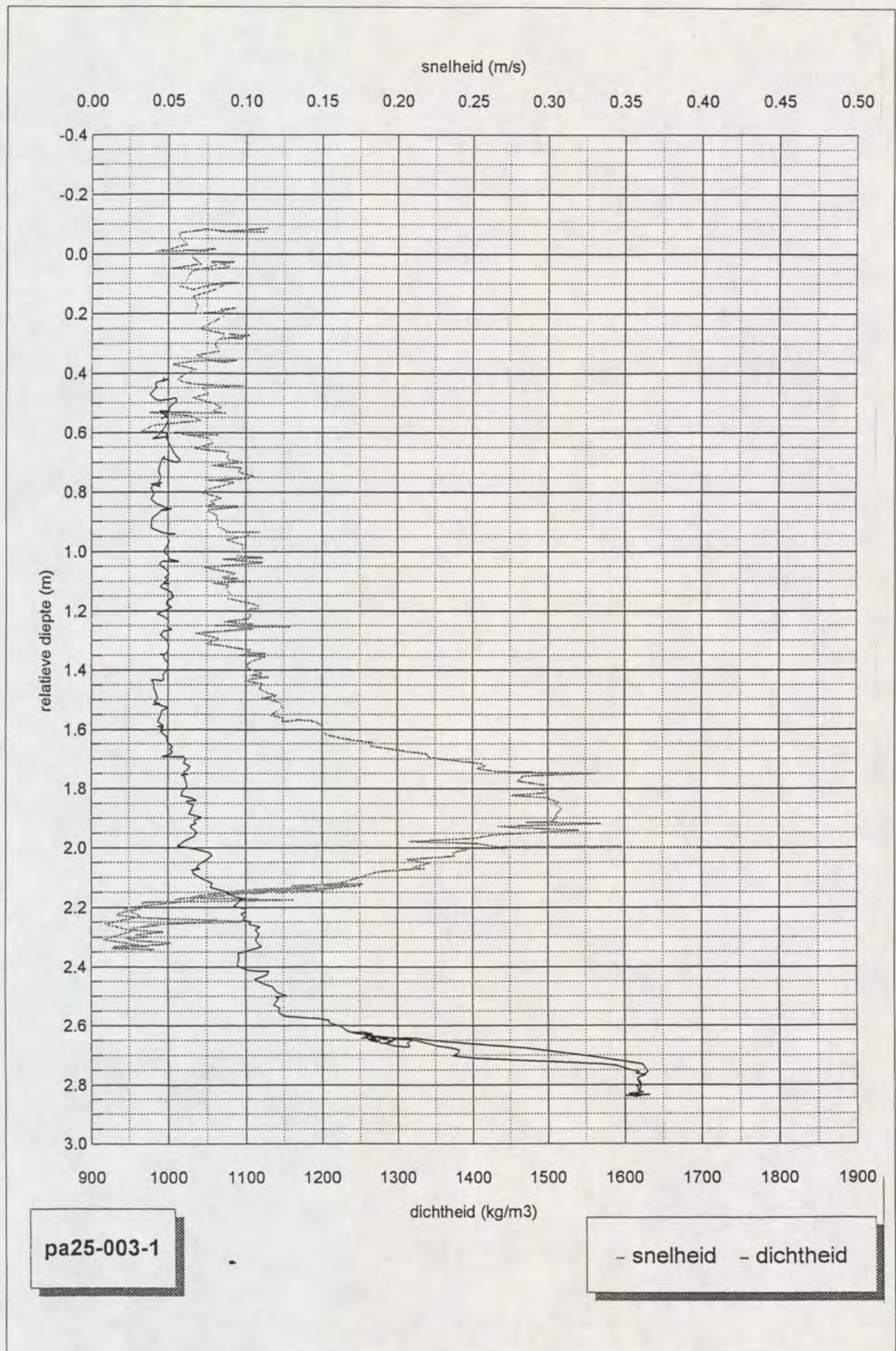


in25-003-9

- snelheid - dichtheid

**Figuur 6** Snelheid en dichtheid van water en dichtheidsstroom

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet

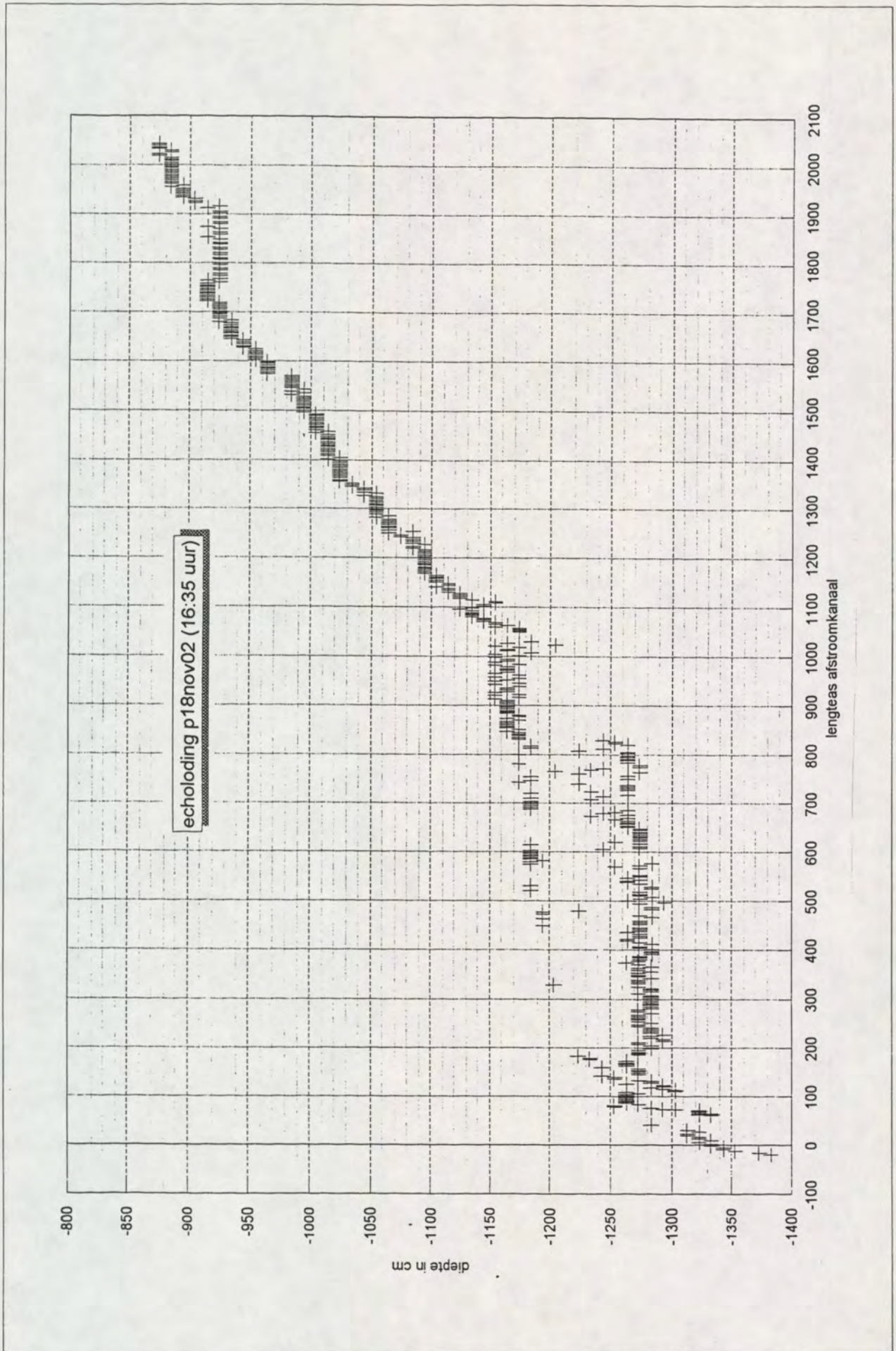


pa25-003-1

- snelheid - dichtheid

**Figuur 7** Snelheid en dichtheid van water en dichtheidsstromen

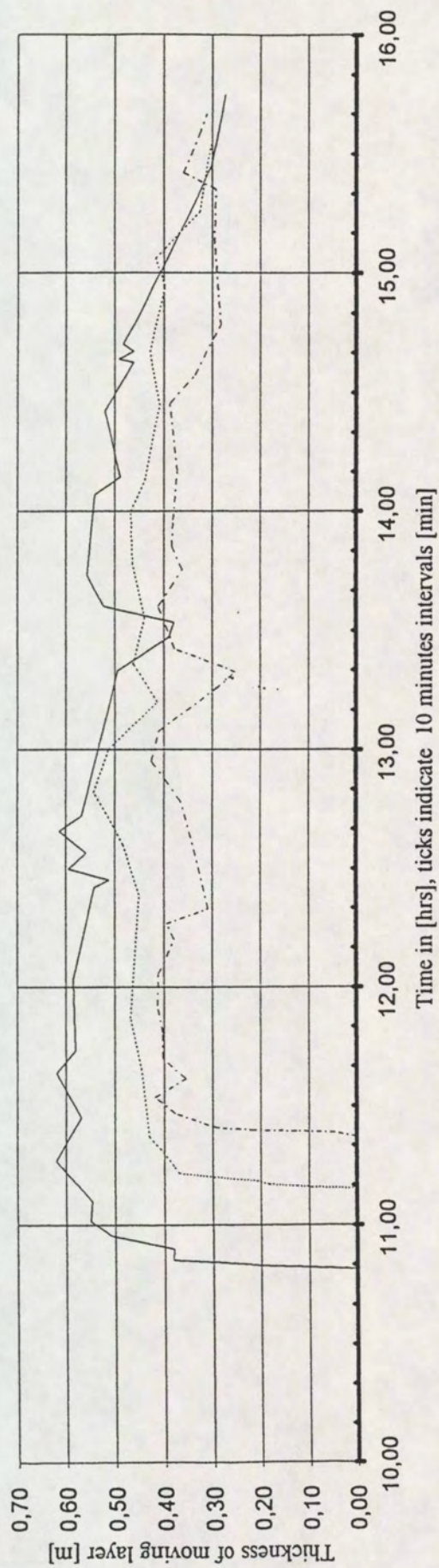
Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



**Figuur 8** Echolodging in lengtes van afstroomkanaal

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet

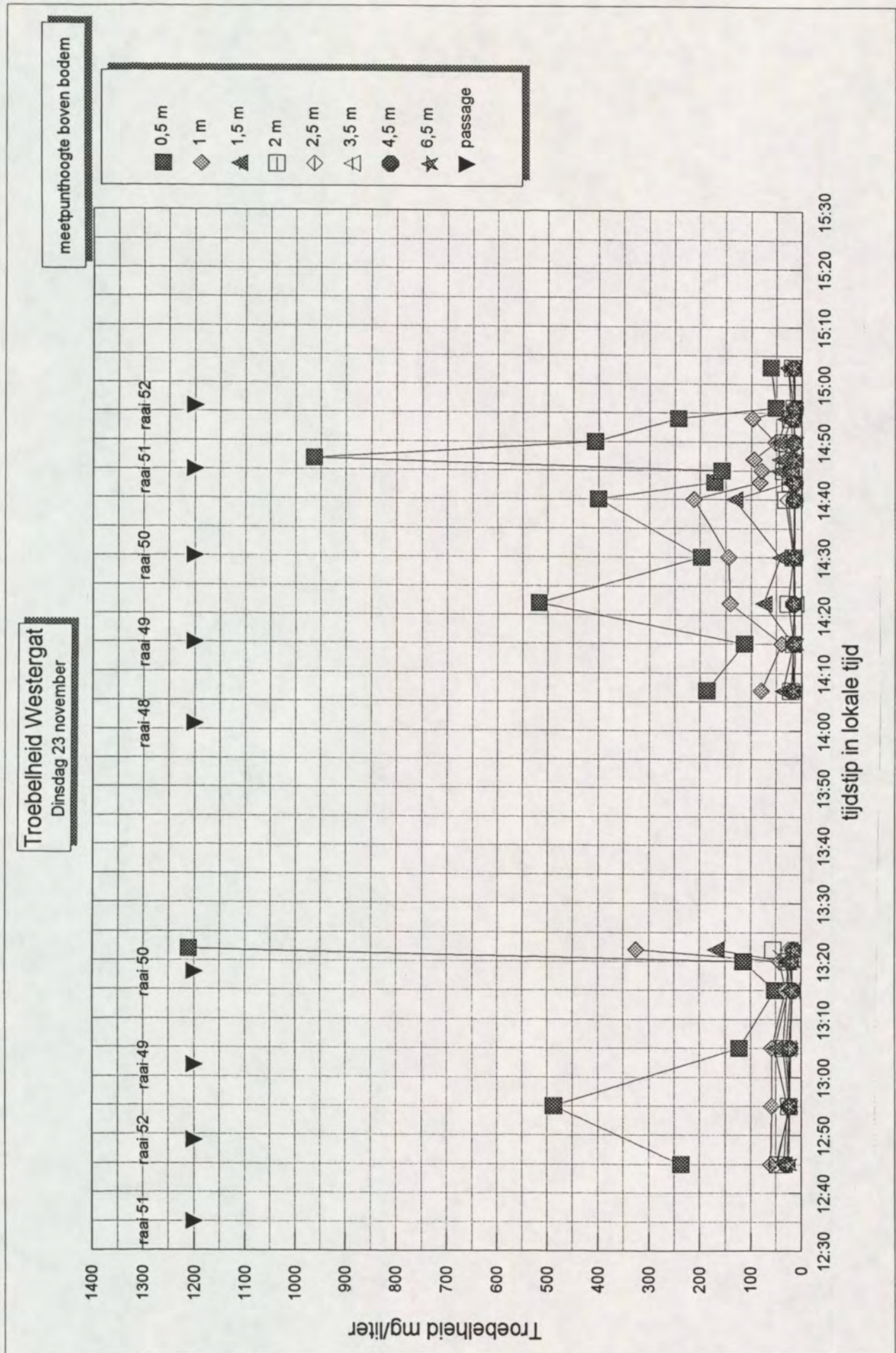
Thickness of density current as measured on 93.11.23 by Echosounder 210 kHz



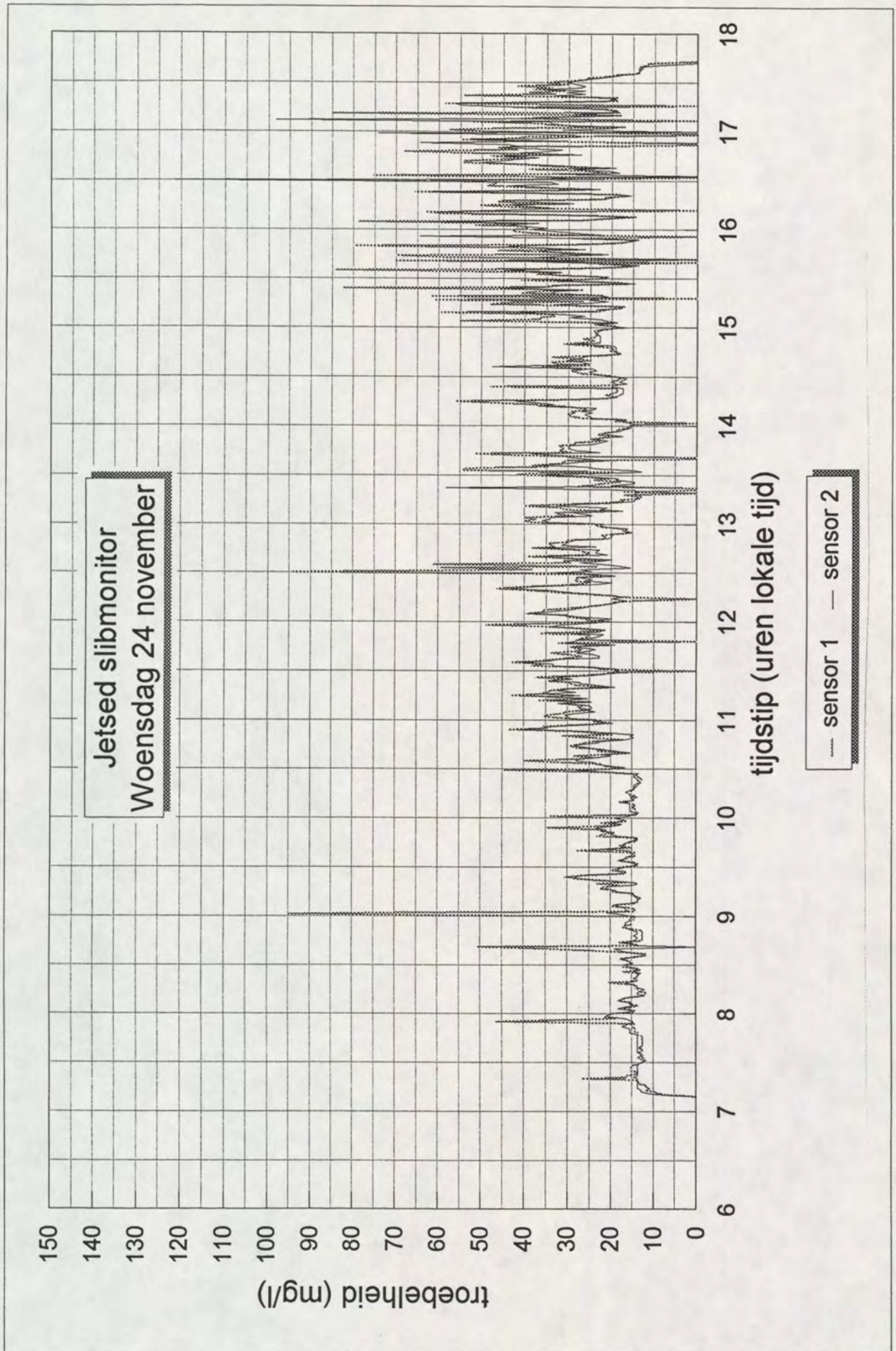
— Pavo op Kp:800"      ..... Indus op Kp:400      - - - - - Slaggaard op Kp:200

**Figuur 9** Dikte van de dichtheidsstroom in transportkanaal  
 Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



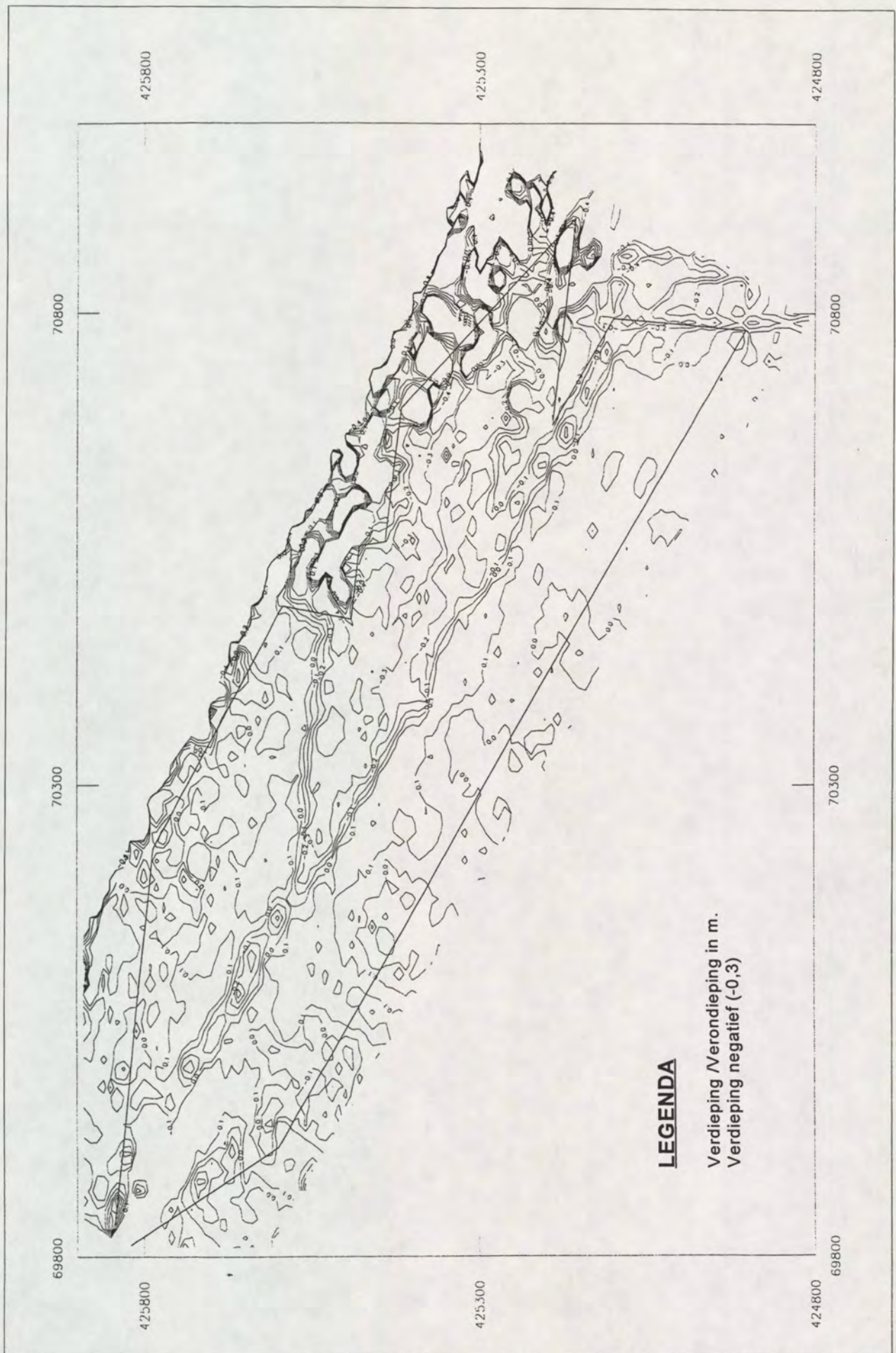


**Figuur 10** Resultaat troebelheidsmeting nabij Jetset  
Proef waterinjectie baggeren Haringvliet

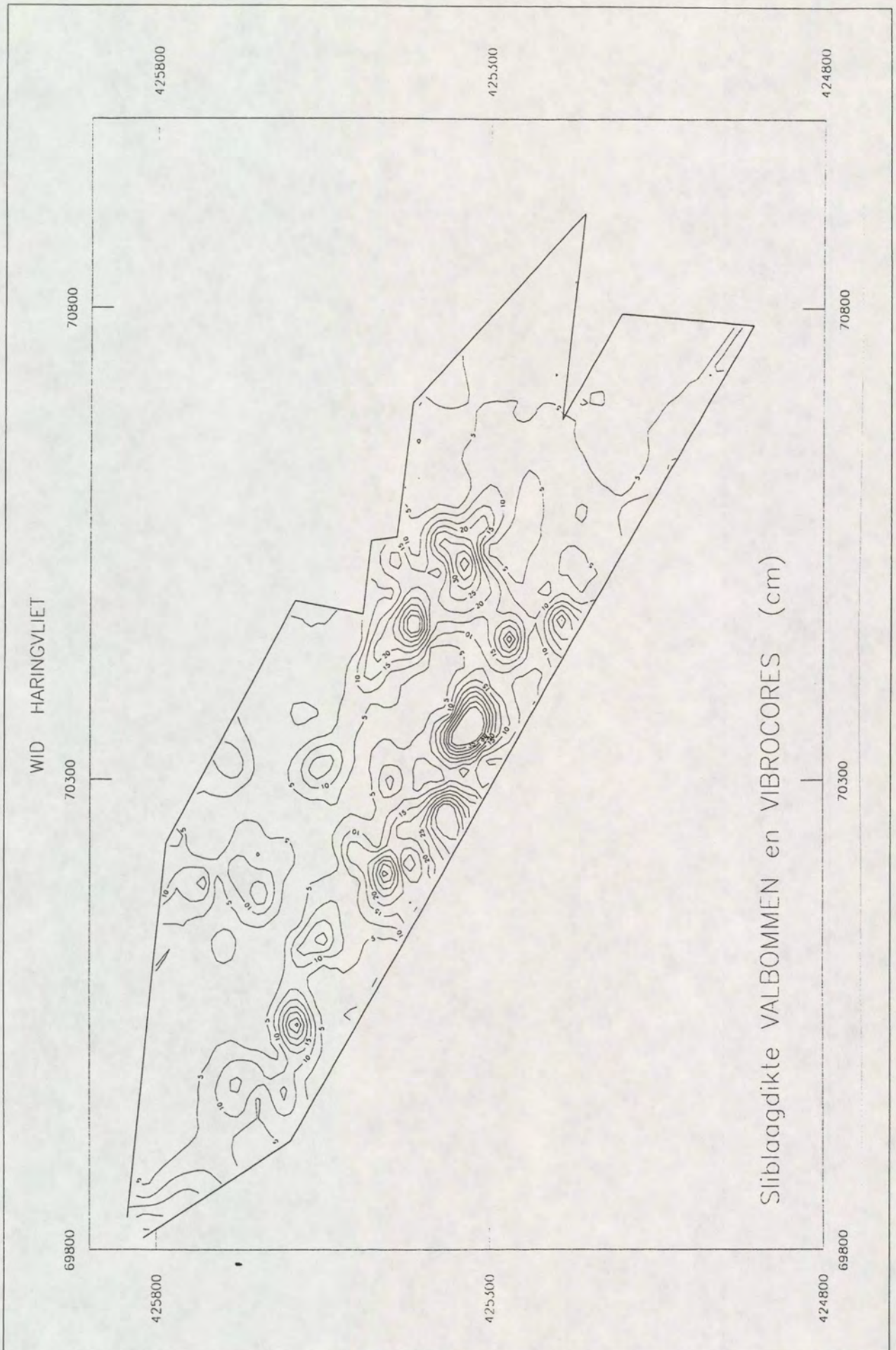


**Figuur 11** Resultaat troebelheidsmeting op de Jetset

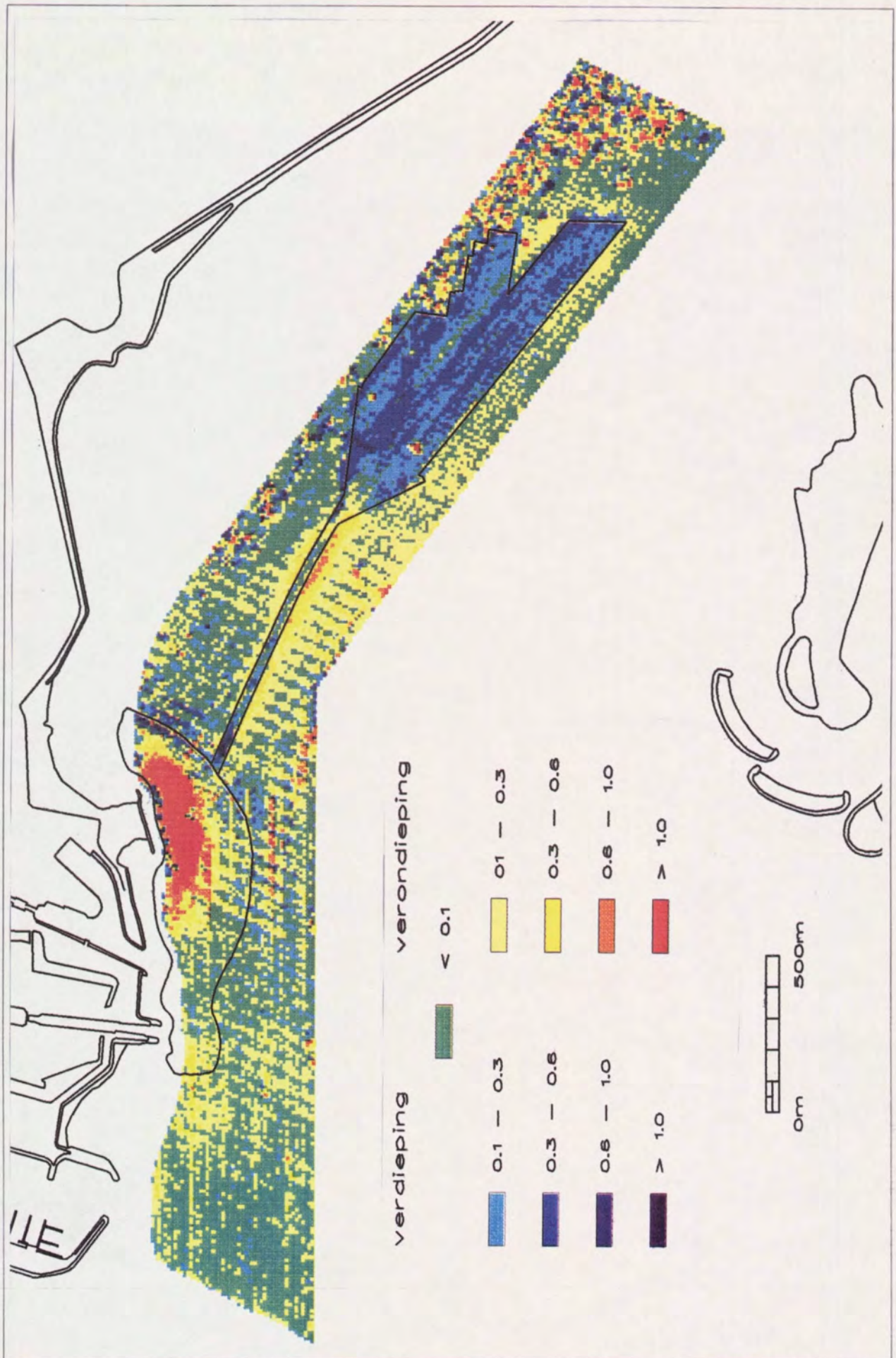
Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



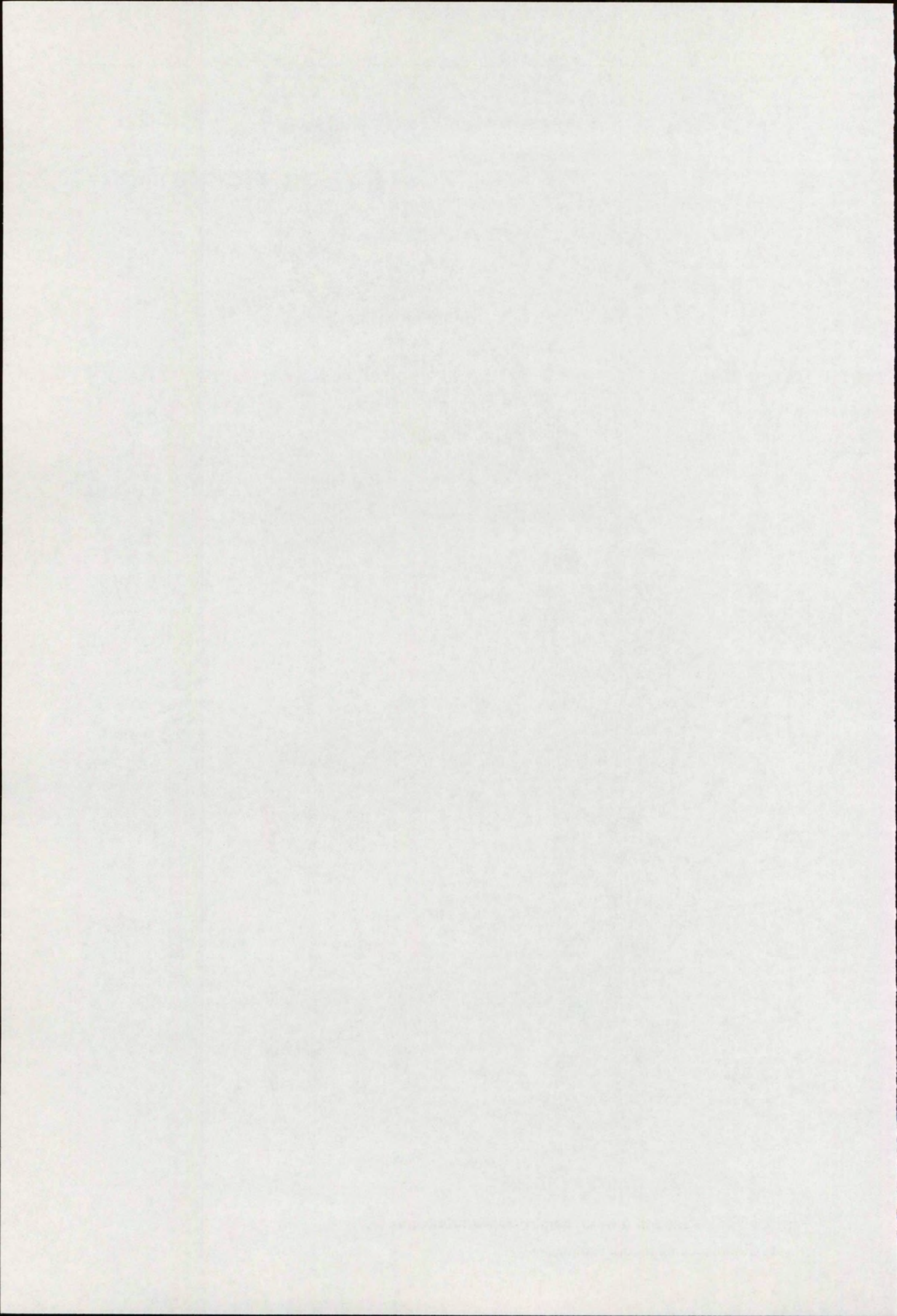
**Figuur 12** Verschilkaart inpeiling - interimpeiling d.d. 22 november 1993  
 Proef waterinjectie baggeren Haringvliet

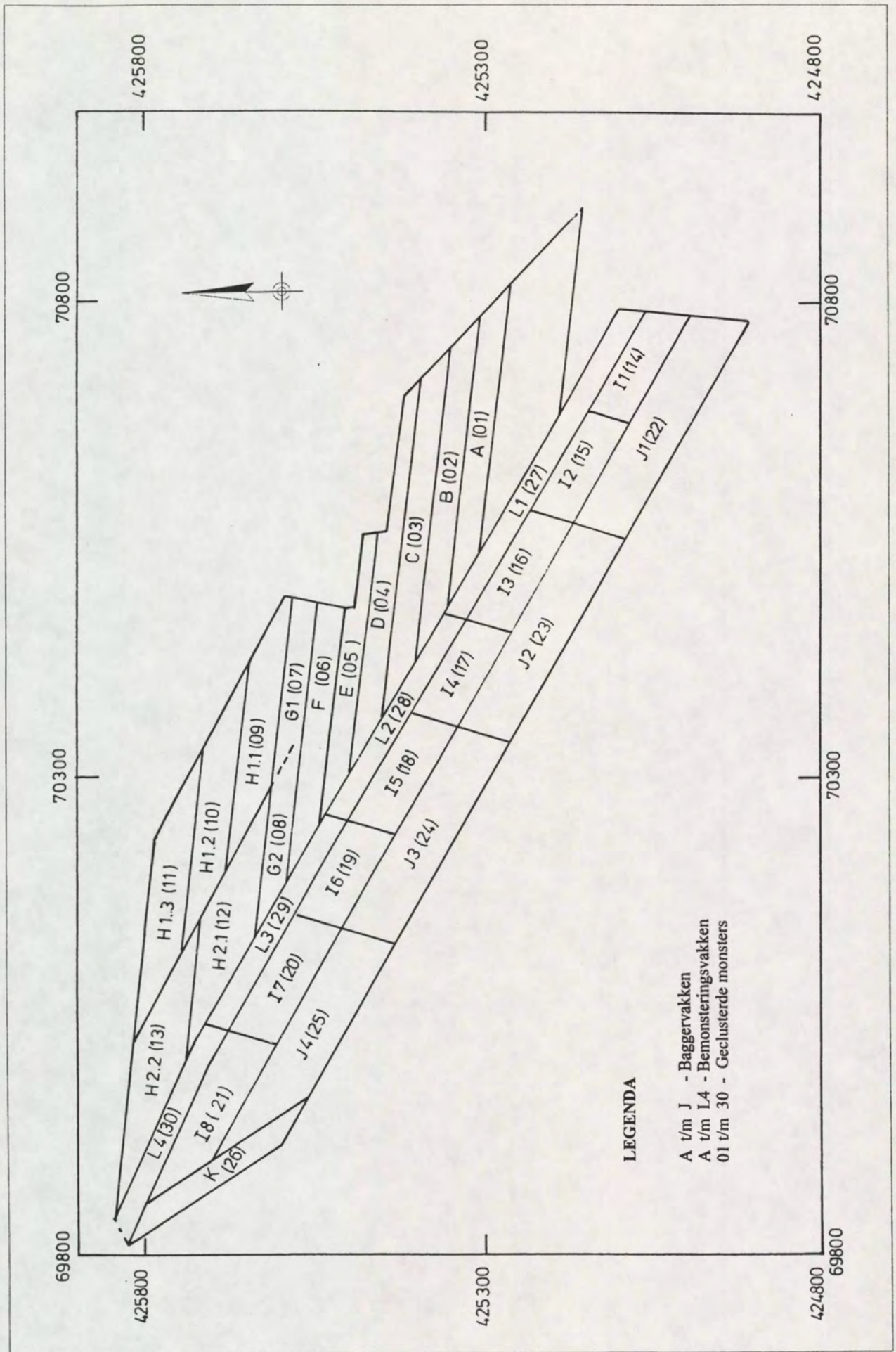


**Figuur 13** Dikte achtergebleven sliblaag (cm) in eindsituatie  
 Proef waterinjectie baggeren Haringvliet

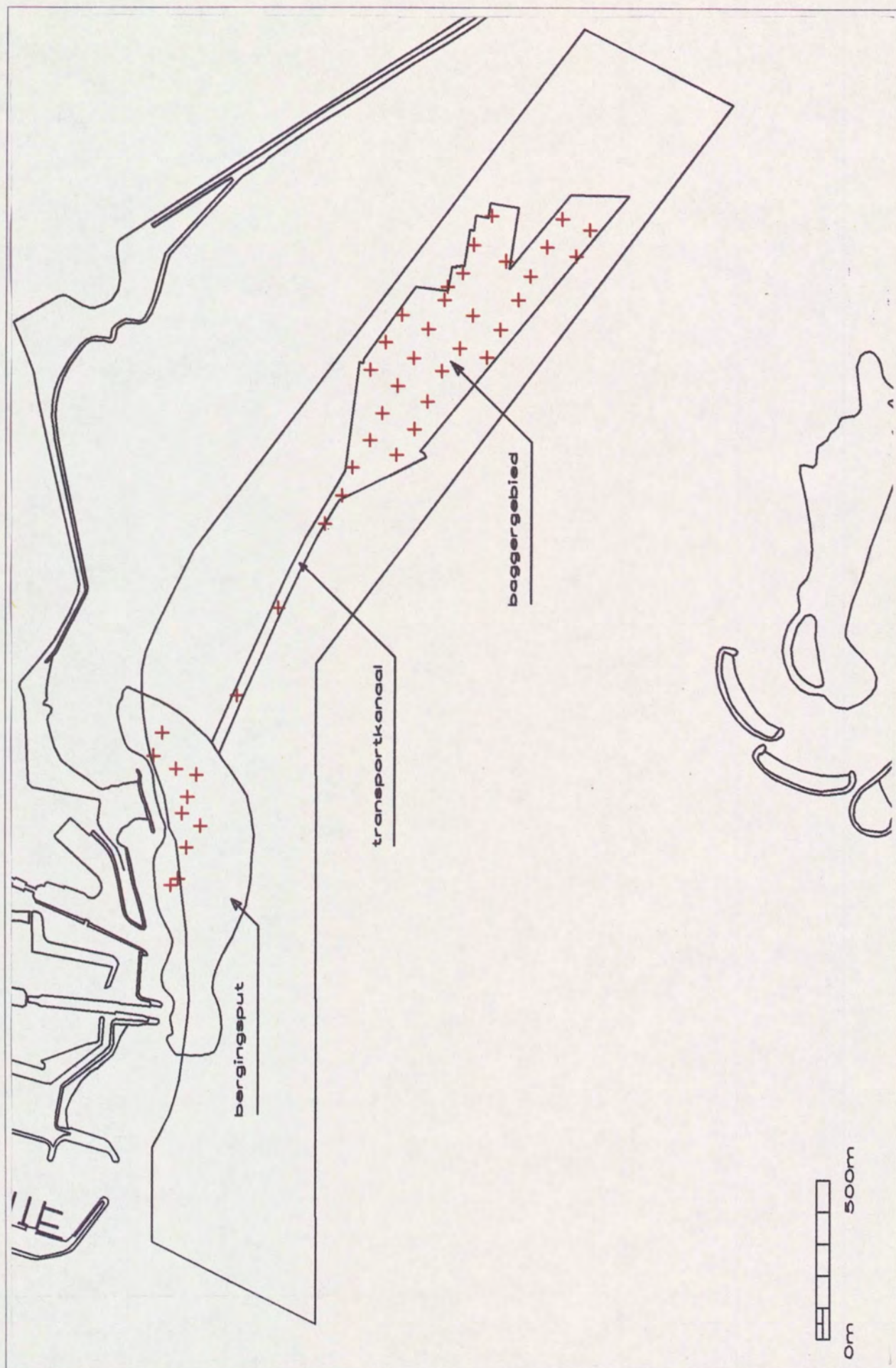


**Figuur 14** Verschil tussen begin - en eindsituatie  
 Proef waterinjectie baggeren Haringvliet





**Figuur 15** Situering bagger- en bemonsteringsvakken  
 Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



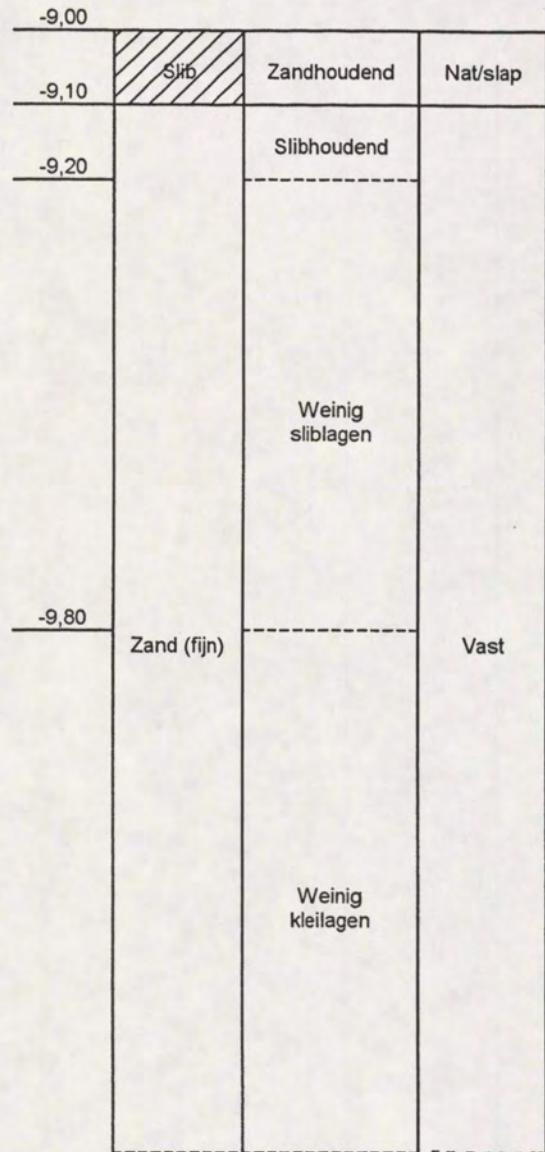
**Figuur 16** Deelgebieden met situering boringen (T1)

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet





Boring A<sub>1</sub>  
T<sub>0</sub> - situatie

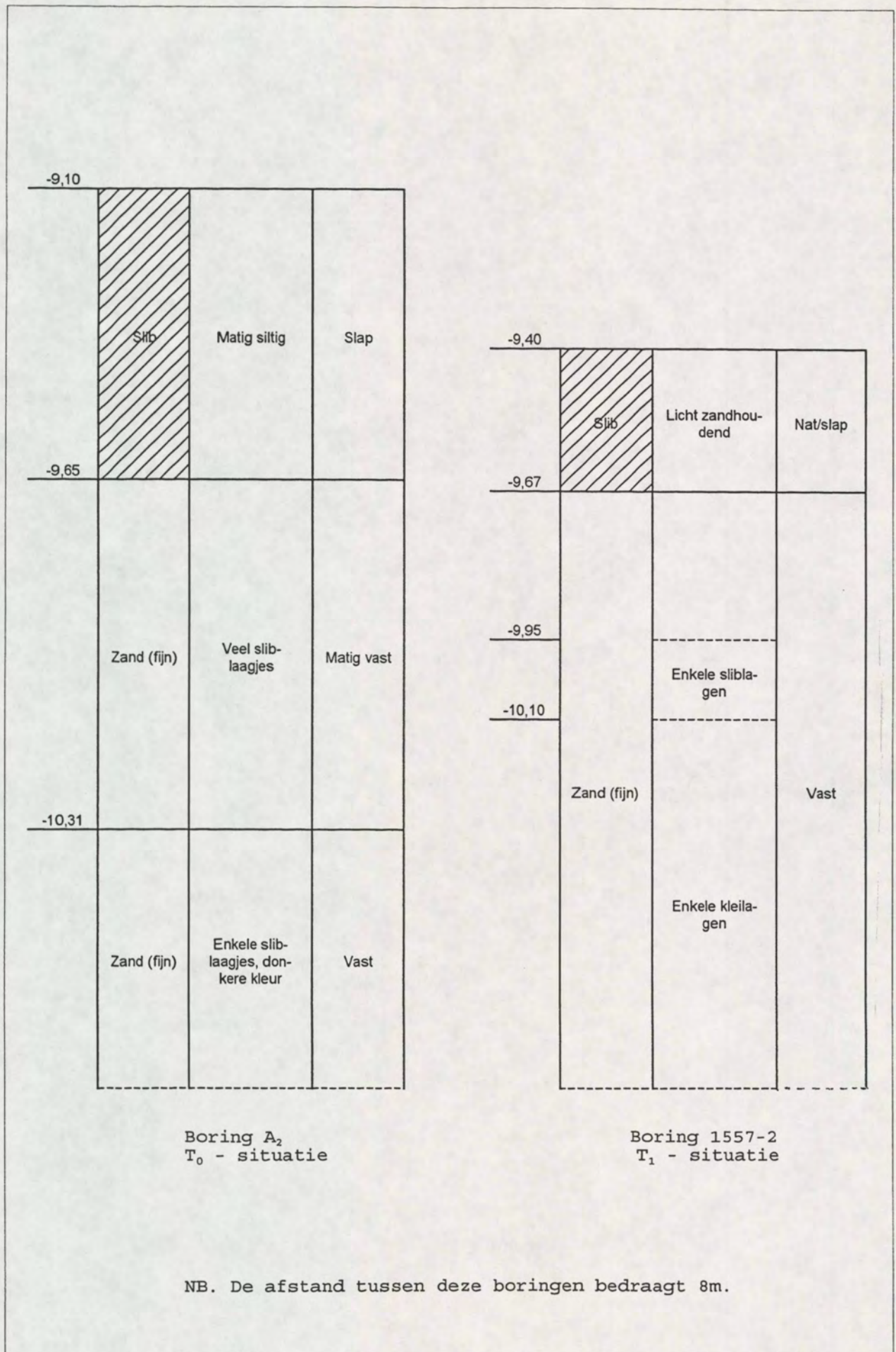


Boring 1553-6  
T<sub>1</sub> - situatie

NB. De afstand tussen deze boringen bedraagt 18m.

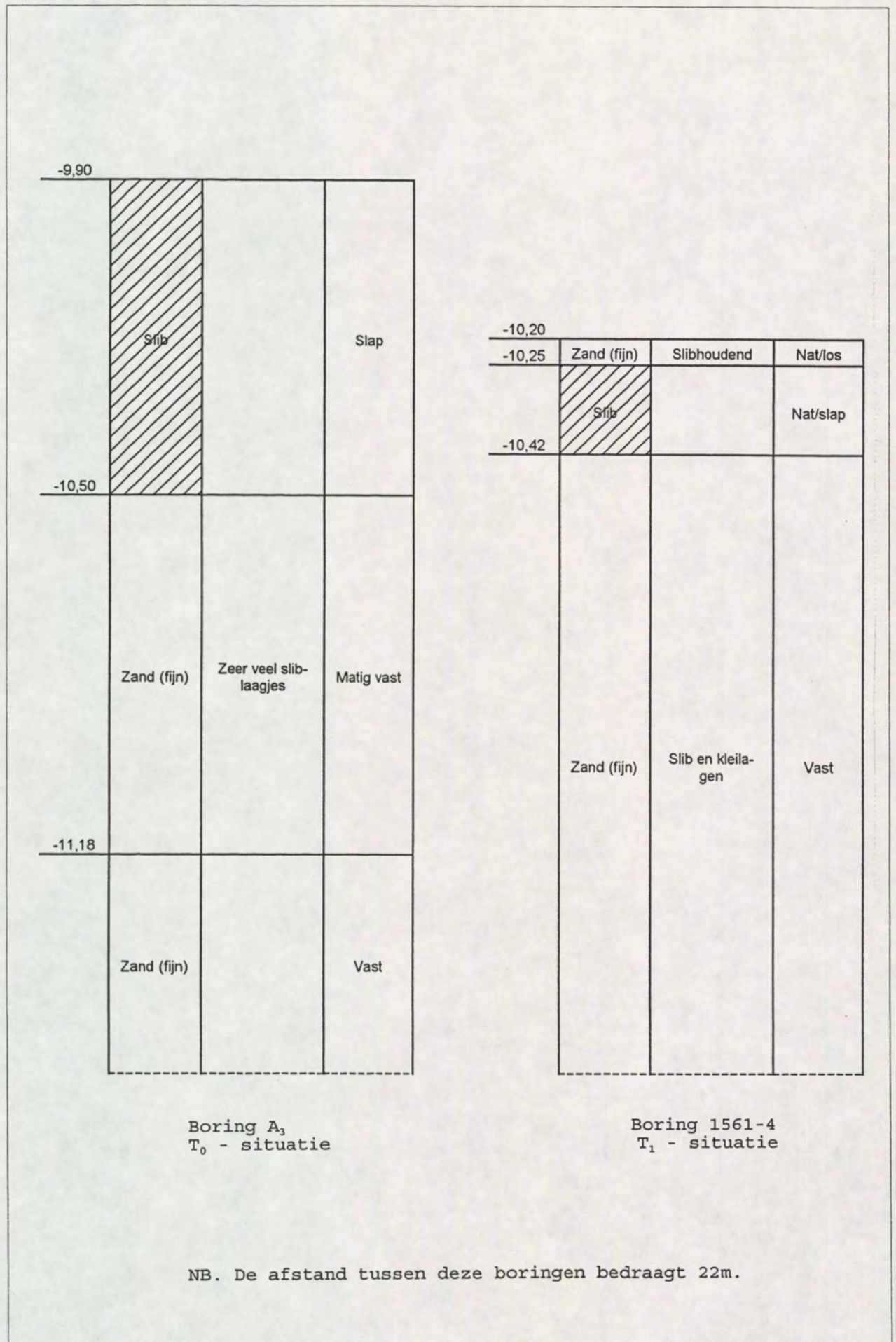
**Figuur 17** Vergelijking vibrocores begin- en eindsituatie

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet

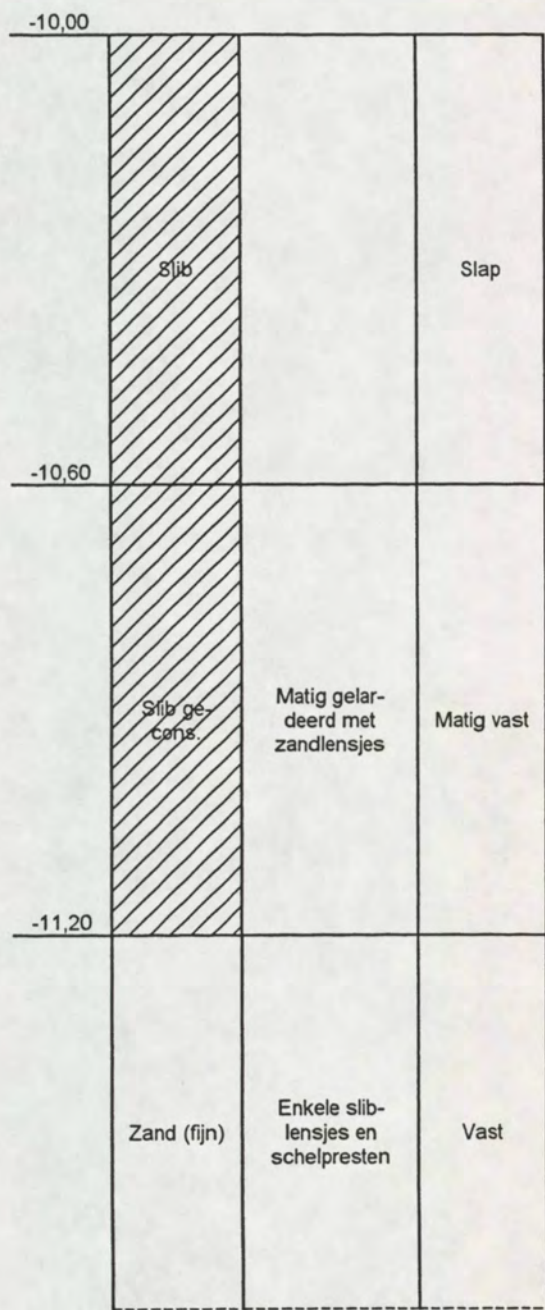


**Figuur 18** Vergelijking vibrocores begin- en eindsituatie

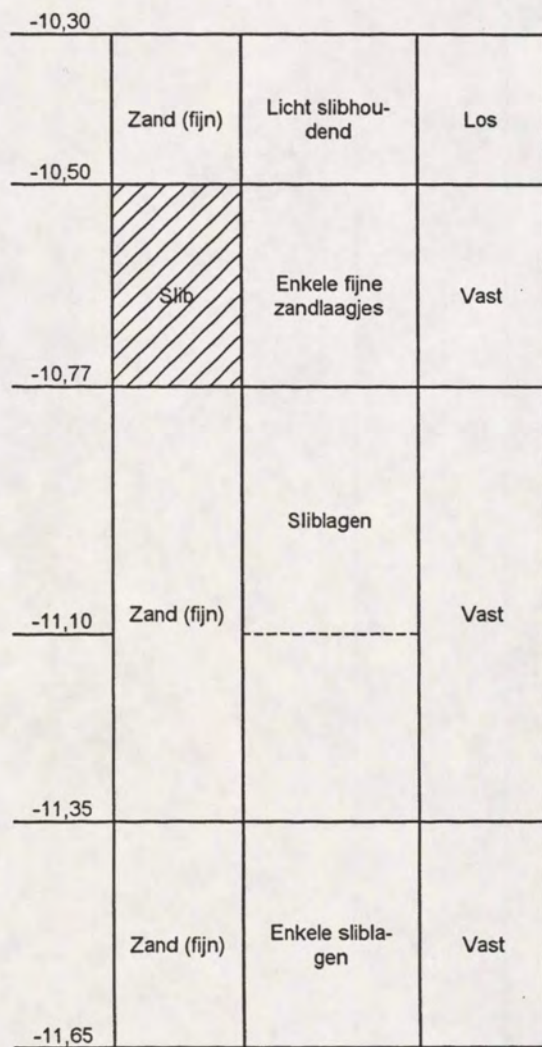
Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



**Figuur 19** Vergelijking vibrocores begin- en eindsituatie  
 Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



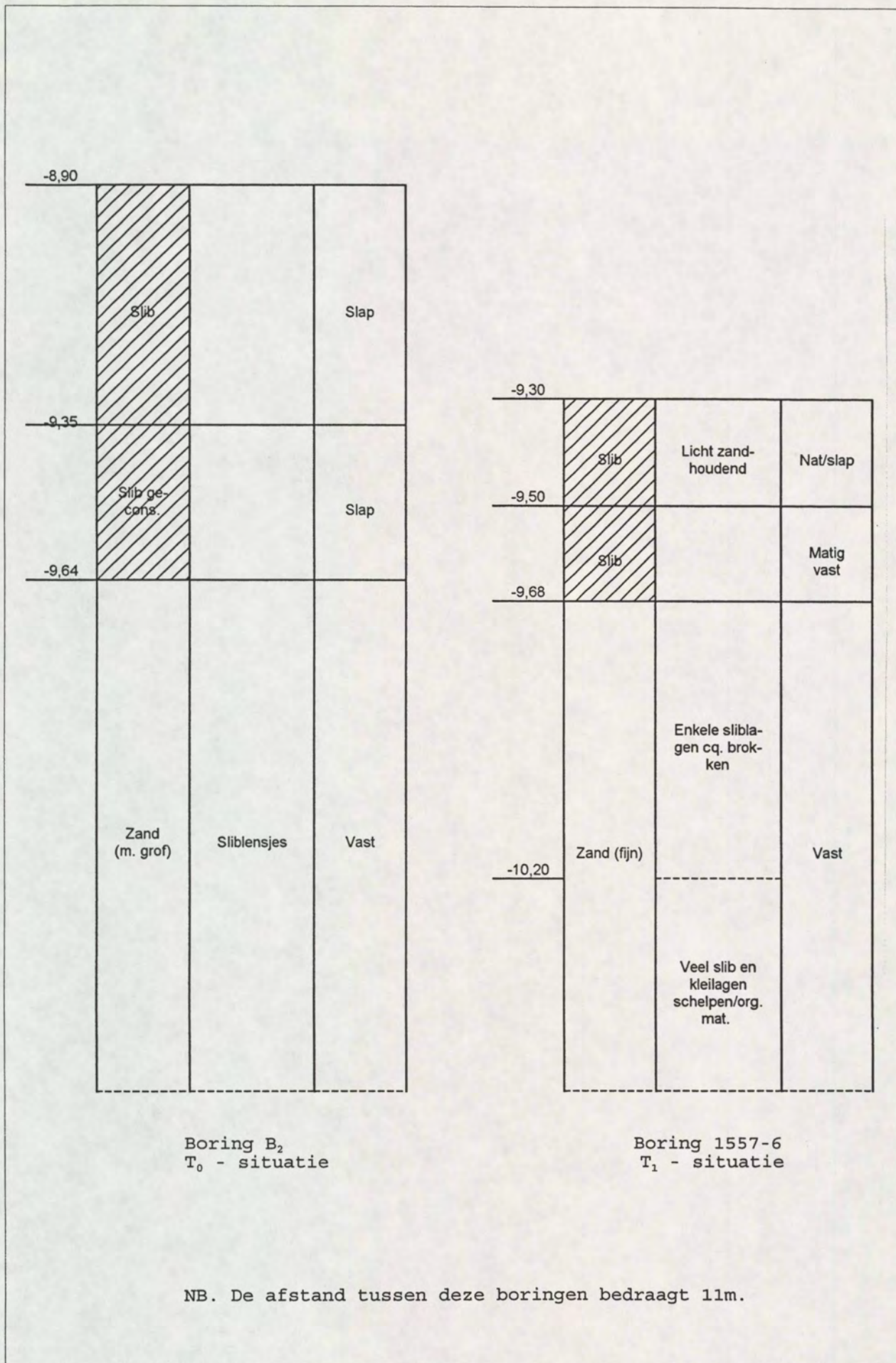
Boring A<sub>5</sub>  
T<sub>0</sub> - situatie



Boring 1569-4  
T<sub>1</sub> - situatie

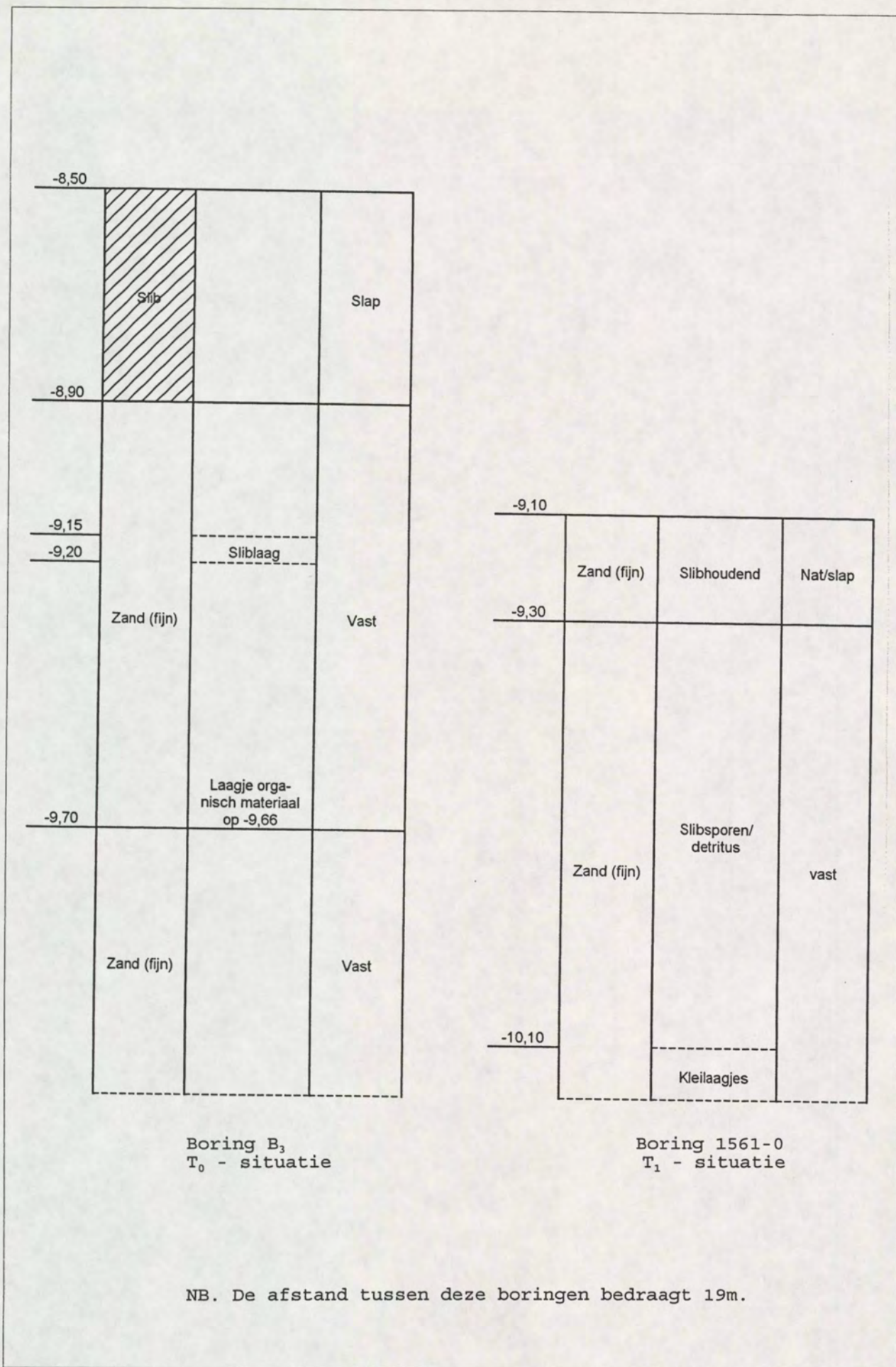
NB. De afstand tussen deze boringen bedraagt 14m.

**Figuur 20** Vergelijking vibrocores begin- en eindsituatie  
Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



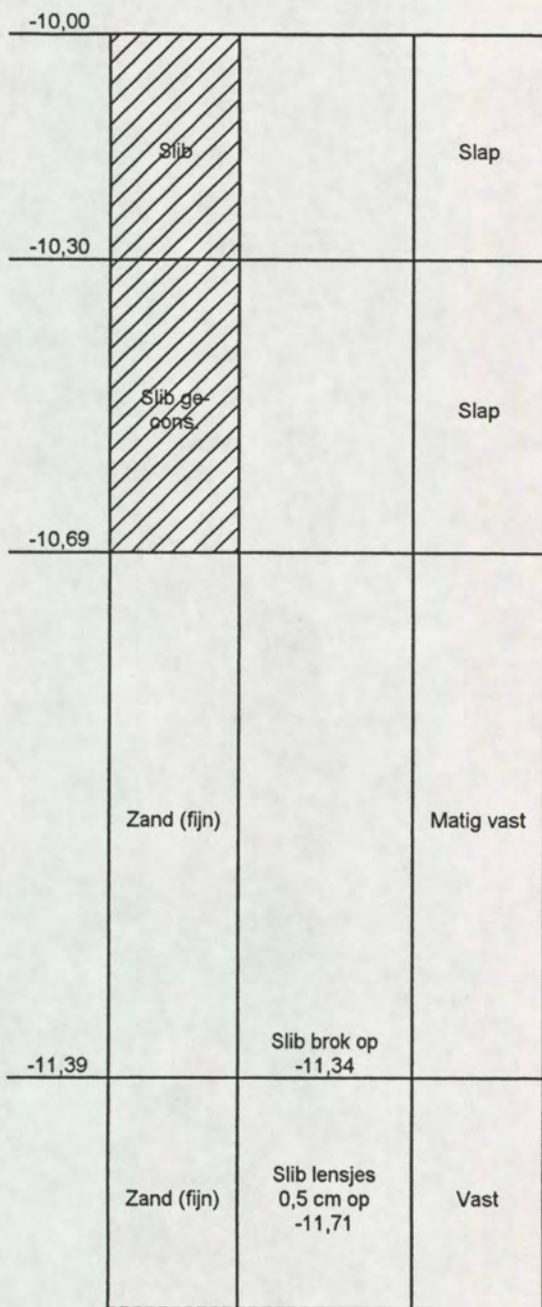
**Figuur 21** Vergelijking vibrocores begin- en eindsituatie

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet

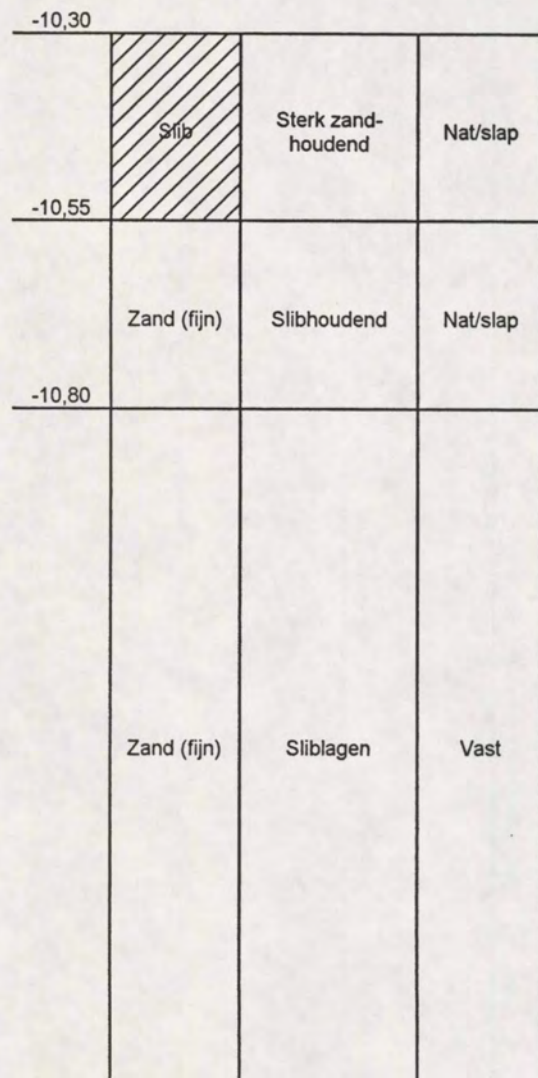


**Figuur 22** Vergelijking vibrocores begin- en eindsituatie

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



Boring B<sub>5</sub>  
T<sub>0</sub> - situatie

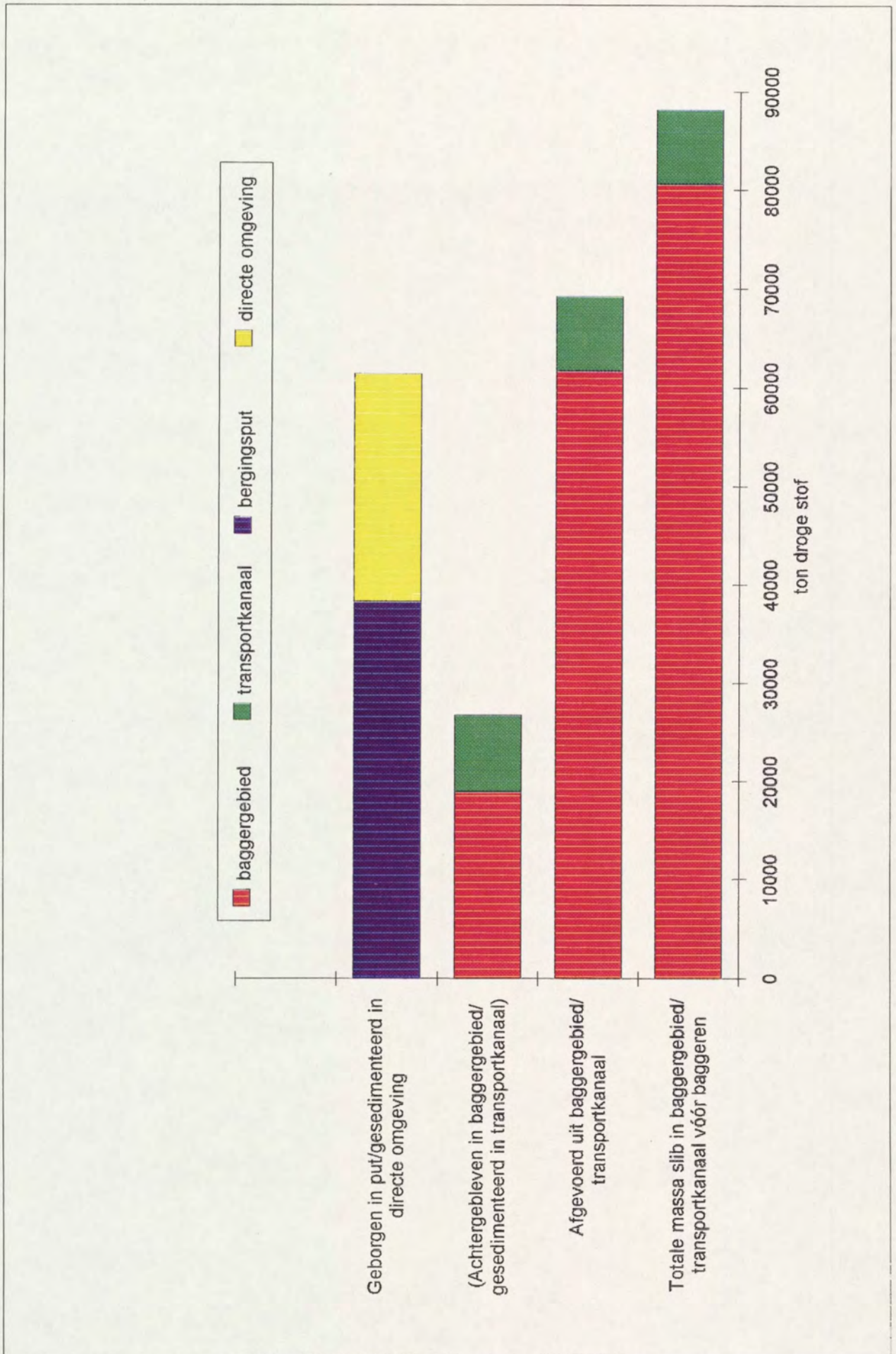


Boring 1565-4  
T<sub>1</sub> - situatie

NB. De afstand tussen deze boringen bedraagt 20m.

**Figuur 23** Vergelijking vibrocores begin- en eindsituatie

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



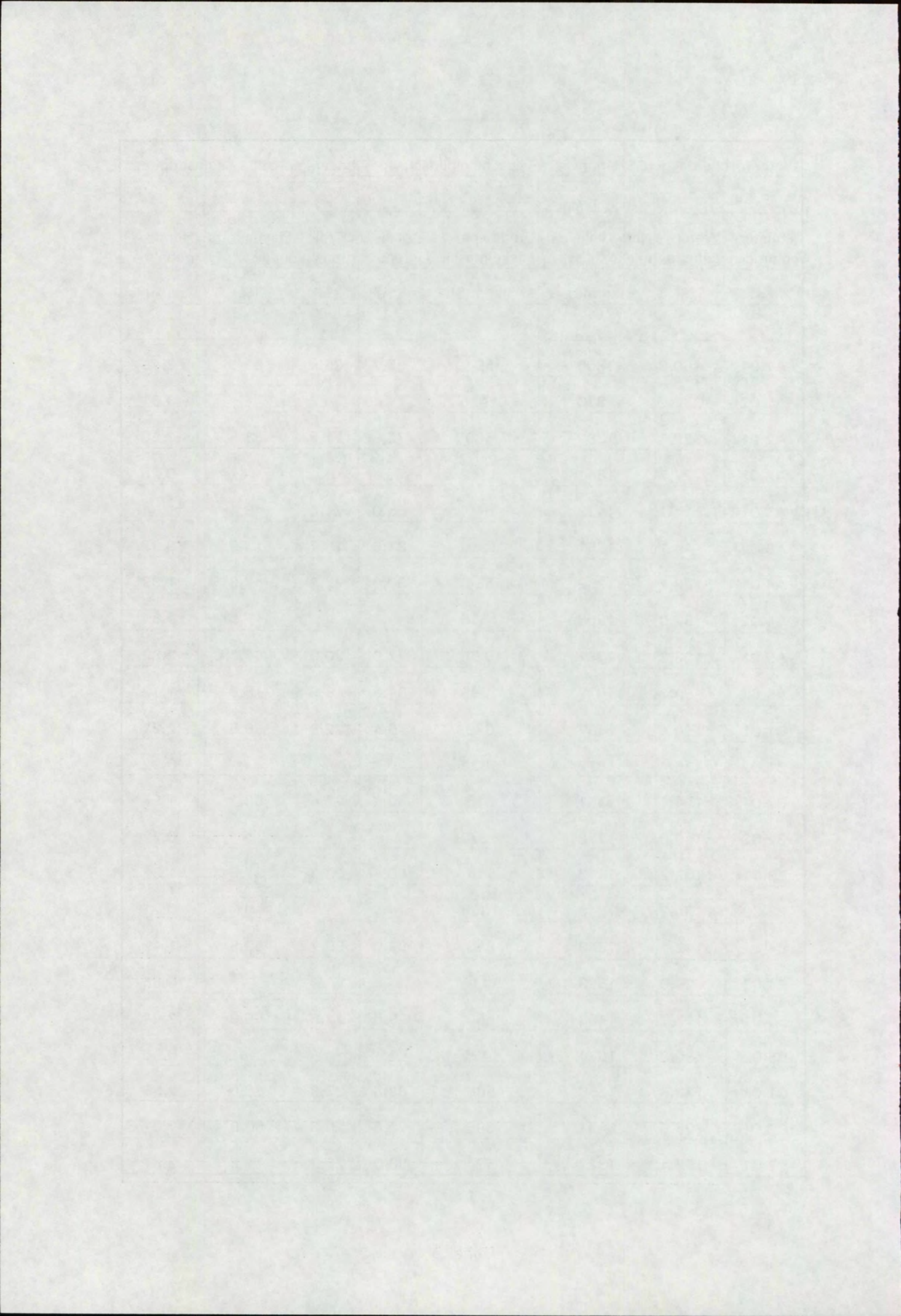
**Figuur 24** Globale droge stof balans Hoornsche Gat

Proef waterinjectie baggeren Haringvliet



Waterinjectie baggeren Haringvliet - fysische eigenschappen bodemonsters beginsituatie.							
Monster- nummer	Water- gehalte	Natte volu- mieke massa	Droge volu- mieke massa	Vloei- grens	Uitrol- grens	Plasticiteits- index	Humus- gehalte
	[%]	[kg/m3]	[kg/m3]	[%]	[%]	[%]	[%]
A1.01	160,8	1306	501	95,7	25,9	69,8	2,49
A1.02	32,2	1870	1415	-	-	-	0,51
A2.01	120,5	1389	630	72,8	21,5	51,3	1,88
A2.02	27,7	1841	1442	-	-	-	0,25
A3.01	114,1	1412	660	65,0	21,6	43,4	1,64
A3.02	44,1	1751	1215	31,6	15,7	15,9	0,87
A4.01	133,2	1362	584	80,0	22,2	57,8	1,99
A4.02	37,0	1803	1316	-	-	-	0,81
A5.01	123,3	1381	618	77,0	20,9	56,1	2,32
A5.02	53,2	1677	1095	34,0	18,2	15,8	1,12
B1.01	120,4	1387	629	79,4	22,9	56,5	2,31
B1.02	36,4	1812	1328	-	-	-	0,92
B2.01	124,1	1381	616	80,6	22,4	58,2	1,95
B2.02	40,0	1778	1270	-	-	-	0,72
B3.01	102,2	1443	714	60,6	23,3	37,3	1,32
B3.02	34,2	1816	1353	-	-	-	0,71
B4.01	142,1	1340	553	88,0	25,2	62,8	1,42
B4.02	29,0	1823	1413	-	-	-	0,55
B5.01	112,7	1403	660	79,5	22,6	56,9	2,44
B5.02	30,9	1874	1432	-	-	-	0,56
C1.01	138,6	1350	566	88,8	22,8	66,0	2,58
C2.01	105,6	1431	696	70,3	20,3	50,0	1,62
C3.01	152,4	1322	524	98,0	25,2	72,8	2,57

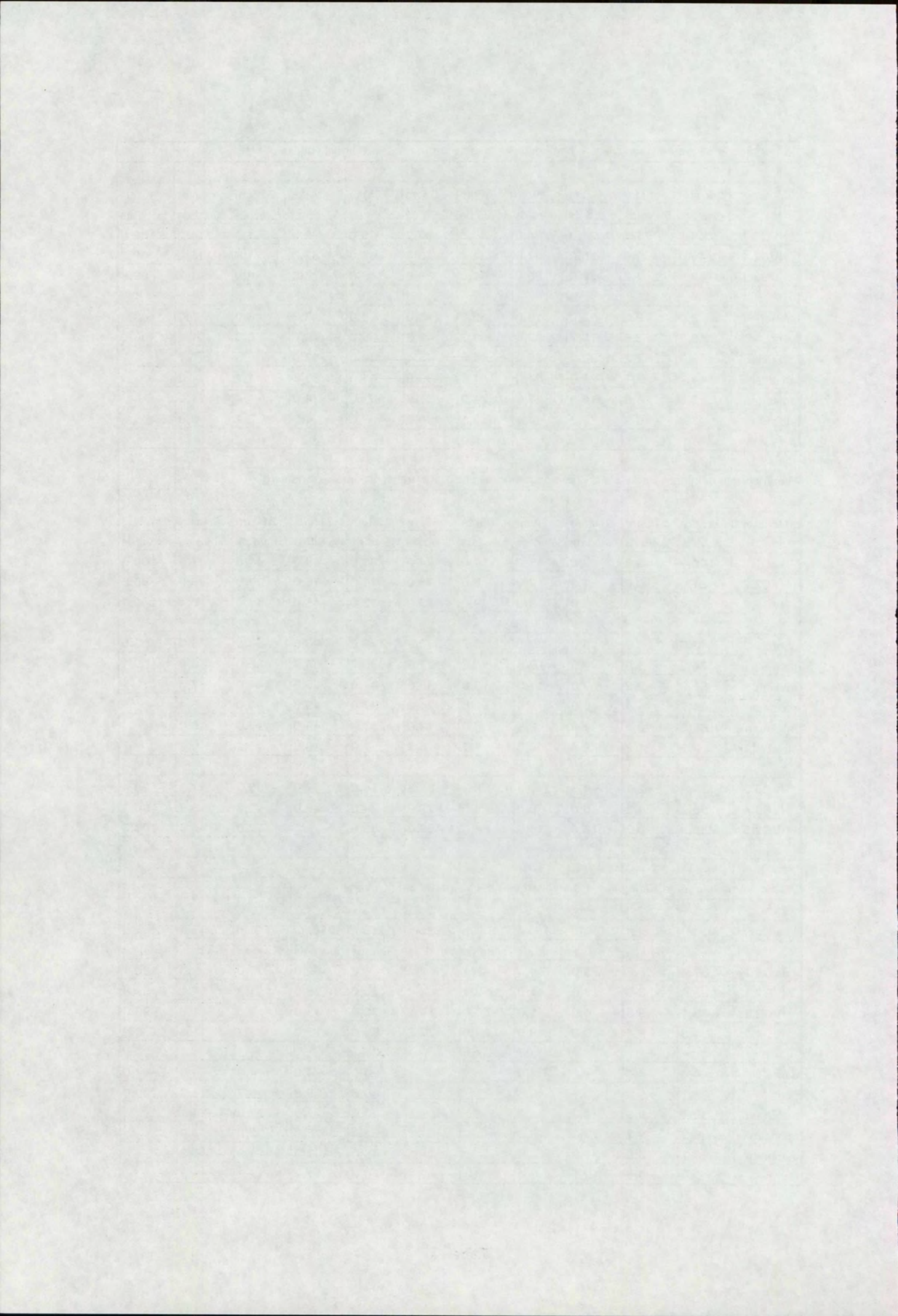
Tabel 1





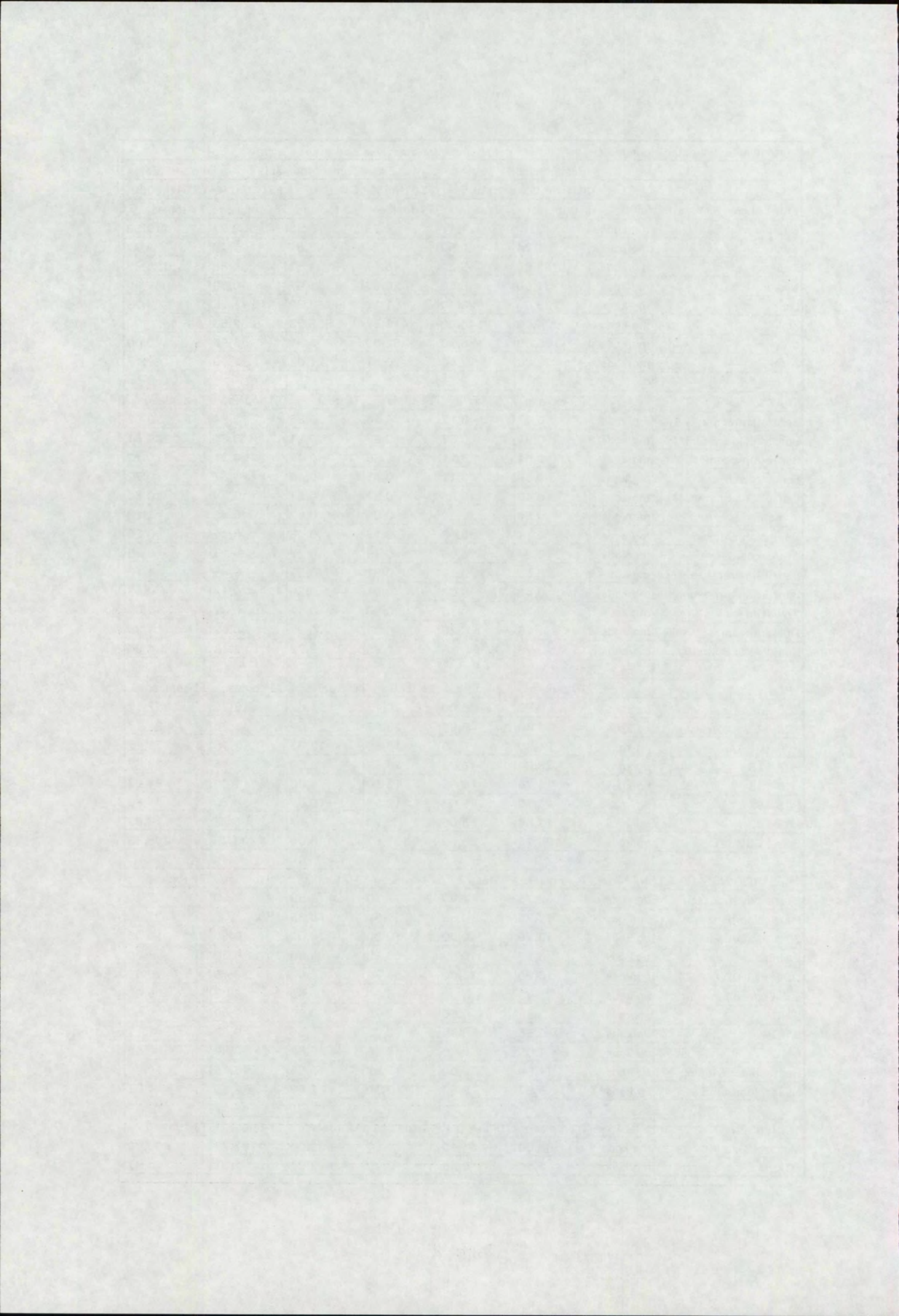
Waterinjectie baggeren Haringvliet - bemonstering beginsituatie transportkanaal (sliblaag).											
Monster	dr.stof	org.stof	< 02µm	< 16µm	< 63µm	> 63µm	125µm	210µm	210µm	calciet	totaal
	gew.-%	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds
HVC1.1	44,1	7,1	21,0	34,0	44,0	37,7	69,0	80,0	1,7	11,2	100,0
HVC2.1	49,0	5,6	16,0	27,0	34,0	49,4	64,0	82,0	1,4	11,2	100,2
HVC3.1	42,5	7,2	22,0	35,0	41,0	39,9	62,0	74,0	6,9	11,7	99,8
aantal	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
gem.	45,2	6,6	19,7	32,0	39,7	42,3	65,0	78,7	3,3	11,4	100,0
maximum	49,0	7,2	22,0	35,0	44,0	49,4	69,0	82,0	6,9	11,7	
mediaan	44,1	7,1	21,0	34,0	41,0	39,9	64,0	80,0	1,7	11,2	
minimum	42,5	5,6	16,0	27,0	34,0	37,7	62,0	74,0	1,4	11,2	
st. afw.	3,4	0,9	3,2	4,4	5,1	6,2	3,6	4,2	3,1	0,3	
Waterinjectie baggeren Haringvliet - bemonstering beginsituatie transportkanaal (zandlaag).											
Monster	dr.stof	org.stof	< 02µm	< 16µm	< 63µm	> 63µm	125µm	210µm	210µm	calciet	totaal
	gew.-%	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds
HVC1.2	66,9	3,2	7,0	11,0	16,0	74,0	31,0	49,0	41,0	7,3	100,5
HVC2.2	81,0	0,6	1,8	2,5	8,0	85,0	44,0	76,0	17,0	6,0	99,6
HVC3.2	74,7	1,7	6,0	9,8	19,0	73,0	32,0	45,0	47,0	6,4	100,1
aantal	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
gem.	74,2	1,8	4,9	7,8	14,3	77,3	35,7	56,7	35,0	6,6	100,1
maximum	81,0	3,2	7,0	11,0	19,0	85,0	44,0	76,0	47,0	7,3	
mediaan	74,7	1,7	6,0	9,8	16,0	74,0	32,0	49,0	41,0	6,4	
minimum	66,9	0,6	1,8	2,5	8,0	73,0	31,0	45,0	17,0	6,0	
st. afw.	7,1	1,3	2,8	4,6	5,7	6,7	7,2	16,9	15,9	0,7	
HVC3.3	74,9	2,1	4,3	7,2	8,7	81,3	14,0	37,0	53,0	7,3	99,4
HVC3.4	66,2	4,2	6,0	8,0	9,0	77,0	24,0	39,0	47,0	9,9	100,1
HVC3.5	80,9	0,7	13,0	19,0	54,0	39,0	63,0	76,0	17,0	6,6	100,3
Waterinjectie baggeren Haringvliet - bemonstering beginsituatie put (sliblaag).											
Monster	dr.stof	org.stof	< 02µm	< 16µm	< 63µm	> 63µm	125µm	210µm	210µm	calciet	totaal
	gew.-%	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds
HVD1.1	37,4	8,8	28,0	44,0	37#		46,0	52,0	27,0	12,3	100,1
HVD2.1	39,4	8,9	27,0	44,0	40#		60,0	75,0	1,8	14,1	99,8
HVD3.1	33,1	9,9	34,0	51,0	60,0	18,1	70,0	75,0	3,1	11,6	99,6
HVD4.1	34,3	9,4	30,0	48,0	52,0	27,7	65,0	77,0	2,7	11,3	100,4
aantal	4,0	4,0	4,0	4,0			4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
gem.	36,1	9,3	29,8	46,8			60,3	69,8	8,7	12,3	100,0
maximum	39,4	9,9	34,0	51,0			70,0	77,0	27,0	14,1	
mediaan	35,9	9,2	29,0	46,0			62,5	75,0	2,9	12,0	
minimum	33,1	8,8	27,0	44,0			46,0	52,0	1,8	11,3	
st. afw.	2,9	0,5	3,1	3,4			10,3	11,9	12,2	1,3	

Tabel 3



Waterinjectie baggeren Haringvliet - gemiddelde gehalten conform analyseresultaten							
		Baggergebied			Transportkanaal		Put -BF(6mon
		A 1 t/m 5 ; B 1 t/m 5		ES01t/m30	C 1 t/m 3	ES41t/m44	0101t/m000
METALEN (T0-topl. B1t/m5)		T0-toplaag	T0-laag 2	T1-toplaag	T0-toplaag	T1-toplaag	T1-toplaag
Cadmium	mg/kgds	8,60	1,11	4,23	9,33	3,21	10,33
Kwik	mg/kgds	1,84	0,50	1,24	3,67	0,73	2,97
Koper	mg/kgds	83,00	13,25	46,17	91,67	34,38	125,83
Nikkel	mg/kgds	31,00	8,60	20,67	41,67	15,63	47,50
Lood	mg/kgds	168,00	29,40	101,17	183,33	71,25	223,33
Zink	mg/kgds	724,00	146,00	410,67	853,33	292,50	920,00
Chroom	mg/kgds	168,00	26,10	82,00	203,33	56,50	170,00
Arseen	mg/kgds	29,00	12,40	20,67	21,67	13,50	29,17
PAK's							
		T0-toplaag	T0-laag 2	T1-toplaag	T0-toplaag	T1-toplaag	T1-toplaag
Benz(a)antraceen	mg/kgds	0,47	0,12	0,46	0,36	0,34	0,62
Benzo(ghi)peryleen(*)	mg/kgds	0,34	0,07	0,28	0,21	0,31	0,61
Benzo(a)pyreen(*)	mg/kgds	0,61	0,11	0,39	0,47	0,31	0,72
Fenantreen	mg/kgds	0,59	0,11	0,45	0,44	0,37	0,72
Ind(1,2,3-cd)pyreen(*)	mg/kgds	0,40	0,08	0,31	0,21	0,28	0,65
Pyreen	mg/kgds	0,86	0,20	0,66	0,57	0,48	1,19
Dibenz(ah)anthrac,	mg/kgds	0,11	0,03	0,17	0,08	0,14	0,26
Anthraceen	mg/kgds	0,34	0,05	0,19	0,22	0,13	0,35
Benz(b)fluorantheen(*)	mg/kgds	0,85	0,16	0,61	0,57	0,45	1,10
Benz(k)fluorantheen(*)	mg/kgds	0,42	0,07	0,21	0,39	0,17	0,43
Chryseen	mg/kgds	0,70	0,14	0,50	0,51	0,37	0,89
Fluorantheen(*)	mg/kgds	1,16	0,26	0,84	0,87	0,62	1,38
Som PAK's Borneff(*)	mg/kgds	3,78	0,76	2,63	2,72	2,13	4,90
PCB's							
		T0-toplaag	T0-laag 2	T1-toplaag	T0-toplaag	T1-toplaag	T1-toplaag
PCB-28	µg/kgds	50,60	5,00	30,17	51,67	19,75	42,17
PCB-52	µg/kgds	40,40	5,00	25,57	26,67	15,25	31,17
PCB-101	µg/kgds	24,90	5,00	16,80	12,33	13,75	31,17
PCB-118	µg/kgds	25,60	5,00	25,57	9,00	21,25	23,67
PCB-138	µg/kgds	14,70	5,00	13,50	8,00	11,00	31,67
PCB-153	µg/kgds	26,70	5,00	18,30	10,67	14,50	27,83
PCB-180	µg/kgds	13,80	5,00	8,70	7,67	8,25	18,67
Som PCB's (7)	µg/kgds	196,70	35,00	138,60	126,00	103,75	206,33
BESTRIJDINGSMIDDELEN							
		T0-toplaag	T0-laag 2	T1-toplaag	T0-toplaag	T1-toplaag	T1-toplaag
Pentachloorbenzeen	µg/kgds	2,75	2,50	2,50	2,50	2,50	7,20
Hexachloorbenzeen	µg/kgds	17,70	0,83	7,94	18,33	7,38	11,30
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kgds	13,70	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Endrin	µg/kgds	5,50	5,00	6,80	5,00	6,50	5,00
DDTincl,DDD en DDE	µg/kgds	16,60	15,00	34,70	18,67	30,75	15,00
alfa-Endosulfan/sulft	µg/kgds	5,70	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
a-HCH	µg/kgds	0,86	0,50	2,75	0,50	1,50	0,50
b-HCH	µg/kgds	3,55	0,55	0,72	1,67	0,88	1,17
c-HCH	µg/kgds	1,00	0,50	0,55	0,83	0,50	0,50
Heptachloor & epox,	µg/kgds	11,60	10,00	15,97	10,33	13,75	10,00
Hexachloorbutadien	µg/kgds	3,97	2,50	3,15	2,50	2,50	4,02
DIVERSEN							
		T0-toplaag	T0-laag 2	T1-toplaag	T0-toplaag	T1-toplaag	T1-toplaag
Minerale Olie (IR)	mg/kgds	506,00	64,40	221,00	500,00	167,75	800,00
EOX	mg/kgds	3,74	0,46	2,00	2,97	1,31	4,97

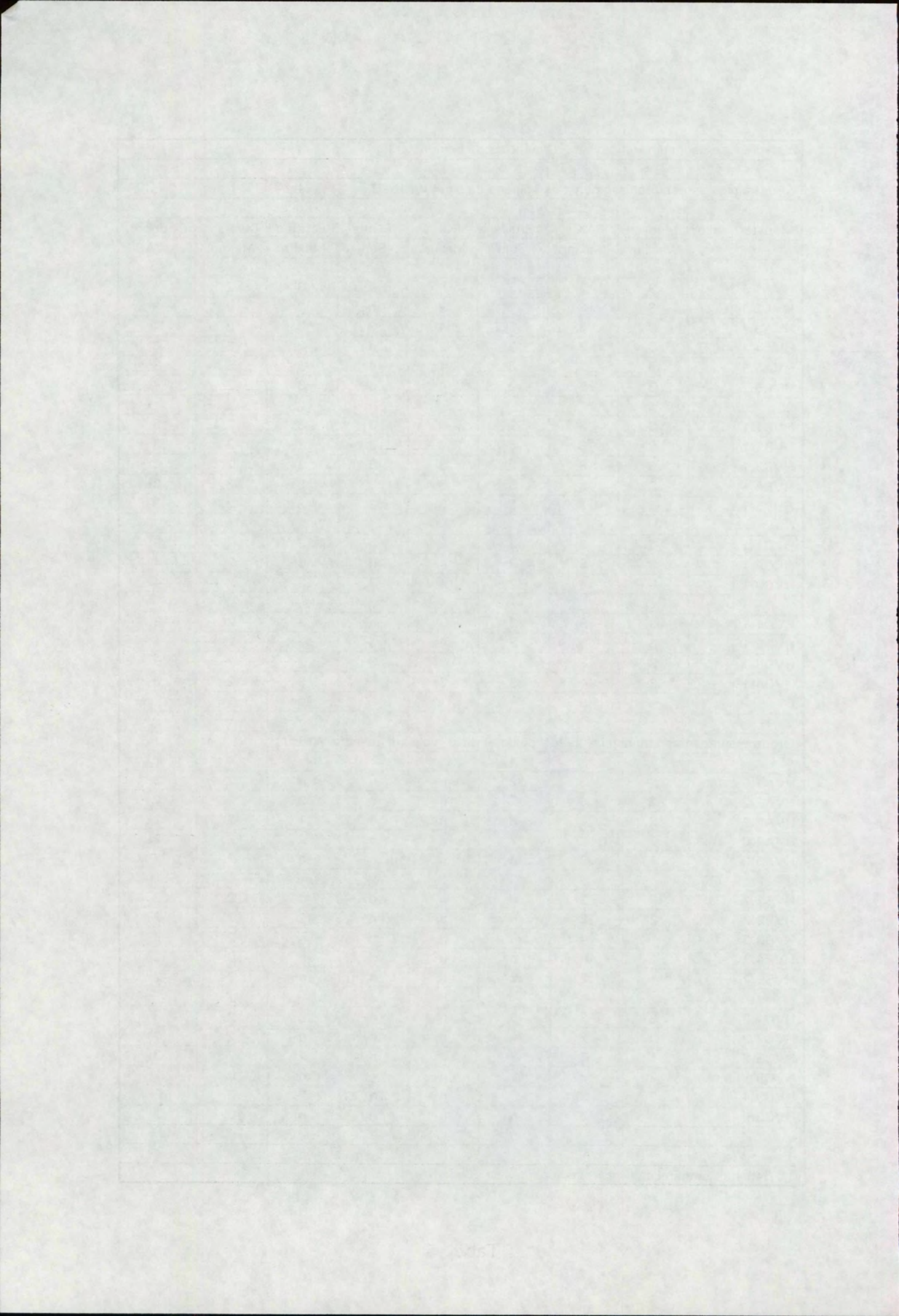
Tabel 4



Waterinjectie baggeren Haringvliet - beginsituatie bemonstering									
Verontreinigingsgraad toplaagmonsters volgens 3e Nota WHH (*)									
Monster	Vaknr	Metalen	PAK's	PAK's	PCB's	PCB's	Bestr.mdd	Diversen	Eindoord.
		Maxim.	Maxim.	Som	Maxim.	Som	Maxim.	Maxim.	LAWABO
HVA1.1		3	3	3	4	4	3	2	4
HVA2.1		3	3	2	2	n	2	2	3
HVA3.1		3	3	3	4	3	3	2	4
HVA4.1		3	3	3	2	n	2	2	3
HVA5.1		3	3	3	4	4	3	3	3
HVA5.2		3	2	2	4	n	3	2	4
HVB1.1		3	3	3	3	3	3	2	3
HVB2.1		3	3	3	3	3	2	2	3
HVB3.1		3	3	3	3	3	3	2	3
HVB4.1		3	3	3	3	3	2	2	3
HVB5.1		3	3	3	3	3	2	2	3
HVC1.1		3	3	2	3	n	3	2	3
HVC2.1		3	3	3	4	n	3	2	4
HVC3.1		3	3	2	4	3	3	2	4
HVD1.1		3	3	3	3	n	3	2	3
HVD2.1		3	3	3	4	3	3	2	4
HVD3.1		3	3	2	3	3	3	2	3
HVD4.1		3	4	3	3	n	3	2	3
Verontreinigingsgraad monsters 2e (of diepere) laag volgens 3e Nota WHH (*)									
HVA1.2		2	3	2	n	n	n	2	3
HVA2.2		2	3	2	n	n	2	2	2
HVA3.2		3	2	2	n	n	1	2	3
HVA4.2		2	2	2	n	n	2	2	2
HVA5.3		1	2	n	n	n	n	2	2
HVB1.2		0	2	n	n	n	n	2	2
HVB2.2		2	2	n	n	n	2	2	2
HVB3.2		1	4	3	n	n	n	2	3
HVB4.2		1	n	n	n	n	n	0	0
HVB5.2		1	2	2	n	n	n	2	2
HVC1.2		2	3	3	n	n	2	2	3
HVC2.2		0	2	n	n	n	n	2	2
HVC3.2		1	3	3	3	n	2	2	3
HVC3.3		2	3	2	n	n	n	2	2
HVC3.4		2	3	2	n	n	2	2	3
HVC3.5		0	2	n	n	n	n	0	2
(*) Gehalten omgerekend naar standaard waterbodem									

Tabel 5





Waterinjectie baggeren Haringvliet - gemiddelde gehalten					
Omgerekend naar stand.bodem		Baggergebied		Put (6 mon.)	
(NW3)		A 1 t/m 5 en B 1 t/m 5		ES 01 t/m 30	BF0101t/m000
METALEN (T0-topl. B1t/m5)		T0-toplaag	T0-laag 2	T1-toplaag	T1-toplaag
Cadmium	mg/kgds	9,72	1,79	5,96	10,17
Kwik	mg/kgds	1,94	0,68	1,52	2,84
Koper	mg/kgds	92,51	24,47	68,72	118,07
Nikkel	mg/kgds	33,80	20,19	33,54	41,65
Lood	mg/kgds	180,69	43,52	131,44	213,48
Zink	mg/kgds	805,17	302,56	637,55	842,61
Chroom	mg/kgds	178,48	43,11	111,21	155,07
Arseen	mg/kgds	31,29	19,80	28,39	27,83
PAK's		T0-toplaag	T0-laag 2	T1-toplaag	T1-toplaag
Benz(a)antracene	mg/kgds	0,67	0,56	1,41	0,71
Benzo(ghi)peryleen(*)	mg/kgds	0,43	0,34	0,86	0,69
Benzo(a)pyreen(*)	mg/kgds	0,89	0,52	1,20	0,83
Fenantreen	mg/kgds	0,87	0,52	1,37	0,81
Ind(1,2,3-cd)pyreen(*)	mg/kgds	0,50	0,39	0,99	0,76
Pyreen	mg/kgds	1,21	0,93	2,06	1,36
Dibenz(ah)anthrac,	mg/kgds	0,16	0,14	0,53	0,28
Anthracene	mg/kgds	0,48	0,24	0,61	0,40
Benz(b)fluorantheen(*)	mg/kgds	1,19	0,73	1,88	1,25
Benz(k)fluorantheen(*)	mg/kgds	0,67	0,34	0,64	0,49
Chryseen	mg/kgds	0,99	0,68	1,56	1,02
Fluorantheen(*)	mg/kgds	1,69	1,23	2,62	1,59
Som PAK's Borneff(*)	mg/kgds	5,37	3,56	8,19	5,60
PCB's		T0-toplaag	T0-laag 2	T1-toplaag	T1-toplaag
PCB-28	µg/kgds	78,76	23,44	90,24	47,96
PCB-52	µg/kgds	63,70	23,44	76,96	35,78
PCB-101	µg/kgds	35,97	23,44	50,32	35,35
PCB-118	µg/kgds	42,24	23,44	77,19	26,71
PCB-138	µg/kgds	21,80	23,44	39,88	36,16
PCB-153	µg/kgds	37,74	23,44	55,05	31,46
PCB-180	µg/kgds	19,85	23,44	26,07	21,17
Som PCB's (7)	µg/kgds	300,07	164,10	415,70	234,58
BESTRIJDINGSMIDDELEN		T0-toplaag	T0-laag 2	T1-toplaag	T1-toplaag
Pentachloorbenzeen	µg/kgds	4,15	11,72	8,08	8,17
Hexachloorbenzeen	µg/kgds	29,86	3,84	25,17	12,74
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kgds	22,47	46,88	32,31	11,42
Endrin	µg/kgds	8,31	23,44	20,65	5,71
DDT(incl,DDD en DDE)	µg/kgds	25,40	70,33	105,65	17,13
alfa-Endosulfan/sulft	µg/kgds	8,70	23,44	16,15	5,71
a-HCH	µg/kgds	1,39	2,34	8,29	0,57
b-HCH	µg/kgds	6,42	2,59	2,20	1,38
c-HCH	µg/kgds	1,81	2,34	2,01	0,57
Heptachloor & epox,	µg/kgds	18,05	46,88	48,24	11,42
Hexachloorbutadien	µg/kgds	6,20	11,72	9,33	4,60
DIVERSEN		T0-toplaag	T0-laag 2	T1-toplaag	T1-toplaag
Minerale Olie (IR)	mg/kgds	753,72	290,44	662,12	889,13
EOX	mg/kgds	5,55	2,04	6,03	5,68

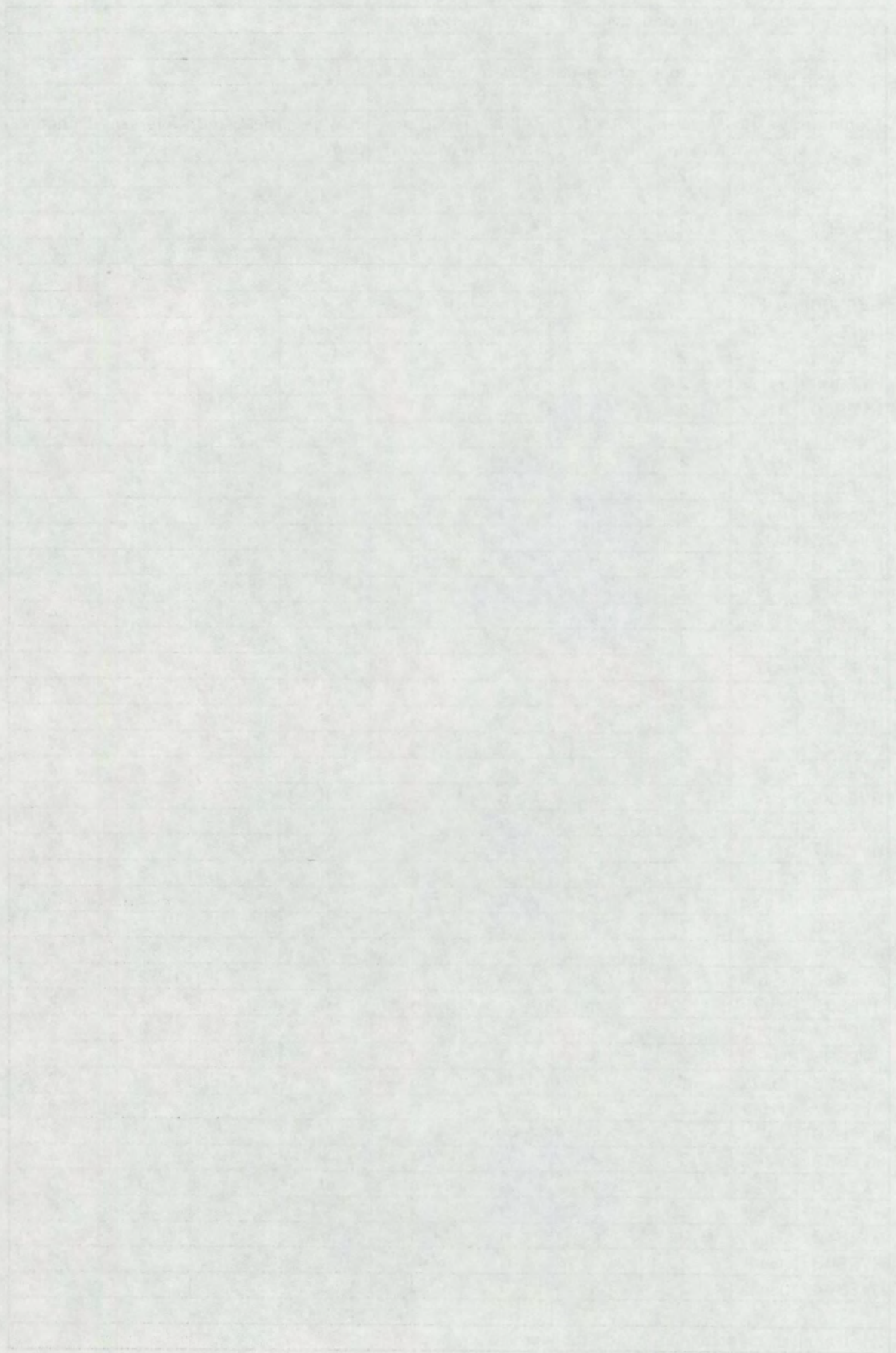
Tabel 6



Waterinjectie baggeren Haringvliet - eindsituatiebemonstering									
Verontreinigingsgraad toplaagmonsters volgens 3e Nota WHH (*)									
Monster	Vaknr.	Metalen	PAK's	PAK's	PCB's	PCB's	Bestr.md	Diversen	Eindoord.
		Maxim.	Maxim.	Som	Maxim.	Som	Maxim.	Maxim.	LAWABO
HVES01	A	2	3	3	4	4	3	2	3
HVES02	B	2	3	3	3	4	3	2	3
HVES03	C	2	3	3	4	4	3	2	4
HVES04	D	2	4	3	4	4	3	3	4
HVES05	E	3	3	n	3	3	3	2	3
HVES06	F	3	3	n	3	4	3	2	3
HVES07	G1	2	3	3	3	n	3	2	3
HVES08	G2	2	3	n	3	n	3	2	3
HVES09	H1.1	2	3	n	3	n	3	2	3
HVES10	H1.2	2	3	n	3	4	3	2	3
HVES11	H1.3	2	3	n	3	n	3	2	3
HVES12	H2.1	2	3	n	3	3	3	2	3
HVES13	H2.2	2	3	n	3	n	3	2	3
HVES14	I1	2	4	3	3	n	3	2	3
HVES15	I2	3	3	n	4	4	3	2	4
HVES16	I3	3	3	3	3	n	3	2	3
HVES17	I4	3	3	3	3	4	3	2	3
HVES18	I5	3	3	3	4	4	3	2	4
HVES19	I6	3	3	3	n	n	3	2	3
HVES20	I7	3	3	3	4	4	3	2	4
HVES21	I8	3	3	3	4	4	3	3	4
HVES22	J1	3	3	n	4	4	3	3	4
HVES23	J2	3	3	n	4	4	3	3	4
HVES24	J3	3	3	n	4	4	3	2	4
HVES25	J4	3	3	n	3	n	3	2	3
HVES26	K	2	3	n	3	n	3	3	3
HVES27	L1	2	3	3	3	n	3	2	3
HVES28	L2	2	3	3	4	n	3	3	4
HVES29	L3	2	3	3	3	n	3	2	3
HVES30	L4	2	3	3	3	n	3	2	3
HVSE31	D	1	2	n	n	n	2	2	2
HVES32	E	2	3	3	3	n	3	2	3
HVES33	L2	1	n	n	n	n	2	1	2
HVES34	H1.1	2	3	3	n	n	3	2	3
HVES35	F	2	3	3	3	n	3	2	3
HVES36	G2	1	2	n	n	n	2	2	2
HVES37	H1.3	2	2	n	n	n	3	2	3
HVES38	I7	-	-	-	-	-	-	-	-
HVES39	J4	3	3	3	4	4	3	2	4
HVES40	L4	1	n	n	n	n	n	0	0
HVES41	Geul	2	3	3	4	4	3	2	4
HVES42	Geul	0	n	n	n	n	n	0	0
HVES43	Geul	2	3	3	3	n	3	2	3
HVES44	Geul	2	3	3	3	3	3	2	3

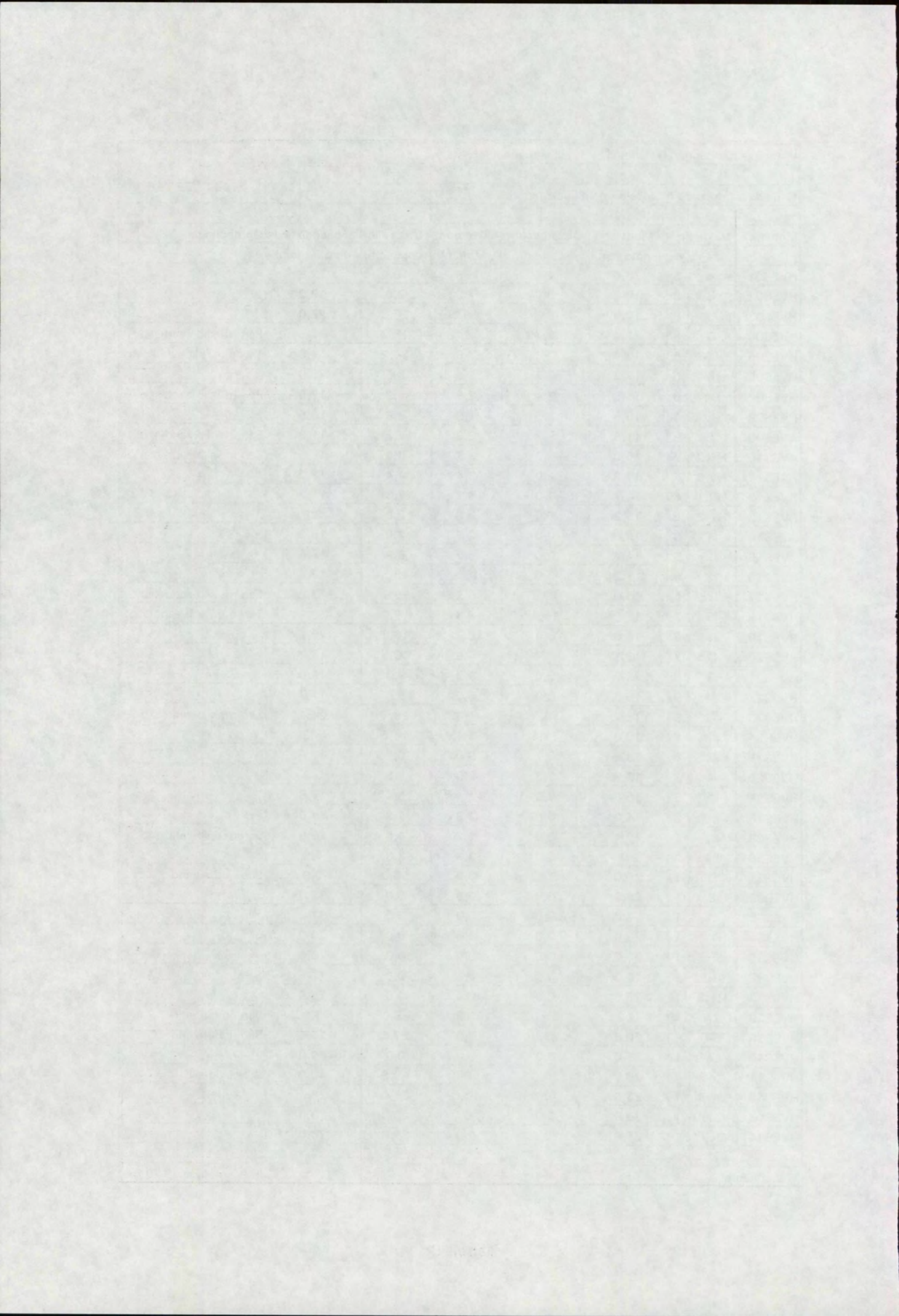
(\*) Gehalten omgerekend naar standaard waterbodem

Tabel 7



Waterinjectie baggeren Haringvliet - eindsituatiebemonstering								
Gegevens m.b.t. de monsters - gemiddeld per vak								
Monster	Vaknr.	n	Monster- lengte (cm)	Dikte gecon. slib (cm)	Dikte dun slib (cm)	Dikte slib totaal (cm)	Laagdikte geroerd (cm)	Opmerkingen
HVES01	A	5	25,4	4,4	13,6	18,0	22,8	
HVES02	B	9	19,2	0,6	7,0	7,6	19,2	
HVES03	C	8	19,9	3,3	10,0	13,3	22,0	
HVES04	D	8	21,4	3,7	14,5	18,2	21,6	Een m. slib-zand-slib
HVES05	E	5	17,4	17,2	7,0	24,2	18,8	Twee m. slib-zand-slib
HVES06	F	6	17,2	2,7	5,8	8,5	20,0	
HVES07	G1	6	11,5	2,4	2,8	5,2	12,5	Een m. slib-zand-slib
HVES08	G2	4	13,5	2,0	1,8	3,8	13,5	
HVES09	H1.1	8	11,8	5,3	2,3	7,6	11,8	Een m. slib-zand-slib
HVES10	H1.2	7	16,0	4,3	3,7	8,0	16,0	Een m. slib-zand-slib
HVES11	H1.3	5	11,2	2,0	2,4	4,4	13,2	
HVES12	H2.1	6	14,7	1,0	6,3	7,3	11,2	
HVES13	H2.2	5	13,2	0,0	2,8	2,8	9,8	
HVES14	I1	6	16,0	0,0	2,8	2,8	16,2	
HVES15	I2	5	14,4	0,0	6,2	6,2	15,4	
HVES16	I3	6	17,2	3,0	10,3	13,3	18,8	
HVES17	I4	6	15,0	10,5	5,2	15,7	13,2	Een m. slib-zand-slib
HVES18	I5	7	13,9	15,7	3,6	19,3	13,7	Twee m. slib-zand-slib
HVES19	I6	6	18,0	8,8	8,0	16,8	20,2	
HVES20	I7	7	13,1	3,7	6,6	10,3	15,3	
HVES21	I8	6	15,0	0,0	9,3	9,3	15,0	
HVES22	J1	9	16,6	0,0	6,0	6,0	17,7	
HVES23	J2	9	18,2	14,0	4,1	18,1	24,4	Een m. slib-zand-slib
HVES24	J3	5	10,0	11,4	3,4	14,8	8,2	
HVES25	J4	6	13,2	3,7	3,0	6,7	11,8	
HVES26	K	3	12,3	2,3	7,0	9,3	9,3	
HVES27	L1	5	16,6	3,0	3,4	6,4	17,6	
HVES28	L2	3	14,0	0,0	2,3	2,3	14,0	
HVES29	L3	5	12,4	2,6	2,2	4,8	10,6	Een m. slib-zand-slib
HVES30	L4	3	9,3	0,0	3,3	3,3	7,0	
HVES31	D	1	20,0	50,0	0,0	50,0	0,0	Slib onder zand
HVES32	E	1	25,0	0,0	0,0	0,0	38,0	
HVES33	L2	1	31,0	0,0	0,0	0,0	31,0	
HVES34	H1.1	1	20,0	0,0	0,0	0,0	20,0	
HVES35	F	1	20,0	0,0	0,0	0,0	20,0	
HVES36	G2	1	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
HVES37	H1.3	1	25,0	0,0	0,0	0,0	25,0	
HVES38	I7	1	3,0	35,0	0,0	35,0	3,0	Slib onder zand
HVES39	J4	1	10,0	27,0	0,0	27,0	20,0	Slib onder zand
HVES40	L4	1	25,0	0,0	0,0	0,0	30,0	
HVES41	Geul	1	20,0	25,0	20,0	45,0	40,0	Slib-zand-slib
HVES42	Geul	1	25,0	15,0	10,0	25,0	25,0	
HVES43	Geul	1	20,0	0,0	20,0	20,0	20,0	
HVES44	Geul	1	25,0	20,0	5,0	25,0	25,0	
Totaal aantal	#							In 30 mengm.: 179 mo

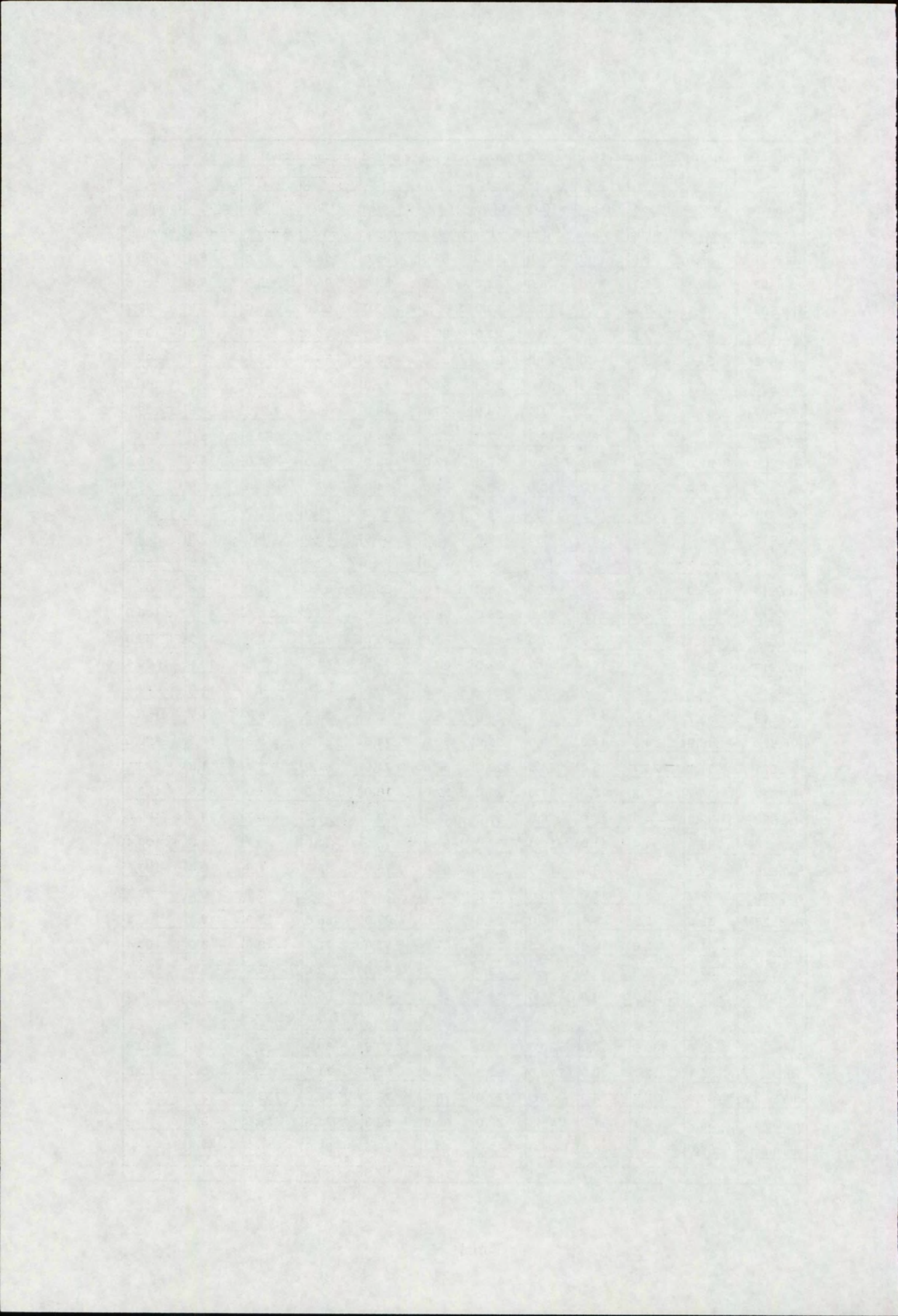
Tabel 8



Waterinjectie baggeren Haringvliet - bemonstering eindsituatie baggergebied (mengmonsters).											
Monster	dr.stof	org.stof	<02 $\mu$	<16 $\mu$	<63 $\mu$	>63 $\mu$	<125 $\mu$ m	<210 $\mu$ m	>210 $\mu$ m	calciet	totaal
	gew.-%	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds
HVES01	55,5	3,5	11,0	17,0	19,0	69,0	38,0	56,0	32,0	8,4	99,9
HVES02	53,1	3,7	11,0	18,0	22,0	66,0	50,0	65,0	23,0	8,8	100,5
HVES03	58,1	3,2	9,4	16,0	19,0	69,0	47,0	60,0	28,0	8,5	99,7
HVES04	55,6	2,6	12,0	20,0	23,0	66,0	42,0	56,0	33,0	8,3	99,9
HVES05	33,0	6,7	14,0	24,0	26,0	53,0	54,0	59,0	20,0	13,5	99,2
HVES06	46,7	3,8	13,0	22,0	29,0	57,0	62,0	75,0	11,0	10,2	100,0
HVES07	64,9	2,1	6,8	11,0	13,0	76,0	48,0	68,0	21,0	8,9	100,0
HVES08	61,1	2,6	8,6	14,0	17,0	73,0	44,0	60,0	30,0	8,0	100,6
HVES09	61,0	3,4	9,2	15,0	17,0	72,0	48,0	65,0	24,0	8,4	100,8
HVES10	56,9	3,7	13,0	20,0	26,0	61,0	54,0	67,0	20,0	8,9	99,6
HVES11	51,8	3,8	11,0	18,0	23,0	65,0	55,0	71,0	17,0	9,0	100,8
HVES12	54,7	4,9	14,0	22,0	29,0	57,0	53,0	70,0	16,0	8,8	99,7
HVES13	64,7	2,3	7,6	12,0	14,0	75,0	38,0	62,0	27,0	8,5	99,8
HVES14	65,0	2,3	7,3	12,0	16,0	74,0	39,0	63,0	27,0	7,8	100,1
HVES15	53,6	4,6	13,0	22,0	25,0	59,0	49,0	79,0	5,0	11,4	100,0
HVES16	59,1	3,9	10,0	17,0	22,0	63,6	63,0	79,0	6,6	10,3	99,8
HVES17	51,3	4,3	12,0	20,0	23,0	60,8	71,0	81,0	2,8	11,5	99,6
HVES18	55,8	4,3	12,0	20,0	30,0	54,3	70,0	80,0	4,3	11,3	99,9
HVES19	53,7	5,0	13,0	23,0	28,0	55,7	70,0	78,0	5,7	11,7	100,4
HVES20	45,9	4,6	14,0	23,0	33,0	50,3	74,0	81,0	2,3	12,1	100,0
HVES21	51,7	4,7	15,0	24,0	28,0	55,4	71,0	81,0	2,4	11,8	99,9
HVES22	56,7	4,2	13,0	21,0	25,0	57,0	53,0	71,0	11,0	13,8	100,0
HVES23	52,6	4,9	16,0	26,0	37,0	44,7	77,0	81,0	0,7	13,4	100,0
HVES24	55,9	4,4	11,0	19,0	27,0	57,2	78,0	84,0	0,2	11,8	100,4
HVES25	57,7	3,7	9,4	16,0	22,0	64,4	75,0	85,0	1,4	10,4	100,5
HVES26	52,7	3,6	11,0	20,0	23,0	62,7	74,0	85,0	0,7	10,4	99,7
HVES27	62,6	2,9	9,1	15,0	22,0	67,0	47,0	66,0	23,0	8,4	100,3
HVES28	61,9	2,6	8,0	13,0	22,0	67,0	51,0	71,0	18,0	8,8	100,4
HVES29	67,1	2,3	6,0	9,6	13,0	75,0	59,0	73,0	15,0	9,0	99,3
HVES30	62,9	2,7	6,6	11,0	14,0	75,0	48,0	65,0	24,0	8,7	100,4
aantal	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
gem.	56,1	3,7	10,9	18,0	22,9	63,4	56,7	71,2	15,1	10,0	100,0
maximum	67,1	6,7	16,0	26,0	37,0	76,0	78,0	85,0	33,0	13,8	
mediaan	55,9	3,7	11,0	18,5	23,0	64,0	53,5	71,0	16,5	9,0	
minimum	33,0	2,1	6,0	9,6	13,0	44,7	38,0	56,0	0,2	7,8	
st. afw.	6,9	1,0	2,7	4,4	6,0	8,3	12,6	9,1	10,8	1,8	

Tabel 9



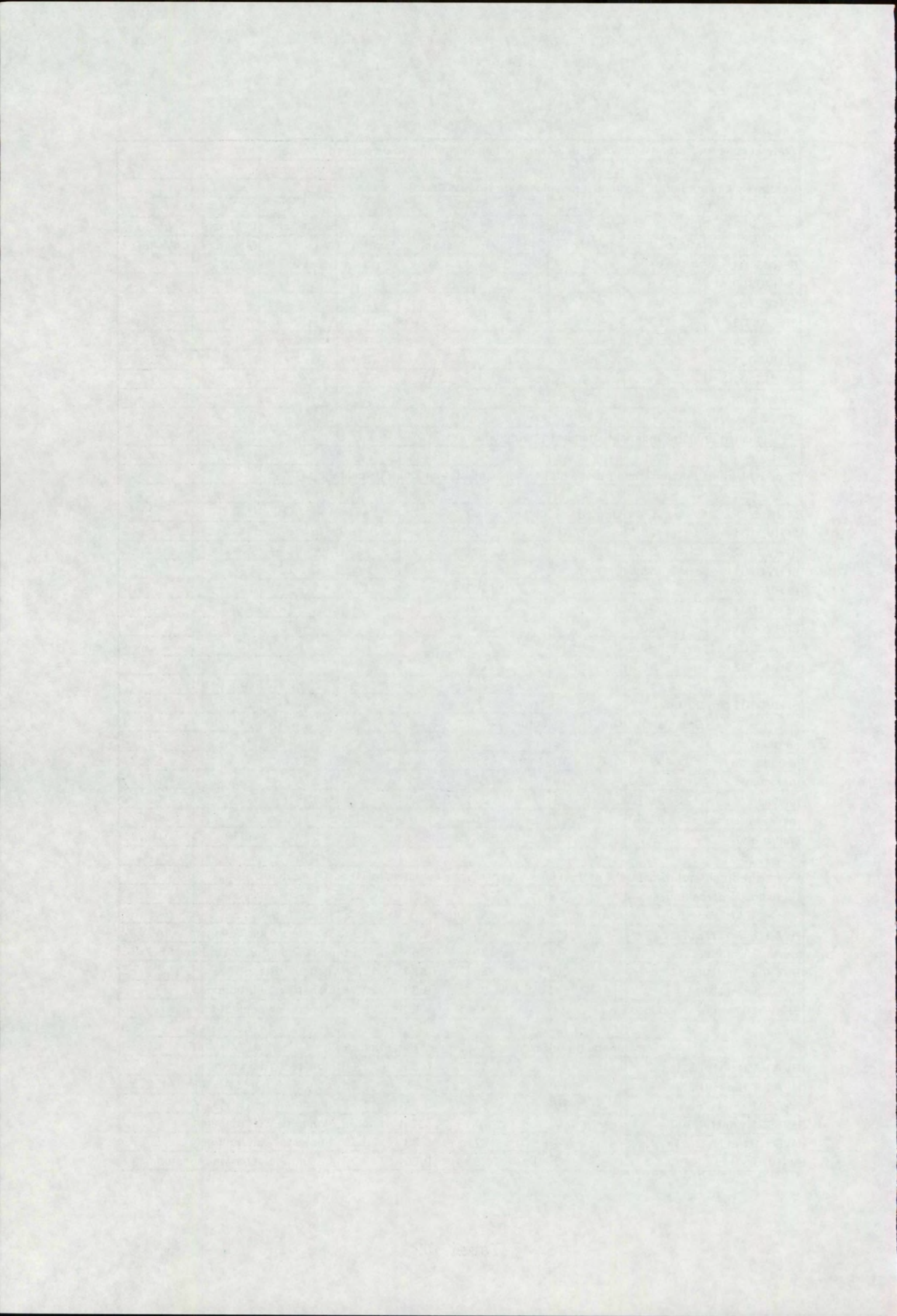


Waterinjectie baggeren Haringvliet - bemonstering eindsitutie baggergebied (mon.31t/m37;39t/m40).											
Monster	dr.stof	org.stof	<02µ	<16µ	<63µ	>63µ	<125µm	<210µm	>210µm	calciet	totaal
	gew.-%	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds
HVSE31	73,8	1,3	1,2	2,3	3,1	87,5	51,0	85,0	5,6	8,5	100,4
HVES32	66,7	1,8	5,7	9,4	12,0	79,0	36,0	68,0	23,0	7,8	100,6
HVES33	80,3	0,5	1,0	1,2	2,1	92,9	12,0	37,0	58,0	4,6	100,1
HVES34	70,9	1,5	3,2	5,4	6,9	82,9	69,0	82,0	7,8	9,0	100,3
HVES35	67,7	1,7	6,0	9,5	12,0	80,0	34,0	47,0	45,0	6,7	100,4
HVES36	76,7	0,9	2,4	3,2	3,6	89,4	20,0	42,0	51,0	5,5	99,4
HVES37	76,2	1,9	4,1	7,4	9,8	82,2	36,0	63,0	29,0	6,9	100,8
HVES39	56,7	4,6	15,0	26,0	36,0	46,5	77,0	81,0	1,5	12,6	99,7
HVES40	81,5	0,4	1,7	2,5	5,9	91,1	11,0	23,0	74,0	2,9	100,3
aantal	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
gem.	72,3	1,6	4,5	7,4	10,2	81,3	38,4	58,7	32,8	7,2	100,2
maximum	81,5	4,6	15,0	26,0	36,0	92,9	77,0	85,0	74,0	12,6	
mediaan	73,8	1,5	3,2	5,4	6,9	82,9	36,0	63,0	29,0	6,9	
minimum	56,7	0,4	1,0	1,2	2,1	46,5	11,0	23,0	1,5	2,9	
st. afw.	7,8	1,2	4,3	7,6	10,4	13,9	23,5	22,4	25,7	2,8	
Waterinjectie baggeren Haringvliet - bemonstering eindsitutie transportkanaal (monsters41t/m44).											
Monster	dr.stof	org.stof	<02µ	<16µ	<63µ	>63µ	<125µm	<210µm	>210µm	calciet	totaal
	gew.-%	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds
HVES41	56,7	3,9	12,0	20,0	22,0	63,7	69,0	81,0	4,7	10,7	100,3
HVES42	81,1	0,3	0,7	1,1	1,9	91,1	35,0	74,0	19,0	6,7	100,0
HVES43	68,3	1,4	5,0	8,2	10,0	80,0	52,0	78,0	12,0	8,4	99,8
HVES44	48,2	5,1	19,0	33,0	42,0	43,2	70,0	76,0	9,2	10,1	100,4
aantal	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
gem.	63,6	2,7	9,2	15,6	19,0	69,5	56,5	77,3	11,2	9,0	100,1
maximum	81,1	5,1	19,0	33,0	42,0	91,1	70,0	81,0	19,0	10,7	
mediaan	62,5	2,7	8,5	14,1	16,0	71,9	60,5	77,0	10,6	9,3	
minimum	48,2	0,3	0,7	1,1	1,9	43,2	35,0	74,0	4,7	6,7	
st. afw.	14,3	2,2	8,0	14,0	17,4	20,8	16,5	3,0	6,0	1,8	
Waterinjectie baggeren Haringvliet - bemonstering eindsitutie put bij Hellevoetsluis											
Monster	dr.stof	org.stof	<02µ	<16µ	<63µ	>63µ	<125µm	<210µm	>210µm	calciet	totaal
	gew.-%	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds	% vd ds
BF0101	35,5	11,3	32,0	66,0	67,0	9,5	75,0	76,0	0,5	11,9	99,7
BF0302	39,2	9,5	31,0	62,0	64,0	14,7	73,0	76,0	2,7	11,4	99,6
BF0701	36,5	9,2	32,0	57,0	60,0	18,7	72,0	75,0	3,7	12,1	100,0
BF0902	41,2	16,2	18,0	32,0	40,0	31,7	63,0	69,0	2,7	12,3	100,2
BF1001	35,9	9,8	30,0	54,0	60,0	18,2	78,0	78,0	0,2	12,0	100,0
BF0001	35,5	10,4	31,0	64,0	66,0	11,1	75,0	77,0	0,1	12,8	100,3
BF0002	36,9	11,4	31,0	59,0	67,0	8,4	75,0	75,0	0,4	13,2	100,0
BF0003	50,9	7,5	19,0	36,0	41,0	40,3	64,0	75,0	6,3	11,3	100,1
aantal	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
gem.	39,0	10,7	28,0	53,8	58,1	19,1	71,9	75,1	2,1	12,1	100,0
maximum	50,9	16,2	32,0	66,0	67,0	40,3	78,0	78,0	6,3	13,2	
mediaan	36,7	10,1	31,0	58,0	62,0	16,5	74,0	75,5	1,6	12,1	
minimum	35,5	7,5	18,0	32,0	40,0	8,4	63,0	69,0	0,1	11,3	
st. afw.	5,2	2,6	5,9	12,8	11,2	11,3	5,5	2,7	2,2	0,6	

Tabel 10

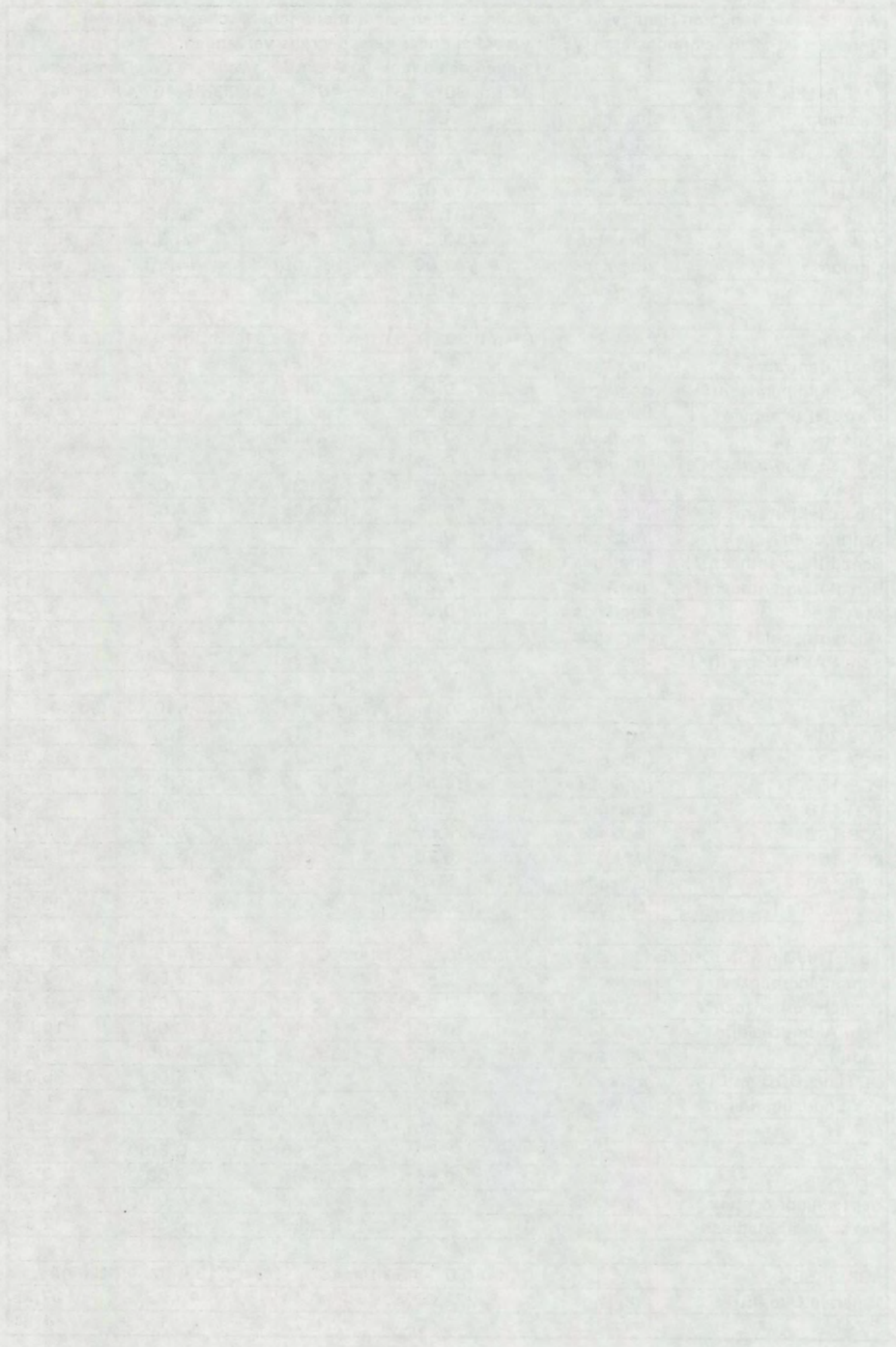
Waterinjectie baggeren Haringvliet - eindsituatie bemonstering van de put								
Verontreinigingsgraad toplaagmonsters volgens 3e Nota WHH (*)								
Monster	Metalen	PAK's	PAK's	PCB's	PCB's	Bestr.mdd	Diversen	Eendoord.
	Maxim.	Maxim.	Som	Maxim.	Som	Maxim.	Maxim.	LAWABO
BFHV0101	3	3	3	3	3	2	2	3
BFHV0302	3	3	2	3	2	2	2	3
BFHV0701	3	3	3	3	2	2	2	3
BFHV0902	3	2	2	3	2	2	2	3
BFHV1001	3	3	3	3	3	2	2	3
BFHV0001	3	3	n	3	3	2	2	3
BFHV0002	3	3	n	3	3	2	2	3
BFHV0003	3	3	3	3	3	2	3	3
(*) Gehalten omgerekend naar standaard waterbodem								
Gegevens m.b.t . de monsters - droge stof, organische stof en lutum percentage								
Monster	Droge st %	Org. stof %	Lutum %					
BFHV0101	35,5	10	32					
BFHV0302	39,2	9	31					
BFHV0701	36,5	8	32					
BFHV0902	41,2	15	20					
BFHV1001	35,9	9	30					
BFHV0001	35,5	9	31					
BFHV0002	36,9	10	31					
BFHV0003	50,9	7	23					
BFHV0101 t/m 0003								
	Droge st %	Org. stof %	Lutum %					
aantal	8,00	8	8					
gemiddelde	38,95	10	29					
maximum	50,90	15	32					
mediaan	36,70	9	31					
minimum	35,50	7	20					
stand. afw.	5,23	2	5					
Overzicht droge stof, organische stof en lutum percentages monsters in T0 en T1 situatie								
Gemiddelde percentages								
	aantal (n)	Droge st %	Org. st. %	Lutum %				
HVA1.1 t/m HVB5.1	10	43	6,86	21,88	monsters 1 uit boringen			
HVA1.2 t/m HVB5.2	10	75	1,55	3,96	mon. 2 uit bor. ( A5.3 ipv A5.2)			
HVES01 t/m HVES30	30	56	3,34	11,35	mengmonsters			
HVD1.1 t/m HVD4.1	4	36	8,33	29,75	monsters 1 uit boringen			
BFHV0101t/m BFHV0003	8	39	9,60	28,73	mengm. en separate monsters			
	aantal (n)	Droge st %	Org. st. %	Lutum %				
HVA1.1 t/m HVB5.1	10	43	6,86	21,88	monsters 1 uit boringen			
HVA1.2 t/m HVB5.2	10	75	1,55	3,96	mon. 2 uit bor. ( A5.3 ipv A5.2)			
HVES01 t/m HVES30	30	56	3,34	11,35	mengmonsters			
HVES31 t/m HVES40	10	71	1,46	5,38	monsters 1 uit boringen			
HVD1.1 t/m HVD4.1	4	37	8,33	29,75	monsters 1 uit boringen			
BFHV0101t/m BFHV0003	8	39	9,60	28,73	mengm. en separate monsters			

Tabel 11



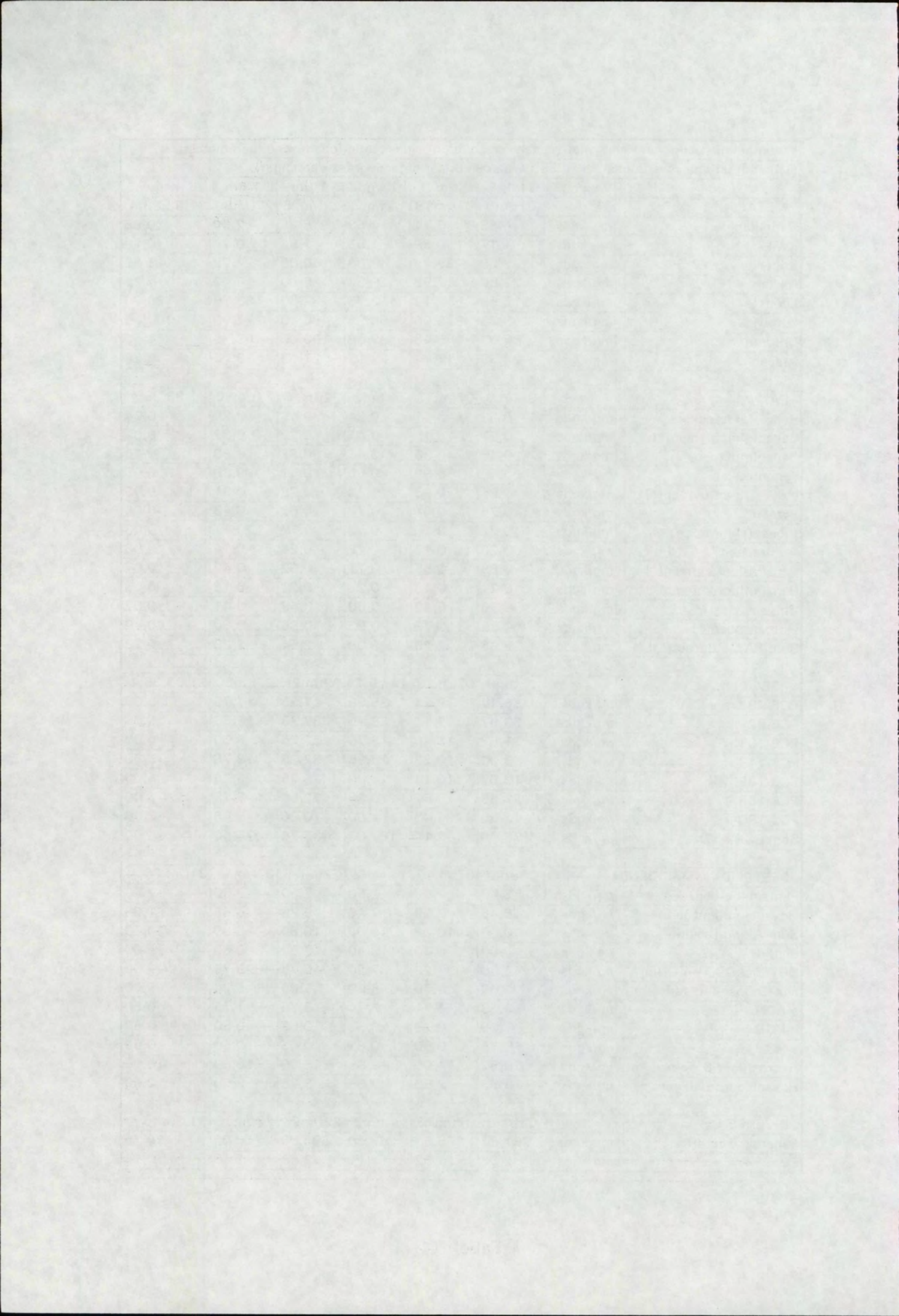
Waterinjectie baggeren Haringvliet - analysesresultaten eindsituatie (chemische parameters).					
Gehalten uit analyses (monsters HVES); waarden onder detectiegrens vervangen.					
METALEN		Baggergebied (vakken A t/m L)			Transp. kan.
		01 t/m 30	31 t/m 40	31,33,36,40	41 t/m 44
Cadmium	mg/kgds	4,23	1,74	0,66	3,21
Kwik	mg/kgds	1,24	0,70	0,20	0,73
Koper	mg/kgds	46,17	20,06	6,38	34,38
Nikkel	mg/kgds	20,67	8,89	4,25	15,63
Lood	mg/kgds	101,17	48,33	20,00	71,25
Zink	mg/kgds	410,67	204,44	100,00	292,50
Chroom	mg/kgds	82,00	37,56	14,50	56,50
Arseen	mg/kgds	20,67	13,11	8,25	13,50
PAK's		01 t/m 30	31 t/m 40	31,33,36,40	41 t/m 44
Benz(a)antraceen	mg/kgds	0,46	0,21	0,04	0,34
Benzo(ghi)peryleen(*)	mg/kgds	0,28	0,17	0,03	0,31
Benzo(a)pyreen(*)	mg/kgds	0,39	0,18	0,06	0,31
Fenantreen	mg/kgds	0,45	0,23	0,06	0,37
Ind(1,2,3-cd)pyreen(*)	mg/kgds	0,31	0,18	0,03	0,28
Pyreen	mg/kgds	0,66	0,33	0,08	0,48
Dibenz(ah)anthrac.	mg/kgds	0,17	0,09	0,03	0,14
Anthraceen	mg/kgds	0,19	0,10	0,03	0,13
Benz(b)fluorantheen(*)	mg/kgds	0,61	0,27	0,07	0,45
Benz(k)fluorantheen(*)	mg/kgds	0,21	0,09	0,03	0,17
Chryseen	mg/kgds	0,50	0,26	0,07	0,37
Fluorantheen(*)	mg/kgds	0,84	0,41	0,10	0,62
Som PAK's Borneff(*)	mg/kgds	2,63	1,28	0,29	2,13
PCB's		01 t/m 30	31 t/m 40	31,33,36,40	41 t/m 44
PCB-28	µg/kgds	30,17	18,10	5,00	19,75
PCB-52	µg/kgds	25,57	16,70	5,00	15,25
PCB-101	µg/kgds	16,80	9,20	5,00	13,75
PCB-118	µg/kgds	25,57	11,20	5,00	21,25
PCB-138	µg/kgds	13,50	8,30	5,00	11,00
PCB-153	µg/kgds	18,30	9,90	5,00	14,50
PCB-180	µg/kgds	8,70	6,60	5,00	8,25
Som PCB's (7)	µg/kgds	138,60	80,00	35,00	103,75
BESTRIJDINGSMIDDELEN		01 t/m 30	31 t/m 40	31,33,36,40	41 t/m 44
Pentachloorbenzeen	µg/kgds	2,50	2,50	2,50	2,50
Hexachloorbenzeen	µg/kgds	7,94	5,15	1,63	7,38
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kgds	10,00	10,00	10,00	10,00
Endrin	µg/kgds	6,80	5,80	5,00	6,50
DDT(incl.DDD en DDE)	µg/kgds	34,70	20,10	15,00	30,75
alfa-Endosulfan/sulft	µg/kgds	5,00	5,00	5,00	5,00
a-HCH	µg/kgds	2,75	2,30	0,50	1,50
b-HCH	µg/kgds	0,72	0,90	0,50	0,88
c-HCH	µg/kgds	0,65	1,95	0,50	0,50
Heptachloor & epox.	µg/kgds	15,97	10,00	10,00	13,75
Hexachloorbutadieen	µg/kgds	3,15	2,89	2,50	2,50
DIVERSEN		01 t/m 30	31 t/m 40	31,33,36,40	41 t/m 44
Minerale Olie (IR)	mg/kgds	221,00	90,44	16,75	167,75
EOX	mg/kgds	2,00	0,72	0,14	1,31

Tabel 12



Waterinjectie baggeren Haringvliet - analyseresultaten eindsituatie (chemische parameters).							
Gehalten uit analyses (monsters HVES); waarden onder detectiegrens vervangen.							
	Vaknr.	A t/m F	G t/m H	I 1 t/m 8	J 1 t/m	L 1 t/m 4	Vibrocores
METALEN		01t/m0	07t/m13	14 t/m2	22t/m25	27t/m30	31,33,36,4
Cadmium	mg/kgds	4,83	3,71	4,63	5,25	2,50	0,66
Kwik	mg/kgds	1,17	0,89	1,58	1,83	0,78	0,20
Koper	mg/kgds	52,50	39,29	49,38	60,00	28,75	6,38
Nikkel	mg/kgds	22,50	17,86	22,50	25,00	15,00	4,25
Lood	mg/kgds	112,50	87,14	113,75	122,50	63,75	20,00
Zink	mg/kgds	453,33	370,00	456,25	465,00	277,50	100,00
Chroom	mg/kgds	85,00	66,43	99,38	100,00	53,75	14,50
Arseen	mg/kgds	22,50	17,14	23,13	27,50	13,75	8,25
PAK's		01t/m0	07t/m13	14 t/m2	22t/m25	27t/m30	31,33,36,4
Benz(a)antraceen	mg/kgds	0,53	0,41	0,54	0,45	0,29	0,04
Benzo(ghi)peryleen(*)	mg/kgds	0,27	0,15	0,41	0,22	0,32	0,03
Benzo(a)pyreen(*)	mg/kgds	0,46	0,35	0,43	0,37	0,30	0,06
Fenantreen	mg/kgds	0,52	0,39	0,50	0,51	0,30	0,06
Ind(1,2,3-cd)pyreen(*)	mg/kgds	0,34	0,23	0,38	0,28	0,31	0,03
Pyreen	mg/kgds	0,78	0,61	0,78	0,62	0,43	0,08
Dibenz(ah)anthrac.	mg/kgds	0,22	0,16	0,12	0,17	0,17	0,03
Antraceen	mg/kgds	0,20	0,17	0,22	0,21	0,14	0,03
Benz(b)fluorantheen(*)	mg/kgds	0,69	0,55	0,71	0,62	0,42	0,07
Benz(k)fluorantheen(*)	mg/kgds	0,24	0,18	0,23	0,21	0,16	0,03
Chryseen	mg/kgds	0,56	0,43	0,60	0,49	0,41	0,07
Fluorantheen(*)	mg/kgds	0,98	0,79	0,93	0,85	0,60	0,10
Som PAK's Borneff(*)	mg/kgds	2,96	2,26	3,09	2,54	2,09	0,29
PCB's		01t/m0	07t/m13	14 t/m2	22t/m25	27t/m30	31,33,36,4
PCB-28	µg/kgds	35,17	19,14	35,38	47,25	17,75	5,00
PCB-52	µg/kgds	30,67	17,14	29,75	37,25	15,50	5,00
PCB-101	µg/kgds	21,67	13,43	18,75	21,25	8,50	5,00
PCB-118	µg/kgds	33,00	20,29	28,25	32,25	13,75	5,00
PCB-138	µg/kgds	19,67	10,14	15,00	15,25	6,25	5,00
PCB-153	µg/kgds	23,33	15,57	20,38	22,50	8,75	5,00
PCB-180	µg/kgds	12,50	6,43	9,50	10,00	5,00	5,00
Som PCB's (7)	µg/kgds	176,00	102,14	157,00	185,75	75,50	35,00
BESTRIJDINGSMIDDELEN		01t/m0	07t/m13	14 t/m2	22t/m25	27t/m30	31,33,36,4
Pentachloorbenzeen	µg/kgds	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Hexachloorbenzeen	µg/kgds	8,45	8,09	7,46	9,98	5,58	1,63
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kgds	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Endrin	µg/kgds	5,00	5,00	9,50	9,50	5,00	5,00
DDT(incl.DDD en DDE)	µg/kgds	44,00	27,29	37,50	40,75	25,75	15,00
alfa-Endosulfan/sulft	µg/kgds	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
a-HCH	µg/kgds	3,33	1,71	3,44	3,75	1,75	0,50
b-HCH	µg/kgds	1,00	0,79	0,63	0,63	0,50	0,50
c-HCH	µg/kgds	0,75	0,50	0,81	0,63	0,50	0,50
Heptachloor & epox.	µg/kgds	16,67	14,00	19,88	18,00	10,00	10,00
Hexachloorbutadien	µg/kgds	3,33	2,50	3,69	3,75	2,50	2,50
DIVERSEN		01t/m0	07t/m13	14 t/m2	22t/m25	27t/m30	31,33,36,4
Minerale Olie (IR)	mg/kgds	231,67	168,57	267,50	290,00	140,00	16,75
EOX	mg/kgds	2,08	1,52	2,11	2,68	1,43	0,14

Tabel 13



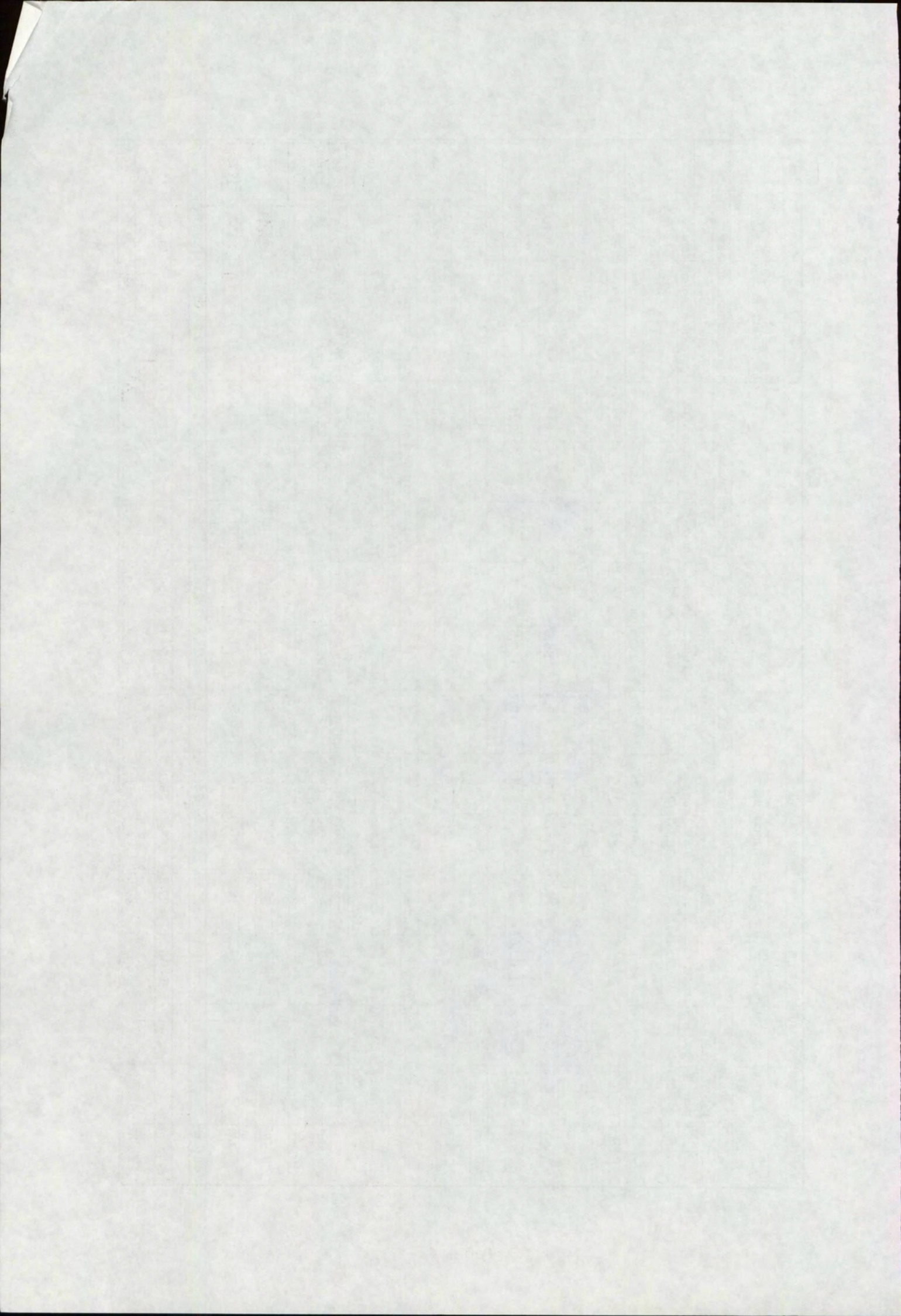


Waterinjectie baggeren Haringvliet - verontreinigingen in baggergebied						
a = (T1slibzand/T0slib) [-/-]		c = (0,4465*T0slib + 0,5535*T0zand); (berekend)				
b = ES01t/m30 (conform analyses)		d = (T1slibzand-0,5535T0zand)/T1slibzand [-/-]				
METALEN	Gehalte (#)	a [-/-]	b (#)	c (#)	d [-/-]	d-gem.[-/-]
Cadmium	mg/kgds	0,49	4,23	4,45	0,86	
Kwik	mg/kgds	0,67	1,24	1,10	0,78	
Koper	mg/kgds	0,56	46,17	44,39	0,84	
Nikkel	mg/kgds	0,67	20,67	18,60	0,77	
Lood	mg/kgds	0,60	101,17	91,28	0,84	
Zink	mg/kgds	0,57	410,67	404,08	0,80	
Chroom	mg/kgds	0,49	82,00	89,46	0,82	
Arseen	mg/kgds	0,71	20,67	19,81	0,67	
						0,80
PAK's						
Benz(a)antracene	mg/kgds	0,97	0,46	0,28	0,86	
Benzo(ghi)peryleen(*)	mg/kgds	0,81	0,28	0,19	0,85	
Benzo(a)pyreen(*)	mg/kgds	0,64	0,39	0,33	0,84	
Fenantreen	mg/kgds	0,77	0,45	0,32	0,86	
Ind(1,2,3-cd)pyreen(*)	mg/kgds	0,77	0,31	0,23	0,85	
Pyreen	mg/kgds	0,77	0,66	0,49	0,84	
Dibenz(ah)anthrac,	mg/kgds	1,52	0,17	0,07	0,90	
Anthracene	mg/kgds	0,55	0,19	0,18	0,85	
Benz(b)fluorantheen(*)	mg/kgds	0,72	0,61	0,46	0,86	
Benz(k)fluorantheen(*)	mg/kgds	0,50	0,21	0,23	0,80	
Chryseen	mg/kgds	0,71	0,50	0,39	0,84	
Fluorantheen(*)	mg/kgds	0,72	0,84	0,66	0,83	
Som PAK's Borneff(*)	mg/kgds	0,70	2,63	2,11	0,84	
						0,85
PCB's						
PCB-28	µg/kgds	0,60	30,17	25,36	0,91	
PCB-52	µg/kgds	0,63	25,57	20,81	0,89	
PCB-101	µg/kgds	0,67	16,80	13,89	0,84	
PCB-118	µg/kgds	1,00	25,57	14,20	0,89	
PCB-138	µg/kgds	0,92	13,50	9,33	0,80	
PCB-153	µg/kgds	0,69	18,30	14,69	0,85	
PCB-180	µg/kgds	0,63	8,70	8,93	0,68	
Som PCB's (7)	µg/kgds	0,70	138,60	107,20	0,86	
						0,84
BESTRIJDINGSMIDDELEN						
Pentachloorbenzeen	µg/kgds	0,91	2,50	2,61	0,45	
Hexachloorbenzeen	µg/kgds	0,45	7,94	8,36	0,94	
Som Aldrin/Dieldrin	µg/kgds	0,73	10,00	11,65	0,45	
Endrin	µg/kgds	1,24	6,80	5,22	0,59	
DDTincl,DDD en DDE	µg/kgds	2,09	34,70	15,71	0,76	
alfa-Endosulfan/sulft	µg/kgds	0,88	5,00	5,31	0,45	
a-HCH	µg/kgds	3,20	2,75	0,66	0,90	
b-HCH	µg/kgds	0,20	0,72	1,89	0,58	
c-HCH	µg/kgds	0,65	0,65	0,72	0,57	
Heptachloor & epox,	µg/kgds	1,38	15,97	10,71	0,65	
Hexachloorbutadien	µg/kgds	0,79	3,15	3,16	0,56	
						0,63
DIVERSEN						
Minerale Olie (IR)	mg/kgds	0,44	221,00	261,57	0,84	
EOX	mg/kgds	0,53	2,00	1,93	0,87	
						0,86

Tabel 14

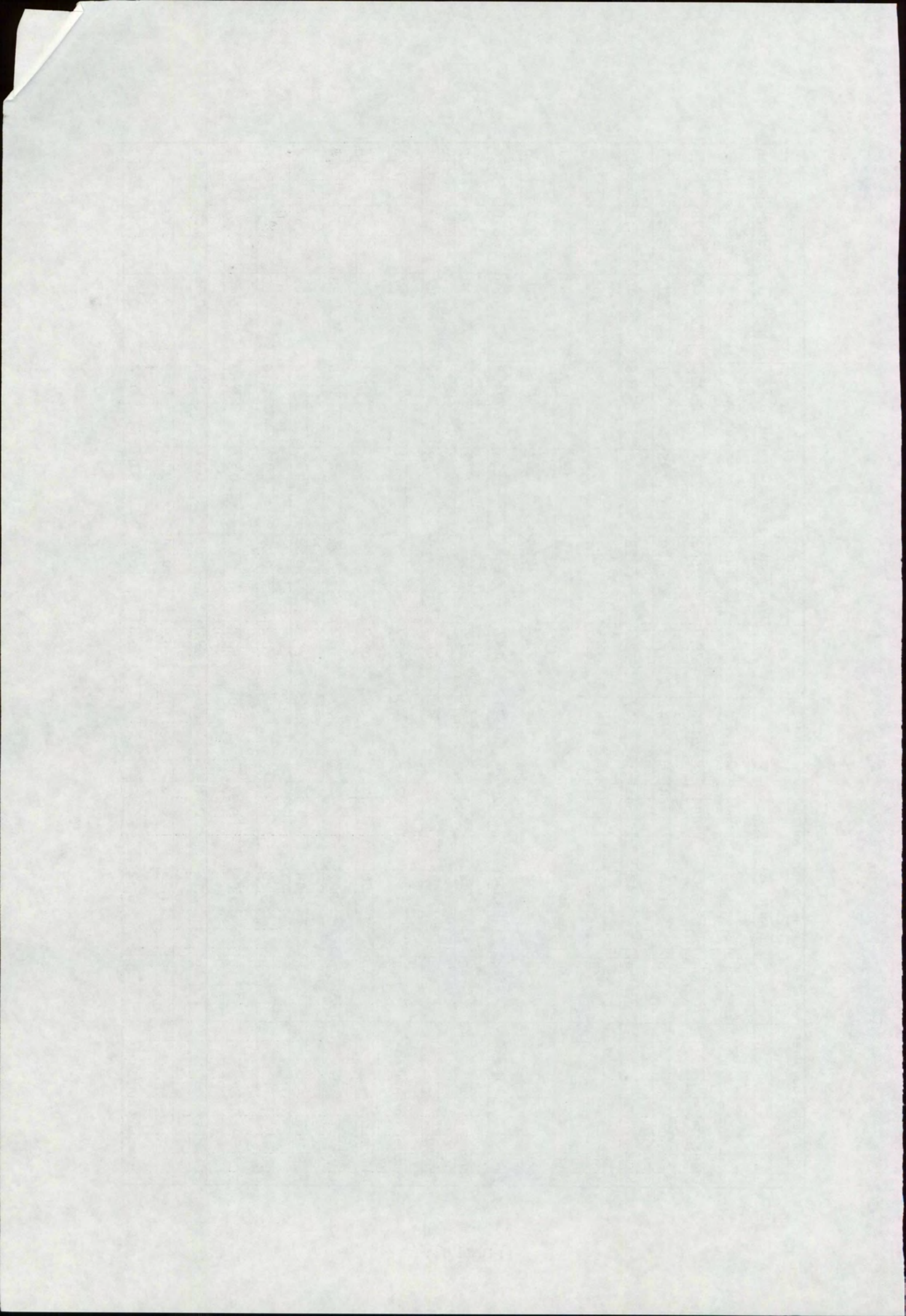
Waterinjectie baggeren Haringvliet - massabalans baggergebied															
Baggergebied - beginsituatie		Baggergebied-eindsituatie										Verwijderd uit baggergebied			
TO-situatie-sliblaag (138.100 m3)		T1-situatie-zand-/sliblaag (49.330 m3)		T1-situatie-zandlaag (16.760 m3)		T1-situatie-sliblaag (32.570 m3)		Verwijderd slibvolume (107.000 m3)							
gew.-%	kg/m3	ton ds	gew.-%	kg/m3	ton ds	gew.-%	kg/m3	ton ds	gew.-%	kg/m3	ton ds	gew.-%	kg/m3	ton ds	
dr.stof	42,9	584,0	80650,4	56,1	862,0	42522,5	75,0	1407,0	23581,3	581,6	18941,1			61709,3	
	% vd ds	kg/m3	ton ds	% vd ds	kg/m3	ton ds	% vd ds	kg/m3	ton ds	% vd ds	kg/m3	ton ds	% vd ds	kg/m3	ton ds
org.stof	7,6	44,4	6129,4	3,7	31,9	1573,3	1,7	23,9	400,9	6,2	1172,4			4957,0	
<02µm	21,8	127,3	17581,8	10,9	94,0	4634,9	3,9	54,9	919,7	19,6	3715,3			13866,5	
<16µm	36,8	214,9	29679,3	18,0	155,2	7654,0	6,3	88,6	1485,6	32,6	6168,4			23510,9	
<63µm	46,2	269,8	37260,5	22,9	197,4	9737,6	10,7	150,5	2523,2	38,1	7214,4			30046,0	
>63µm	33,7	196,8	27179,2	63,4	546,5	26959,2	79,5	1118,6	18747,1	43,4	8212,1			18967,1	
Waterinjectie baggeren Haringvliet - massabalans locatie Hoornsche Gat															
Verwijderd uit baggergebied		Transportkanaal										Put - eindsituatie			
Verwijderd slibvolume (107.000 m3)		TO-situatie-sliblaag (12.000 m3)		T1-situatie-sliblaag (7.420 m3)		T1-situatie-verondiepingen (39.760 m3)		T1-situatie-sliblaag (68.400 m3)				Sluitfout			
gew.-%	kg/m3	ton ds	gew.-%	kg/m3	ton ds	gew.-%	kg/m3	ton ds	gew.-%	kg/m3	ton ds	gew.-%	kg/m3	ton ds	
dr.stof		61709,3	45,2	629,0	7548,0	63,6	1053,0	7813,3		582,0	23140,3	39,0	515,0	35226,0	3077,7
	% vd ds	kg/m3	ton ds	% vd ds	kg/m3	ton ds	% vd ds	kg/m3	ton ds	% vd ds	kg/m3	ton ds	% vd ds	kg/m3	ton ds
org.stof		4957,0	6,6	41,5	498,2	2,7	28,4	211,0		36,1	1434,7	10,7	55,1	3769,2	40,3
<02µm		13866,5	19,7	123,9	1487,0	9,2	96,9	718,8		114,1	4535,5	28,0	144,2	9863,3	235,9
<16µm		23510,9	32,0	201,3	2415,4	15,6	164,3	1218,9		189,7	7543,7	53,8	277,1	18951,6	-1787,9
<63µm		30046,0	39,7	249,7	2996,6	19,0	200,1	1484,5		221,7	8816,5	58,1	299,2	20466,3	2275,3
>63µm		18967,1	42,3	266,1	3192,8	69,5	731,8	5430,2		252,6	10042,9	19,1	98,4	6728,2	-41,4

Tabel 15



Waterinjectie baggeren Haringvliet - massabalans verontreinigingen (kg)													
	Eenheid	Baggergebied		Achtergebl.	Gebaggerd	Verw. %	Transportkanaal		Put	Elders	Sluiffout		
		Aanwezig					Gebaggerd	Gesedim.			Geborgen	Gesedim.	(kg)
Droge stof	ton	80650	18941	61709	76,5	7548	7813	35226	23140	3078	3,5		
Cadmium	kg	694	154	540	77,8	70	25	364	202	19	2,5		
Kwik	kg	148	41	107	72,4	28	6	105	40	-15	-8,8		
Koper	kg	6694	1651	5043	75,3	692	269	4432	1891	-857	-11,6		
Nikkel	kg	2500	676	1824	73,0	315	122	1673	684	-341	-12,1		
Lood	kg	13549	3609	9940	73,4	1384	557	7867	3728	-827	-5,5		
Zink	kg	58391	14020	44371	76,0	6441	2285	32408	16638	-520	-0,8		
Benzo(a)pyreen	kg	49	14	35	71,6	4	2	25	13	-2	-4,2		
Pyreen	kg	69	23	46	66,3	4	4	42	17	-13	-17,1		
Benz(b)fluorantheen	kg	69	22	46	67,7	4	4	39	17	-9	-12,3		
Chryseen	kg	56	18	38	68,2	4	3	31	14	-6	-10,5		
EOX	kg	302	74	227	75,4	22	10	175	85	-21	-6,4		
PCB-28	kg	4,08	1,16	2,92	71,5	0,39	0,15	1,49	1,09	0,57	12,8		
PCB-52	kg	3,26	0,97	2,29	70,2	0,20	0,12	1,10	0,86	0,41	12,0		
PCB-118	kg	2,06	0,97	1,10	53,0	0,07	0,17	0,83	0,41	-0,25	-11,6		
PCB-153	kg	2,15	0,66	1,49	69,3	0,08	0,11	0,98	0,56	-0,08	-3,6		
HCB	kg	1,23	0,32	0,91	74,1	0,14	0,06	0,42	0,34	0,23	16,6		
Hexachloorbutadieen	kg	0,32	0,07	0,25	76,6	0,02	0,02	0,14	0,09	0,01	3,2		

Tabel 16



Waterinjectie baggeren Haringvliet - geclusterde sediment monsters eindsituatie (T1)							
Vak A	Vak B	Vak C	Vak D	Vak E	Vak F	Vak G1	Vak G2
Mm 01	Mm 02	Mm 03	Mm 04	Mm 05	Mm 06	Mm 07	Mm 08
1553 -3	15525-3	1553 -2-01	1556 -2	1558 -2	15595-2	1559 -1	1564 -2
15535-4	15535-3	1554 -2	15565-3	15595-3	1560 -2	1560 -1	15635-3
1555 -4-01	1554 -3	15545-3	1557 -2-01	15605-3	15615-3	1561 -1	15645-3
1556 -4	15545-4	15555-3	15575-3	1561 -3	1562 -2	15605-2	15655-3
15555-5	1555 -3	1556 -3	1558 -3	1562 -3	15625-3	15615-2	
	15555-4	1557 -3	1559 -3		1563 -3	15625-2	
	15565-4	15575-4	1560 -3				
	1557 -4-01	15585-3	15595-4				
	1558 -4						
Vak H1.1	Vak H1.2	Vak H1.3	Vak H2.1	Vak H2.2	Vak I1	Vak I2	Vak I3
Mm 09	Mm 10	Mm 11	Mm 12	Mm 13	Mm 14	Mm 15	Mm 16
15605-1	1562 -0	1564 -0	15655-2	1568 -1	1550 -7	15525-7	1555 -6-01
15615-1	1563 -0-01	1566 -0	15665-2	1569 -1	15505-7	1553 -6-01	15555-6
15625-1	15635-1	15665-1	1565 -2-01	15675-2	1551 -7	15535-7	1556 -6
1562 -1	15645-1	15675-1	1566 -2	15685-2	15515-7	1554 -6	15565-6
1563 -1	1565 -1	1567 -1	1567 -2-01	15695-2	1552 -6	15545-7	1557 -5
1564 -1	15655-1		1568 -2		1552 -7		1557 -6-01
15635-2	1566 -1						
15645-2							
Vak I4	Vak I5	Vak I6	Vak I7	Vak I8	Vak J1	Vak J2	Vak J3
Mm 17	Mm 18	Mm 19	Mm 20	Mm 21	Mm 22	Mm 23	Mm 24
15575-6	15605-5	15625-5	1565 -4-01	1568 -3	1550 -8	1555 -7	1560 -6
1558 -5	15605-6	1563 -4-01	15655-4	1568 -4	1551 -8-01	15555-7	1561 -6-01
1558 -6	1561 -4-01	1563 -5	15655-5	15685-4	15505-8	1556 -7	15625-6
15585-6	1561 -5	15635-6	1566 -4	1569 -3	15515-8	15565-7	1564 -5
1559 -5	15615-6	1564 -4	15665-4	15695-4	15525-8	1557 -7	15645-6
15595-6	1562 -4	15645-5	1567 -3	1570 -3	1553 -7	15575-7	
	1562 -5		15675-5		1553 -8-01	1558 -7	
					15535-8	1559 -6-01	
					1554 -7	15595-7	
Vak J4	Vak K	Vak L1	Vak L2	Vak L3	Vak L4		
Mm 25	Mm 26	Mm 27	Mm 28	Mm 29	Mm 30		
1565 -5	1569 -5	1550 -6	15585-4	15635-5	1569 -2-01		
1566 -5	1570 -4	1551 -6-01	1560 -4	1564 -3	1570 -2		
15665-5	1572 -3	1554 -5	15615-5	1565 -3	1572 -2		
1567 -5		1555 -5		1566 -3			
1568 -5		1556 -5		15675-4			
15685-5							
Waterinjectie baggeren Haringvliet - sediment monsters "1" vibrocores (T1)							
Vak D	Vak E	Vak L2	Vak H1.1	Vak F	Vak G2	Vak H1.3	Vak I7
Mon. nr 31	Mon. nr 32	Mon. nr 33	Mon. nr 34	Mon. nr 35	Mon. nr 36	Mon. nr 37	Mon. nr 38
1555 -2-01	1559 -2-01	1559 -4-01	1561 -0-01	1561 -2-01	1563 -2-01	1565 -0-01	1567 -4-01
Vak J4	Vak L4	Vak kanaal	Vak kanaal	Vak kanaal	Vak kanaal		
Mon. nr 39	Mon. nr 40	Mon. nr 41	Mon. nr 42	Mon. nr 43	Mon. nr 44		
1569 -4-01	1571 -2-01	1573 -2-01	1575 -2-01	1581 -2-01	1587 -2-01		

Tabel 17