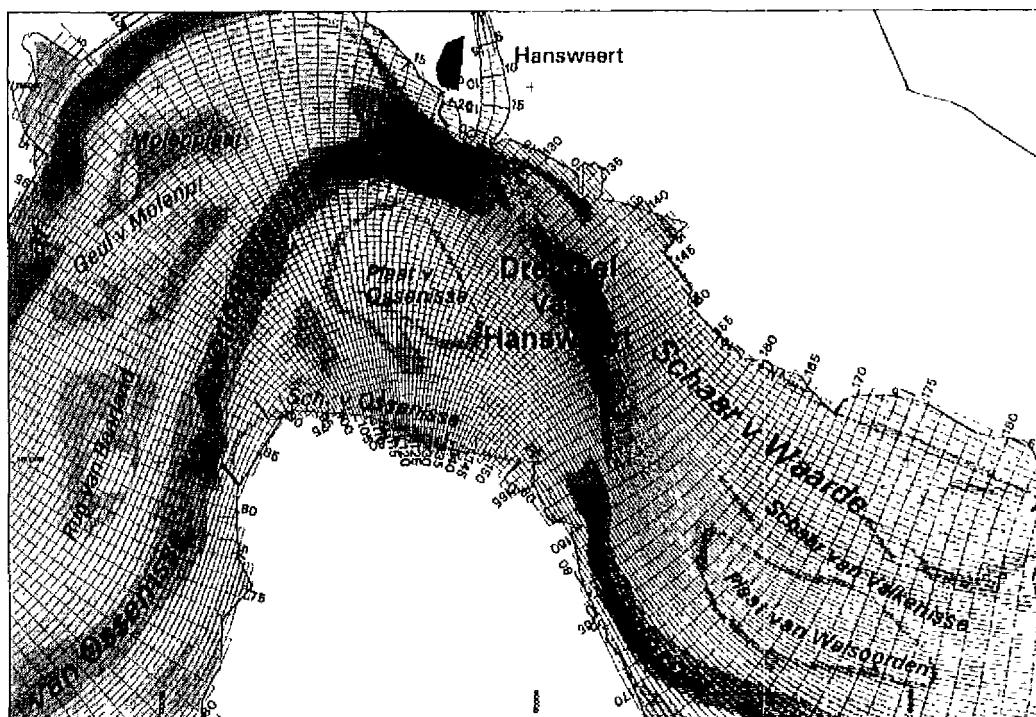


Modellering morfodynamisch gedrag van de Drempel van Hanswaert

Aanvullende berekeningen

Januari 1998

M.D. Groenewoud



Uitgevoerd in opdracht van het
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ



Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	1
2. Opzet berekeningen	1
3. Resultaten berekeningen.....	4
3.1 Berekening 1: Huidige baggerstrategie met maandelijks baggeren (tot NAP -14.5 m)..	4
3.2 Berekening 2: Maandelijks baggeren en storten.....	8
3.3 Berekening 3: Maandelijks baggeren (tot NAP -15.5 m).....	10
3.4 Berekening 4: Maandelijks storten in de Schaar van Waarde.....	11
4. Vergelijking berekeningen.....	12
4.1 Extra analyse berekeningen	13
5. Conclusies en aanbevelingen	14

REFERENTIES

BIJLAGE A

1. Inleiding

In aanvulling op de berekeningen van het morfodynamisch gedrag van de Drempel van Hansweert met DELFT2D-MOR (Groenewoud, 1997a; Groenewoud, 1997b) zijn nog een viertal extra berekeningen uitgevoerd in opdracht van het RIKZ.

Deze berekeningen verschillen van de reeds eerder uitgevoerde berekeningen in het feit dat *niet* de hoeveelheid baggerwerk constant gehouden wordt, maar dat er, indien noodzakelijk, tot op een vaste diepte gebaggerd wordt. De hoeveelheid baggerwerk varieert dus bij de verschillende berekeningen. Op deze wijze kan de huidige baggerpraktijk wellicht beter worden nagebootst.

Van deze berekeningen zal kort en bondig verslag worden gedaan. De gehele opzet van het Westerscheldemodel wordt bekend verondersteld.

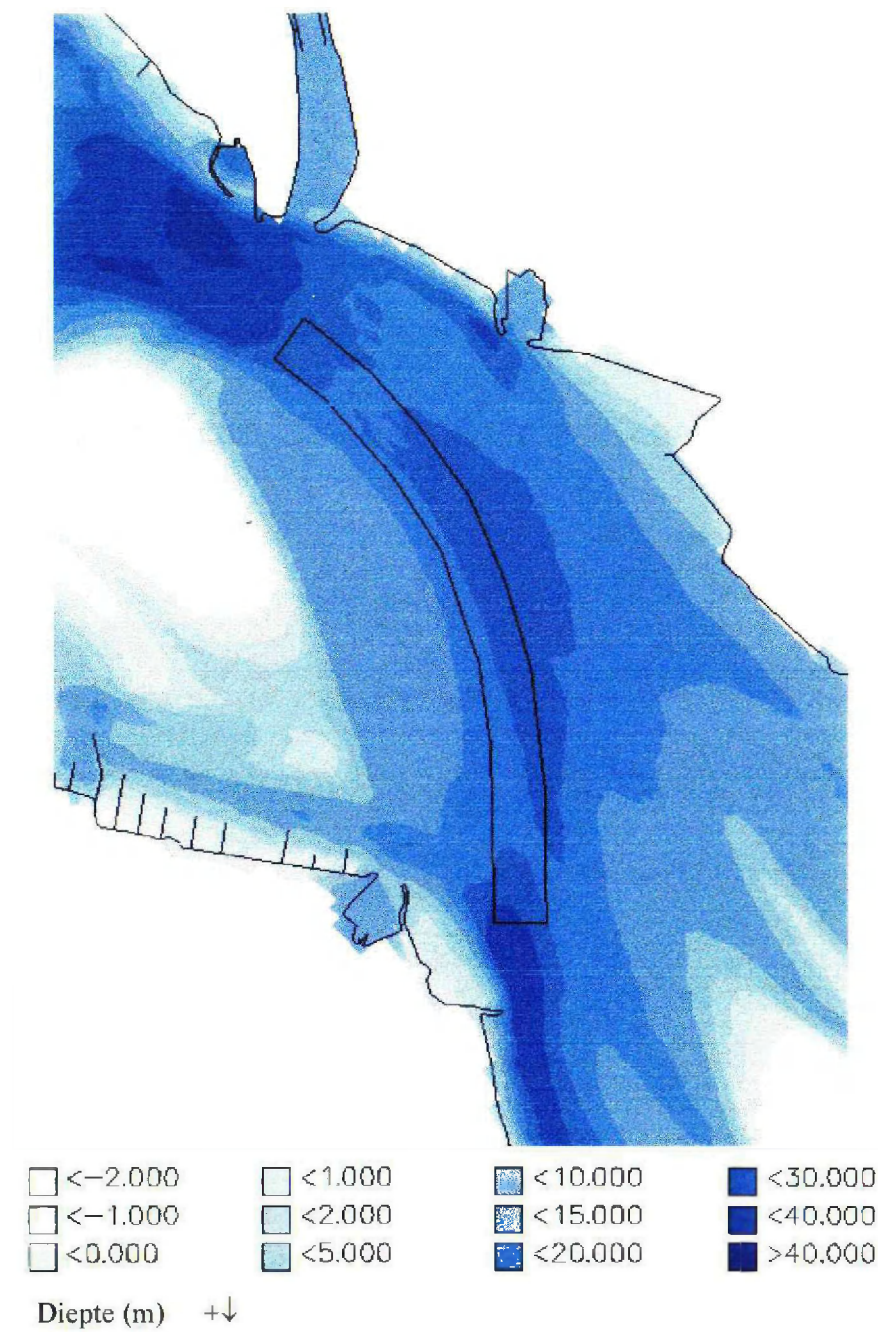
2. Opzet berekeningen

Er zijn een viertal berekeningen uitgevoerd:

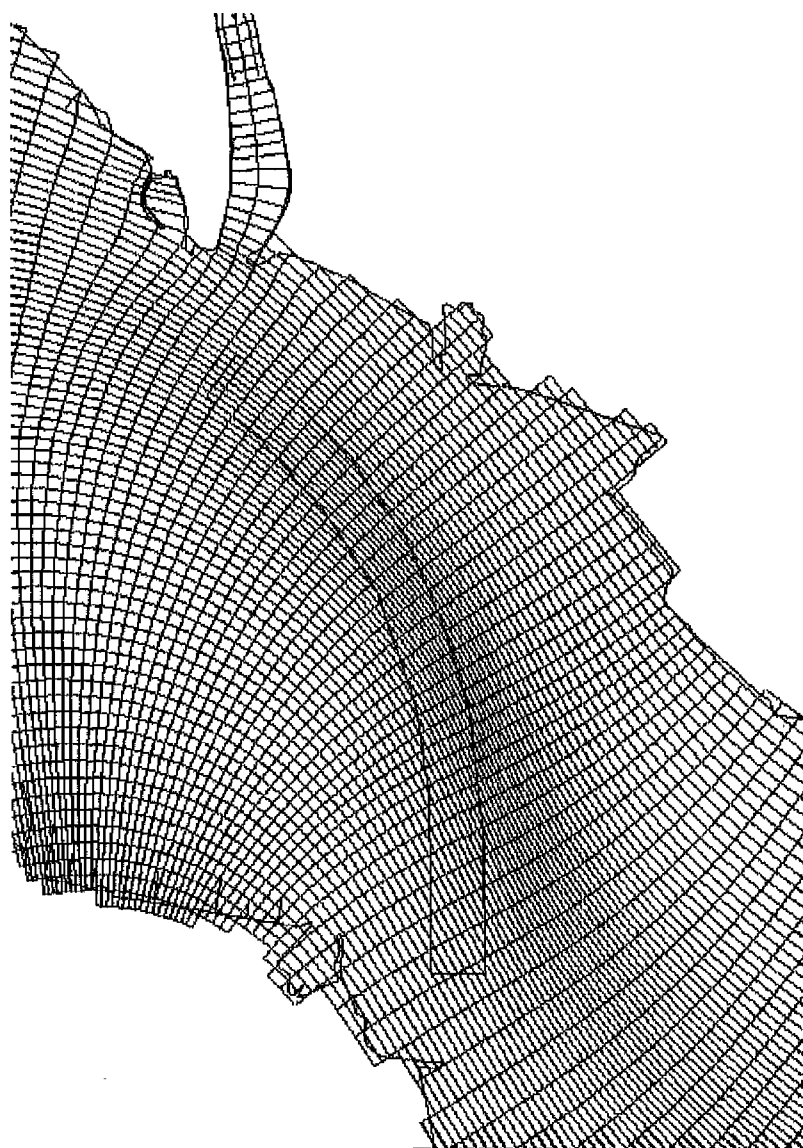
- 1: Huidige baggerstrategie: maandelijks baggeren (tot NAP -14.5 m)
- 2: Maandelijks baggeren en storten
- 3: Maandelijks baggeren op overdiepte (tot NAP -15.5 m)
- 4: Maandelijks storten in de Schaar van Waarde

Bij de verschillende berekeningen is uitsluitend rekening gehouden met het baggerwerk in de vaargeul die over de drempel loopt. De ligging van het gebied dat als vaargeul is gedefinieerd, is afgebeeld in Figuur 1 en Figuur 2. Er wordt dus alleen gebaggerd in de vaargeul en niet daarbuiten. De vaargeul strekt zich aan noordelijke en zuidelijke zijde uit tot daar waar er niet meer over een drempel gesproken kan worden.

Het vaargeulgebied is zo gedefinieerd dat per gridcel nagegaan wordt of het zwaartepunt (= lokatie dieptepunt) van die cel binnen dit gebied ligt. Er liggen totaal 304 dieptepunten (= aantal gridcellen) binnen het gedefinieerde vaargeulgebied. Het gebied beslaat een oppervlakte van 1.45 km². De alsus gedefinieerde vaargeul is ongeveer 300 à 350 m breed. Hoewel in Figuur 2 de grenzen van de vaargeul als een strakke lijn zijn aangegeven, komt het met de gevolgde procedure er feitelijk op neer dat de grenzen soms een trapjeslijn volgen.



Figuur 1 Lokatie gedefinieerd vaargeulgebied.



Figuur 2 **Modelgrid en ligging gedefinieerd vaargeulgebied.**

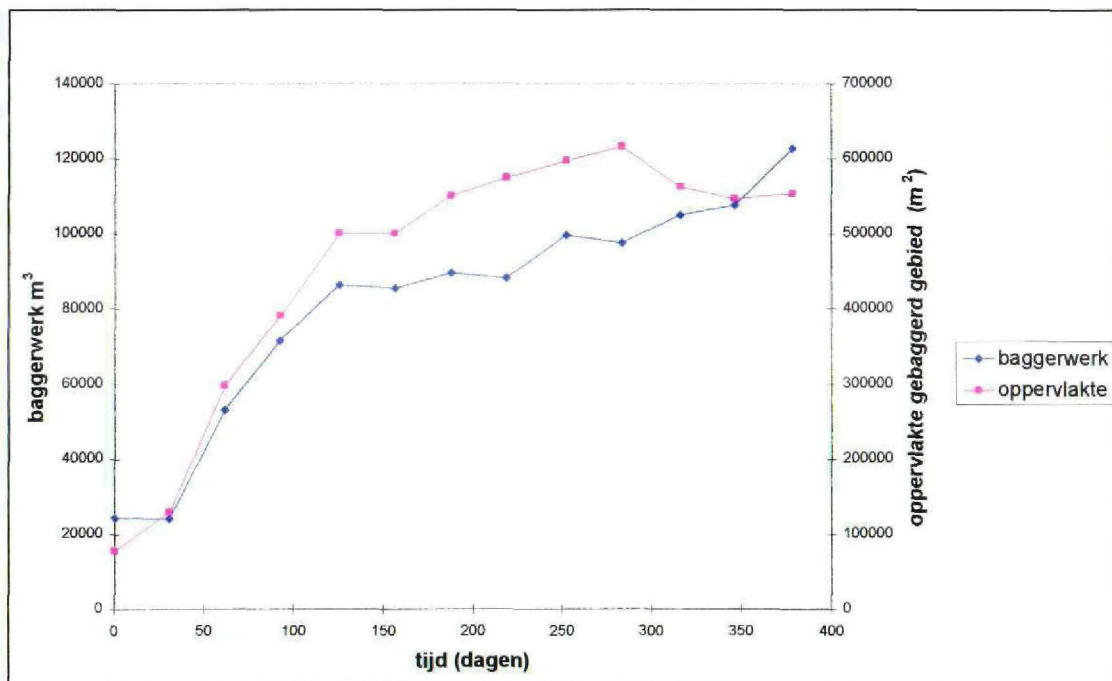
3. Resultaten berekeningen

3.1 Berekening 1: Huidige baggerstrategie met maandelijks baggeren (tot NAP -14.5 m).

De huidige baggerstrategie is gesimuleerd door in het gedefinieerde gebied maandelijks al het zand te "baggeren" dat boven het niveau NAP -14.5 m uitkomt. Bij deze berekening wordt het materiaal niet teruggestort in de Westerschelde. In Figuur 3 staat weergegeven hoeveel kubieke meter zand er maandelijks gebaggerd is.

De bodem van 1996 is als uitgangspunt genomen. Deze initiële bodem is in het gedefinieerde baggergebied, waar nodig, tot NAP -14.5 m verlaagd. Uit Figuur 3 blijkt dat er initieel ongeveer 24.000 m³ is gebaggerd. Te zien is dat het baggerwerk in de loop van het jaar toeneemt tot uiteindelijk circa 120.000 m³/maand. Het oppervlak waarover gebaggerd wordt, neemt met een vergelijkbare trend toe. Er wordt aan het eind van de simulatieperiode in ongeveer 0.6 km² gebaggerd. Dat is dus ongeveer 40% van het totale vaargeulgebied. In Figuur 4 staat ter illustratie de hoeveelheid en de lokatie van het baggerwerk van de laatste maand afgebeeld. De hoeveelheid baggerwerk neemt in het eerste halfjaar sneller toe dan in de tweede helft van het jaar. Verwacht wordt dat de hoeveelheid baggerwerk na verloop van tijd min of meer constant zal worden. Uit de figuren blijkt dat dit stadium nog niet geheel bereikt is na 1 jaar tijd.

Het feit dat de hoeveelheid baggerwerk en de oppervlakte waarover gebaggerd wordt, toenemen, komt mede doordat de initiële bodem op de meeste plaatsen dieper is dan de vereiste NAP -14.5 m. In de praktijk is het uiteraard onmogelijk tot precies NAP -14.5 m te baggeren. Er wordt dus dieper gebaggerd dan strikt noodzakelijk. Het gevolg hiervan is dat bij de berekeningen er bepaalde delen in het gedefinieerde vaargeulgebied zijn, waarvan het

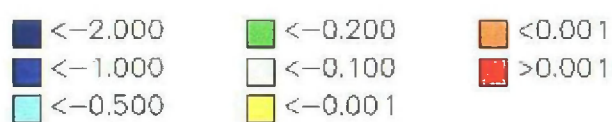
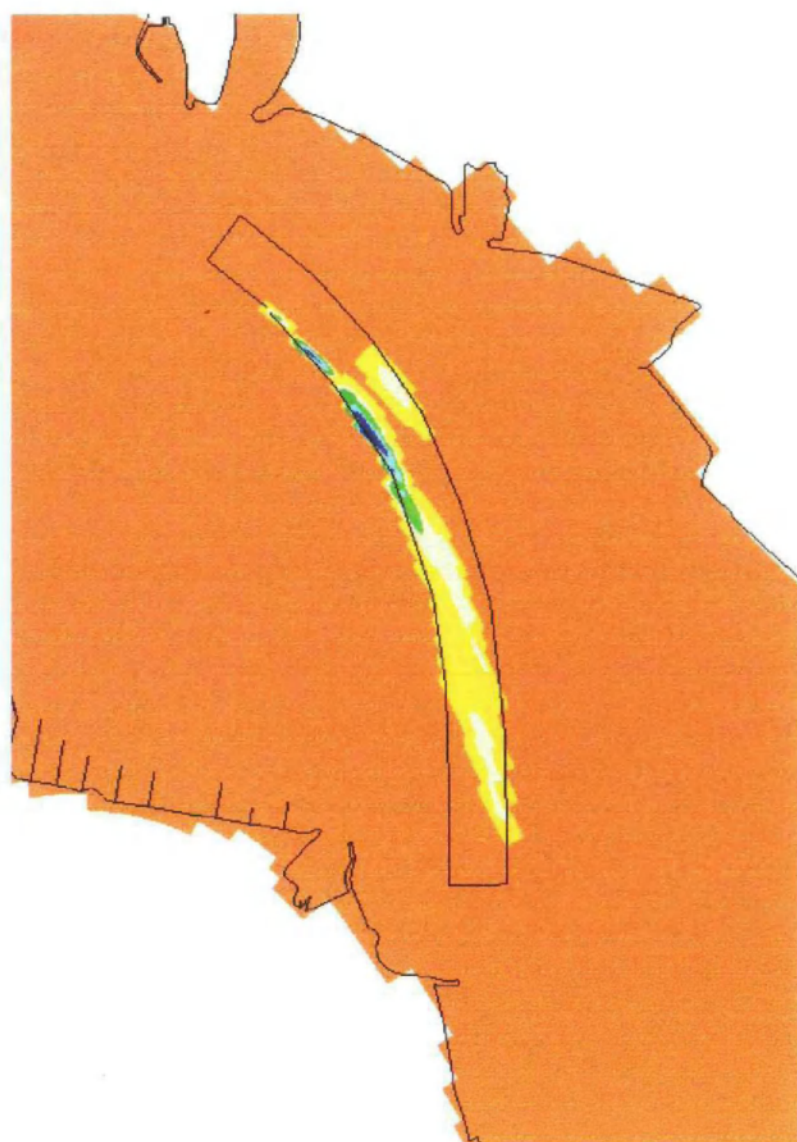


Figuur 3 Hoeveelheid baggerwerk in elke maand en de oppervlakte waarover gebaggerd wordt; maandelijks baggeren tot NAP -14.5 m.

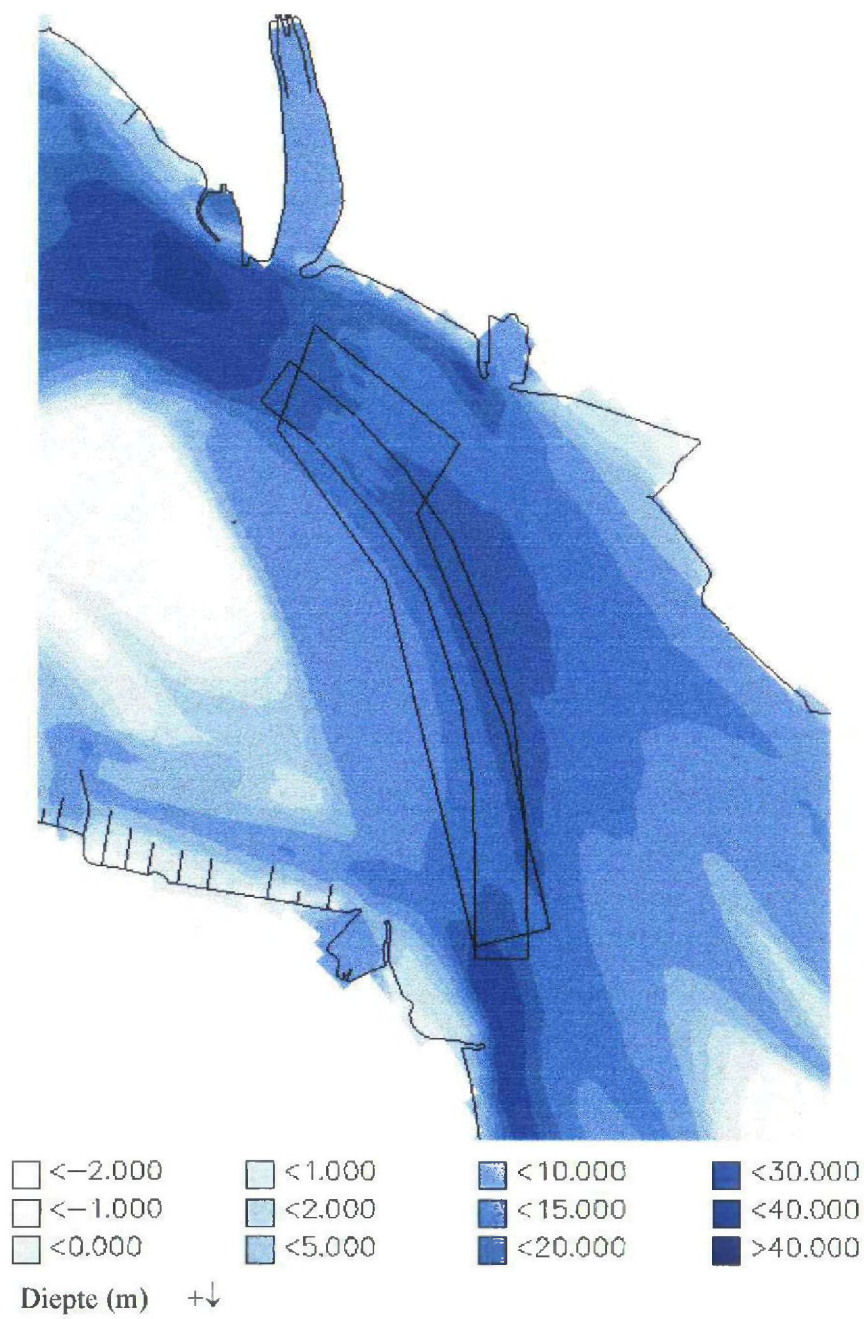
enkele maanden duurt alvorens ze boven de NAP -14,5 m uitsteken. Dit verklaart waarom de oppervlakte en de hoeveelheid baggerwerk in het begin sterk toenemen. Uiteindelijk zal de hoeveelheid baggerwerk zich stabiliseren.

Totaal is er in het eerste simulatie-jaar ongeveer 1.06 miljoen m³ gebaggerd. Dit is veel minder dan de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid van 2.65 miljoen m³ op basis van gegevens van de periode 1990-1996. Twee verklaringen zijn voor dit verschil te geven. Ten eerste is in de voorgaande alinea reeds aangegeven waarom in de eerste maanden het baggerwerk bij de berekeningen veel lager is dan na een jaar. Het is dan ook wellicht beter de hoeveelheid baggerwerk van de laatste maand als representatief te beschouwen. De hoeveelheid baggerwerk van de laatste maand bedraagt circa 120.000 m³. Op jaarbasis zou er dan ongeveer $12 * 120.000 = 1.4$ miljoen m³ gebaggerd worden. Deze hoeveelheid is nog steeds kleiner dan de genoemde jaarlijkse hoeveelheid van 2.65 miljoen m³.

De tweede oorzaak voor het verschil is dat in het model uitsluitend binnen de vaargeul wordt gebaggerd. In werkelijkheid is het gebied waarbinnen gebaggerd wordt veel ruimer. Dit blijkt uit het gebied waarbinnen in de periode 1991-1994 gebaggerd is (zie Figuur 5). In de praktijk wordt er vermoedelijk relatief veel baggerwerk juist aan de randen van de vaargeul uitgevoerd. Met name langs de rand van de Plaat van Ossenis (het plateau) wordt er veel gebaggerd. Dit gebied wordt maar deels aangesneden door de gedefinieerde vaargeul.



Figuur 4 Lokatie en grootte baggerwerk (negatief in m) van de laatste maand.



Figuur 5 **Lokatie vaargeulgebied en baggergebied (1991-1994).**

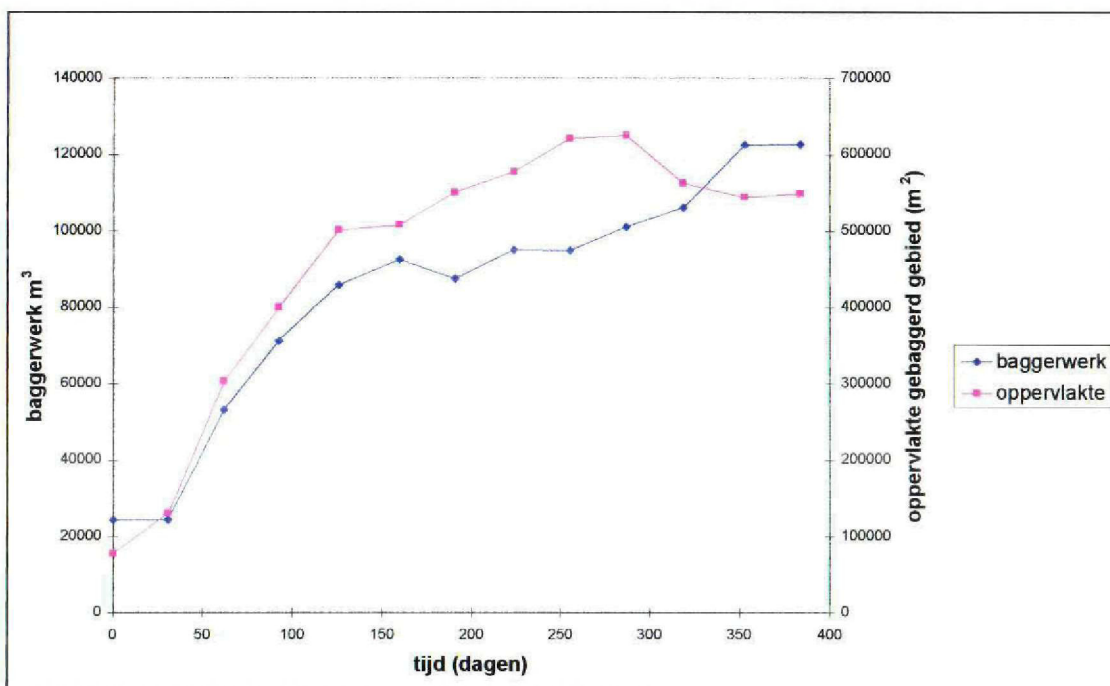
3.2 Berekening 2: Maandelijks baggeren en storten

Bij deze berekening wordt er maandelijks gebaggerd tot NAP -14.5 m. Het gebaggerde materiaal wordt nu echter teruggestort in de Schaar van Waarde (zie Figuur 7). Door beïnvloeding van de lokale debietverdeling wordt getracht met deze procedure het baggerwerk op de drempel te verminderen. In Figuur 6 staat weergegeven hoeveel m³ zand er maandelijks gebaggerd en gestort wordt. De oppervlakte van het gebied waar daadwerkelijk de bodem verlaagd is, staat ook uitgezet in de grafiek.

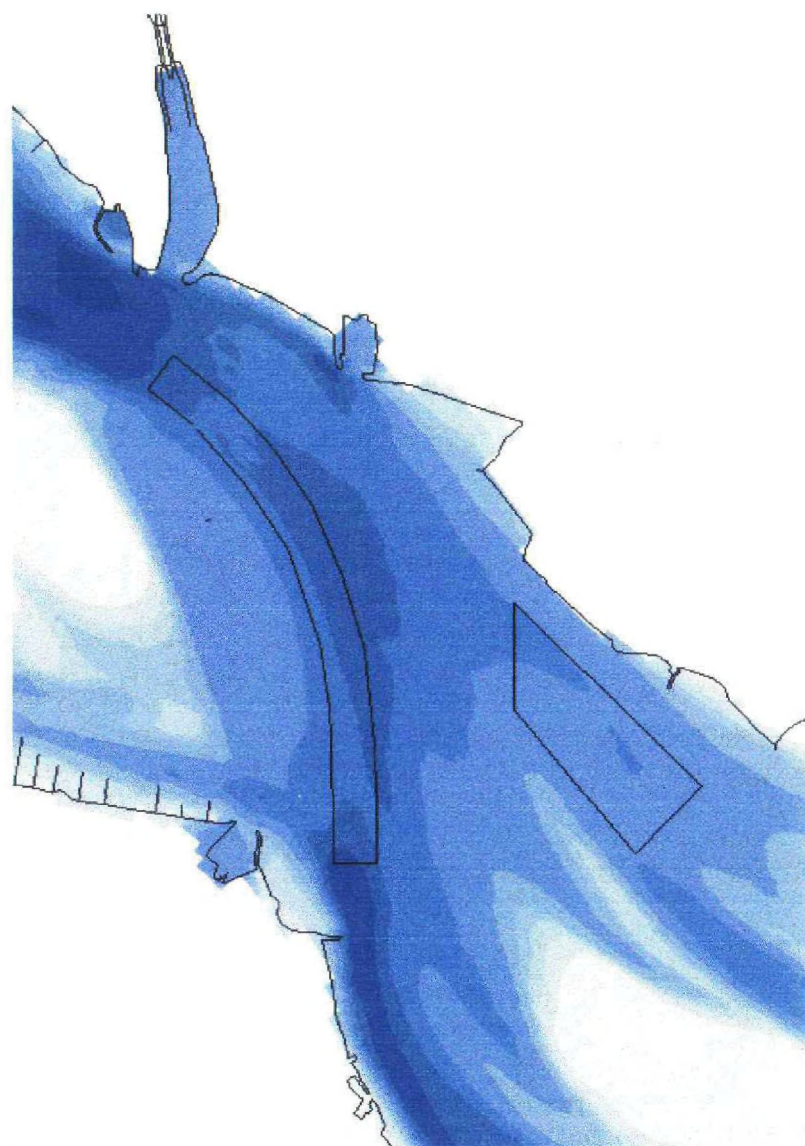
Figuur 6 vertoont een vrijwel identiek beeld als de figuur van berekening 1. Zowel het baggerwerk als de oppervlakte waarover gebaggerd wordt, nemen de eerste maanden sterk toe. De hoeveelheid baggerwerk lijkt zich ook bij berekening 2 enigszins te stabiliseren. De oorzaak van deze toename is dezelfde als reeds bij berekening 1 is aangegeven.

Totaal is er in een jaar tijd 1.08 miljoen m³ gebaggerd. Dit is veel minder dan de 2.65 miljoen m³ op basis van gegevens uit de periode 1990-1996. Twee verklaringen hiervoor zijn reeds bij berekening 1 gegeven.

Overigens is het opvallend dat, op de keper beschouwd, het baggerwerk in het vaargeulgebied bij berekening 2 zelfs hoger is dan bij berekening 1 het geval was (1.08 miljoen m³ t.o.v. 1.06 miljoen m³). Waarschijnlijk is deze ogenschijnlijke discrepantie het gevolg van niet geheel gelijke simulatieperioden. Dat de gevolgde simulatieperioden niet geheel gelijk zijn, is het gevolg van de afbreking in de gevolgde rekenprocedure. Hier wordt in Hoofdstuk 4 ook verder op ingegaan.



Figuur 6 Hoeveelheid baggerwerk in elke maand en de oppervlakte waarover gebaggerd wordt; maandelijks baggeren (tot NAP -14.5 m) en storten.



<-2.000	<1.000	<10.000	<30.000
<-1.000	<2.000	<15.000	<40.000
<0.000	<5.000	<20.000	>40.000

Diepte (m) +↓

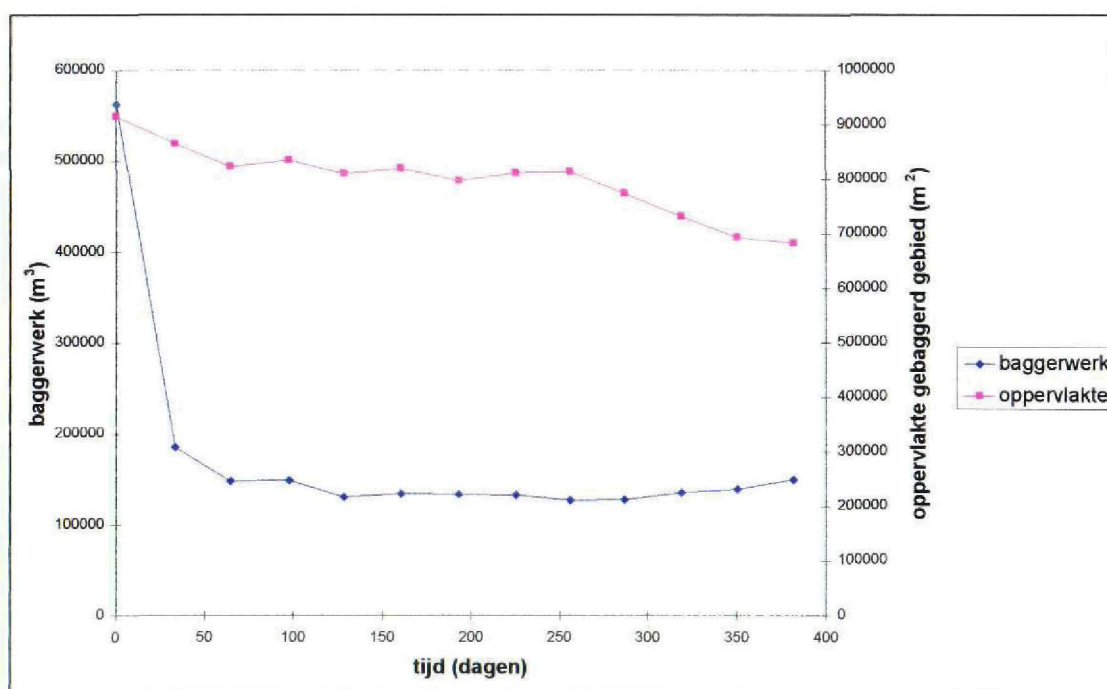
Figuur 7 Lokatie vaargeulgebied en stortvak Schaar van Waarde.

3.3 Berekening 3: Maandelijks baggeren (tot NAP -15.5 m)

Het verschil tussen deze berekening en berekening 1 is dat er tot op een grotere diepte gebaggerd wordt, namelijk tot NAP -15.5 m i.p.v. NAP -14.5 m. In Figuur 8 staat afgebeeld wat dit voor gevolgen heeft voor de hoeveelheid baggerwerk in de vaargeul.

De hoeveelheid baggerwerk voorafgaand aan de simulatie ($t=0$) bedraagt ongeveer 560.000 m^3 . Het gebied moet namelijk eerst op diepte worden gebracht. De huidige minimale diepte bedraagt NAP -14.5 m. Figuur 8 laat zien dat na 1 maand simulatie de hoeveelheid baggerwerk ongeveer 180.000 m^3 bedraagt. In de maanden daarna vermindert het maandelijkse baggerwerk nog enigszins en stabiliseert zich rond de 135.000 m^3 per maand. In de eerste maanden ligt de hoeveelheid baggerwerk nog wat hoger dan nadien. Dit komt doordat sediment zich van net buiten de vaargeul naar de verdiepte vaargeul toe zal verplaatsen. De scherpe randjes van het gebaggerde gebied worden enigszins afgevlakt.

In de laatste maanden lijkt het baggerwerk weer licht toe te nemen. Verder is te zien dat de oppervlakte waarover gebaggerd wordt, steeds verder afneemt (van 900.000 m^2 naar 700.000 m^2). Inclusief het baggerwerk voorafgaand aan de berekening is er na 1 jaar tijd 2.25 miljoen m^3 gebaggerd.



Figuur 8 Hoeveelheid baggerwerk in elke maand en de oppervlakte waarover gebaggerd wordt; maandelijks baggeren (tot NAP -15.5 m).

3.4 Berekening 4: Maandelijks storten in de Schaar van Waarde.

Bij deze berekening is de maandelijkse hoeveelheid gebaggerd materiaal van berekening 1, maandelijks gestort in de Schaar van Waarde. Bij deze berekening vindt er overigens géén baggerwerk in het vaargeulgebied plaats. Deze berekening heeft als doel om na te gaan wat het effect is van alleen het storten in de Schaar van Waarde. Uit de berekening is gebleken dat na 1 jaar tijd er een hoeveelheid van 0.948 miljoen m³ gebaggerd zou moeten worden om de vaargeul op de vereiste minimale diepte van NAP -14.5 m te brengen..

Eenzelfde analyse is gedaan voor de berekening van de autonome ontwikkeling. Bij deze berekening is er noch gebaggerd noch gestort (zie Groenewoud, 1997a). Na 1 jaar tijd zou er bij die berekening 0.950 miljoen m³ in het vaargeulgebied moeten worden gebaggerd. Het verschil in baggerwerk met berekening 4 is minimaal. Het effect van storten in de Schaar van Waarde van berekening 4 is zo goed als verwaarloosbaar. Hierbij moet worden opgemerkt dat de lokatie en de hoeveelheid van het gestorte sediment uiteraard het resultaat beïnvloeden. In Tabel 1 zijn de resultaten samengevat.

	Storten in Schaar van Waarde	Autonome ontwikkeling
t = 0	0.024 miljoen m ³	0.024 miljoen m ³
Na 1 jaar tijd	0.948 miljoen m ³	0.950 miljoen m ³
Verschil	0.924 miljoen m ³	0.926 miljoen m ³

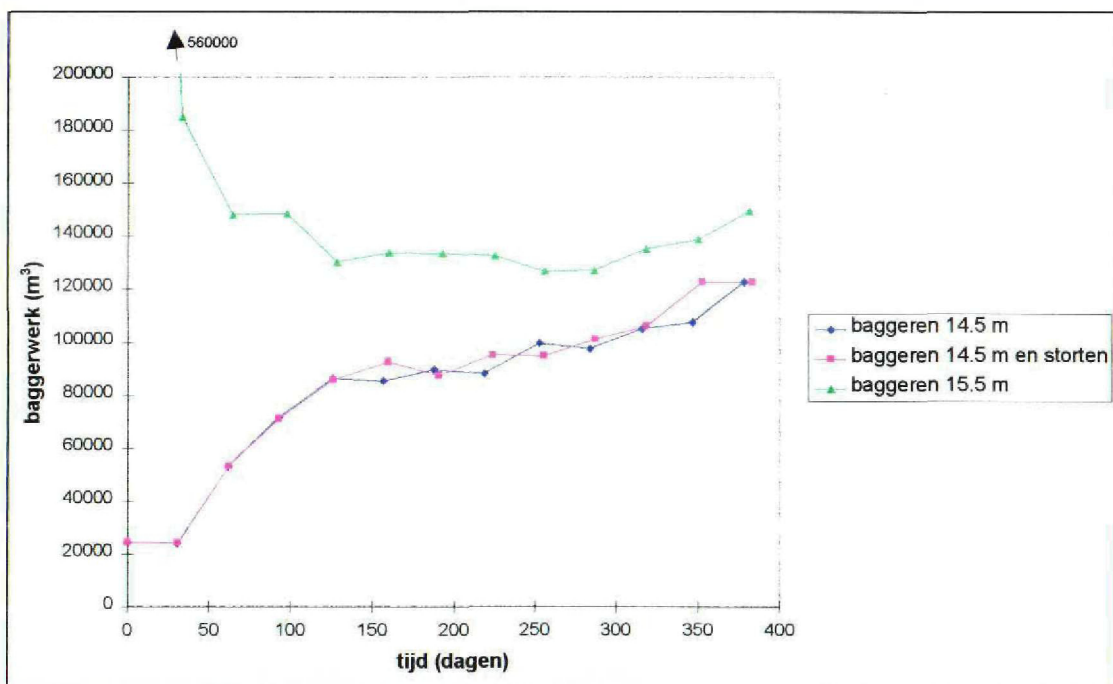
Tabel 1 Sedimentvolumina boven de NAP -14.5 m; autonome ontwikkeling versus storten in de Schaar van Waarde.

4. Vergelijking berekeningen

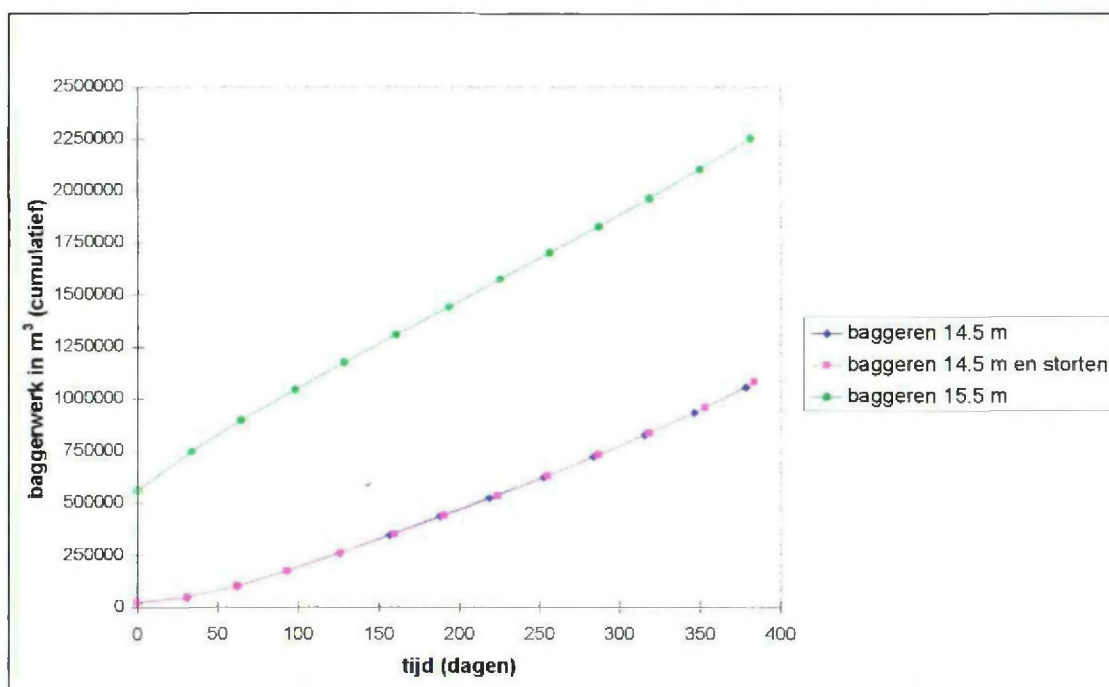
In Figuur 9 staat de hoeveelheid baggerwerk per maand van de eerste drie berekeningen uitgezet. Berekening 4 ontbreekt omdat bij deze berekening geen baggerwerk is uitgevoerd. Vanwege de schaalverdeling is de hoeveelheid baggerwerk op $t=0$ van berekening 4 (baggeren tot NAP -15.5 m) niet afgebeeld. De berekende maandelijkse hoeveelheden baggerwerk staan in tabelvorm in Bijlage A.

Op basis van Figuur 9 lijkt er verschil te zitten tussen *baggeren tot NAP -14.5* en *baggeren en storten*. Dit is feitelijk niet zo. Het verschil tussen beide wordt veroorzaakt doordat het *maandelijks* baggeren niet exact om de maand wordt uitgevoerd. Het programma voor de bodemontwikkeling (onderdeel van DELFT2D-MOR) bepaalt automatisch de tijdstap voor bodemontwikkeling (zie Groenewoud, 1997a). Deze tijdstappen kunnen voor de verschillende berekeningen enigszins verschillen. Een periode van een maand is opgebouwd uit meerdere tijdstappen. Consequentie hiervan is dat elke "maand" enigszins verschilt in exacte tijdsduur. Des te langer een maand duurt, des te meer er na die maand gebaggerd zal moeten worden. Het enigszins grillige verloop van de hoeveelheid baggerwerk per maand is hier mede het gevolg van. Er ontstaat een "oscillatie" rond de tijdlijn. Het is daarom beter te kijken naar het verloop van de cumulatieve hoeveelheid baggerwerk (Figuur 10). Uit Figuur 10 blijkt dat de gevolgen van het storten in de Schaar van Waarde op de aanzanding van het vaargeulgebied verwaarloosbaar zijn volgens de berekeningen. De hoeveelheid gestort materiaal (ongeveer 1 miljoen m^3 na 1 jaar tijd) blijkt dus nauwelijks gevolgen te hebben voor de hoeveelheid baggerwerk in het vaargeulgebied. Soortgelijke resultaten waren ook al verkregen bij eerdere berekeningen (Groenewoud, 1997b).

Uit Figuur 9 blijkt, dat wanneer er dieper gebaggerd wordt, de hoeveelheid baggerwerk maandelijks groter is. In de laatste maanden zit er een verschil van ruim 20.000 m^3 tussen het baggeren tot NAP -14.5 m en het baggeren tot NAP -15.5 m. Dit duidt op een vermeerdering van het baggerwerk van ruim 15%.



Figuur 9 Hoeveelheid baggerwerk in het vaargeulgebied.



Figuur 10 Cumulatieve hoeveelheid baggerwerk in het vaargeulgebied.

4.1 Extra analyse berekeningen

Om de invloed van de grootte van het baggervak te onderzoeken, is nog een extra analyse gemaakt van de berekeningen. Aanleiding hiervoor was het feit dat de hoeveelheid baggerwerk in de vaargeul veel kleiner was, dan er in werkelijkheid op de drempel jaarlijks gemiddeld gebaggerd wordt (2.65 miljoen m³).

De berekening van de autonome ontwikkeling (beschreven in Groenewoud, 1997a) is hiervoor als uitgangspunt genomen. In plaats van te kijken naar de ontwikkeling van de *gemiddelde diepte* van Vak 1&2, is nu de hoeveelheid aanzanding boven de NAP -14.5 m na 1 jaar tijd in Vak 1&2 bepaald. Hiervoor is allereerst berekend hoeveel zand zich in Vak 1&2 bevindt vóór aanvang van de berekening (zie Tabel 2). Vervolgens is bepaald hoeveel zand zich na 1 jaar tijd boven de NAP -14.5 m bevindt. Het verschil tussen deze twee getallen is de hoeveelheid zand die na 1 jaar tijd in het drempelgebied boven de NAP -14.5 m er bij is gekomen. Het verschil bedraagt 2.34 miljoen m³ en komt dicht in de buurt van de 2.65 miljoen m³ op basis van meetgegevens.

De aanzanding boven de NAP -14.5 m in het gedefinieerde vaargeulgebied bedraagt na 1 tijd ongeveer 0.926 miljoen m³ (zie Tabel 1) en is veel minder dan de aanzanding in Vak 1&2. Hieruit kan de conclusie getrokken worden dat de oppervlakte waarover gebaggerd wordt, een grote invloed heeft op de hoeveelheid baggerwerk.

Hoeveelheid zand boven NAP -14.5 m op t=0	3.11 miljoen m ³
Hoeveelheid zand boven NAP -14.5 m na 1 jaar tijd	5.45 miljoen m ³
Vershil	2.34 miljoen m³

Tabel 2 Hoeveelheid aanzanding boven NAP -14.5 m in drempelgebied (Vak 1&2).

5. Conclusies en aanbevelingen

Volgens de berekeningen zijn de effecten van het storten in de Schaar van Waarde op de hoeveelheid baggerwerk in het vaargeulgebied minimaal. Lokatie en grootte van de stort beïnvloeden uiteraard het resultaat.

Het op grotere diepte brengen van het vaargeulgebied (NAP -15.5 m i.p.v. NAP -14.5 m) heeft tot gevolg dat de hoeveelheid baggerwerk zal toenemen. Afgezien van de grote initiële baggerinspanning om het vaargeulgebied op grotere diepte van NAP -15.5 m te brengen, is de hoeveelheid baggerwerk in het verdiepte vaargeulgebied na 1 jaar tijd ruim 15% groter dan in vergelijking met een vaargeulgebied dat op NAP 14.5 m ligt.

De belangrijkste factor die invloed heeft op de hoeveelheid baggerwerk is de oppervlakte van het gebied waarover gebaggerd wordt. Dit lijkt zeer logisch (en dat is het ook) maar het is goed om dat nog eens te benadrukken. Het is dus wellicht aan te raden om de oppervlakte waarover gebaggerd wordt zo klein mogelijk te houden. Hierbij kan gedacht worden aan het louter baggeren in de vaargeul en zo min mogelijk daarbuiten.

Met een dergelijk beleid kan waarschijnlijk veel effectiever het baggerbezwaar worden verminderd dan met veel van de alternatieven die in Groenewoud, 1997a, en Groenewoud, 1997b, beschreven zijn.

Referenties

- Groenewoud, M.D., 1997a
Modellering morfodynamisch gedrag van de Drempel van Hansweert. Fase 1:
Modelbouw en simulatie huidige situatie
Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Vakgroep
Waterbouwkunde en Geotechniek
- Groenewoud, M.D. en F.T.G. Tank, 1997b
Modellering morfodynamisch gedrag van de Drempel van Hansweert. Fase 2:
Berekening alternatieven baggerwerk
Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Vakgroep
Waterbouwkunde en Geotechniek

Bijlage A

Maand	baggeren NAP -14.5 m	baggeren NAP -14.5 m en storten	baggeren NAP -15.5 m
0	24387	24387	562168
1	24132	24285	184874
2	53026	53103	148061
3	71593	71175	148460
4	86309	85762	130217
5	85476	92551	133797
6	89599	87459	133477
7	88192	95068	132577
8	99636	94842	126879
9	97598	101067	127174
10	104981	106095	135126
11	107545	122565	138892
12	122623	122643	149451
Totaal	1055098	1081003	2251153

Hoeveelheden baggerwerk voor de verschillende alternatieven (in m³ per maand).

Maand	baggeren NAP -14.5 m	baggeren NAP -14.5 m en storten	baggeren NAP -15.5 m
0	77662	77662	915151
1	129788	129788	864816
2	297234	303336	823166
3	391305	399828	834375
4	500371	501171	809731
5	500517	508155	819177
6	550266	550266	797197
7	574138	577532	811263
8	597500	620767	813029
9	615902	625014	773507
10	562795	562097	731392
11	545939	544164	692490
12	552935	548853	682903

Grootte oppervlak waarover gebaggerd wordt voor de verschillende alternatieven (in m²).