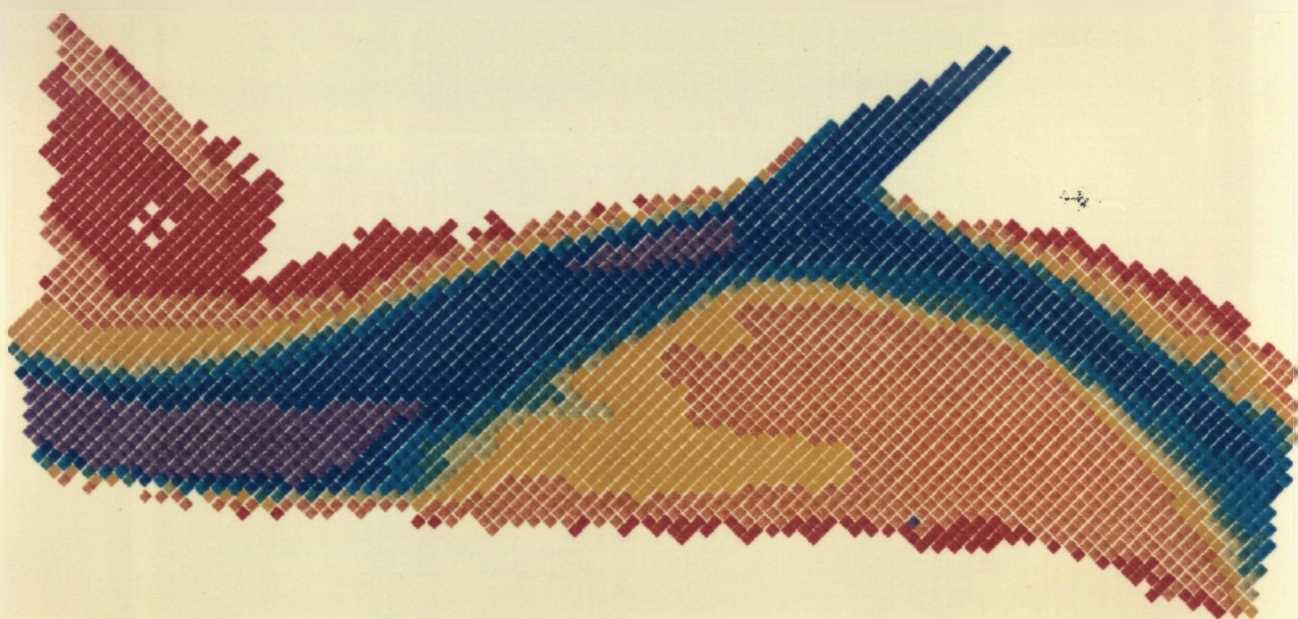


7e
MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
BESTUUR DER WATERWEGEN
ANTWERPSE ZEEDIENSTEN

OPTIMALISATIE VAN DE ONDERHOUDSBAGGERWERKEN IN DE WESTERSCHELDE

Drempel van Zandvliet
1980-1983



EINDRAPPORT

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
BESTUUR DER WATERWEGEN
ANTWERPSE ZEEDIENSTEN

OPTIMALISATIE VAN DE ONDERHOUDSBAGGERWERKEN IN DE WESTERSCHELDE

Drempel van Zandvliet
1980-1983

EINDRAPPORT

IMDC nv

International Marine and Dredging Consultants
Wilrijkstraat 37-45 bus 4
B-2280 BORGERHOUT TEL 03/271.00.16

December 1986

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN
BESTUUR DER WATERWEGEN
ANTWERPSE ZEEDIENSTEN

OPTIMALISATIE VAN DE ONDERHOUDSBAGGERWERKEN IN DE WESTERSCHELDE

Drempel van Zandvliet
1980-1983

EINDRAPPORT

IMDC nv

International Marine and Dredging Consultants
Wilrijkstraat 37-45 bus 4
B-2280 BORGERHOUT TEL 03/271.00.16

December 1986

INHOUDSTAFEL

1. INLEIDING	1
1.1 OMSCHRIJVING VAN DE OPDRACHT	1
1.2 OVERZICHT VAN HET EINDRAPPORT	2
 2. ANALYSE VAN DE GEGEVENS	 3
2.1 OVERZICHT DER BESCHIKBARE GEGEVENS	3
2.1.1 Peilingsgegevens	3
2.1.2 Verschilgegevens	3
2.1.3 Baggergegevens	3
2.1.4 Algemene gegevens	4
2.2 PEILINGSGEDEVENS	4
2.2.1 Peilingsplans	4
2.2.2 Verschilkaarten	6
2.3 TIJDSBASIS DER GEGEVENS	7
2.3.1 Algemeen	7
2.3.2 Nieuwe peilplans	7
2.3.3 Nieuwe verschilkaarten	8
2.4 SEDIMENTATIEBESTANDEN	9
2.4.1 Methode en hypothesen	9
2.4.2 Baggergegevens	10
2.4.2.1 Baggerplans	10
2.4.2.2 Gebaggerde volumes	10
2.5 BESTANDEN MET VASTE MATRIX-VOORSTELLING	11
 3. ANALYSE VAN DE SEDIMENTATIE : DEFINITIES	 12
3.1 ALGEMEEN BEELD	12
3.2 STATISTISCHE ZONES	12
3.2.1 Vaargeul - zones	13
3.2.2 Deelgebieden	14
3.3 AANTAL TE BESCHOUWEN PUNTEN N	16
3.4 GEBRUIK VAN EEN FILTER	17
3.5 BETROUWBAARHEID VAN DE STATISTISCHE GROOTHEDEN	18

4. DE SEDIMENTATIEBANK	20
4.1 ALGEMEEN OPZET VAN EEN GEGEVENS BANK	20
4.2 SPECIFIEK OPZET VAN DE SEDIMENTATIEBANK	20
4.3 HARDWARE & LANGUAGE	23
4.4 STRUCTUUR VAN DE (SEDIMENTATIE)GEGEVENS	24
4.4.1 Vast rooster	24
4.4.2 Voorstelling der diepten	24
4.5 SOFTWARE	25
4.5.1 Algemeen	25
4.5.2 Link tussen peilingsgegevens en sedimentatiegegevens	25
4.6 BESCHRIJVING VAN DE BELANGRIJKSTE PROGRAMMA'S	26
4.6.1 Programma - MAP_AREA	26
4.6.2 Programma - WEEKANALY	28
 5. STATISTISCHE ANALYSE VAN DE GEGEVENS	 30
5.1 OVERZICHT DER STATISTISCHE GROOTHEDEN	30
5.2 TIJDSEVOLUTIE VAN PEIL-, BAGGER- EN SEDIMENTATIEGEGEVENS	31
5.3 SUPPLEMENTAIRE INFORMATIE	32
5.3.1 Gemiddelde drempel 1980 - 1983	32
5.3.2 Aantal peilingen	32
5.3.3 Gemiddelde sedimentatie	32
5.3.4 Baggerinformatie per roosterpunt	33
5.3.4.1 Aantal gebaggerde weken	33
5.3.4.2 Gebaggerde laagdikte	33
 6. SAMENHANG TUSSEN DE SEDIMENTATIEGEGEVENS EN DE BAGGERGEGEVENS	 35
6.1 INLEIDING	35
6.2 KORRELATIE TUSSEN DE VERSCHILLENDE PARAMETERS	36
6.2.1 De korrelatiecoëfficiënt	36
6.2.2 Sedimentatie -, peil -, gebaggerd volume	36
6.3 REGRESSIE - ANALYSE	40
6.3.1 Verband peil - sedimentatie	40
6.3.2 Verband Sedimentatie - Sedimentatie	40
 7. GEVOELIGHEIDSANALYSE	 42
7.1 EVALUATIE VAN DE INVLOED VAN DE NAUWKEURIGHEID DER BESTANDEN	42
7.1.1 Nauwkeurigheid van 1 cm	43
7.1.2 Sedimentatie-bestanden inlezen	43

7.2	INVLOED VAN FILTERS OP RESULTEREND GEMIDDELDE	45
7.2.1	Inleiding	45
7.2.2	Sedimentatie	45
7.2.2.1	Definitie van de filters	45
7.2.2.2	Resultaten	47
7.2.3	Peilwaarden	48
7.3	EVALUATIE VAN DE PERIODE WAAROVER DE SEDIMENTATIE BESCHOUWD WORDT	49
7.3.1	Inleiding	49
7.3.2	Alternatieve berekeningsmethoden	49
7.3.2.1	Door nieuwe verschil- en sedimentatiebestanden te maken	49
7.3.2.2	Door bestaande sedimentatiebestanden op te tellen	49
7.3.3	Alternatieven voor de rekenperiode	50
7.3.4	Gemiddelde sedimentatie	50
7.3.5	Totale sedimentatie	51
7.3.6	Besluit	52
7.4	HET INVOEREN VAN ANDERE STATISTISCHE ZONES	53
7.4.1	Inleiding en definities	53
7.5	HET KORRELEREN VAN VARIABELEN OP VERSCHILLENDE TIJDSTIPPEN	55
7.6	HET ELIMINEREN VAN EEN AANTAL RIJEN EN KOLOMMEN	56
8.	INVLOED VAN BAGGERWERKEN OP DE SEDIMENTATIE	57
8.1	ALGEMEEN	57
8.2	INVLOED VAN HET AL DAN NIET BAGGEREN OP DE DREMPEL VAN ZANDVLIET	59
8.3	INVLOED VAN HET AL DAN NIET BAGGEREN IN DE SCHAAR VAN OUDEN DOEL	61
8.4	OPSPLITSING NAAR BAGGERWERKEN LINKS OF RECHTS IN DE VAARGEUL	63
9.	UITLEVERINGSCOEFFICIENT - LITERATUURSTUDIE	64
9.1	DEFINITIE	64
9.2	LITERATUUR	65
9.2.1	Soortelijk gewicht in beun	65
9.2.2	Soortelijk gewicht in situ	65
9.2.3	Uitleveringscoëfficiënt	66
9.2.4	Invloed uitleveringscoëfficiënt op de gemiddelde sedimentatie	67

10. SEDIMENTBALANS	68
10.1 DOEL	68
10.2 BEREKENINGSWIJZE	68
10.2.1 Uitgaande van het verschil tussen 2 peilingen en de bagger- en stortvolumes tussen 2 peilingen	68
10.2.2 Uitgaande van het verschil tussen twee opeenvolgende gemiddelde jaarpeilingen op de Drempel van Zandvliet en de baggerwerken gedurende die 2 jaar	68
10.2.3 Uitgaande van de gemiddelde weeksedimentatie per jaar op de Drempel van Zandvliet en van de baggervolumes in dat jaar	69
10.3 RESULTATEN	70
10.3.1 Methode 1 (Verskil tussen 2 peilingen)	70
10.3.2 Methode 2 (Gemiddelde jaarpeilen)	71
10.3.3 Methode 3 (Gemiddelde wekelijkse sedimentatie)	71
10.3.4 Vergelijking van de resultaten	71
10.4 BESLUITEN EN AANBEVELINGEN	72
 11. ANALYSE VAN DE BAGGERGEGEVENS	 73
11.1 ALGEMEEN	73
11.2 PRODUKTIVITEITSNIVEAU	73
11.3 OPTIMALE KARAKTERISTIEKEN VAN EEN SCHIP VOOR EEN BEPAALDE OPDRACHT	74
11.4 INVLOED VAN DE LENGTE VAN HET BAGGERVAK	74
11.5 UITLEVERINGSCOEFFICIENTEN	75
11.6 INVLOED VAN DE BAGGERZONE	75
11.7 OPTIMALE VULLINGSGRAAD PER SCHIP	75
 12. SAMENVATTING	 76
 13. ADVIES TER OPTIMALISATIE VAN DE BAGGERWERKEN	 79
13.1 ALGEMENE BESCHOUWINGEN	79
13.2 BEPERKING VAN DE BAGGERVOLUMES	79
13.2.1 Verplaatsing van de vaargeul	79
13.2.2 Verbreding/vernauwing van de vaargeul	79
13.2.3 Diepte van de vaargeul	80
13.2.4 Peilingen	80

13.2.5	Invloed van het peil van de Plaat en Schaar van Ouden Doel	80
13.2.6	Invloed van de klepzone	80
13.2.7	Opspuiten	81
13.3	VERHOGING VAN DE PRODUKTIVITEIT VAN DE BAGGERSCHEPEN	81
13.4	ALGEMEEN ADVIES INZAKE BAGGERWERKEN	82
13.4.1	Metingen	82
13.4.2	Baggerstrategie	82
13.4.3	Verband : Sedimentatie - baggervolume - getijvolume	83
14.	ADVIES VOOR VERDERE STUDIE EN/OF MEETPROGRAMMA'S	84
14.1	INLEIDING	84
14.2	DE THEORETISCHE BENADERING	84
14.3	DE EMPIRISCHE BENADERING	85
14.4	AANBEVELINGEN	86
14.4.1	Nauwkeuriger bepalen en registreren van de bagger- en klepplaatsen en de registratie van baggertechnische karakteristieken	86 87
14.4.2	Verbetering van de nauwkeurigheid van de baggerwerkzaamheden	87
14.4.3	Verdere optimalisatie van de peilingen	88
14.4.4	De realisatie van een aantal specifieke doelgerichte meetcampagnes	90
14.5	SAMENVATTING DER AANBEVELINGEN	90

LIJST DER BIJLAGEN

1. INLEIDING

1.1 OMSCHRIJVING VAN DE OPDRACHT

Het voorliggend rapport is het eindrapport van de studie met het oog op de optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken in de Schelde.

Overeenkomstig de bepalingen van de overeenkomst tussen het Ministerie van Openbare Werken en I.M.D.C. van 1/7/85 behandelt dit rapport de volgende onderwerpen :

- Een analyse van de gegevens verstrekt door het Bestuur
- De oprichting van een databank van het sedimentatieproces in de betrokken zone.
- De analyse van de sedimentatie
- De analyse van de samenhang van de baggergegevens en sedimentatiegegevens
- Het advies voor de optimalisatie van de baggerwerken
- Het voorstel voor het voortzetten van een programma ter optimalisatie van de baggerwerken.

De opdracht beperkt zich tot het gebied omvattende de Drempel van Zandvliet, Schaar en Plaat van Doel, de Toegangsgeul van de Zandvlietluis, de Put van Zandvliet en het Vaarwater van Oudendijk.

Als basisonderzoeksmethode wordt geopteerd voor een statistische analyse van beschikbare peil- en baggergegevens in het betrokken gebied.

1.2 OVERZICHT VAN HET EINDRAPPORT

Dit rapport beoogt een globaal overzicht te geven van de uitgevoerde studie. Van gedetailleerde berekeningen en uitgesponnen definities of methodologiën werd bijgevolg afgezien evenals van de beschrijving van tussenresultaten. Hiervoor wordt verwezen naar de desbetreffende interimrapporten.

Na het inleidend hoofdstuk worden de beschikbare gegevens geanalyseerd (Hfst. 2). Hierna volgen de nodige definities (Hfst. 3), die aan de basis liggen van de uit te bouwen sedimentatiebank (Hfst. 4).

De resulterende statistische analyse van de gegevens is samengebracht in hoofdstuk 5, gevolgd door een beschrijving van de samenhang tussen sedimentatie- en baggergegevens (Hfst. 6).

De gebruikte hypothesen worden onderworpen aan een gevoeligheidsanalyse (Hfst. 7), terwijl in hoofdstuk 8 de invloed van baggerwerken op het sedimentatieproces wordt nagegaan.

De daaropvolgende hoofdstukken behandelen respectievelijk de uitleveringscoëfficiënt (Hfst. 9), het opmaken van een sedimentbalans (Hfst 10) en een analyse van de baggertechnische gegevens (Hfst 11).

De belangrijkste vaststellingen van de studie worden gebundeld in hoofdstuk 12. Hierop worden de adviezen gebaseerd die kunnen leiden tot de optimalisatie van de baggerwerken (Hfst. 13). Tenslotte worden in het laatste hoofdstuk een aantal adviezen gebundeld voor verdere studies en mogelijke meetprogramma's.

2. ANALYSE VAN DE GEGEVENS

2.1 OVERZICHT DER BESCHIKBARE GEGEVENS

Door het Bestuur werden met betrekking tot de kalenderjaren 1980, 1981, 1982 en 1983 volgende gegevens ter beschikking gesteld :

2.1.1 Peilingsgegevens

- Alle peilingsgegevens van het in beschouwing te nemen gebied, geschematiseerd volgens een rooster van 50 m x 50 m. Aan elk roosterpunt wordt een meest waarschijnlijke diepte toegekend.

2.1.2 Vershilgegevens

- Alle verschilkaarten van het in beschouwing te nemen gebied, opgemaakt uit het verschil van 2 opeenvolgende peilingen en geschematiseerd volgens een rooster van 50 m x 50 m.

2.1.3 Baggergegevens

- De aan de aannemer van de onderhoudsbaggerwerken verstrekte uitvoeringsplans.
- Opgave van de baggerspecietransporten die in het gebied hebben plaatsgevonden alsmede de volumes baggerspecie die het beschouwde gebied hebben verlaten of zijn aangevoerd. Deze volumes worden gesplitst volgens de periodes tussen twee opeenvolgende peilingsplans. De gebaggerde volumes op de Drempel van Zandvliet worden tevens opgegeven per kalenderweek. Deze volumes zijn gemeten in beun.
- Het type schip, het aantal effectieve werkuren, het aantal verleturen en het aantal baggerreizen, eveneens gesplitst volgens de periodes tussen twee opeenvolgende peilingsplans.
- Voor zover beschikbaar gegevens i.v.m. de in de omgeving uitgevoerde agitatiebaggerwerken.

2.1.4 Algemene gegevens

- Resultaten van in de omgeving verrichte stroommetingen :
 Plaat van Doel : 5/6 september 1979
 Vaarwater Oudendijk, Schaar en Plaat van Doel : juli 1981
- De opgetreden waterstanden en meer bepaald de hoog- en laagwaterstanden, geregistreerd te Prosperpolder.
- Een korrelverdeling van bodemonsters, genomen op de Drempel van Zandvliet in oktober 1980 en januari 1985.
- Lambertkoördinaten van enkele vaste punten in de beschouwde zone :
 Lichtbaken Noord Ballastplaat, L.L. Zuid Ballast, H.L. Zuid Ballast, L.L. Oudendijk, tijmeter Prosperpolder.

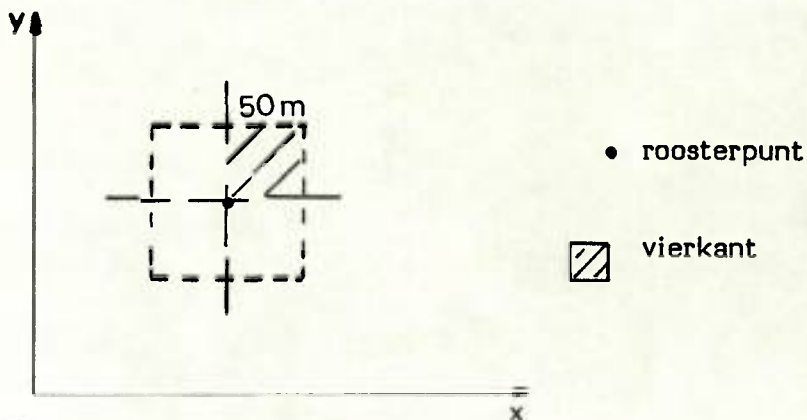
In volgende paragrafen worden de peilings- en de baggergegevens verder besproken.

2.2 PEILINGSGEGEVENS

2.2.1 Peilingsplans

De peilgegevens zijn "waarschijnlijke diepten", geschematiseerd in een vast rooster van 50 m x 50 m. Deze diepten worden als volgt berekend :

- in elk roosterpunt worden 4 vierkanten beschouwd met 50 m zijde evenwijdig aan de X,Y-Lambertkoördinaten.



- In elk vierkant wordt een zwaartepunt bepaald waarvan de X, resp. Y-koördinaat het gemiddelde is van de X, resp. Y-koördinaten van alle peilingen in dit vierkant.
- Per vierkant wordt een factor $\bar{d}$ bepaald (= gewicht van het zwaartepunt van alle dieptecijfers in het vakje)

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d}{L}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L}}$$

d = peilingsdiepte

L = afstand tot het zwaartepunt

n = aantal peilingen in het vierkant

- Vervolgens wordt dan voor het roosterpunt de diepte berekend op gelijkaardige wijze als het gewogen gemiddelde van de 4 vierkanten

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{\bar{d}}{L}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{L}}$$

- Indien geen vier maal $\bar{d}$ en L kan bepaald worden, worden de vierkanten 1 x verdubbeld (zijde = 100 m) en de berekening herdaan. Indien dan nog geen cijfers gevonden worden in één der 4 vierkanten rond het roosterpunt wordt geen gemiddelde gemaakt.
- De resulterende diepte is nauwkeurig tot op 1 dm.

2.2.2 Verschilkaarten

- De ter beschikking gestelde verschilgegevens werden bepaald uitgaande van twee opeenvolgende geschematiseerde peilplans :

$$\text{verschil } Z = \text{peiling (NU)} - \text{peiling (VORIG)}$$

Z is bijgevolg positief als er een verdieping is in het beschouwde roosterpunt.

- Het resulterend verschil is nauwkeurig tot op 1 dm.

2.3 TIJDSBASIS DER GEGEVENS

2.3.1 Algemeen

De peilingen worden uitgevoerd volgens een vooropgesteld getijgebonden schema, de baggerplans daarentegen gaan steeds in op de maandag volgend op de datum van een nieuwe opdracht.

In de oorspronkelijke baggergegevens die ter beschikking werden gesteld, worden de baggervolumes opgesplitst volgens de periodes tussen 2 opeenvolgende peilingsplans. Deze volumes kunnen bijgevolg niet toegekend worden aan de juiste baggerzones, overeenkomstig de baggerplans, omwille van het verschil in tijdsbasis (weken t.o.v. willekeurige periode).

Daarom werd geopteerd voor een analyse per week van alle gegevens. Dit vergt de volgende noodzakelijke basisgegevens :

- wekelijkse peilwaarden
- wekelijkse baggerzones
- wekelijkse baggervolumes

Wanneer er in een bepaalde week 2 of meer zones zijn, dienen de volumes opgesplitst te worden per zone (vb : dag- en nachtzones, zones met verschillende nagestreefde baggerdiepte...).

Elke week start op maandag, en elk jaar bevat 52 weken, beginnend bij de week waarin 1 januari valt.

2.3.2 Nieuwe peilplans

Per week wordt een nieuw peilplan berekend uitgaande van de (laatst) voorgaande en de (eerst) volgende geschematiseerde peiling van het Bestuur.

Dit gebeurt door lineaire interpolatie, en zo dat slechts een peilwaarde wordt bepaald wanneer het beschouwde roosterpunt in beide peilingen voorkomt :

$$\text{Peilnu} = \text{Peilvorig} + (\text{Peilvolgend} - \text{Peilvorig}) \times \text{Ratio}$$
met

$$\text{Ratio} = (\text{Dagnu} - \text{Dagvorig}) / (\text{Dagvolgend} - \text{Dagvorig})$$

Hierin betekent :

Peil : peilwaarde

Dag : dag waarop peiling uitgevoerd of berekend wordt.

Deze nieuwe peilwaarden worden bepaald tot 1 dm nauwkeurig.

2.3.3 Nieuwe verschilkaarten

Per week wordt een nieuwe verschilkaart gemaakt, uitgaande van de (week)peilingen van de betreffende en de volgende week.

Dit gebeurt eenvoudig door het verschil te maken van de twee peilwaarden en zo dat het verschil slechts wordt bepaald wanneer het beschouwde roosterpunt in beide weekpeilingen voorkomt.

Het verschil wordt bepaald tot 1 dm nauwkeurig en is positief in geval van verdieping.

2.4 SEDIMENTATIEBESTANDEN

2.4.1 Methode en hypothesen :

- de gebaggerde laagdikte (BLD) in de baggerzone wordt gedefinieerd als :

$$\text{BLD} = \frac{\text{Baggervolume (BV)}}{\text{Baggeroppervlak (BO)}} * \text{coëfficiënt}$$

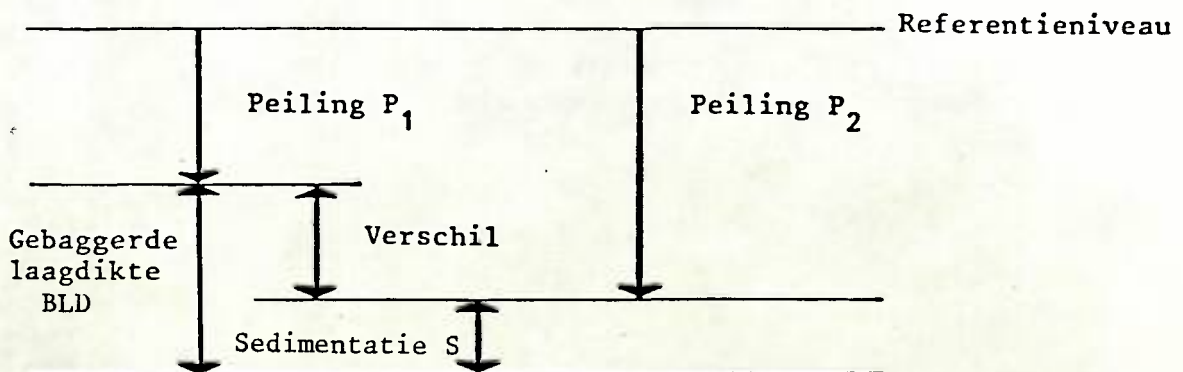
met

BO = aantal roosterpunten in de zone

* roosterbreedte X

* roosterbreedte Y

- de coëfficiënt kan rekening houden met een niet-uniforme ruimtelijke spreiding van het baggervolume, en met de uitleveringscoëfficiënt.
Voorlopig is voor alle roosterpunten de waarde 1 aangenomen.
- in een roosterpunt (i,j) wordt de sedimentatie berekend als (i,j) behoort tot het verschilbestand.
- de sedimentatie S wordt berekend in REAL precision en weggeschreven als INTEGER op 1 dm nauwkeurig.
- de sedimentatie S wordt positief beschouwd bij aanvoer en wordt berekend als volgt :



$$\begin{aligned}\text{Sedimentatie S} &= - (P2 - P1) + \text{BLD} \\ &= - \text{Verschil} + \text{BLD}\end{aligned}$$

Opmerking : Verschil ($= P2 - P1$) < 0 : aanzanding
 Verschil > 0 : verdieping
 Sedimentatie < 0 : erosie
 BLD $= 0$: als (i,j) niet in de
 baggerzone ligt

2.4.2 Baggergegevens

2.4.2.1 Baggerplans

- Per baggerzone worden volgende gegevens gestockeerd in het bestand "BAGGERPLAN"

1. het kalenderjaar (INTEGER)
2. plaats en nummer van het plan (30 karakters)
3. de datum van de opdracht : dag en maand (2 INTEGERS)

Deze gegevens worden weggeschreven op record i, met i = het nummer van de zone.

- Eveneens per baggerzone worden in het bestand "BAGGERHOEK" het aantal hoekpunten (moet kleiner zijn dan 15) en de Lambert coördinaten van deze hoekpunten gestockeerd.
- Tenslotte wordt per baggerzone een vaste roostervoorstelling gemaakt van de zone.

2.4.2.2 Gebaggerde volumes

De gebaggerde volumes worden gestockeerd in het bestand "BAGWEEK80" dat per week volgende gegevens bevat :

1. Aantal te beschouwen baggerzones gedurende de week (≤ 3)
2. Per baggerzone : - het nummer van de zone
 - het gebaggerde volume (gemeten in beun)

2.5 BESTANDEN MET VASTE MATRIX-VOORSTELLING

- Tot nog toe werden 5 soorten bestanden gedefinieerd die alle dezelfde structuur hebben en waarin 4 eenzelfde naamgeving volgen.

<u>Gegevens</u>	<u>Naam</u>	<u>Inhoud</u>
Peil	PJJ_NR of PJJWNR	diepte Z in dm
Verschil	VJJ_NR of VJJWNR	verschil Z in dm
Sedimentatie	SJJ_NR of SJJWNR	sedimentatie in dm
Baggerzone	BJJ_NR	roosterpunten i/d zone
Deelzone	Willekeurige naam	roosterpunten i/d zone

Hierin is JJ : het beschouwde kalenderjaar
NR : volgnummer van het bestand in het beschouwde jaar
— : duidt op peilbestanden overeenkomstig de
oorspronkelijke peilbestanden van het Bestuur
W : duidt op nieuwe weekbestanden

- De algemene structuur van deze bestanden is als volgt :

Record-lengte : 256 byte

Type : BDAT

Inhoud :

Record 1 : Titel (= string van 30 karakters)
Subtitel 1 (= string van 8 karakters)
Subtitel 2 (= string van 8 karakters)
Aantal (integer) (vb. aantal roosterpunten)
Startrij)
Eindrij) van de beschouwde zone in het intern
Startkolom) coördinatenstelsel (4 integers)
Eindkolom)

Record 2 tot einde : Matrix die het intern rooster voorstelt (INTEGER)

3. ANALYSE VAN DE SEDIMENTATIE : DEFINITIES

3.1 ALGEMEEN BEELD

Teneinde inzicht te verwerven in het sedimentatiepatroon werd voor een aantal weken een sedimentatiekaart gemaakt en gekleurd.

Het doel hiervan was na te gaan of er, in een eerste analysefase, beduidende verschillen konden vastgesteld worden tussen zones binnen het volledig gebied

"Drempel van Zandvliet" :

- de baggerzone
- de vaargeul (300 m)
- de taluds
- de drempel
- de ingang naar de Schaar van Doel
- de Plaat van Doel

Hierbij werd geopteerd voor periodes

- met een hoge, een matige en een lage sedimentatie
- met baggerwerken in de Schaar van Doel of zonder
- met baggerwerken op de Drempel van Zandvliet of zonder.

Uit deze sedimentatiekaarten konden evenwel geen duidelijk aanwijsbare karakteristieken, sedimentatiepatronen voor het volledige gebied of lokale verschillen worden afgeleid.

Ook de peilplans werden op een dergelijke manier ingekleurd.

3.2 STATISTISCHE ZONES

Aangezien "de visu" geen typische eigenschappen voor de deelzones werden vastgesteld, werden een aantal "statistische zones" gedefinieerd binnen het volledige gebied.

In deze zones kan dan de gemiddelde sedimentatie en het gemiddeld peil bepaald worden en kan in een latere fase een statistische analyse uitgevoerd worden (tijdreeksanalyse, korrelatie tussen sedimentatie, gebaggerd volume...).

Een eerste serie zones heeft betrekking op de vaargeul. Met behulp van deze zones kan onderzocht worden in hoeverre de gemiddelde sedimentatie in de vaargeul gevoelig is voor de keuze van de breedte (250, 300 of 350 m) of van de positie van de geul (verschuiving naar NO, d.i. naar de rechteroever, respectievelijk naar ZW, d.i. naar de linkeroever).

Een tweede serie zones slaat op de kleinere deelgebieden. Deze gebieden werden zo gekozen dat ze roosterpunten bevatten waar gedurende 1980 grosso modo 15 maal gepeild werd en zo mogelijk zelfs 20 à 24 keren (totaal aantal peilingen = 24). Anderzijds is de grootte van deze statistische zones zodanig genomen dat ze voldoende roosterpunten bevatten (aantal groter dan 50) om statistische grootheden te kunnen bepalen.

Een overzicht van de gebruikte zones is hieronder weergegeven.

3.2.1 Vaargeul - zones

De breedte van de vaargeul wordt slechts benaderend voorgesteld als bijvoorbeeld 250 m. De exacte breedte wijkt van dit getal af en volgt uit de transformatie der coördinaten, zoals beschreven in volgende paragrafen. De uiteindelijke zone wordt bepaald door gebruik te maken van het programma MAP_AREA, zodat een matrixvoorstelling binnen het vast coördinatenstelsel ontstaat.

1) 300 m vaargeul, maart 77 (H300M77, Z300M77) (*)

Als coördinaten van de omhullende werden deze gebruikt, ontvangen van het Bestuur op 5/2/86, aangevuld met 11 coördinatenparen ter vervollediging (afwaarts de zinkers en opwaarts boei 89 A). Hoewel in juli 1983 een nieuwe vaargeul werd vastgelegd, werd de oorspronkelijke behouden voor de volledige onderzoeksperiode, omwille van de geringe verschuiving.

(*) Namen van respectievelijk het bestand met de coördinaten en het bestand met de roostervoorstelling.

2) 250 m vaargeul (H250M77, Z250M77)

De koördinaten worden bekomen door een transformatie van de Lambertkoördinaten van de 300 m vaargeul :

$$X (250) = X (300)$$

$$Y (250) = Y (300) + 25 \text{ m (linkeroever)}$$

$$Y (250) = Y (300) - 25 \text{ m (rechteroever)}$$

3) 350 m vaargeul (H350M77, Z350M77)

Transformatie :

$$X (350) = X (300)$$

$$Y (350) = Y (300) - 25 \text{ m (linkeroever)}$$

$$Y (350) = Y (300) + 25 \text{ m (rechteroever)}$$

4) 300 m vaargeul, 50 m verschoven naar rechts (H300M77B, Z300M77B)

Transformatie :

$$X (\text{rechts}) = X (300) + 35.36 \text{ m}$$

$$Y (\text{rechts}) = Y (300) + 35.36 \text{ m}$$

De 300 m zone verschuift hierdoor over 50 m naar het NO.

5) 300 m vaargeul, 50 m verschoven naar links (H300M77O, Z300M77O)

Transformatie :

$$X (\text{links}) = X (300) - 35.26 \text{ m}$$

$$Y (\text{links}) = Y (300) - 35.36 \text{ m}$$

De 300 m zone verschuift hierdoor over 50 m naar het ZW.

3.2.2 Deelgebieden1) Baggergebied rechteroever (HBAGGERB, ZBAGGERB)

Gebied langs de rechteroever, waarin de baggerzones van 1980, gelegen tussen de zinker en het lichtbaken N. Ballastplaat, hoofdzakelijk gesitueerd zijn.

2) Baggergebied linkeroever (HBAGGERO, ZBAGGERO)

Gebied langs de linkeroever waarin de baggerzones van 1980, gesitueerd op de binnenbocht ter hoogte van de Zandvlietsluis, hoofdzakelijk gelegen zijn.

3) Talud rechteroever (HTALUDB, ZTALUDB)

Gebied langs de rechteroever dat het talud omvat, ter hoogte van de binnenbocht afwaarts van de drempel.

4) Geul (HGEUL, ZGEUL)

Gebied gelegen binnen de 300 m vaargeul, waarin peilingen werden uitgevoerd in 1980. In hoofdzaak wordt dit gebied gedefinieerd om te kunnen evalueren of er een verband bestaat tussen sedimentatie en een "karakteristieke gemiddelde diepte op de drempel".

5) Talud linkeroever (HTALUDO, ZTALUDO)

Gebied langs de linkeroever, dat in ruime mate het talud omvat tussen de vaargeul en de Schaar en Plaat van Doel.

6) Boven lichtenlijn Zandvliet (HLICHTB, ZLICHTB)

Gebied langs de rechteroever, links begrensd door de lichtenlijn van Zandvliet. Het omvat de rechterhelft van de 300 m vaargeul en het talud afwaarts van de drempel. Komt overeen met de "rode kant" van de lichtenlijn.

7) Onder lichtenlijn Zandvliet (HLICHTO, ZLICHTO)

Gebied langs de linkeroever, rechts begrensd door de lichtenlijn van Zandvliet. Het omvat de linkerhelft van de 300 m vaargeul en het talud opwaarts van de drempel. Komt overeen met de "groene kant" van de lichtenlijn.

3.3 AANTAL TE BESCHOUWEN PUNTEN N

Uitgaande van de geschematiseerde gegevens (sedimentatie en peilwaarde) werden het gemiddelde en de spreiding hierop bepaald binnen de statistische zones.

Deze statistische grootheden werden bepaald voor een zelf te kiezen aantal punten N, na sortering in dalende volgorde.

Statistisch gezien is de populatie bij $N = 1, 10$ of 50 punten te klein. De aldus bekomen gemiddelden vormen een vrijwel onbruikbare basis om karakteristieke grootheden en verbanden te zoeken.

Om die reden neemt N enkel waarden $100, 200$ en "alle punten in de zone" aan.

Het gemiddelde wordt gestockeerd voor latere analyse bij $N =$ "alle punten in de zone" voor alle statistische zones, de spreiding enkel voor het volledig gebied.

3.4 GEBRUIK VAN EEN FILTER

Om een globaal beeld te kunnen vormen van de sedimentatie zijn de extreme waarden niet relevant.

En hoewel ze slechts in beperkte mate voorkomen, kunnen zij, gezien hun grootte, sterk doorwegen bij het bepalen van gemiddelde en spreiding.

Deze extreme waarden zijn erg lokaal. Daarom wordt aangenomen dat ze veroorzaakt worden door bijvoorbeeld de aanwezigheid van wrakken met een plaatselijk snel wijzigend stromingsbeeld en bijgevolg snel veranderende bodemconfiguratie. Een andere oorzaak kan gezocht worden in de methode van schematisatie, waardoor in de direkte omgeving van dergelijke lokale punten opeenvolgende peilingen worden toegekend aan verschillende roosterpunten.

Daarom werd geopteerd voor het gebruik van een filter : dit betekent dat alle waarnemingen groter dan een bovengrens of kleiner dan een ondergrens geëlimineerd worden.

Deze grenzen werden voor de sedimentatie vastgesteld op + 1 m en - 0.6 m per week, voor de peilwaarden werden geen grenzen ingesteld.

3.5 BETROUWBAARHEID VAN DE STATISTISCHE GROOTHEDEN

Het invoeren van statistische zones is geen voldoende voorwaarde opdat de opeenvolgende statistische grootheden vergelijkbaar zouden zijn. Wanneer in de beschouwde zone niet voldoende peilwaarden aanwezig zijn, ondergaat de statistische grootheid schijnvariatiën die geen enkele fysische achtergrond hebben.

Daarom werd een criterium gezocht om uit te maken of deze grootheden al dan niet relevant zijn.

Hiertoe werd nagegaan in hoeveel weken het aantal peilwaarden binnen een bepaalde zone kleiner is dan het gemiddeld aantal over het volledig onderzoeksjaar.

Hieruit bleek dat voor de statistische zones die betrekking hebben op de vaargeul in ongeveer de helft der weken het aantal waarden kleiner is dan het gemiddeld aantal (dat gesitueerd is op 40 à 45 % van het maximaal mogelijk aantal meetwaarden).

De zones die betrekking hebben op de beperkte deelgebieden vertonen een minder uniform patroon dat bovendien niet konstant is over de 4 onderzochte jaren.

Het gemiddeld aantal waarden varieert hier van 78 tot 100 %, terwijl de weken waarin het aantal peilwaarden in de zone kleiner is dan het gemiddelde schommelt van 0/52 tot 28/52 per jaar.

Op zich is het gemiddeld aantal beschikbare waarden bijgevolg geen criterium om de significantie van het gemiddelde in de zone te evalueren.

Om rekening te houden met de wijze waarop het aantal beschikbare waarden verdeeld is, werden volgende criteria ingebouwd :

1. Voor statistische zones met betrekking tot de vaargeul worden de gegevens als onbetrouwbaar beschouwd wanneer het aantal waarden kleiner is dan 30 % van het maximum.

Dit komt in de 300 m vaargeul (jaar 1981) overeen met een betrouwbaarheidsgrens van nagenoeg 99.5 %.

2. Voor de statistische zones met betrekking tot een beperkt gebied wordt deze grens gelegd op +/- 70 % behalve voor de gebieden Geul en het talud langs de linkeroever waar 90 % werd aangenomen gezien de kleine spreiding op het aantal beschikbare waarden.
- Dit komt in het baggergebied HBAGGERB (jaar 1980) overeen met een betrouwbaarheidsgrens van nagenoeg 82.5 %.
- Voor de zone Geul - 1980 betekent de 90 % grens een betrouwbaarheidsgrens groter dan 99.999 %.

De praktische weerslag van het invoeren van deze grenzen is drieërlei :

1. de "onbetrouwbare" statistische grootheid wordt wel berekend, maar niet op schijf weggeschreven voor latere analyse
2. in een grafische weergave van de statistische grootheden wordt de "als onbetrouwbaar" gekatalogeerde waarde niet uitgetekend
3. bij de statistische analyse wordt de waarde als niet-bestaand beschouwd zodat ze geen enkele invloed heeft op bijvoorbeeld :
 - variaties in het tijdsdomein
 - korrelatie tussen verschillende variabelen
 - waarschijnlijkheidsverdelingen.

4. DE SEDIMENTATIEBANK

4.1 ALGEMEEN OPZET VAN EEN GEGEVENS BANK

- Een gegevensbank maakt deel uit van een integraal systeem voor de verwerking van gegevens, dat bestaat uit :
 - verwerkingseenheden (data processing units)
 - gegevensbank (data base)
 - beheerseenheid (data management system)
- De verwerkingseenheden hebben als taak : de controle van gegevens, het aanvullen en analyseren van gegevens, eventueel het genereren van nieuwe data en vervolgens de processimulatie.

Zulke verwerkingseenheid bestaat uit verschillende programma's, die elk een afzonderlijke taak uitvoeren. De integratie van de programma's tot een conform systeem wordt gerealiseerd door hen te verbinden met de gegevensbank (op een informatiedrager).
- De beheerseenheid zorgt voor de ordening van de gegevens, zodat de bovenvermelde programma's directe toegang tot de gegevens krijgen. Dit houdt in dat meetwaarden, tijdreeksen, coördinaten, enz. ingevoerd worden in een gestructureerd geheel en van daaruit beschikbaar zijn voor de verwerkingseenheden.
- De gegevensbank dient als opslagmedium voor de gegevens. Structureel bestaat zulke bank uit een aantal bestanden (files), die elk zijn samengesteld uit een aantal records.

4.2 SPECIFIEK OPZET VAN DE SEDIMENTATIEBANK

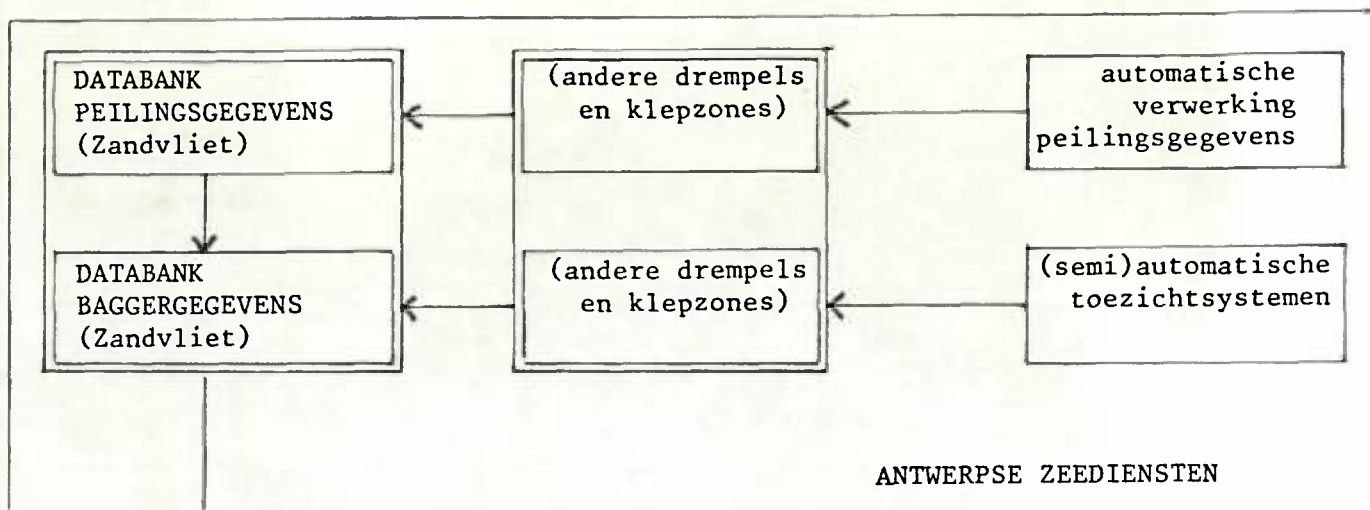
De sedimentatiebank heeft als doel op een gestructureerde wijze peilings- en baggergegevens te combineren zodat realistische ramingen kunnen gemaakt worden inzake de aanzanding in de betrokken zone.

Op deze wijze kan getracht worden inzicht te verkrijgen in de ruimtelijke verschillen in sedimentatiepatronen, de variaties in functie van de tijd van het sedimentatieproces, enz.

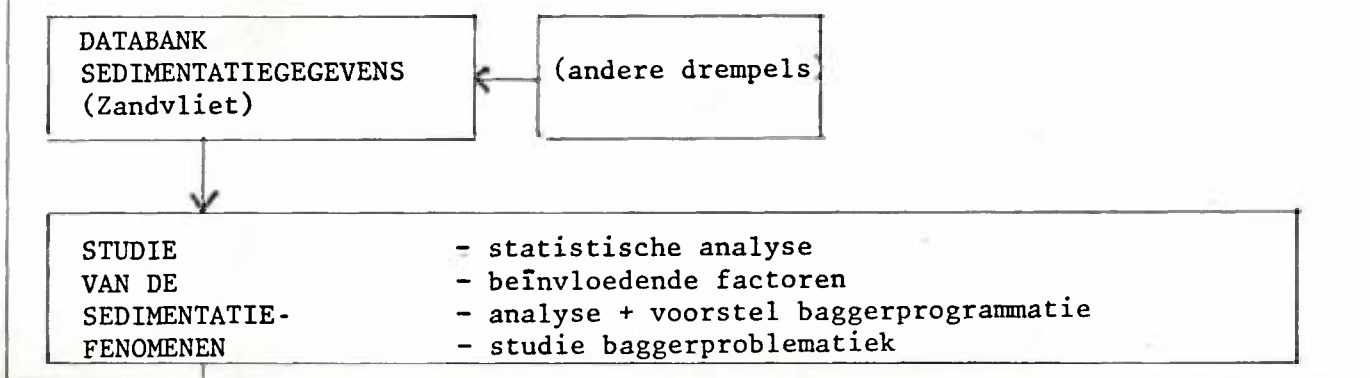
De sedimentatiebank dient daarom beschouwd te worden als een noodzakelijk beheersinstrument dat moet toelaten de sedimentatiefenomenen te analyseren (statistische analyse, sensitiviteitsanalyse,...). In een latere fase kan dan de proces-simulatie worden uitgebouwd (simulatie van getij, morfologie, stroming, sedimentmechanica). Uiteindelijk resulteert dit in een instrument dat toelaat prognoses te maken, alternatieven af te wegen, de impact van beslissingen of strategieën na te gaan en af te wegen.

Bijgaand schema illustreert deze verschillende verbanden.

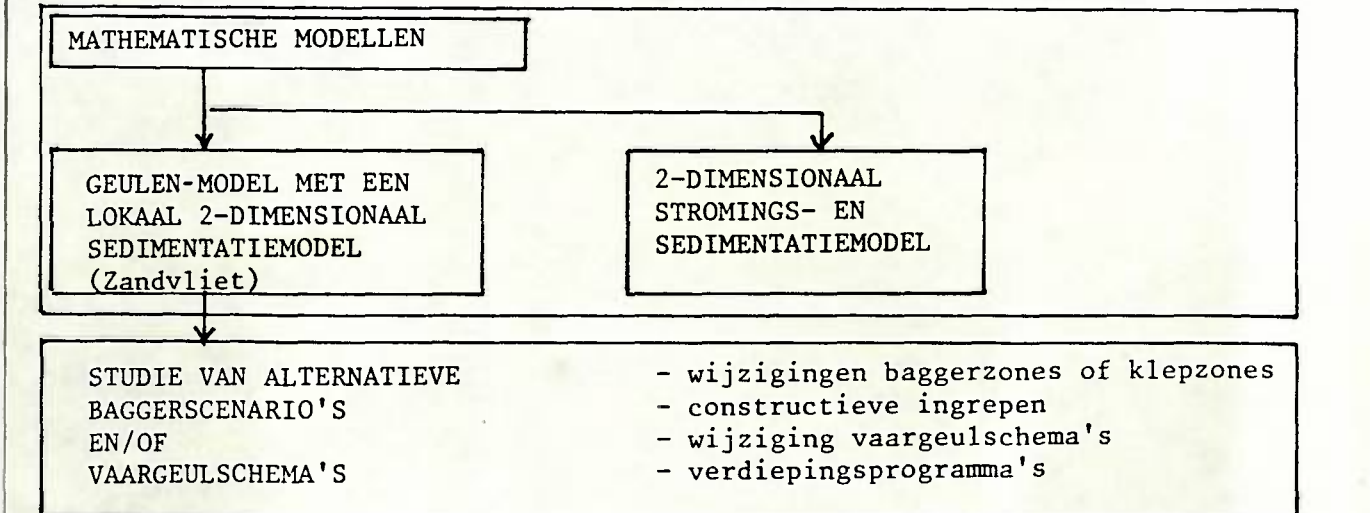
VERWERKING EN GEBRUIK VAN GEGEVENS OP DE SCHELDE



Fase 1 : ANALYSE



Fase 2 : SIMULATIE



Fase 1 en 2 : ANTWERPSE ZEEDIENSTEN + IMDC

4.3 HARDWARE & LANGUAGE

De uitbouw van de gegevensbank is uitgevoerd op een Hewlett Packard 9000 Series 300 computer, type 310

Processor CPU : Motorola 68010

Intern geheugen : 1.0 Mbytes

Randapparatuur :

Externe floppy disc drive : 1 x 3 1/2" van 700 Kbytes

Externe disc drive van 20 Mbytes

Plotter : HP 7475 A - formaat A3

Digitiser : HP 46088A

Printer : HP - Thinkjet

Als language system werd geopteerd voor BASIC 4.0.

4.4 STRUCTUUR VAN DE (SEDIMENTATIE)GEGEVENS

4.4.1 Vast rooster

Aangezien de peilingsgegevens geschematiseerd worden op een vast rooster, is er een uitgesproken analogie met een matrixvoorstelling van de gegevens.

Voor elk roosterpunt kunnen de X en Y coördinaten bijgevolg bepaald worden uit de positie (Rij, Kolom) van de diepte in de matrix, zodat slechts 1 getal (Z) dient gestockeerd te worden i.p.v. 3 (X,Y,Z). Wel dient men het volledige veld te beschouwen. Om te vermijden dat het voordeel van minder stockage per roosterpunt zou verloren gaan, worden de Lambertcoördinaten via een translatie en rotatie omgerekend naar een intern coördinatenstelsel, zodat de opslagplaats der gegevens beperkt wordt en de berekeningen vereenvoudigd worden.

4.4.2 Voorstelling der diepten

Door het Bestuur worden de geschematiseerde diepten weggeschreven als een reëel getal, dat zowel X, Y als Z omvat.

In BASIC betekent dit een 8 byte voorstelling. Gezien de aard van de gegevens kan een INTEGER voorstelling van Z volstaan, ingeschreven in een matrix, zodat voor X,Y en Z samen 2 byte volstaan.

4.5 SOFTWARE

4.5.1 Algemeen

Teneinde voldoende flexibiliteit te behouden, wordt gewerkt met een modulair systeem. De onderscheiden taken worden uitgevoerd door onafhankelijke programma's die dezelfde gegevensbestanden gebruiken en gebaseerd zijn op verschillende libraries. Hierin worden specifieke programma-onderdelen gegroepeerd zoals het initialiseren van de plotter, het uitvoeren van koördinatentransformaties, enz.

Bij de uitbouw van de gegevensbank is geopteerd voor het uitschrijven van de wezenlijke taken van de programma's zonder daarbij de user-interface te verzorgen of uit te bouwen. Dit houdt in dat de gebruiker niet interactief kan werken en dat "error trapping" tot een minimum is herleid. Ook foutmeldingen of run-time boodschappen zijn slechts zeer elementair.

4.5.2 Link tussen peilingsgegevens en sedimentatiegegevens

Uit het schema in § 4.2 blijkt duidelijk dat de eerste stap in de uitbouw van de sedimentatiebank bestaat uit de realisatie van een verbinding tussen de peilingsgegevens en de "sedimentatiebank in wording".

Deze verbinding bestaat uit :

- 1) een transmissie van de peilingsgegevens naar de HP 310
- 2) de transformatie van gegevens naar een intern koördinatenstelsel
- 3) een controle van de getransformeerde gegevens
 - grafisch (op plotter)
 - of - uitgedrukt (op printer)

4.6 BESCHRIJVING VAN DE BELANGRIJKSTE PROGRAMMA'S

4.6.1 Programma : MAP_AREA

Taak : Vastleggen van een veelhoekig oppervlak in de lokale matrix

Struktuur :

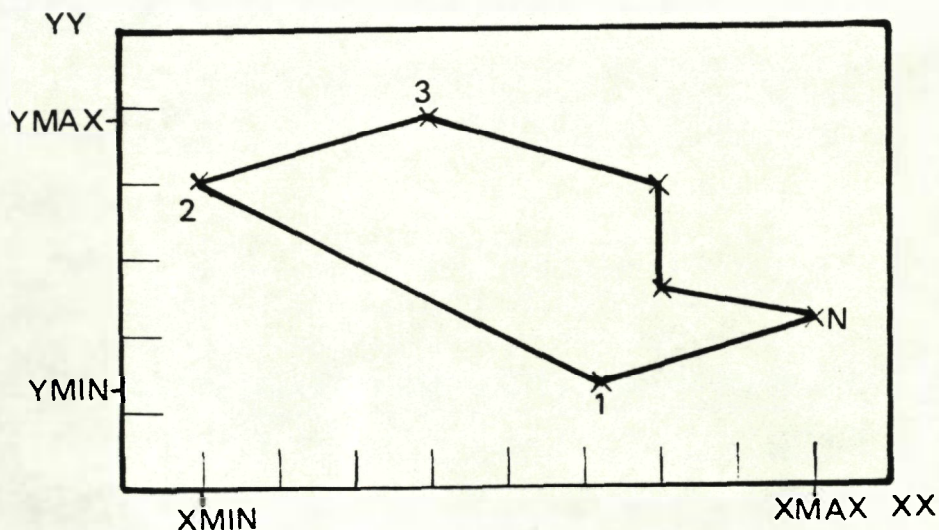
- Initialisatie van de variabelen
- Inlezen gegevens van het oppervlak
- Transformatie van het oppervlak naar het intern coördinatenstelsel
- Neem een lijnstuk van het oppervlak
 - zoek de X en Y coördinaten van het begin- en eindpunt van het lijnstuk
 - zoek de snijpunten van het lijnstuk met het vast rooster
 - wijs aan alle roosterpunten onder het lijnstuk de gepaste eigenschap toe.
- Opname van oppervlak (volgens een vast rooster) op floppy

Gegevens :

- aantal hoekpunten van het oppervlak (≤ 200)
- per hoekpunt : X en Y coördinaat in Lambertcoördinaten.

Methode en hypothesen :

Beschouw in het intern assenstelsel XX,YY een rechtlijnig oppervlak gedefinieerd door N hoekpunten (x), ingelezen in uurwijzerzin.



Bepaal XMIN, XMAX, YMIN, YMAX van het oppervlak en definieer 2 dealkrommen :

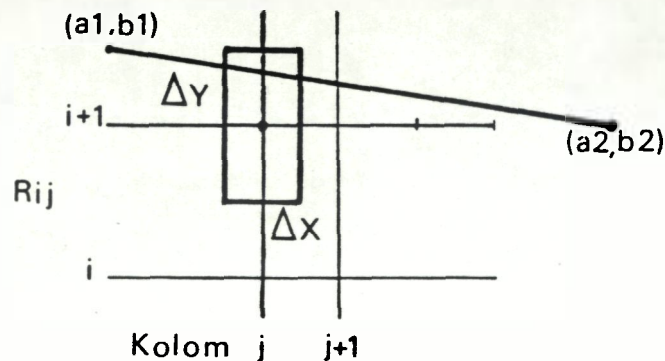
1. van XMIN naar XMAX over YMAX
2. van XMIN naar XMAX over YMIN

Neem initieel aan dat geen enkel roosterpunt tot het oppervlak behoort (ken alle roosterpunten de eigenschap toe "behoort niet tot").

Doorloop een dealkromme (1 of 2)

- * Neem een lijnstuk met begin- en eindkoördinaten (a1, b1), (a2, b2)
- * Bepaal de vergelijking van de rechte door (a1, b1) en (a2, b2)
- * Controleer of XX-koördinaat toeneemt :
 - kromme 1 :
 - neemt toe ($A1 < A2$) : eigenschap = "behoort tot",
 - deze eigenschap geldt voor alle roosterpunten gelegen op of onder het lijnstuk : OFFSET = 0
 - neemt af ($A1 > A2$) : eigenschap = "behoort niet tot",
 - deze eigenschap geldt voor alle roosterpunten gelegen onder het lijnstuk : OFFSET = - 1
 - kromme 2 :
 - neemt toe ($A1 < A2$) : eigenschap = "behoort niet tot",
OFFSET = - 1
 - neemt af ($A1 > A2$) : eigenschap = "behoort tot",
OFFSET = 0
- * Bepaal de eindpunten van het rooster die door het lijnstuk bestreken worden : XBEGIN, XEINDE
- * Voor elke XX op het rooster (van XBEGIN tot XEINDE) :
 - bepaal het snijpunt van het lijnstuk met de lijn (XX = konstante)
 - bepaal de roosterkoördinaat YY van waaraf de "nieuwe eigenschap" geldt : YSTART
 - zet alle roosterpunten op "nieuwe eigenschap" vanaf de rand van het rooster tot YSTART.

Opmerking : een roosterpunt (i, j) maakt deel uit van het oppervlak als het lijnstuk dat het oppervlak definieert het elementair oppervlak (X, Y) gelegen rond (i, j) snijdt.



4.6.2 Programma - WEEKNANALY

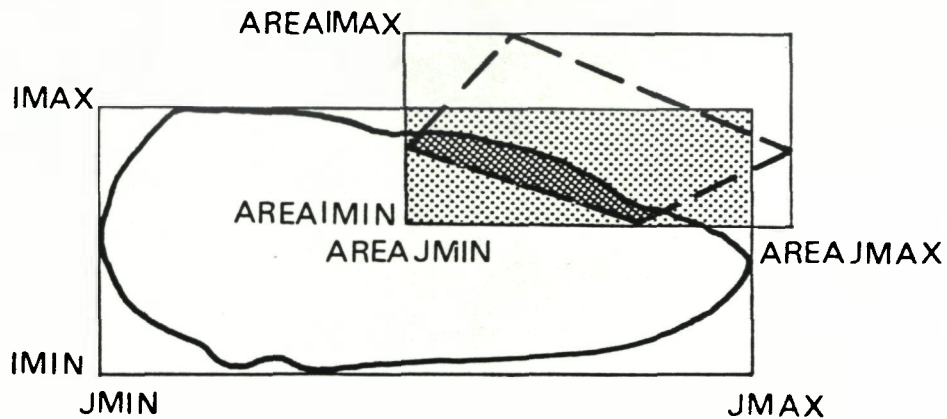
Taak : Bepaling van de gemiddelde sedimentatie in een baggerzone gedurende een willekeurige periode.

Struktuur :

- Initialisatie van de variabelen
- Bepaal het "totaal gebied" dat door de peilingen bestreken wordt
- Input van de beschouwde baggerzone
- Bepaal het gemeenschappelijk oppervlak van het "totale gebied" en de "baggerzone"
- Bepaal in de baggerzone de gebaggerde laagdikte
- Bepaal de sedimentatie in elk roosterpunt
- Wegschrijven van het sedimentatiebestand (indien gewenst)
- Bepaal de gemiddelde sedimentatie in een statistische zone

Methode en hypothesen :

- Beschouw een willekeurig oppervlak AREA (- -), gelegen in het vast rooster tussen AREAIMIN en AREAIMAX :rijen
AREAJMIN en AREAJMAX :kolommen
- Beschouw gegevens, gespreid over een gebied (—)
tussen IMIN en IMAX : rijen
JMIN en JMAX : kolommen



- Als gemeenschappelijk oppervlak geldt dan het gearceerd gebied dat afgelijnd wordt tussen IBEGIN en IEND : rijen
JBEGIN EN JEND : kolommen
- In de buffer worden evenwel slechts die punten gestockeerd die gelegen zijn tussen IBEGIN en IEND resp. JBEGIN en JEND en behoren tot beide oppervlakken (en geschematiseerd naar het vast rooster) : d.i. het dubbel gearceerd gebied.

Opmerking : - indien geen oppervlak AREA gedefinieerd is, wordt het volledig gebied beschouwd

- wanneer geen gemeenschappelijk oppervlak bestaat, stopt het programma.

5. STATISTISCHE ANALYSE VAN DE GEGEVENS

5.1 OVERZICHT DER STATISTISCHE GROOTHEDEN

Gebaseerd op de definities beschreven in vorige hoofdstukken worden in onderstaande tabel voor de belangrijkste variabelen het gemiddelde en de spreiding weergegeven.

Variabele	Gemiddelde / Spreiding				
	80	81	82	83	80 - 83
Totaal gebaggerd wekelijks volume (m ³):	26360/25016	28521/32163	19964/30620	18404/23772	23330/28301
Wekelijkse sedimentatie (dm) :					
- 300M77	0.45/1.11	0.24/0.90	0.26/0.97	0.27/1.01	0.31/1.00
- BAGGERB	0.56/1.31	0.29/1.04	0.36/1.16	0.21/1.35	0.34/1.21
- BAGGERO	0.53/1.37	0.21/1.37	0.38/0.92	0.43/1.21	0.38/1.23
- GEUL	0.38/1.22	0.32/0.97	0.32/0.96	0.38/1.04	0.35/1.04
Diepte (m) :					
- 300M77	12.73/0.23	12.95/0.29	13.00/0.24	12.72/0.28	12.85/0.29
- BAGGERB	10.44/0.32	10.66/0.21	10.70/0.17	10.39/0.16	10.56/0.26
- BAGGERO	12.57/0.29	12.73/0.40	12.90/0.30	12.63/0.24	12.71/0.34
- GEUL	12.77/0.25	13.06/0.26	13.20/0.25	12.82/0.22	12.97/0.30

Uit bovenstaande tabel blijkt vooreerst dat de spreiding op de sedimentatiewaarden ongeveer 3 maal het gemiddelde bedraagt ! De dispersie is dus groot. De gemiddelde wekelijkse sedimentatie in de vaargeul (300M77) bedraagt ongeveer 0.3 dm, met een enigermate grotere waarde op de drempel (GEUL) : 0.35 dm. Niettemin komen er weken voor met een sterk uitgesproken sedimentatie (tot 3.45 dm) en ook erosie (tot 2.85 dm). De gemiddelde diepte in het gebied GEUL bedraagt nagenoeg 13 m met een minimum van 12.2 m en een maximum van 13.7 m. Het (uitgesmeerde) wekelijks gebaggerde volume bedraagt 23330 m³. Dit betekent een totaal volume van 4.8 miljoen m³ tussen januari 1980 en december 1983.

5.2 TIJDSEVOLUTIE VAN PEIL-, BAGGER- EN SEDIMENTATIEGEGEVENS

In bijlage 1 wordt de evolutie uitgezet van het totaal gebaggerd volume op de Drempel van Zandvliet, tezamen met de meest karakteristieke grootheden inzake sedimentatie :

- de 300 m vaargeul (H300M77)
- de baggergebieden op rechter- en linker talud (HBAGGERB en HBAGGERO)
- de geul (HGEUL)

Tenslotte wordt de evolutie van de gemiddelde diepte in het gebied GEUL weergegeven. Deze kan als representatief voor de diepte op de drempel beschouwd worden.

5.3 SUPPLEMENTAIRE INFORMATIE

Naast de tijdsevolutie van de sedimentatie lijkt het aangewezen enkele overzichtsgrafieken op te stellen over de ruimtelijke spreiding van de gegevens gedurende de periode 1980 - 1983.

5.3.1 Gemiddelde drempel 1980 - 1983

In bijlage 2 wordt de gemiddelde drempel uitgetekend.

De gemiddelde diepte wordt bepaald tot 1 dm nauwkeurig.

Tevens worden de dieptelijnen van 10, 12 en 15 m uitgetekend.

5.3.2 Aantal peilingen

In bijlage 3 wordt een plot gemaakt van het aantal keren dat er per roosterpunt een peiling ter beschikking is.

Globaal kan evenwel gesteld worden dat er een behoorlijk aantal peilingen ter beschikking is om algemene tendensen te bepalen. Niettemin dient men er zich rekenschap van te geven dat voor een accurate statistische analyse een zo uniform mogelijke spreiding van de peilingen moet nagestreefd worden.

5.3.3 Gemiddelde sedimentatie

In bijlage 4 wordt de gemiddelde wekelijkse sedimentatie uitgetekend. Dit gemiddelde werd bepaald tot 1 cm nauwkeurig.

Uit de figuren blijkt :

- dat de gemiddelde wekelijkse sedimentatie begrepen ligt tussen - 1 dm en + 1 dm, zowel in de geul als op het talud en op de Plaat van Doel.
- dat vooral op de randen de berekende sedimentatie-waarden sterk variëren en als onbetrouwbaar kunnen beschouwd worden.

- dat er in het baggergebied sedimentatie optreedt (grootte-orde 0.2 tot 0.6 dm per week) terwijl er naar de Schaar en Plaat van Doel toe een tendens tot stabilisatie is (sedimentatie = 0 dm).

5.3.4 Baggerinformatie per roosterpunt

5.3.4.1 Aantal gebaggerde weken

In bijlage 5.1 wordt het aantal weken uitgetekend waarin er gebaggerd werd in het veld (50 m x 50 m) behorend bij een roosterpunt.

De meest in het oog springende elementen hieruit zijn :

1. dat de gebaggerde tijd vrij beperkt is : in weken uitgedrukt minder dan 90 op een totaal van 204.
2. dat op het rechter talud ongeveer dubbel zoveel gebaggerd is als op het linker talud : 75 tot 87 weken tegenover 29 tot 52 weken.
3. dat op de drempel (in de vaargeul - gebied GEUL) het aantal weken schommelt tussen 35 en 70.

5.3.4.2 Gebaggerde laagdikte

In bijlage 5.2 wordt de totaal gebaggerde laagdikte uitgeplot.

Uit deze figuren blijkt dat de gebaggerde laagdikte maximaal is op het rechter talud. Over een lengte van ongeveer 1 km en een breedte van 75 m links en rechts van de 300 m-lijn bedraagt de dikte 8.5 tot 9.5 m over de volledige periode 80 - 83.

Op het linker talud daarentegen liggen de waarden tussen 4.0 en 5.0 m, terwijl in het gebied GEUL de gebaggerde laagdikte begrepen is tussen 4.5 en 9.0 m.

Met betrekking tot de baggerwerken werden de isolijnen als overlay gebruikt op de kaart met het aantal gebaggerde weken in de periode 1980 - 1983.

Hieruit blijkt dat :

1. niet gebaggerd is in de zones met diepte groter dan 15 m.
2. de baggerwerken op het rechter talud hoofdzakelijk gesitueerd zijn in de zone met diepte tussen 10 en 12 m; op het linker talud daarentegen in een zone met gemiddelde diepte groter dan 12 m.
3. op het linker talud, ter hoogte van de ondiepte aan de binnenbocht, is slechts een 2-tal weken gebaggerd gedurende de 4 beschouwde jaren.

6. SAMENHANG TUSSEN DE SEDIMENTATIEGEGEVENS EN DE BAGGERGEGEVENS

6.1 INLEIDING

Een eerste methode om na te gaan of sedimentatie- en baggergegevens een onderling verband vertonen is korrelatie-analyse. Dit geeft op een kwantitatieve wijze weer in welke mate 2 variabelen zich onderling verhouden.

Een volgende stap is regressie-analyse. In geval van lineaire regressie wordt daarbij nagegaan hoe de 2 variabelen onderling lineair verbonden zijn.

Hoewel korrelatie of regressie kunnen aangeven dat 2 variabelen tesamen evolueren, kan geen enkele bewering geformuleerd worden inzake oorzaak en gevolg. Bovendien kan dit verband slechts schijn zijn, omdat beide variabelen afhankelijk kunnen zijn van derden.

Enkel als deze factoren konstant kunnen worden gehouden of hun impact kan verrekend worden is korrelatie-analyse betekenisvol. Dit kan gebeuren via meervoudige regressie-analyse.

Verder dient opgemerkt dat lineaire regressie tekort schiet wanneer twee variabelen op een andere wijze van mekaar afhankelijk zijn. Hier is een veeltermnabijbenadering of een exponentiële regressie aangewezen.

6.2 KORRELATIE TUSSEN DE VERSCHILLENDE PARAMETERS

6.2.1 De korrelatiecoëfficiënt

Definiëren we als korrelatiecoëfficiënt

$$r = \frac{s_{XY}}{s_X \cdot s_Y}$$

met s_{XY} de covariantie ($= E (X - \bar{X}) (Y - \bar{Y})$)

De korrelatiecoëfficiënt is steeds begrepen tussen -1 en +1. Wanneer er een perfect positief lineair verband bestaat tussen X en Y , wordt $r = 1$. Bij een perfect negatief verband wordt $r = -1$.

Geen verband betekent $r = 0$!

6.2.2 Sedimentatie-, peil-, gebaggerd volume

Voor de volledige onderzoeksperiode werden de korrelatiecoëfficiënten berekend tussen de verschillende variabelen met betrekking tot sedimentatie (S), peil (P) en het gebaggerde volume.

Wat betreft gebaggerde volumes werden zes grootheden weerhouden :

- volumes gebaggerd op de drempel van Zandvliet
 - 1) langs het rechter talud van de vaargeul (Rechts - m^3)
 - 2) langs het linker talud (Links - m^3)
 - 3) totaal
- volume gebaggerd in de Schaar (Schaar & Plaat)
- volume gebaggerd in de Toegangsgeul naar de Zandvlietsluis (Toegangsgeul)
- volume gebaggerd op de drempel van Frederik (Frederik)

Gezien de uitgebreidheid van de resulterende korrelatiematrix worden hieronder enkele opsplitsingen gemaakt. Tevens wordt er aan herinnerd dat de negatieve peilwaarden vaak negatieve korrelaties veroorzaken. In volgend overzicht zal enkel de absolute waarde van r beschouwd worden.

Overzicht van de korrelatiecoëfficiënt r :

1. Totaal gebaggerd volume op de drempel

met S-waarden : $r < 0.23$

met P-waarden : $r < 0.24$

2. Elk der gebaggerde volumes

met S-waarden : $r < 0.18$

met P-waarden : $r < 0.34$

Uit beide reeksen volgt meteen dat geen direct (ogenblikkelijk) verband aangetoond wordt tussen gebaggerde hoeveelheden en verdieping, verondieping, sedimentatie of peilwaarden anderszijds.

3. Sedimentatie in de verschillende zones onderling

- verband binnen de vaargeulzones : $r > 0.91$
- vaargeul met baggerzones (*) $0.68 / 0.85$
 - taludzones $0.58 / 0.77$
 - lichtenlijnzones $0.79 / 0.91$
 - drempel 0.92
- drempel (GEUL) met baggerzones (*) $0.62 / 0.70$
 - met taludzones $0.46 / 0.66$
 - met lichtenlijnzones $0.73 / 0.80$
- baggerzones onderling : $r = 0.28$
- taludzones onderling : $r = 0.27$
- lichtenlijnzones onderling : $r = 0.52$

Hieruit blijkt enkel een significant verband tussen de sedimentatie in de vaargeulzones, wat plausibel lijkt, gezien telkens nagenoeg hetzelfde gebied beschouwd wordt.

Tussen de kleinere zones komen geen sterk afgeijnde verbanden naar voren.

(*) de opeenvolgende waarden van r duiden respectievelijk op de rechter en linker zijde van de vaargeul.

4. Peilwaarden in de verschillende zones onderling

- verband binnen de vaargeulzones :	$r > 0.91$
- vaargeul met baggerzones	0.41 / 0.65
taludzones	0.17 / 0.28
lichtenlijnzones	0.36 / 0.70
drempel	0.60
- drempel (GEUL) met baggerzones	0.51 / 0.45
met taludzones	0.12 / 0.18
met lichtenlijnzones	0.49 / 0.49
- baggerzones onderling	$r = 0.23$
- taludzones onderling	$r = 0.03$
- Lichtenlijnzones onderling	$r = 0.32$

Evenals bij de sedimentatie zijn de korrelatiecoëfficiënten klein.

5. Verband tussen de sedimentatie en het peil binnen een zone

- vaargeulzones	$r = 0.20$
- baggerzones	0.20 / 0.25
- taludzones	0.08 / 0.22
- lichtenlijnzones	0.05 / 0.21
- drempel	0.23

Deze korrelatiewaarden geven aan dat er geen direct aanwijsbaar, ogenblikkelijk lineair verband bestaat tussen de sedimentatie in een zone en de diepte waarop de bodem zich bevindt in deze zone.

6. Verband tussen de sedimentatie in een zone en het peil in een andere zone

- peil op de drempel en sedimentatie in de
 - vaargeul $r = 0.20$
 - baggerzones $0.17 / 0.14$
 - taludzones $0.12 / 0.17$
 - lichtenlijnzones $0.19 / 0.17$

- peil in de vaargeul en sedimentatie in de
 - baggerzones $0.21 / 0.13$
 - taludzones $0.19 / 0.19$
 - lichtenlijnzones $0.24 / 0.16$

- peil in het volledig gebied en
 sedimentatie in de kleine zones : $r = +/- 0.05$

Ook hieruit blijkt geen betrouwbaar verband tussen peil- en sedimentatiegegevens.

6.3 REGRESSIE - ANALYSE

6.3.1 Verband peil - sedimentatie

Hoewel de korrelatiecoëfficiënten tussen peil- en sedimentatiewaarden als klein dienen bestempeld te worden, werden toch een aantal regressie-analyses uitgevoerd.

Als basisveranderlijke werd het peil gekozen op de drempel (in de vaargeul). Hierbij werd het peil als onafhankelijke veranderlijke en de sedimentatie als afhankelijk verondersteld.

Telkens werd de regressie uitgevoerd over de volledige onderzoeksperiode 1980 - 1983.

De bekomen regressie-resultaten zijn weergegeven in bijlage 6.

Als voornaamste konklusies kan worden gesteld :

- dat als de diepte op de drempel toeneemt, de sedimentatie stijgt in elk der statistische zones
- dat bij een gemiddelde diepte van 13 m op de drempel de gemiddelde wekelijkse sedimentatie 0.3 à 0.4 dm bedraagt met uitzondering van de 2 taludzones waar kleinere waarden (0.15 to 0.25 dm) worden bekomen.
- dat bij een gemiddelde diepte van 12.5 m op de drempel er een overgang is van sedimentatie naar erosie.
Dit betekent niet een natuurlijke evenwichtsdiepte van 12.5 m, wel een evenwicht resulterend uit de gevolgde baggerstrategie.

6.3.2 Verband Sedimentatie - Sedimentatie

- Om na te gaan of de sedimentatie significant verandert bij een wijziging van de positie van de vaargeul, werd een regressie-lijn bepaald voor de wekelijkse sedimentatie in de huidige vaargeul (300M77) en bij verschuiving van de vaargeul over 50 m naar het NO (d.i. naar rechter oever) (300M77B).

De hellingshoek van 0.97 toont aan dat deze positie geen ingrijpende invloed heeft op de sedimentatie. Dit betekent enkel dat, gegeven de huidige vaargeul, de sedimentatie in die vaargeul niet beduidend verschilt van een sedimentatie net buiten de vaargeul.

- Om de invloed te begroten van een wijziging in de breedte van de onderzochte zone, werd het verband bepaald tussen de sedimentatie in een zone met breedte 350 m t.o.v. een 250 m brede zone.

Met een helling van 0.97 wordt ook hier geïllustreerd dat de keuze van de zonebreedte geen beduidende invloed heeft op de berekende gemiddelde sedimentatie.

Dit betekent evenwel niet noodzakelijk dat het uitbaggeren en op diepte houden van een ruimere of smallere vaargeul tot identieke sedimentatie en proportionele baggerwerken zou leiden als de huidige 300 m geul.

- Teneinde na te gaan of de sedimentatie homogeen gespreid is over de vaargeul, werden de sedimentatiewaarden links en rechts van de lichtenlijn van Zandvliet uitgezet.

In eerste instantie duidt de grafiek op een hogere sedimentatie langs de rechter oever. De helling van de regressielijn bedraagt slechts 0.54 (wat overeenstemt met een hoek van +/- 28°). Dit betekent dat met een sedimentatie respectievelijk erosie van 1 dm/week rechts van de lichtenlijn waarden korresponderen van 0.70 en 0.35 dm/week, links van de lichtenlijn.

Deze tendens wordt bevestigd bij een vergelijking van de beide taludzones.

Bij een vergelijking van de beide baggerzones t.o.v. de totale vaargeul blijkt evenwel een hogere sedimentatie in het gebied langs de linker oever t.o.v. het volledig gebied en een lagere sedimentatie rechts.

Dit is in tegenspraak met de bovenvermelde bevinding en illustreert de relativiteit van de regressie-analyse bij kleine korrelatiecoëfficiënten.

7. GEVOELIGHEIDSANALYSE

Teneinde te evalueren in welke mate de bekomen resultaten gewijzigd worden door een ander rekenschema of het invoeren van een andere hypothese werden een aantal "gevoeligheidsanalyses" uitgevoerd :

- een evaluatie van de invloed van de nauwkeurigheid der bestanden
- een evaluatie van het gebruik van een filter bij het bepalen van gemiddelden.
- een evaluatie van de periode waarover de sedimentatie beschouwd wordt
- het invoeren van andere statistische zones
- het korreleren van variabelen op verschillende tijdstippen
- het elimineren van een aantal rijen of kolommen
- het opsplitsen van de gegevens in subfiles.

Aangezien het de bedoeling is de gevoeligheid van de rekenresultaten na te gaan, werd besloten de onderzoeksperiode te beperken tot 1 jaar. Hiervoor werd 1981 gekozen, omdat daarin het meest aantal peilingen met ruime spreiding ter beschikking waren.

7.1 EVALUATIE VAN DE INVLOED VAN DE NAUWKEURIGHEID DER BESTANDEN

De oorspronkelijk gevolgde procedure om gemiddelde sedimentatiewaarden te berekenen is als volgt :

- 1) bereken een weekpeilbestand, nauwkeurig op 1 dm, door lineaire interpolatie uit de originele peilbestanden
- 2) bepaal uit 2 opeenvolgende weekpeilbestanden een verschilbestand, nauwkeurig op 1 dm.
- 3) voeg aan het verschilbestand de baggergegevens toe en bereken binnen een zone de gemiddelde sedimentatie (zonder afronding).
- 4) rond de individuele sedimentatiewaarden in de roosterpunten af tot 1 dm nauwkeurig en schrijf het bekomen bestand weg.

7.1.1 Nauwkeurigheid van 1 cm

De bovenstaande procedure werd herhaald maar met een opgelegde nauwkeurigheid van 1 cm. Enkele resultaten zijn samengebracht in onderstaande tabel.

Variabele	Gemiddelde wekelijkse sedimentatie (G) en totale jaarlijkse sedimentatie (T) in dm			
	Procedure in dm		Procedure in cm	
	G	T	G	T
Volledig gebied	0.16	8.21	0.27	14.21
Vaargeul	0.24	12.61	0.34	17.88
Baggerzone rechts	0.29	15.04	0.31	16.27
Baggerzone links	0.21	10.99	0.40	21.06
Drempel	0.32	16.46	0.31	16.31

Hieruit blijkt dat de afwijking in de gemiddelde wekelijkse sedimentatie beperkt blijft tot waarden kleiner dan 1 cm (uitzondering het baggergebied langs het linker talud). Dit resulteert in een onzekerheid op de totale jaarlijkse totale sedimentatie van nagenoeg 0.5 m per roosterpunt.

Rekening houdend met het 95 % betrouwbaarheidsinterval op de sedimentatiewaarden, volgend uit de oorspronkelijke rekenwijze, blijkt dat alle herrekenende sedimentaties ruim binnen dit interval vallen.

7.1.2 Sedimentatie-bestanden inlezen

Om tijdens de gevoeligheidsanalyse rekentijd te besparen, werd vooreerst nagegaan of de sedimentatiebestanden (nauwkeurig tot 1 dm) konden ingelezen worden, in plaats van telkens opnieuw berekend te worden.

Daartoe werden de bestanden weggeschreven in stap 4 van de oorspronkelijke procedure, gebruikt voor 1981. De gemiddelde sedimentatie in de onderscheiden zones wijzigt hierdoor nauwelijks: de afwijkingen zijn kleiner

dan 3 mm/week (zie onderstaande tabel).

In de volgende analyses werden daarom de sedimentatiebestanden ingelezen en niet meer herrekend.

Variabele	Gemiddelde wekelijkse sedimentatie (dm)	
	Oorspronkelijke procedure	Ingelezen bestanden
Volledig gebied	0.16	0.16
Vaargeul	0.24	0.24
Baggerzone rechts	0.29	0.32
Baggerzone links	0.21	0.20
Drempel	0.32	0.32

7.2 INVLOED VAN FILTERS OP RESULTEREND GEMIDDELDE

7.2.1 Inleiding

Om onwaarschijnlijke piekwaarden in de behandelde gegevens te elimineren en daardoor een beter beeld te krijgen van het beschouwd verschijnsel, werden filters ingevoerd. Dit betekent dat alle waarnemingen groter dan een bovengrens of kleiner dan een ondergrens niet verwerkt worden.

Deze grenzen werden voor de wekelijkse sedimentatie op basis van de gegevens van 1980 vastgesteld op + 1 m en - 0.6 m en ook gehanteerd voor de overige onderzoeksjaren. Voor de peilingen werd tot nu toe geen filter ingevoerd.

Beschouwen we een volledig weekbestand van de beschouwde grootheid (peil of sedimentatie) en berekenen we in een willekeurige zone het gemiddelde M en de spreiding S . Als we dan aannemen dat de waarnemingen een normaalverdeling vormen, dan is de waarschijnlijkheid dat een punt binnen de grenzen $(M - 3 S)$ en $(M + 3 S)$ valt, groter dan 99 %.

Punten die buiten deze limieten vallen kunnen dus als onwaarschijnlijke piekwaarden gedefinieerd worden.

7.2.2 Sedimentatie

7.2.2.1 Definitie van de filters

Voor elk der onderzochte jaren wordt in onderstaande tabel voor het volledig gebied voor de variabelen $(M - 3S)$ en $(M + 3S)$ een overzicht gegeven van

- het gemiddelde
- de spreiding
- de minimale en de maximale waarde

S-Volledig (dm)	M - 3 S				M + 3 S			
	Gemid- delde	Sprei- ding	Min.	Max.	Gemid- delde	Sprei- ding	Min.	Max.
80	- 5.12	1.44	- 9.51	- 2.70	5.68	1.88	2.64	10.00
81	- 5.20	1.53	- 8.36	- 1.78	5.51	1.63	2.59	8.30
82	- 4.88	1.26	- 7.75	- 2.64	5.25	1.67	2.50	9.89
83	- 4.96	1.50	- 9.90	- 2.40	5.39	1.76	2.62	10.98
80-83	- 5.04	1.43	- 9.90	- 1.78	5.46	1.73	2.50	10.98

Uitgaande hiervan werden volgende filters opgesteld.

1. - 5.04 < Sedimentatie < 5.46

dit komt overeen met het gemiddelde van (M - 3S) en (M + 3S) en kan dus geïnterpreteerd worden als een gemiddelde filter.

2. - 9.90 < Sedimentatie < 10.98

Dit komt overeen met het minimum van (M - 3S) en het maximum van (M + 3S) wat dus een tolerante filter is.

3. geen filter invoeren

4. weekafhankelijke filter

hiermee wordt bedoeld dat voor elke week een verschillende filter wordt gebruikt die overeenkomt met de (M - 3S) en (M + 3S) van de beschouwde week.

7.2.2.2 Resultaten

Bij de analyse wordt telkens gekeken naar de resulterende gemiddelde sedimentatie van alle punten in de beschouwde zone.

Variabele	Gemiddelde wekelijkse sedimentatie (dm)				
	Filter				
	- 6/10	-5.04/5.46	- 9.90/10.98	geen	weekafhankelijk
Volledig gebied	0.160	0.087	0.093	0.091	0.099
Vaargeul	0.244	0.205	0.207	0.204	0.208
Baggerzone rechts	0.316	0.241	0.243	0.241	0.236
Baggerzone links	0.198	0.178	0.189	0.189	0.187
Drempel	0.319	0.307	0.314	0.314	0.313
Aantal punten					
buiten filter	330/34	380/388	21/16	0/0	247/196

Het is duidelijk dat de keuze van de filter weinig invloed heeft op de gemiddelde sedimentatie in de beperkte statistische zones, en in iets sterkere mate in het volledig gebied. De individuele wekelijkse waarden kunnen evenwel behoorlijke verschillen vertonen.

Hoewel de ingestelde filter het aantal "onwaarschijnlijke punten" behoorlijk wijzigt, hebben de filters als dusdanig weinig invloed op de bepaling van de gemiddelde sedimentatie, beschouwd over een voldoende lange periode. Het gebruik ervan lijkt eerder aangewezen bij de evaluatie van de individuele peilwaarden.

7.2.3 Peilwaarden

Net als bij de sedimentatie werd ook voor de peilwaarden nagegaan hoe de variabelen $(M - 3S)$ en $(M + 3S)$ variëren.

P-vol- ledig (m)	M - 3S				M + 3S			
	gemidd.	spreid.	Min.	Max.	gemidd.	spreid.	Min.	Max.
1980	1.67	1.06	- 0.22	4.65	19.25	0.49	18.39	20.69
1981	2.00	0.99	- 0.18	4.34	19.62	0.63	18.65	21.78
1982	1.98	0.92	0.55	3.83	19.40	0.73	17.81	20.77
1983	2.15	0.96	0.01	3.94	19.01	0.94	17.89	23.56
80-83	1.95	0.99	- 0.22	4.65	19.32	0.74	17.81	23.56

Hieruit werd een gemiddelde filter afgeleid :

$$1.95 \text{ m} < \text{peil} < 19.32 \text{ m}$$

Voor 1981 hield deze filter in dat slechts 3 individuele peilwaarden buiten het vooropgestelde interval vielen. Dit in tegenstelling met de sedimentatiewaarden. Dit illustreert meteen nogmaals de sterkere gegroepeerdheid van de peilwaarden.

7.3 EVALUATIE VAN DE PERIODE WAAROVER DE SEDIMENTATIE BESCHOUWD WORDT

7.3.1 Inleiding

Aangezien de fluctuaties in de gemiddelde wekelijkse sedimentatie vrij groot zijn, werden alternatieven overwogen om dit oscillerend karakter te elimineren, en wel door perioden van meerdere weken te beschouwen.

Vervolgens kon dan worden nagegaan in hoeverre hierdoor een sterker verband tussen de onderscheiden gegevens kon vastgesteld worden.

7.3.2 Alternatieve berekeningsmethoden

7.3.2.1 Door nieuwe verschil- en sedimentbestanden te maken

Uitgaande van 2 weekpeilbestanden (P_i en P_{i+n}) met daartussen een periode van n weken, wordt een verschilbestand (V_{in}) gemaakt.

Door daarbij de baggerwerken te betrekken in de weken i tot en met $i + (n-1)$ kan een sedimentbestand (S_{in}) berekend worden (nauwkeurig tot op 1 dm).

7.3.2.2 Door bestaande sedimentbestanden op te tellen

Uitgaande van n weeksedimentbestanden (S_i t.e.m. $S_i + (n-1)$) wordt een gemiddeld ($S_{in} - G$) en een totaal ($S_{in} - T$) sedimentatiebestand gemaakt.

Per roosterpunt geldt :

totale sedimentatie = som der n sedimentatiewaarden

gemiddelde sedimentatie = $\frac{\text{totale sedimentatie}}{\text{aantal sedimentatiewaarden}}$

7.3.3 Alternatieven voor de rekenperiode

Teneinde de evolutie van de bodem te kunnen blijven volgen, dient de periode van n weken zo kort mogelijk te zijn. Om fluctuaties te elimineren zou n zo groot mogelijk moeten zijn. Daarom werd geopteerd voor een periode van 2 respectievelijk 4 weken. Deze perioden werden niet opeenvolgend genomen omdat daardoor het aantal waarnemingen sterk daalt. Wel overlappen ze mekaar, zodat een effect, analoog aan een voortschrijdend gemiddelde wordt bekomen.

7.3.4 Gemiddelde sedimentatie

Vooreerst wordt een vergelijking gemaakt tussen de gemiddelde wekelijkse sedimentatie bekomen uit perioden van respectievelijk 1, 2 en 4 weken.

Een beperkt overzicht van deze waarden is samengebracht in onderstaande tabel.

Variabele		Gemiddelde wekelijkse sedimentatie (dm)		
		Aantal weken		
		1	2	4
Vaargeul		0.24	0.43	0.28
Baggerzone	rechts	0.29	0.52	0.38
	links	0.21	0.40	0.23
Talud	rechts	0.18	0.40	0.26
	links	0.05	0.22	0.05
Lichtenlijn	rechts	0.27	0.51	0.36
	links	0.20	0.36	0.22
Drempel		0.32	0.57	0.41

Hieruit blijkt dat de gemiddelde wekelijkse sedimentatie bijna verdubbeld wanneer met 2 in plaats van 1 week gerekend wordt. Bij een periode van 4 weken daarentegen worden de gemiddelden opnieuw vergelijkbaar met deze van de oorspronkelijke weekwaarden. Een verklaring hiervoor ligt niet voor de hand.

De vraag blijft of langere periodes ook een significant sterker verband aangeven tussen sedimentatie in de verschillende zones onderling en tussen peil- en sedimentwaarden.

Uit de berekende korrelatiecoëfficiënten blijkt dat enkel het verband tussen het peil op de drempel en de sedimentatie in een andere zone beduidend toeneemt en het grootst is voor 4 weken. Dit blijkt uit onderstaande korrelatiecoëfficiënten :

Verband tussen het peil op de drempel en de sedimentatie in een andere zone :

	1 week	2 weken	4 weken
- vaargeul :	0.20	- 0.25	- 0.26
- baggerzones :	0.17/0.14	- 0.36/0.16	- 0.38/0.20
- taludzones :	0.12/0.17	- 0.37/0.14	- 0.40/0.23
- lichtenlijnzones :	0.19/0.17	- 0.37/0.19	- 0.40/0.23

De regressielijnen vertonen hetzelfde beeld als de oorspronkelijke lijn. Het 95 % betrouwbaarheidsinterval is het smalst voor 4 weken.

7.3.5 Totale sedimentatie

In deze paragraaf worden de 2 methoden (nieuwe sedimentbestanden t.o.v. sommatiebestanden) beschreven in § 7.3.2.1 en § 7.3.2.2, onderling vergeleken en wordt hun relatie met de oorspronkelijke wekelijkse sedimentatie nagegaan.

Uit de analyse blijkt een goede overeenkomst tussen de sedimentatie berekend volgens de 2 methoden. Ook de daaruit voortspruitende wekelijkse sedimentatie is vergelijkbaar met de oorspronkelijke weekwaarde, maar is in alle zones kleiner, met een afwijking kleiner dan 1 cm.

De korrelatie-coëfficiënten die het verband weergeven voor respectievelijk 1, 2 en 4 weken tussen :

- de sedimentatie in de verschillende zones onderling
- de sedimentatie en het peil binnen een zone
- het peil op de drempel en de sedimentatie in een andere zone

zijn van dezelfde grootte-orde als voor de gemiddelde sedimentatie gedurende dezelfde periode.

De regressielijn voor de drempel geeft een helling die duidelijk groter is dan bij gemiddelde sedimentatie en ook een ruimer betrouwbaarheidsinterval.

7.3.6 Besluit

Samenvattend kan worden gesteld dat langere perioden de korrelatie tussen het peil en de sedimentatie verbeteren. Vierwekelijkse waarden genieten hierbij de voorkeur.

De rekenprocedure zelf (werken met gemiddelde of totale sedimentatie) is van ondergeschikt belang.

7.4 HET INVOEREN VAN ANDERE STATISTISCHE ZONES

7.4.1 Inleiding en definities

Reeds van bij de aanvang van de studie werd het totale gebied "Drempel van Zandvliet" opgesplitst in deelzones.

Aan de hand van uitgeplote sedimentatiebestanden konden immers geen zones worden gedefinieerd die een uitgesproken erosie of sedimentatiekarakter vertoonden.

Daarom werden "statistische zones" gedefinieerd binnen het volledige gebied. Deze analyse dient bijgevolg om na te gaan in hoeverre de keuze van de zones de resulterende sedimentatie beïnvloedt.

Daartoe werd voor alle statistische zones een overlay gemaakt met de matrix waarin het aantal peilingen per punt in de periode 1980 - 1983 gestockeerd staat.

Vervolgens werd gesteld dat een punt tot een statistische zone kan behoren als er meer dan $X\%$ peilingen voorkomen in het roosterpunt (het maximaal aantal peilingen bedraagt 92).

Voor X waarden van 90 en 80 % betekent dit een vereist aantal peilingen van 83, respectievelijk 74. De eerste eis is uiteraard het meest restrictief en werd uiteindelijk weerhouden.

In de baggerzones werd bovendien opgelegd dat het punt moest deel uitmaken van de omhullende van alle baggergebieden, ofwel van 80 tot 83 ofwel in 1981 (zijnde het onderzochte jaar).

Met de aldus gedefinieerde zones werden opnieuw wekelijkse waarden bepaald voor het gemiddeld peil en de totale sedimentatie.

Het herdefiniëren van de statistische zones heeft vooral invloed langs de rechter zijde van de vaargeul, zowel voor de baggerzone als voor het talud - en lichtenlijn gebied. Door het inkrimpen van deze zones, hoofdzakelijk door eliminatie van roosterpunten op het talud stijgt de gemiddelde diepte. Ook de sedimentatie blijkt daardoor toe te nemen, hoewel hiervoor geen plausibele verklaring te vinden is.

De korrelatiecoëfficiënten voor peilwaarden binnen een zone voor de nieuwe en de oorspronkelijke definities zijn ongeveer 0.75 à 0.80 in de zones langs het rechter talud en 0.99 voor de overige. De korrelatie van de sedimentatie bedraagt tenminste 0.95 in alle zones.

Hieruit kan besloten worden dat de oorspronkelijke definities een voldoende omschrijving gaven van de zones om karakteristieken als gemiddeld peil en sedimentatie af te leiden.

7.5 HET KORRELEREN VAN VARIABELEN OP VERSCHILLENDE TIJDSTIPPEN

Tot dus ver werden gebaggerd volume, peil, sedimentatie, stortinformatie enz. steeds simultaan beschouwd.

Niettemin rijst de vraag : "Is er een ogenblikkelijk verband of laten sommige wijzigingen zich slechts vertraagd voelen ?".

Hiertoe werden de sedimentatiewaarden N weken verlaat. Daardoor wordt de sedimentatie gekoppeld aan de overige karakterisiteken (peil, volume enz.) van N weken vroeger.

Verschuivingen over respectievelijk 1 en 2 weken werden uitgevoerd (langere perioden lijken a priori niet aangewezen). De daaruit resulterende korrelatiecoëfficiënten tussen peil en sedimentatie in een bepaalde zone of tussen het peil op de drempel en de sedimentatie in een andere zone behouden dezelfde grootte of dalen.

Daarom werd aan deze analyse geen verdere aandacht geschonken.

7.6 HET ELIMINEREN VAN EEN AANTAL RIJEN EN KOLOMMEN

Uit vroegere berekeningen bleek reeds dat de wijze waarop peilgegevens verrekend worden een sterke invloed kan hebben op bijvoorbeeld het resulterend aangezand of geërodeerd volume.

Deze onzekerheid indachtig werd nagegaan of het elimineren van de helft der kolommen of rijen in de input-bestanden de resulterende gemiddelde sedimentatie of peilwaarde beduidend wijzigt. Deze analyse werd uitgevoerd op bestanden met totale vierwekelijkse sedimentatie.

De gemiddelde diepte wijkt maximaal slechts 2% af van de oorspronkelijke waarde. De totale sedimentatie gedurende 4 weken wijkt - beschouwd over een volledig jaar - maximaal 0.16 dm af. In de meeste zones is deze afwijking zelfs beperkt tot 0.05 dm !

Berekening van de korrelatiecoëfficiënten tussen zowel peil als sedimentatie volgens de 3 methoden, geeft waarden groter dan 0.99.

Hieruit kan gekonkludeerd worden dat het elimineren van een aantal rijen of kolommen de resulterende peil- of sedimentatiewaarden en de onderlinge verbanden niet significant wijzigt, indien een voldoende lange periode beschouwd wordt.

8. INVLOED VAN BAGGERWERKEN OP DE SEDIMENTATIE

Om na te gaan welke de invloed is van de baggeractiviteiten (zowel gebaggerd als gestort volume) werden volgende onderzoeksmethoden toegepast.

8.1 ALGEMEEN

- 1) het opbouwen van een meerdimensionaal regressiemodel dat de sedimentatie beschouwd als afhankelijke veranderlijke van peilingen en baggervolumes.

Neem als regressiemodel :

1. afhankelijke veranderlijke : sedimentatie op de drempel
2. onafhankelijke veranderlijke :
 - het peil op de drempel
 - het gebaggerd volume op de drempel van Zandvliet
 - het gestort volume in de Schaar
 - het gestorte volume buiten de zone
 - het opgespoten volume

Dan blijkt dat enkel het peil op de drempel significant bijdraagt tot een vermindering van de onzekerheid op de sedimentatie-waarden. Dit betekent dat enkel de regressor peil een sterke toename van de korrelatiecoëfficiënt teweegbrengt.

- 2) het opbouwen van een meerdimensionaal regressiemodel dat de sedimentatie beschouwd als afhankelijke veranderlijke van peiling en de overige baggerinformatie beschouwen als parameter.

Neem als regressiemodel :

1. afhankelijke veranderlijke : sedimentatie op de drempel
2. onafhankelijke veranderlijke :
 - het peil op de drempel

3. parameters (nemen enkel de waarde van 0 of 1 aan)

1. er wordt al dan niet gestort in de Schaar
2. er wordt al dan niet gestort buiten de zone
3. er wordt al dan niet een hoeveelheid opgespoten

Gebruik makend van een stap-algoritme werd uiteindelijk volgend verband bepaald (voor 1980) :

a) zonder parameters

$$\text{Sedimentatie} = \text{Peil} * (-1.75) - 22.00$$

b) met als parameter : al dan niet opspuiten (Spuut)

$$\begin{aligned} \text{Sedimentatie} &= \text{Peil} * (-2.317) - 29.63 \\ &+ \text{Spuut} * (0.74) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{als Spuit} &= 1 : \quad \text{Sed.} = \text{Peil} * (-2.317) - 28.89 \\ &= 0 : \quad \text{Sed.} = \text{Peil} * (-2.317) - 29.63 \end{aligned}$$

dit betekent bij een peil van - 13 m :

- er wordt opgespoten : $S = 1.23 \text{ dm}$
- niet opgespoten : $S = 0.49 \text{ dm}$

wat een bizar resultaat is.

Daarom werd afgestapt van meerdimensionale modellen en werd overgestapt op volgende methode :

3) het opbouwen van een regressiemodel met 1 onafhankelijke veranderlijke, toegepast binnen een geselecteerde klasse van waarnemingen

Vooraleer over te gaan tot zulk een regressiemodel werden de elementaire statistische eigenschappen terug bepaald evenals de correlatiematrix.

8.2 INVLOED VAN HET AL DAN NIET BAGGEREN OP DE DREMPEL VAN ZANDVLIET

Van de voornaamste variabelen wordt in onderstaande tabel het gemiddelde en de spreiding weergegeven.

Variabele	Gemiddelde / Spreiding (80 - 83)		
	Alle waarnemingen	Gebaggerd op de Drempel	niet-gebaggerd
Wekelijkse sedimentatie (dm)			
- 300M77	0.31 / 1.00	0.35 / 1.03	0.24 / 0.23
- BAGGERB	0.34 / 1.21	0.49 / 1.15	0.14 / 1.24
- BAGGERO	0.38 / 1.23	0.37 / 1.31	0.41 / 1.10
- GEUL	0.35 / 1.04	0.40 / 1.08	0.28 / 0.99
Diepte (m)			
- 300M77	12.85 / 0.29	12.87 / 0.29	12.81 / 0.27
- BAGGERB	10.56 / 0.26	10.55 / 0.28	10.56 / 0.23
- BAGGERO	12.71 / 0.34	12.74 / 0.35	12.66 / 0.31
- GEUL	12.97 / 0.30	12.93 / 0.30	13.01 / 0.30

De korrelatiecoëfficiënten tussen sedimentatie en peil in de verschillende zones onderling nemen enigermate toe zowel tijdens de baggerwerken als zonder baggerwerken, t.o.v. de volledige reeks waarnemingen.

Het verband tussen het peil op de drempel en de sedimentatie in de vaargeul, de bagger-, de talud- of de lichtenlijnzones wijzigt nagenoeg niet door de opsplitsing in deklassen.

Een vergelijking van de regressie-resultaten ($y = a' + b'x$) geeft :

	Alle waarnemingen	gebaggerd	niet-gebaggerd
		op de Drempel	
a'	- 10.028	- 12.075	- 8.496
$s_{a'}$	3.067	4.143	4.628
b	- 0.800	- 0.965	- 0.674
$s_{b'}$	0.236	0.320	0.356
korrelatiecoëfficiënt	0.23	0.27	0.21
geschatte sedimentatie			
(dm) bij $X = - 13.5$ m	0.78	0.95	0.60
- 13.0 m	0.38	0.47	0.26
- 12.5 m	- 0.02	- 0.02	- 0.07

8.3 INVLOED VAN HET AL DAN NIET BAGGEREN IN DE SCHAAR VAN OUDEN DOEL

Teneinde de invloed van het baggeren (mei 1980 - juli 1981) in de Schaar van Ouden Doel na te gaan werden de gegevens opgesplitst in een aantal subfiles.

1. voor de baggerwerken : januari - april 1980
2. tijdens de baggerwerken : mei 1980 - juli 1981
3. onmiddellijk na de werken : augustus 81 - januari 82
(d.i. een periode van 6 maanden)
4. nadien : februari 82 - december 83

Van de voornaamste variabelen wordt in onderstaande tabel het gemiddelde en de spreiding weergegeven.

Gemiddelde / Spreiding (80 - 83)					
Variabele	Alle waarnemingen	Voor	Baggerwerken Tijdens	Schaar Onmidd. na	Nadien
Wekelijks gebaggerd volume (m ³)		19 134	28 038	29 160	19 305
Wekelijkse sedimentatie (dm)					
- 300M77	0.31/1.00	0.68/1.28	0.32/0.91	0.18/0.98	0.27/1.01
- BAGGERB	0.34/1.21	0.86/0.73	0.37/1.18	0.21/1.34	0.28/1.25
- BAGGERO	0.38/1.23	0.68/1.69	0.38/1.16	0.24/1.58	0.39/1.08
- GEUL	0.35/1.04	0.69/1.27	0.29/1.12	0.25/0.78	0.36/1.01
- TALUDO	0.13/1.10	0.30/1.22	0.12/1.01	0.16/1.48	0.10/1.02
Diepte (m)					
- 300M77	12.85/0.29	12.70/0.26	12.81/0.27	13.04/0.19	12.85/0.30
- BAGGERB	10.56/0.26	10.36/0.18	10.55/0.29	10.75/0.19	10.54/0.23
- BAGGERO	12.71/0.34	12.60/0.31	12.60/0.31	12.98/0.48	12.73/0.26
- GEUL	12.97/0.30	12.72/0.28	12.89/0.29	13.10/0.13	13.02/0.31

Uit deze tabel zou in eerste instantie het volgende kunnen worden afgeleid :

- de sedimentatie blijkt kleiner te zijn tijdens en na het uitbaggeren van de Schaar, t.o.v. de periode voor de werken.
- de sedimentatie blijkt geruime tijd na de werken nog steeds kleiner te zijn in de totale vaargeul.

Nochtans dient opgemerkt dat deze tendenzen niet kunnen geëvalueerd in de hypothese : "alle overige parameters zijn konstant". Zo neemt de diepte van de drempel immers toe van 12.7 m voor naar 13.1 m in de periode na de baggerwerken, wat kan afgeleid worden uit de gemiddelde wekelijks gebaggerde volumes op de drempel : 19.100, 28.000, 29.200 en 19.300 m³, respectievelijk voor tijdens, onmiddellijk na de werken en in een latere fase.

De korrelatiecoëfficiënten tussen sedimentatie en peil in de verschillende zones onderling geven geen duidelijk nauwer verband bij opsplitsing in subfiles. Het verband tussen het peil op de drempel en de sedimentatie in de kleine zones neemt enigermate toe, doch blijft ontzettend onzeker : (korrelatiecoëfficiënten < 0.35).

Het uitdiepen van de Schaar heeft blijkbaar geen drastische vermindering van de sedimentatie in de vaargeul tot gevolg.

8.4 OPSPLITSING NAAR BAGGERWERKEN LINKS OF RECHTS IN DE VAARGEUL

Deze indeling werd uitgevoerd om te evalueren of er in de beide hierna gedefinieerde baggerzones een verschillende sedimentatiewaarde gevonden wordt.

- Een gebied dat gesitueerd is tussen de zinker ter hoogte van boeien 76 en 78 en anderzijds het lichtbaken N. Ballastplaat, met hoofdzakelijk baggerwerken op het rechter talud.
- Een gebied dat gesitueerd is tussen het lichtbaken N. Ballastplaat en de toegangseul tot de Zandvlietsluis, met hoofdzakelijk baggerwerken op het linker talud.

Aangezien tijdens het baggeren mag aangenomen worden, dat een hoeveelheid sediment wordt opgewoeld enerzijds en er anderzijds overloopverliezen zijn, zou deze indeling een beter inzicht kunnen geven in het agitatie-effekt. Immers wanneer in een zone gebaggerd wordt zou men in de omgeving een verhoogde sedimentatie kunnen verwachten.

Alle waarnemingen		Gemiddelde sedimentatie (dm)			
		Baggerwerken			
		Rechts		Links	
		Ja	Neen	Ja	Neen
Vaargeul	0.31	0.37	0.25	0.36	0.29
Baggerzone rechts	0.34	0.53	0.21	0.55	0.30
links	0.38	0.43	0.31	0.29	0.41
Talud rechts	0.23	0.39	0.11	0.44	0.19
links	0.13	0.12	0.13	0.42	0.15
Drempel	0.35	0.40	0.31	0.42	0.33

Aan de hand van de bekomen resultaten kan geen formele uitspraak gedaan worden over het effect van baggeren in een bepaalde zone op de lokale sedimentatie, noch op het effect elders, veroorzaakt door agitatie.

9. UITLEVERINGSCOEFFICIENT - LITERATUURSTUDIE

9.1 DEFINITIE

Een éénduidige omschrijving van de term "uitleveringscoëfficiënt" bestaat niet in de literatuur. Ten behoeve van dit rapport wordt de volgende definitie gehanteerd die o.a. ook gebruikelijk is in het droge grondverzet.

$$\text{uitleveringscoëfficiënt} = \frac{\text{Volume in beun}}{\text{Volume in situ}}$$

Het is echter vrijwel onmogelijk het gebaggerde volume in situ nauwkeurig te bepalen, dit gezien de beperkte nauwkeurigheid van de peilingen enerzijds en de permanente aanzandings- en zandtransportfenomenen anderzijds. Daarom dient men te vertrekken van een vergelijk van de soortelijke gewichten in situ.

$$\text{uitleveringscoëfficiënt} = \frac{\text{soortelijk gewicht in situ}}{\text{soortelijk gewicht in beun}}$$

Er dient evenwel opgemerkt dat ook deze formulering interpretatieproblemen oproept gezien een min of meer belangrijk gedeelte van de korrels verdwijnt door de overloop zodat men nooit dezelfde korrelsamenstelling vindt in situ en in het beun van de hopper.

Daar het vooral de fijnere korrels zijn die via de overloop terug verdwijnen wordt de korrelverdeling in beun uniformer en wordt er bij een gelijk volume een hogere porositeit en een lager soortelijk gewicht gemeten.

9.2 LITERATUUR

In bijlage 7 is een overzicht gegeven van de geraadpleegde werken met betrekking tot het begrip "uitleveringscoëfficiënt".

9.2.1 Soortelijk gewicht in beun

- * Ref. 6 (blz. 257) - Ref. 29 : deze geven beide dezelfde grafiek waarbij het soortelijk gewicht van zand in beun gesitueerd wordt rond $1,9 \text{ t/m}^3$ met $1,8 \text{ t/m}^3$ en 2 t/m^3 als buitengrenzen.
- * Ref. 5 (blz. 12) geeft als gemeten porositeit in beun 44,5 à 45 % voor zand uit de toegangsgoed tot Rotterdam. Bij een korrelgewicht van $2,65 \text{ t/m}^3$ geeft dit een soortelijk gewicht in beun van $1,92 \text{ t/m}^3$ à $1,91 \text{ t/m}^3$.
- * Ref. 18 (blz. 128) geeft voor zand in de hopper $0,55 \text{ m}^3/\text{t}$ of $1,82 \text{ t/m}^3$ voor baggerwerken in het Mersey-estuarium (Engeland).
- * Ref. 3 (blz. 282) geeft de resultaten van een reeks laboratoriumproeven ter bepaling van het soortelijk gewicht van niet-cohesief materiaal in functie van de korreldiameter voor monsters in verzadigde toestand. Enerzijds los gepakt (= vrije afzetting) en anderzijds na verdichting.
Voor de losgepakte metingen varieert het soortelijk gewicht tussen $1,85 \text{ t/m}^3$ en $1,95 \text{ t/m}^3$ voor zand van 100 tot 250μ .

Als besluit mag men dus stellen dat het zand in beun een dichtheid zal hebben van ca $1,9 \text{ t/m}^3$. Dit kan eventueel gecontroleerd worden voor de Schelde door naast het volume in beun tevens het gewicht te noteren van de beladingsmeter gedurende een bepaalde periode en hierna het gemiddelde te berekenen.

9.2.2 Soortelijk gewicht in situ

- * Ref. 18 (blz. 128) geeft voor het zand in situ $0,51 \text{ m}^3/\text{t}$ of $1,96 \text{ t/m}^3$ voor het Mersey-estuarium.

- * Ref. 34 (nr. 20) (blz. 18) : het soortelijk gewicht in situ voor het havengebied van Le Havre (Frankrijk) wordt geschat op $1,93 \text{ t/m}^3$ voor zand en $1,95 \text{ t/m}^3$ voor kleihoudend zand.
- * Ref. 3 (blz. 282) : hier worden eveneens het soortelijk gewicht gegeven van dezelfde zanden na zeer sterke compactatie in het laboratorium.
Voor een d_{50} tussen 150 en 200μ is dit soortelijk gewicht ca 2 t/m^3 .

Voor de Schelde zijn ten behoeve van deze studie geen exacte waarden bekend voor de dichtheid in situ.

Bij de onderhoudsbaggerwerken gaat het over zeer recent afgezette zanden (maximaal 1 à 2 maand).

Rekening houdend met de monsternamen op de Drempel van Zandvliet van oktober 1980 en januari 1985 die een d_{50} geven tussen 100 en 165μ , is een soortelijk gewicht in situ van $1,95 \text{ t/m}^3$ zeer aanvaardbaar.

Enkele in situ-metingen ter controle van deze hypothese zouden echter zeer nuttig zijn.

9.2.3 Uitleveringscoëfficiënt

Wat betreft de uitleveringscoëfficiënt voor baggerwerk met behulp van sleeppopperzuigers werd geen enkele waarde teruggevonden in de literatuur.

Uitgaande van de waarden aangenomen voor de soortelijke gewichten in beun ($1,90 \text{ t/m}^3$) en in situ ($1,95 \text{ t/m}^3$) kan een uitleveringscoëfficiënt van 1,025 vooropgesteld worden.

Wel worden er in de literatuur veelvuldig cijfers vooropgesteld voor mechanisch grondverzet. Ref. 8 (blz. A5 - A8) - Ref. 7 (blz. 12) - Ref. 4 (deel 7 blz. 27.50-01.0 - 2 en 3) - Ref. 2 (blz. 93) - Ref. 1 (blz. 50).

Waarden tussen 5 en 15 % worden geciteerd voor zand. De onderlinge verschillen worden vermoedelijk veroorzaakt door de verschillende toestellen die onderzocht werden en door de eigenschappen van het zand (korrelverdeling, vochtgehalte enz.).

Gezien het zand in een sleephopperzuiger hydraulisch wordt afgezet is het zeer waarschijnlijk dat er een groter soortelijk gewicht wordt gerealiseerd dan in de bak van een mechanische graafmachine. Bijgevolg kan, vertrekkende van deze droog-grondverzet gegevens, gesteld worden dat de uitleveringscoëfficiënt voor een sleephopperzuiger in elk geval kleiner is dan 10 %.

Het is dan ook deze waarde die in de verdere analyse zal gebruikt worden als uiterste limiet.

9.2.4 Invloed uitleveringscoëfficiënt op gemiddelde sedimentatie

Voor elke week van 1981 werd de gemiddelde sedimentatie herrekend met een uitleveringscoëfficiënt 1.1.

De aldus bekomen waarden zijn ongeveer 10 % lager voor de vaargeul, de drempel en de zones langs de rechter zijde van de vaargeul. Langs de linker zijde nemen de verschillen procentueel sterker toe. Niettemin blijft de totale afwijking in de onderscheiden zones beperkt tot 4 mm per week. Zonder gedetailleerde metingen van volume in beun, volume in situ en sedimentatie lijkt een definitieve uitspraak over de impact van de uitleveringscoëfficiënt op de sedimentatie uitgesloten.

10. SEDIMENTBALANS

10.1 DOEL

Het doel van de sedimentbalans is het opmaken van een overzicht van de natuurlijke en "kunstmatige" (d.i. veroorzaakt door baggerwerken) sedimenttransporten binnen een bepaalde zone inclusief de variaties van het sedimentvolume dat binnen elke deelzone als buffer werkt.

10.2 BEREKENINGSWIJZE

Drie verschillende benaderingsmethoden zijn onderzocht.

10.2.1 Uitgaande van het verschil tussen 2 peilingen en de bagger- en stortvolumes tussen 2 peilingen

Bij deze methode rijzen de volgende problemen :

- de nauwkeurigheidsmarge van individuele peilwaarden weegt sterk door bij het bepalen van volumes.
- indien een grotere zone wordt onderzocht zijn de in- en uitpeilingen over een langere periode gespreid.
- de in- en uitpeilingen zijn meestal slechts voor 70 à 80 % overlappend.
- de exacte locatie van de bagger- en klepwerken is onbekend voor de totale zone.

10.2.2 Uitgaande van het verschil tussen twee opeenvolgende gemiddelde jaarpeilingen op de Drempel van Zandvliet en de baggerwerken gedurende die 2 jaar

Bij deze methode rijzen de volgende problemen :

- gezien de gemiddelde jaarpeilingen geen momentopnames zijn is het onmogelijk om exact te bepalen welke bagger- en klepwerken er tussen de 2 opeenvolgende peilingen zijn uitgevoerd.
- de gemiddelde peiling steunt, aan de randen van de meetzone, op slechts 1 of enkele metingen zodat de nauwkeurigheid van de gegevens aan de randen twijfelachtig blijft.
- de exacte lokatie van baggerwerken en klepwerken is onbekend.

10.2.3 Uitgaande van de gemiddelde weeksedimentatie per jaar op de Drempel van Zandvliet en van de baggervolumes in dat jaar

Bij iedere methode rijzen de volgende problemen :

- de gemiddelde weeksedimentatie is enkel bekend in de zone Drempel van Zandvliet (aangezien dit de enige zone is met frequente peilingen)
- aan de rand van de zone steunen de cijfers slechts op 1 of enkele weekwaarden. Bijgevolg is een extrapolatie naar 52 weken dubieus op die randen.
- de exacte locatie van de bagger- en klepwerken is onbekend.

10.3 RESULTATEN

Ten behoeve van het opmaken van de interne sedimentbalans werd de zone onderverdeeld in een aantal deelzones.

Per deelzone werden de volgende grootheden berekend :

- volume verschil tussen 2 peilingen, te beschouwen als momentopname
- verschil tussen opeenvolgende gemiddelde dieptekaarten
- gemiddelde jaarlijkse sedimentatie en baggervolume.

10.3.1 Methode 1 (Verschil tussen 2 peilingen)

Met de berekeningsresultaten kan de sedimentbalans op de verschillende wijzen opgemaakt worden.

Een samenvatting wordt gegeven in de volgende tabel voor het volledig gebied Drempel van Zandvliet.

Nr.	Datum Beginpeiling	Datum Eindpeiling	Verdieping (m ³)	Baggervolume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Sed./jaar (m ³ /jaar)
1	14/01/80	31/12/80	- 954.750	1.318.083	2.272.833	2.365.000
2	28/01/80	31/12/80	- 280.000	1.272.869	1.552.869	1.680.000
3	13/04/80	28/07/81	- 49.250	1.863.127	1.912.377	1.481.000
4	31/12/80	21/12/81	616.250	1.483.101	866.851	900.000
5	02/02/81	04/02/82	731.750	1.593.826	862.076	860.000
6	21/12/81	27/12/82	- 155.250	1.038.119	1.193.369	1.215.000
7	04/02/82	22/02/83	- 324.500	958.294	1.282.794	1.215.000
8	18/02/82	22/02/83	- 607.000	853.501	1.440.501	1.425.000
9	27/12/82	15/12/83	- 45.750	965.508	1.011.258	1.050.000
10	22/02/83	03/10/83	65.000	791.031	726.031	1.195.000

Het verschil tussen berekeningen nr. 1 en 2 bewijst duidelijk de invloed van een onnauwkeurigheid in de peilingen. Een erosie van ca. 700.000 m³ in een tijdspanne van 14 dagen is zeer waarschijnlijk irreëel. Immers bij een aanname van 630 roosterpunten (representatief voor 2.500 m², betekent dit een verdieping in elk punt van 0.44 m gedurende 2 weken).

10.3.2 Methode 2 (Gemiddelde jaarpeilen)

Als baggervolume is het gemiddelde van de 2 betrokken jaren aangenomen.

Nr.	Periode	Verdieping (m ³)	Baggervolume (m ³)	Sedimentatie (m ³ /j)
1	80 - 81	619.250	1.417.716	798.466
2	81 - 82	- 619.500	1.260.610	1.880.110
3	82 - 83	- 972.250	1.030.834	2.003.084

10.3.3 Methode 3 (Gemiddelde wekelijkse sedimentatie)

Nr.	Periode	Verdieping (m ³)	Baggervolume (m ³)	Sedimentatie (m ³ /j)
1	1980	-	-	2.689.700
2	1981	-	-	1.898.000
3	1982	-	-	1.254.500
4	1983	-	-	1.758.900

10.3.4 Vergelijking van de resultaten

Methode 1 en 3 kunnen op jaarbasis vergeleken worden. Voor methode 1 werd het volume herrekend evenredig met de tijd. Methode 2 geeft telkens een gemiddelde waarde van 2 opeenvolgende jaren.

Jaar	Methode 1	Methode 3	Methode 2
1980	2.022.500	2.689.700	798.466
1981	880.000	1.898.000	
1982	1.215.000	1.254.500	1.880.110
1983	1.122.500	1.758.900	2.003.084

10.4 BESLUITEN EN AANBEVELINGEN

Het is duidelijk dat de onderlinge verschillen tussen de verschillende berekeningsmethodes zo groot zijn dat elke interpretatie van de resultaten onmogelijk is.

- * Een evaluatie van de getransporteerde of gesedimenteerde volumes binnen een bepaalde zone wordt overbodig gezien de onzekerheid van de basisgegevens.
- * Om de onderliggende onzekerheden te beperken kunnen volgende maatregelen getroffen worden :
 - op een bepaald tijdstip van het jaar een zo groot mogelijke zone peilen binnen een zo beperkt mogelijk tijdsbestek.
 - een realistischer spreiding van de baggervolumes is aangewezen gezien het belang van het baggervolume in de jaarlijkse sedimentatievolumes. Hiertoe is een continue registratie van het baggerproces vereist.
 - een nauwkeuriger kennis van de exacte stortlokatie van de baggerschepen is vereist, tezamen met een opvolging van de bodemevolutie in de stortzone.

11. ANALYSE VAN DE BAGGERGEGEVENS

11.1 ALGEMEEN

De volgende grootheden komen in aanmerking voor een nauwkeuriger analyse van een baggerwerk zoals het onderhoudsbaggerwerk in de Schelde :

- Produktiviteitsniveau per schip
- Optimale afmetingen van het schip voor een bepaalde type-opdracht
- Invloed van de lengte van het baggervak
- Coëfficiënten voor de verhouding volume in situ, volume in beun en volume na kleppen
- Invloed van de baggerzone (Rechter- of Linkeroever) op de produktiviteit
- Optimale vullingsgraad per schip.

11.2 PRODUKTIVITEITSNIVEAU

Uitgaande van de gegevens betreffende het wekelijks baggervolume en de effectieve werkuren kan de uurproduktie berekend worden.

Deze varieert tussen 400 en 700 M³/O.H.(*) voor de combinatie Sleepzuiger - Bakken met uitzondering van de periode 19/9 - 15/10/1983 waar een produktiviteit van 1340 à 1370 m³/O.H. gehaald werd, nadat een nieuwe zuiger ingezet werd.

Indien uitsluitend met een sleepzuiger gewerkt wordt liggen de waarden tussen 900 en 1700 m³/O.H.

Een nauwkeuriger analyse van de oorzaak van deze variatie kan niet opgemaakt worden gezien het gebrek aan gegevens.

De volgende parameters kunnen hierbij een rol spelen :

- grootte van het schip
- uiteindelijke beladingsgraad van het schip
- vaarafstand
- zandkarakteristieken in de baggerzone
- weersomstandigheden
- specifieke eigenschappen van het schip (type sleepkop, pomp, beunvorm,...)

(*) O.H. = operational hours = effectieve werkuren

Het hogervermelde verschil in produktiviteitsniveau tussen een sleepzuiger alleen en een sleepzuiger met klepbakken dient niet noodzakelijk te leiden tot het besluit dat klepbakken in de toekomst geweerd dienen te worden aangezien de specie die met klepbakken afgevoerd wordt, grotendeels opgespoten wordt. Hierdoor is geen retourstroom van het zand tussen de klepzone en de baggerzone mogelijk zodat de uiteindelijke netto effectiviteit van de baggerwerken mogelijk volledig anders is dan de ogenschijnlijke produktiviteitsniveaus.

Een analyse van deze retourstromingen is op dit ogenblik onmogelijk. Zie hiertoe ook hoofdstuk 9 betreffende de uitleveringscoëfficiënten en hoofdstuk 10 inzake intern sedimenttransport.

11.3 OPTIMALE KARAKTERISTIEKEN VAN EEN SCHIP VOOR EEN BEPAALDE OPDRACHT

Gezien geen gegevens beschikbaar zijn per schip kan hierop niet gedetailleerd worden ingegaan. Bij meer gedetailleerde gegevens kan voor elke drempel het meest geschikte baggerschip bepaald worden zodat de inzet van de verschillende baggerschepen kan geoptimaliseerd worden.

11.4 INVLOED VAN DE LENGTE VAN HET BAGGERVAK

Het is duidelijk dat een lang continu baggervak de continuïteit van het baggerproces verhoogt. De effectieve invloed is op basis van de huidige gegevens moeilijk te bepalen.

Gedetailleerde gegevens betreffende de effectieve baggerlengte en een systematische proefreeks zijn hiertoe vereist.

11.5 UITLEVERINGSCOEFFICIENTEN

Voor de uitlevering in situ / in beun wordt verwezen naar hoofdstuk 9.

Om de uitlevering in beun / in de klepzone te bepalen zijn veel frequenter peilingen nodig in de stortzone. Zo kan de invloed van de natuurlijke zandtransporten begroot en geëlimineerd worden.

Bovendien is een gedetailleerde lokatie vereist van de stortplaats.

Een specifiek meetprogramma om deze coëfficiënten te bepalen zou tevens de mogelijkheid scheppen om tot een beter inzicht te komen betreffende zandvolumes die al dan niet snel kunnen terugkeren naar de baggerzone.

Dit zou tevens een basis kunnen vormen om te beoordelen of opspuiten aan land op lange termijn effectiever is dan terugstorten in de Schelde.

Een vergelijking tussen de verschillende stortplaatsen zou dan eveneens mogelijk worden.

11.6 INVLOED VAN DE BAGGERZONE

Voor de drempel van Zandvliet lijkt de invloed van de baggerplaats op de produktiviteit eerder beperkt in vergelijking met de andere parameters.

11.7 OPTIMALE VULLINGSGRAAD PER SCHIP

Ten gevolge van de stijgende overloopverliezen bij het vullen van het beun kan er een optimale vullingsgraad bepaald worden per schip als funktie van de vaarafstand tussen bagger- en klepzone.

Gezien er geen gegevens zijn welk schip waar gewerkt heeft, noch betreffende het verschil tussen vaartijden en effectieve zuigtijden kunnen er op dit ogenblik geen konklusies getrokken worden.

12. SAMENVATTING

In dit hoofdstuk worden de voornaamste vaststellingen gebundeld van de volledige studie. Deze vaststellingen resulteren uit een beperkte onderzoeksperiode (1980 - 1983) en hebben betrekking op de Drempel van Zandvliet en de directe omgeving. Voor een illustratie van de voornaamste vaststellingen wordt verwezen naar de bijlagen.

- Om tot een analyse van peil- en baggergegevens te kunnen overgaan is een schematisatie naar een vast rooster aangewezen. De maaswijdte dient hierbij maximaal 50 m x 50 m te zijn.
- Het opslaan van de peilgegevens gebeurt bij voorkeur als INTEGERS, volgens een vaste matrixvoorstelling. Dit reduceert de nodige geheugencapaciteit tot nagenoeg 25 %. Een reken- en opslag nauwkeurigheid tot 1 cm is aan te bevelen wanneer het sedimentatiepatroon opgevolgd wordt. Het uitvoeren van berekeningen in REAL precision en het aldus opslaan van gegevens verhoogt de nauwkeurigheid niet (gezien de beperkende input-nauwkeurigheid).
- Voor het begroten van de sedimentatie is een peilfrekwentie van 1 keer per week aangewezen. Deze peilingen dienen dan zowel de bagger- als de klepzone te bevatten. En bij voorkeur beslaan ze een zo ruim mogelijk en vrij strikt afgebakend gebied.
- De sedimentatie wordt het best berekend gedurende een periode van tenminste 4 weken. Daardoor ontstaat een "gladstrijk-effect" waardoor sterke schommelingen uitgevlakt worden, zodat tendenzen en korrelaties beter kunnen bepaald worden.
- In de vaargeul bedraagt de gemiddelde wekelijkse sedimentatie 0.3 dm, terwijl op de drempel een enigermate hogere waarde gevonden werd nl. 0.35 dm. (jaarlijks resp. 1.6 m en 1.8 m).
Niettemin komen er weken voor met een sterk uitgesproken sedimentatie (tot 3.45 dm) en ook erosie (tot 2.85 dm).
- De sedimentatie is het grootst langs het rechter talud, terwijl er naar de Schaar en Plaat van Doel toe een tendens tot stabilisatie of zelfs erosie bestaat (0.0 tot 0.2 dm per week).

- Op de randen van het peilgebied variëren de berekende sedimentatiewaarden sterk, ze dienen bijgevolg als onbetrouwbaar beschouwd te worden. De oorzaak van deze variatie ligt in de beperkte hoeveelheid peilingen die aan de randen van het gebied ter beschikking zijn.
- De gemiddelde diepte op de drempel bedraagt nagenoeg 13 m, met een minimum van 12.2 en een maximum van 13.7 m.
- De dieptelijn van 12 m op de gemiddelde drempel van 1980 tot 1983 sluit vrij nauw aan bij de grenslijn van de 300 m vaargeul langs het rechter talud. Op het linker talud daarentegen is er een ondiepte ter hoogte van de binnenbocht aan de toegangseul naar de Zandvlietsluis. Deze situeert zich net afwaarts van de vernauwende vaargeul.
- Het aantal peilingen is maximaal (92) in het centrale gebied. Globaal kan verder gesteld worden dat er een behoorlijk aantal peilingen ter beschikking is om algemene tendenzen te bepalen.
- Het gemiddeld wekelijks gebaggerde volume (gemeten in beun) op de Drempel van Zandvliet bedraagt 23 330 m³ met hogere waarden in 1980 en 1981 (26 360 en 28 500 m³) en lagere in 82 en 83 (19 900 en 18 400 m³). Dit betekent een jaarlijks gebaggerd volume van gemiddeld 1.2 miljoen m³ tussen januari 1980 en december 1983.
- De gebaggerde tijd is vrij beperkt. In weken uitgedrukt minder dan 90 op een totaal van 204.
- Op het rechter talud werd dubbel zoveel gebaggerd als op het linker talud : 75 tot 87 weken tegenover 29 tot 52 weken. Dit resulteerde in een gebaggerde laagdikte van 8.5 m tot 9.5 m over een lengte van 1 km en een breedte van 75 m langs het rechter talud (op jaarbasis wordt dit 2.1 tot 2.4 m).
Op het linker talud daarentegen liggen de waarden tussen 4.0 en 5 m (jaarlijks 1 tot 1.2 m), terwijl op de drempel de gebaggerde laagdikte begrepen is tussen 4.5 en 9 m (1.1 tot 2.2 m).
- In de zones met een diepte groter dan 15 m werd helemaal niet gebaggerd. Op het rechter talud zijn de baggerwerken hoofdzakelijk gesitueerd in een zone met diepte tussen 10 en 12 m. Op het linker talud daarentegen vallen de baggerwerken in een gebied met gemiddelde diepte groter dan 12 m.

- Het verband tussen peil-, sedimentatie- en baggergegevens is klein. Statistisch wordt dit vertaald door correlatiecoëfficiënten die zelden groter zijn dan 0.25.
- Uit de regressie-analyse volgt dat bij een gemiddelde diepte van 13 m op de drempel, de gemiddelde wekelijkse sedimentatie 0.0 à 0.4 dm bedraagt in alle statistische zones.
- De sedimentatie per oppervlakte-eenheid wijzigt niet merkbaar in de directe omgeving van de vaargeul. Een verplaatsing van de vaargeul met circa 50 m werd onderzocht alsook een versmalling tot 250 m en een verbreding tot 350 m. De invloed hiervan op de sedimentatie is verwaarloosbaar.
- De sedimentatie neemt daarentegen wel toe als de gemiddelde diepte stijgt.
- Uit de analyse der beschikbare gegevens kon niet worden afgeleid dat het uitbaggeren van de Schaar van Ouden Doel tot NKD - 6 m en NKD - 8 m een drastische vermindering van de sedimentatie in de vaargeul heeft teweeggebracht.
- De invloed op de sedimentatie van het opspuiten aan de wal t.o.v. het kleppen in een stortzone kon evenmin worden vastgesteld.
- De uitleveringscoëfficiënt volume in beun/volume in situ wordt geraamd op 1,02 en is in elk geval kleiner dan 1.10.
- In het algemeen zijn de beschikbare gegevens betreffende de uitgevoerde baggerwerken onvoldoende voor een detailanalyse van de efficiëntie van de werken.

Uitgaande van deze vaststellingen wordt in de volgende hoofdstukken een advies geformuleerd ter optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken en een advies voor een verdere studie- en meetprogramma.

13. ADVIES TER OPTIMALISATIE VAN DE BAGGERWERKEN

13.1 ALGEMENE BESCHOUWINGEN

De gegevens die het baggerproces karakteriseren werden tot nu toe manueel genoteerd en verwerkt. Een gedetailleerde analyse van de baggertechnische grootheden en hun interactie met het sedimentatieproces, bleek dan ook niet realiseerbaar binnen het kader van deze studie.

Niettemin werd getracht om in de voorliggende studie twee mogelijkheden te onderzoeken om de kosten van het onderhoudsbaggerwerk te optimaliseren :

- welk zijn de mogelijkheden om het te baggeren zandvolume te beperken
- welk zijn de mogelijkheden om de produktiviteit van de baggerschepen te verhogen.

In dit hoofdstuk wordt bijgevolg een overzicht gegeven van de verschillende aspecten die kunnen bijdragen tot deze optimalisatie.

Weliswaar dient opgemerkt dat de studie enkel de Drempel van Zandvliet behelst, en beperkt bleef tot de jaren 1980 tot 1983.

13.2 BEPERKING VAN DE BAGGERVOLUMES

13.2.1 Verplaatsing van de vaargeul

De sedimentatie werd onderzocht in gebieden die 50 m verschoven zijn t.o.v. de vaargeul. De invloed op de sedimentatie van zulke verplaatsing is niet merkbaar.

Er is dus geen enkele aanwijzing dat het onderhoudsbaggervolume zal wijzigen indien de vaargeul 50 m zou verschoven worden.

13.2.2 Verbreiding / vernauwing van de vaargeul

De sedimentatie per oppervlakte-eenheid verandert niet merkbaar in de onmiddellijke omgeving van de vaargeul.

Het onderhoudsbaggervolume zal bijgevolg ongeveer evenredig variëren met de breedte van de vaargeul, dit in zoverre de breedte niet te veel afwijkt van de huidige 300 m.

13.2.3 Diepte van de vaargeul

Uit alle korrelaties (zowel jaarlijkse als voor de ganse periode) blijkt duidelijk dat de sedimentatie (m^3/m^2) stijgt indien de diepte van de vaargeul stijgt.

Het vereiste volume onderhoudsbaggerwerk kan bijgevolg beperkt worden indien men ernaar streeft de reële diepte van de vaargeul zo dicht mogelijk te laten aansluiten bij de minimaal gewaarborgde diepte. Met andere woorden dient er gebaggerd te worden met een zo beperkt mogelijke overdiepte.

Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat een beperking van het baggervolume niet noodzakelijk tevens een beperking van de kostprijs van het onderhoudsbaggerwerk met zich meebrengt. Een te kleine tolerantie verlaagt immers de produktiviteit van de baggerwerken en verhoogt bijgevolg de kostprijs per m^3 .

13.2.4 Peilingen

Het opvoeren van de nauwkeurigheid van de peilingen zou de vereiste overdiepte t.o.v. de minimaal gegarandeerde vaargeuldiepte kunnen beperken.

Dit kan gerealiseerd worden door middel van een geautomatiseerd peil- en controlesysteem waarbij tijdens de peilingen reeds gewaarschuwd wordt voor "onwaarschijnlijke meetresultaten" en waarbij tijdens de verwerking van de peilingen via een vergelijking van de geschematiseerde gegevens met een aantal voorafgaande peilingen de betrouwbaarheid van elke peiling wordt ingeschat.

Noodzakelijk daartoe is dat het getij continu gekend is aan boord.

13.2.5 Invloed van het peil van de Plaat en Schaar van Ouden Doel

Bij de analyse van de gegevens is gebleken dat de spreiding van de gegevens dermate groot is dat er geen betrouwbare besluiten kunnen getrokken worden wat betreft de invloed van de grootschalige cutterwerken in 1980 - 1981 op het sedimentatievolume in de vaargeul.

13.2.6 Invloed van de klepzone

Tijdens de onderzochte periode werd er geklept in de Schaar van Ouden Doel en buiten de zone Zandvliet. Er is geen significant onderscheid tussen de aanzandingen in de baggerzone waar te nemen.

13.2.7 Opspuiten

Er is geen significant verschil tussen de aanzanding tijdens opspuitwerkzaamheden en tijdens normale klepwerkzaamheden. De spreiding op de gegevens is dermate groot dat er geen éénduidige besluiten kunnen vooropgesteld worden.

13.3 VERHOOGING VAN DE PRODUKTIVITEIT VAN DE BAGGERSCHEPEN

Van het baggerproces zijn er slechts een beperkt aantal gegevens beschikbaar voor deze studie namelijk :

- baggervolume tussen 2 peilingen, gemeten in beun
- type schip : sleepzuiger of sleepzuiger met bakken
- effectieve werkuren (niet nader gespecificeerd in zuig- en vaartijden)
- aantal reizen
- gemiddeld volume per reis
- verleturen.

Gezien de beperktheid van deze gegevens kan geen detailanalyse uitgevoerd worden en kunnen enkel algemeen geldende verbanden aangehaald worden betreffende volgende punten :

- optimale belading per reis
- werken met of zonder bakken
- grootte van de baggerschepen
- agitatieeffecten
- afmetingen van de baggerzone
- toleranties in de baggerzone

Een meer gedetailleerde bespreking van deze parameters en van de ontbrekende gegevens wordt gegeven in hoofdstuk 11 van dit rapport.

13.4 ALGEMEEN ADVIES INZAKE BAGGERWERKEN

13.4.1 Metingen

Voor een nauwkeuriger analyse van de verschillende invloedsfactoren zijn nauwkeuriger metingen nodig van zo sterk mogelijk geïsoleerde fenomenen. Dit wil zeggen dat de andere randvoorwaarden zoveel mogelijk konstant gehouden worden.

Factoren die voor zulk onderzoek in aanmerking komen zijn :

- lengte en oppervlakte van het baggervak
- stortzone / opspuiten
- baggerwerken op de Plaat van Ouden Doel
- agitatie-effecten
- beladingsgraad in beun
- uitleveringscoëfficiënten.

De nauwkeurigheid van de baggergegevens slaat vooreerst op een exactere registratie van de plaats waar gebaggerd wordt en het bijhorend volume. Hierdoor kan een juister berekening gebeuren van de sedimentatievolumes. Anderzijds is er behoefte aan frekwenter en ruimere in-, uit- en opvolgingspeilingen die telkens dezelfde zone bestrijken.

13.4.2 Baggerstrategie

Anderzijds kan er overwogen worden om de invloed van een gewijzigde aanpak van de baggerwerken in de praktijk te onderzoeken. Zulke nieuwe baggerstrategie mag echter in geen geval de minimale afmetingen van de vaargeul beperken.

Een mogelijke benadering is de volgende :

Het leeuwenaandeel van de onderhoudsbaggerwerken wordt uitgevoerd aan de voet van het talud van de vaargeul. Daarom rijst het vermoeden dat een aanzienlijk deel van de sedimentatie in deze zone veroorzaakt wordt door het uitzakken van het talud. Dit talud wordt immers artificieel steil gehouden door de regelmatige baggerwerken. Men zou kunnen proberen dit uitzakken te beperken door niet alleen aan de voet maar tevens hoger op het talud te baggeren gedurende een bepaalde periode.

Hierdoor ontstaat een talud met kleinere helling. De diepte in de vaargeul zal bijgevolg slechts langzaam afnemen door aangevoerd sediment over het talud.

Op deze wijze heeft men op middellange termijn geen extra baggerwerk uitgevoerd maar enkel naar voren geschoven in de tijd.

Hierdoor is de mogelijkheid gecreëerd om met grotere oppervlakten en laagdiktes te werken zodat de produktiviteit van de schepen stijgt.

Gezien het om een experiment gaat is het vanzelfsprekend dat er een begeleidend detailmeetprogramma uitgevoerd wordt waarbij er voorafgaand, gedurende en na de baggercampagne intensief gepeild wordt met specifieke aandacht voor de evolutie van de dwarsprofielen op het talud en in de baggerzone.

13.4.3 Verband : Sedimentatie - baggervolume - getijvolume

Uit de uitgevoerde studie blijkt duidelijk dat de onnauwkeurigheid op de basisgegevens (peilingen, lokalisatie van de baggervolumes) samen met het zeer groot aantal veranderlijken de oorzaak zijn van een zeer grote spreiding op de resultaten van de sedimentatieberekeningen.

Hierdoor is het onmogelijk om de effecten van één van deze variabelen met voldoende nauwkeurigheid te isoleren om tot konkrete besluiten te komen.

Bijgevolg is het nutteloos om over te gaan tot dergelijke detailanalyse alvorens de nauwkeurigheid van de basisgegevens opgevoerd is en de invloed van een serie andere externe factoren begroot is (klepzone, stortniveau, enz.).

14. ADVIES VOOR VERDERE STUDIE EN/OF MEETPROGRAMMA'S

14.1 INLEIDING

Om tot een betere kennis te komen van de fenomenen die meespelen in het sedimentatieproces van de Westerschelde kunnen er 2 verschillende opties genomen worden :

- * Een benadering die zich baseert op theoretische berekeningen met een relatief beperkt meetprogramma in situ.
- * Een benadering die ervan uitgaat dat de fenomenen en interacties in het sedimentatie- en baggerproces enkel in situ kunnen onderzocht worden.

Ongeacht de gevolgde methode dient evenwel eerst aandacht besteed te worden aan het opvoeren van de nauwkeurigheid van de reeds beschikbare basisgegevens (o.a. peilingen) en aan het opslaan van tot nu toe niet-geregistreerde gegevens onder meer in verband met het baggerproces.

14.2 DE THEORETISCHE BENADERING

In dit alternatief vertrekt men vanuit een globale benadering van het sedimentatieprobleem.

Uitgaande van de principes van de vloeistofmechanica, worden een aantal basisvergelijkingen opgesteld :

- de continuïteitsvergelijking voor de stroming
- de momentumvergelijking voor de stroming
- de continuïteitsvergelijking voor het sediment
- de vergelijking voor het sedimenttransport
- een vergelijking die de stromingsweerstand beschrijft (vb. Manning).

Mathematische modellen worden gebruikt om deze basisvergelijkingen op te lossen. Nochtans kan de betrouwbaarheid van de resultaten niet hoger liggen dan deze van de gebruikte vergelijkingen.

Eén der belangrijkste onzekerheden bijvoorbeeld is de gebruikte wrijvingsterm en -parameter in de momentumvergelijking. Daarom is een intensieve kalibratie vereist, waarvoor uiteraard de nodige metingen dienen uitgevoerd te worden.

Voor de Westerschelde zou aldus een algemeen mathematisch model voor sedimenttransporten kunnen gerealiseerd worden. Indien nodig kunnen lokaal detailmodellen uitgebouwd worden om specifieke analyses uit te voeren :

- sedimentatie in de toegangseu len tot de zeesluizen
- te verwachten invloed van de toegang tot de Berendrecht sluis
- het gedrag van de vaargeul in de omgeving van de geplande diepwaterkade.

Het voordeel van dergelijke modellen is, dat men over een instrument beschikt om SIMULATIES UIT TE VOEREN.

Zo kan de invloed van een verdieping in een stortzone geanalyseerd worden, terwijl alle overige parameters konstant gehouden worden. Een verandering in de bathymetrie kan worden gesimuleerd. Het sedimenttransport van drempel tot drempel kan begroot worden. Men kan nagaan of er retourstromen zijn enz.

Het is duidelijk dat zulke modellen vooral nuttig zijn wanneer de complexiteit van de natuur niet toelaat de invloed van een bepaalde parameter te begroten of om dure ingrepen te simuleren (bv. het uitcutteren van de Schaar) of om prognoses te maken bij de planning van infrastructuurwerken.

14.3 DE EMPIRISCHE BENADERING

Hierbij vertrekt men van de continue registratie van de baggertechnische gegevens tijdens de normale werkzaamheden. Uiteraard dient men ernaar te streven de nauwkeurigheid van de gegevens op te voeren; voor de Schelde zou dit neerkomen op :

- regelmatige peilingen, zeker van de bagger- en klepzones
- de installatie van een nauwkeurig datalog systeem aan boord van de hopperzuiger, dat alle relevante gegevens van het baggerproces opslaat.

De combinatie van peil- en baggergegevens die zo worden verzameld in een data-base, biedt de mogelijkheid om deze gegevens statistisch te verwerken.

Het vergaren van gegevens kan ook gebeuren door het uitvoeren van gerichte meetcampagnes. Op basis van deze meetcampagnes probeert men een inzicht te verwerven in een aantal geïsoleerde deelproblematieken waardoor langzaam een volledig beeld van het sedimentatiegedrag in de Westerschelde wordt opgebouwd.

Het voornaamste nadeel ligt in het feit dat men slechts langzaam komt tot een globaal beeld voor de ganse Westerschelde zodat de mogelijkheid bestaat dat men zich, vooral in een beginfase, blindstaart op detailproblemen.

Het voordeel van deze methode ligt in het feit dat men bij elke verdere stap vertrekt van de resultaten van de vorige fase.

De inzichten die aldus verworven worden kunnen steeds onmiddellijk gebruikt worden bij het vastleggen van de volgende baggerplannen en bij de planning van verdere meetcampagnes.

14.4 AANBEVELINGEN

Uitgaande van een vergelijking tussen beide mogelijkheden en van de problemen die zijn gerezen tijdens de voorliggende studie menen wij dat met de empirische benadering dient gestart. Zodra men over voldoende gegevens beschikt en inzicht verworven heeft in de onderlinge samenhang en de interacties tussen de belangrijkste grootheden, kunnen mathematische modellen ontwikkeld worden. In dit proces zijn de volgende fasen te realiseren :

14.4.1 Nauwkeuriger bepalen en registreren van de bagger- en klepplaatsen en de registratie van baggertechnische karakteristieken

Een continue registratie van de lokatie tijdens het baggeren en het kleppen geeft een verhoogd inzicht in de ruimtelijke verdeling van uitgravingen en aanvullingen. Dit is essentieel om via een koppeling met peilgegevens de sedimentatie te kunnen bepalen.

De registratie van de parameters en grootheden uit het baggerproces kan slechts gebeuren wanneer aan boord van de baggerschepen een systeem voor datalogging aanwezig is. Dergelijk systeem laat een directe rapportering toe per schip.

Tevens biedt dit een basis voor een nauwkeuriger analyse via een centrale verwerkingseenheid van bepaalde parameters die de baggerproductiviteit beïnvloeden (sleeplengte, beladingsgraad, overloopverliezen e.d.).

De volgende parameters komen in aanmerking om geregistreerd te worden :

- de diepte van de zuigkop
- de opgezogen hoeveelheid per vak, uitgaande van de ogenblikkelijke zuigproductie, gebaseerd op concentratie- en snelheidsmetingen.
- de totale beuninhoud per reis
- de totale zuigproductie per reis
- het effectief aantal zuiguren per reis
- het aantal vaaruren (naar stort of klepzone) per reis
- de karakteristieken van het schip (bv. beuninhoud).
- de beladingsdiagrammas

14.4.2 Verbetering van de nauwkeurigheid van de baggerwerkzaamheden

Naast het registreren van het baggerproces, dient ook een verbetering nagestreefd te worden van de baggeractiviteiten zelf. Dit kan gebeuren door het aan boord ter beschikking stellen van informatie waardoor de baggerdiepte beter gekend is. Deze volgt uit de positie van de zuigkop die voornamelijk door twee factoren beïnvloed wordt :

- de positie van het baggerschip. Deze informatie wordt sinds enkele jaren continu bepaald met behulp van het plaatsbepalingssysteem DINASY.
- de exacte diepte van de zuigkop. De diepte van de kop t.o.v. het schip wordt permanent aangegeven aan boord. Indien tevens de getijhoogte op een continue wijze beschikbaar is aan boord dan kan de baggerdiepte veel accurater bepaald worden.

14.4.3 Verdere optimalisatie van de peilingen

Ondanks een goede "bar check" en een accurate calibratie voldoen de resultaten van een peiling niet steeds aan de verwachtingen. Inherent aan het principe van echo-soundings kunnen 3 soorten meetfouten worden onderscheiden :

1. fouten bij de peiling van de diepte
2. fouten inzake plaatsbepaling
3. fouten die betrekking hebben op de positie van de transducer t.o.v. de vaste omgeving, waartoe ondermeer het meten van het getij behoort.

De verdere optimalisatie van de peilingen heeft tot doel de fouten tijdens het meten te verkleinen of de invloed van fouten te verkleinen. Deze optimalisatie kan als volgt gerealiseerd worden :

- 1) ernaar streven om zoveel mogelijk dezelfde (deel)oppervlakken te meten tijdens een peilcampagne
- 2) het opvoeren van de frequentie der peilingen
 - hierdoor wordt de continuïteit in de meetreeksen verhoogd, zodat controles op consistentie tussen opeenvolgende peilingen mogelijk is
 - bovendien wordt de invloed van individuele afwijkingen kleiner door het toegenomen aantal metingen
- 3) het opvoeren van de densiteit der peilingen door het verkleinen van de tussenafstand der raaien
 - hierdoor worden interpolatiefouten bij de schematisatie verkleind
- 4) het volgen van vaste raaien tijdens het peilen
 - dit is noodzakelijk om consistentie van de peilingen te bekomen
 - hierdoor kan op een systematische manier geschematiseerd worden uitgaande van vergelijkbare peilingen

- 5) het bestrijken van een zo groot mogelijk gebied op een zo kort mogelijke tijd
 - zoals bleek bij de sedimentbalans is dat essentieel om het natuurlijk sedimenttransport, de verdieping of verondieping op een adequate manier te kunnen begroten en vergelijken met de gebaggerde volumes.
- 6) het aan boord registreren van het getij.

De punten 2 t.e.m. 6 zijn fundamenteel om de uitgangsnauwkeurigheid voor alle verdere berekeningen te vergroten.

De enige oplossing om aan deze eisen te voldoen is de realisatie van een automatisch peilsysteem met voldoende hoge snelheid.

Anderzijds is het van kapitaal belang te beschikken over een automatisch verwerkingssysteem om de peilresultaten zo juist mogelijk te beoordelen en om de metingen te kunnen onderwerpen aan een kwaliteitskontrolle.

Dit houdt in :

- 1) het uitwerken van een alarmsysteem dat reeds aan boord "onwaarschijnlijke metingen" signaleert (bv. sterk afwijkende metingen in vergelijking met de voorgaande peilingen).
Dit laat de operator toe onmiddellijk in te grijpen door opnieuw te peilen, de peilapparatuur te kontroleren of te herkalibreren enz.
- 2) het uitbouwen van een aantal verwerkingsprogramma's die bij voorkeur interactief opgesteld worden. Hierdoor worden diskretisatiefouten uitgeschakeld, kunnen filterprocedures voorzien worden en kan bovendien een belangrijke tijdswinst gerealiseerd worden.

Een bijkomend voordeel is dat de peilinformatie vlugger ter beschikking komt voor interpretatie en het opstellen van aangepaste baggerschema's.

14.4.4 De realisatie van een aantal specifieke doelgerichte meetcampagnes

Hierbij is het de bedoeling om het effect van een aantal parameters en/of maatregelen te bepalen en te beoordelen.

Voorafgaandelijk aan de metingen dient telkens duidelijk bepaald te worden wat het doel van de meetcampagne is en welke metingen er dienen uitgevoerd te worden om dit doel te bereiken.

Een aantal mogelijkheden zijn :

- * De aanpassing van de baggerstrategie zoals beschreven in dit rapport
- * Bepaling van de invloed van eventuele grootschalige bagger- of klepwerkzaamheden (bijv. in de Schaar van Ouden Doel)
- * Bepaling van de invloed van de sleeplengte (lengte van het baggervak) op de produktiviteit van de baggerschepen
- * Bepaling van de invloed van de baggertolerantie op de produktiviteit
- * Meting van het agitatie-effect tijdens de onderhoudsbaggerwerken
- * Invloed van de lokatie van de klepplaatsen.
- * Invloed van kleppen ten opzichte van opspuiten.

14.5 SAMENVATTING VAN DE AANBEVELINGEN

De belangrijkste aanbevelingen ter optimalisatie van de baggerwerken kunnen als volgt worden samengevat :

1. De getijhoogte dient kontinu beschikbaar te zijn aan boord om overdieptes te kunnen vermijden.
2. De registratie van het baggerproces met behulp van een datalog-systeem aan boord van de baggerschepen is essentieel.
3. Om het sedimentatie- en baggerproces te kunnen opvolgen en evalueren is een optimalisatie van de peilingen noodzakelijk. Dit houdt zowel een verkleining in van de intrinsieke meetfout als de realisatie van een automatisch peil- en verwerkingssysteem.
4. Het uitvoeren van doelgerichte meetcampagnes is nodig om het effect van een aantal parameters en maatregelen te begroten.

De realisatie van elk van deze onderdelen dient uiteraard gesitueerd te worden binnen een periode van meerdere jaren. De daartoe noodzakelijke planning kan slechts vorm krijgen nadat een aantal prioriteiten zijn vastgesteld, rekening houdend met budgetaire en uitvoeringstechnische beperkingen.

LIJST DER BIJLAGEN

1. Tijdsevolutie van peil-, bagger- en sedimentatiegegevens
2. Gemiddelde Drempel van Zandvliet
3. Aantal peilingen op de Drempel van Zandvliet
4. Gemiddelde wekelijkse sedimentatie op de Drempel van Zandvliet
5. Baggerinformatie
 - 5.1 Aantal gebaggerde weken
 - 5.2 Gebaggerde laagdikte
6. Regressielijnen
7. Literatuuroverzicht inzake "Uitleveringscoëfficiënten"

BIJLAGE 1 : Tijdsevolutie van peil-, bagger- en sedimentatiegegevens

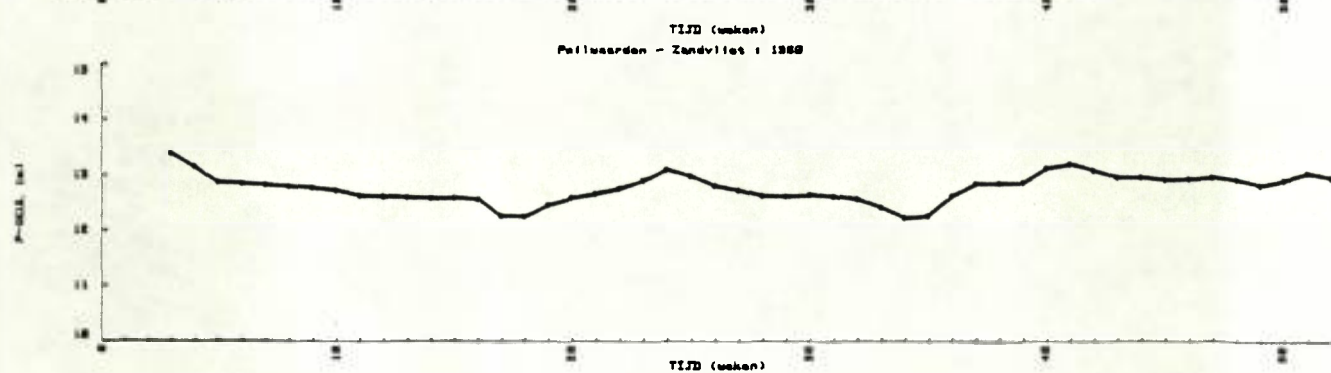
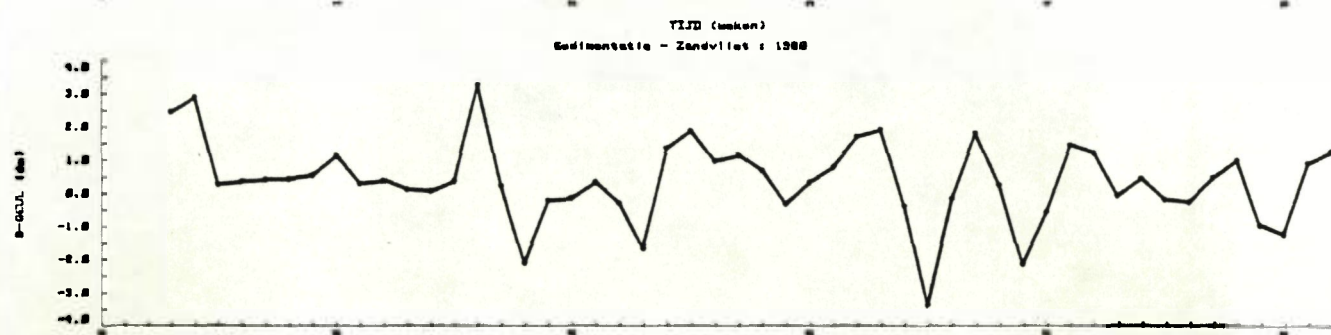
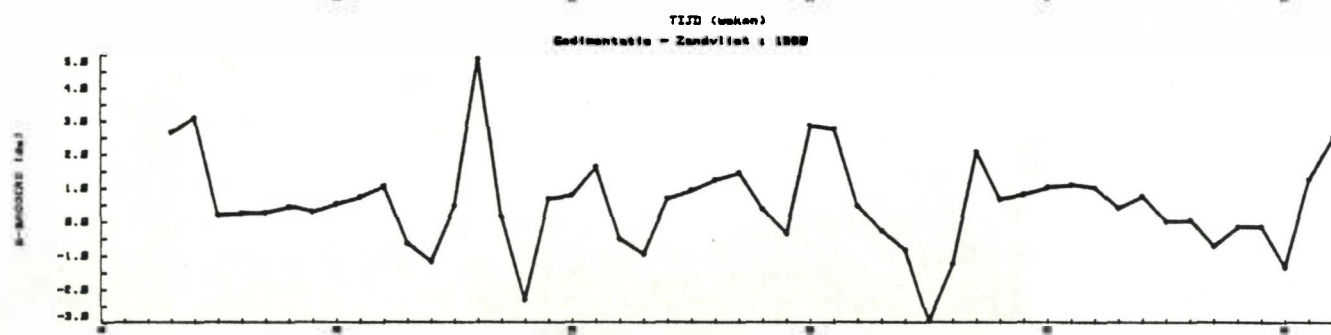
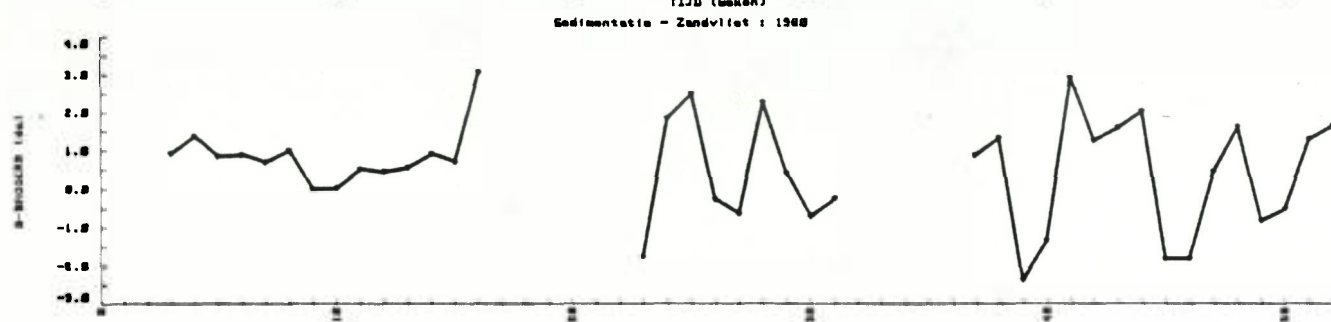
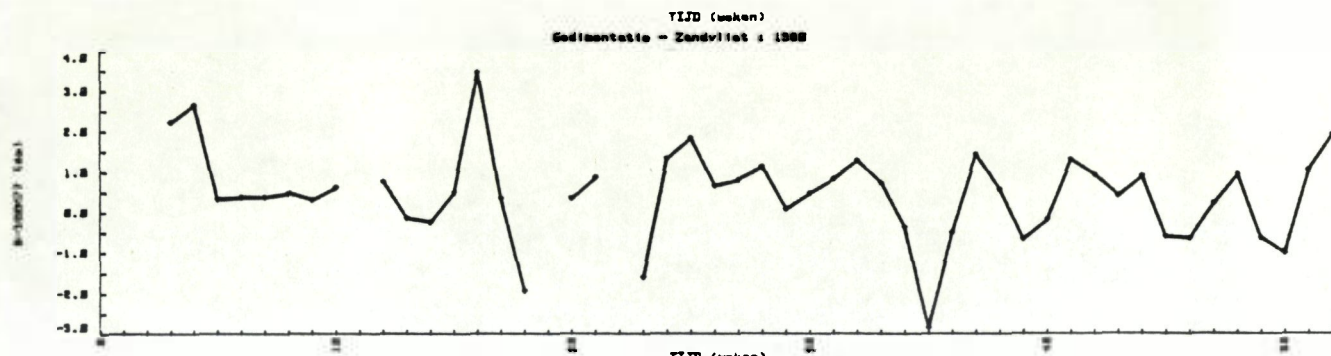
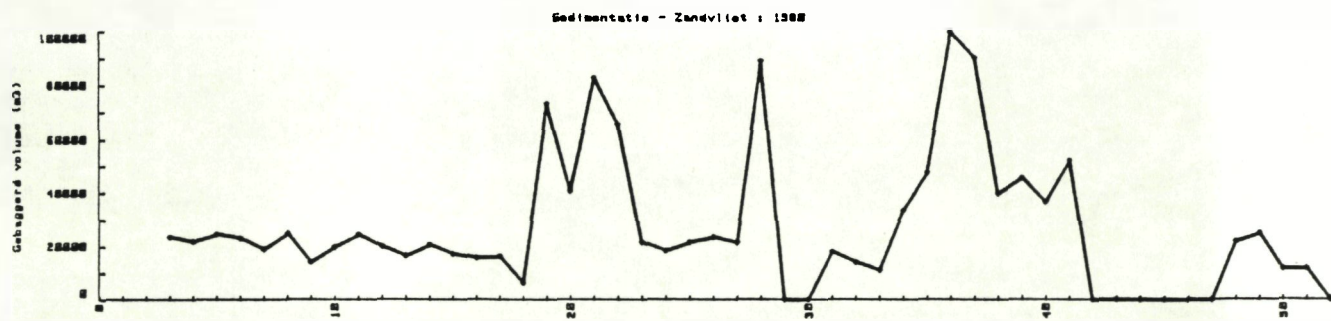
1980

1981

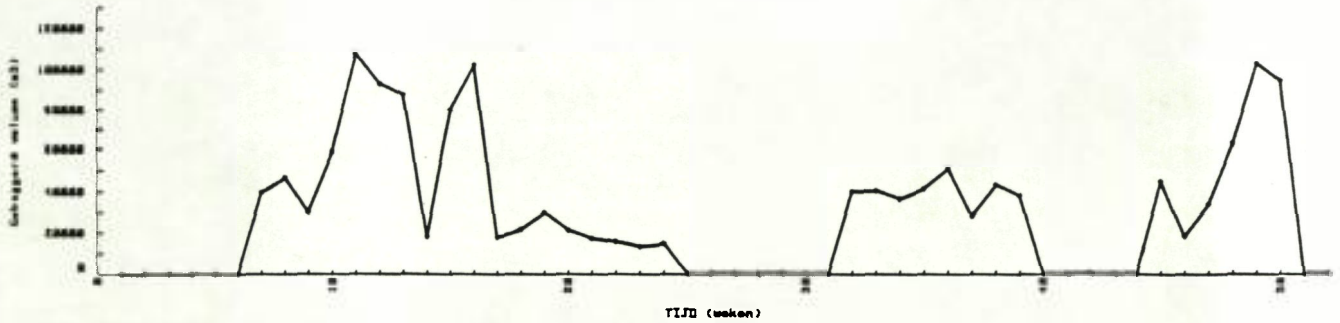
1982

1983

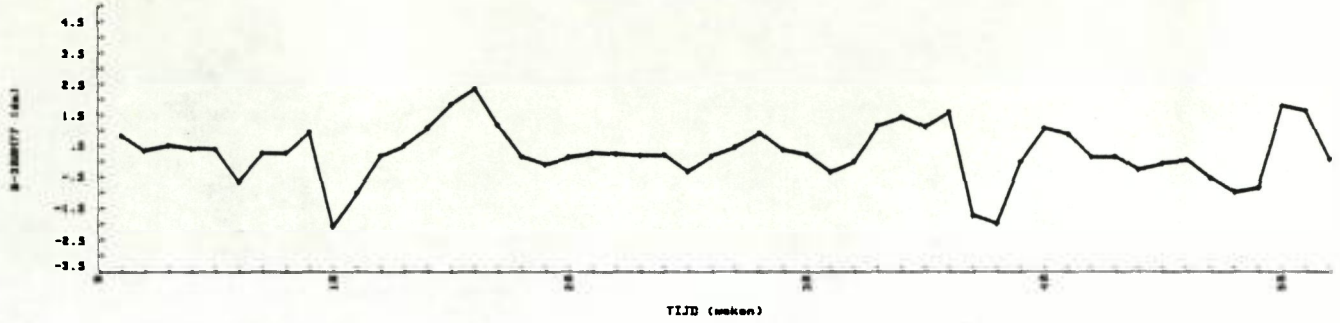
1980 - 1983



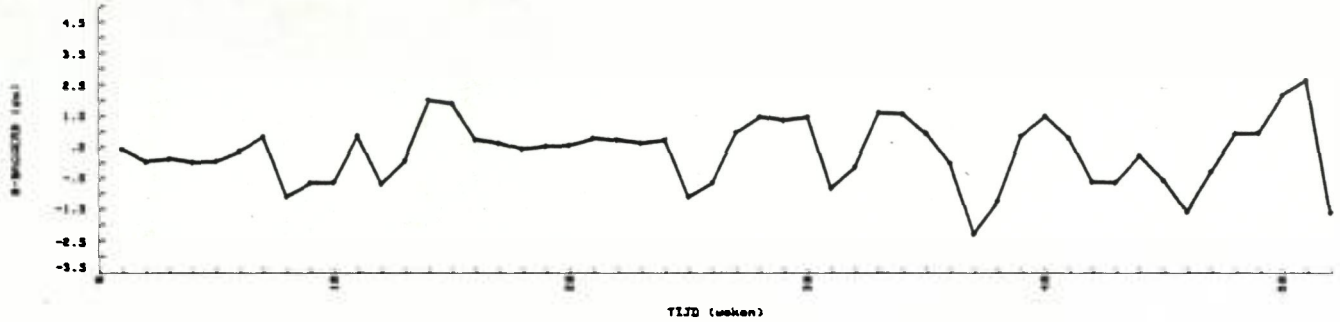
Sedimentatie - Zandvliet : 1981



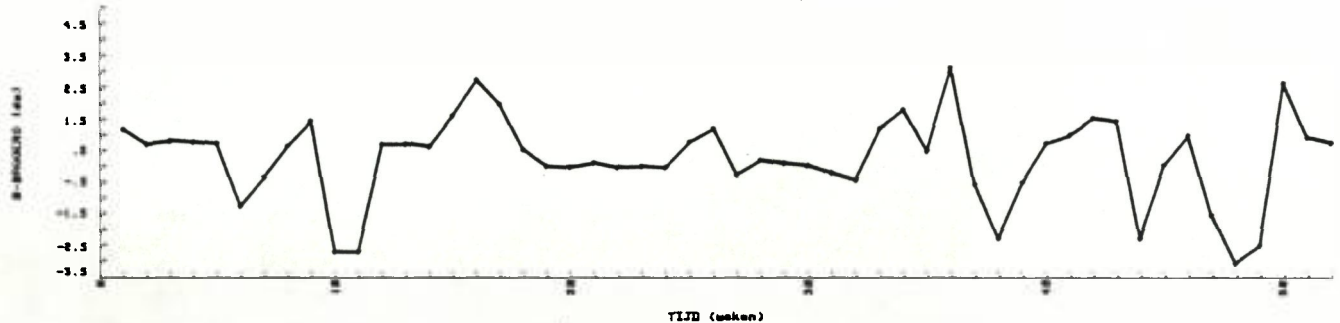
Sedimentatie - Zandvliet : 1981



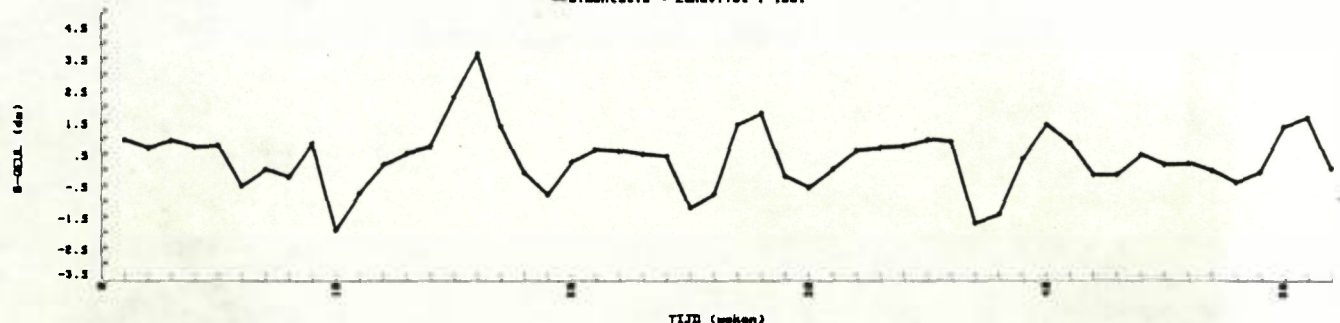
Sedimentatie - Zandvliet : 1981



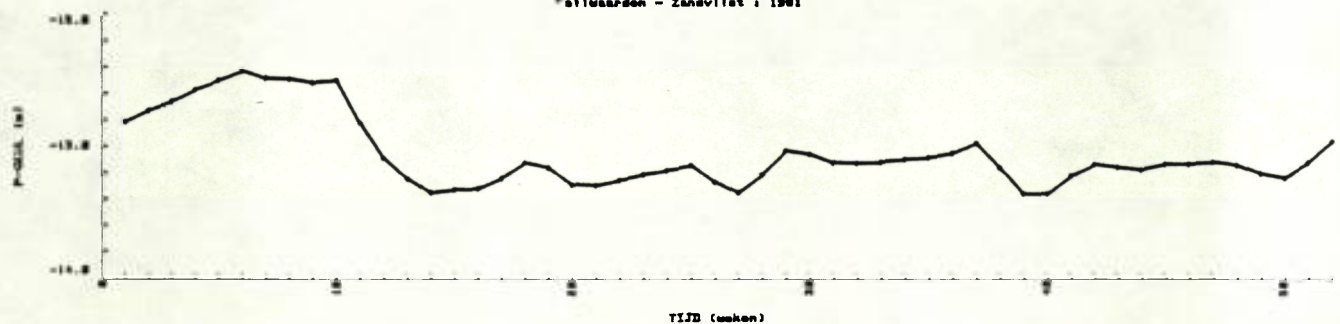
Sedimentatie - Zandvliet : 1981



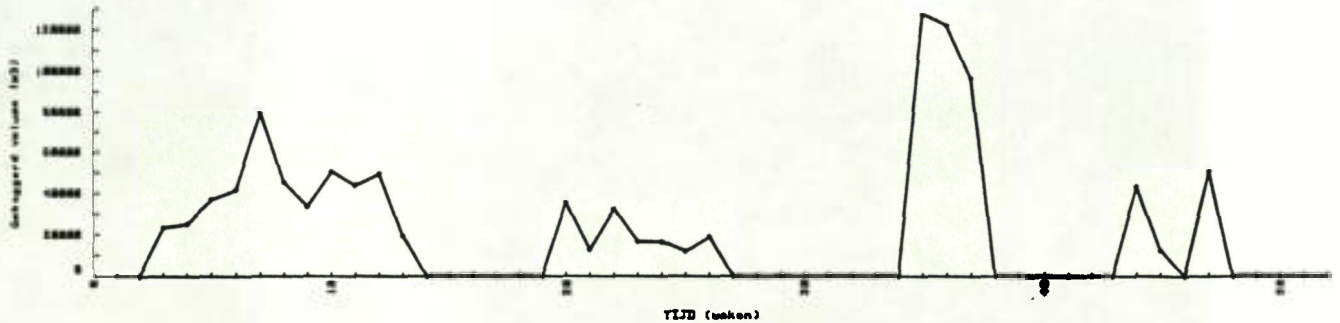
Sedimentatie - Zandvliet : 1981



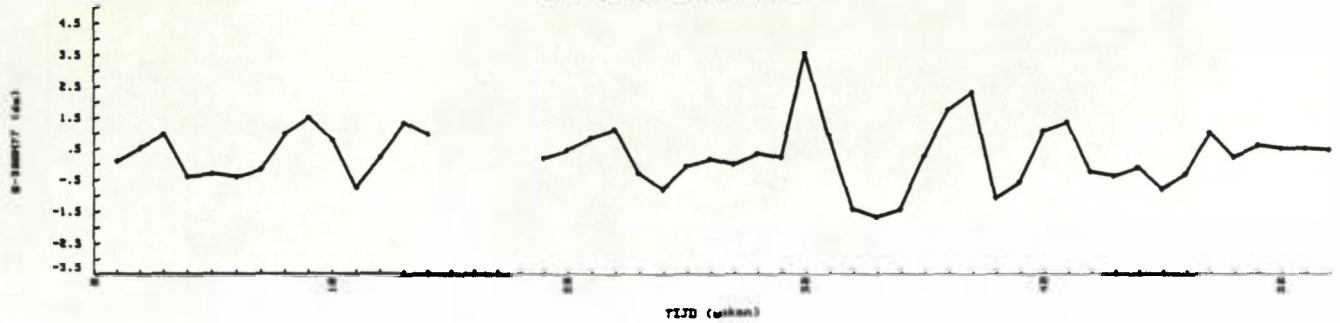
Peilwaarden - Zandvliet : 1981



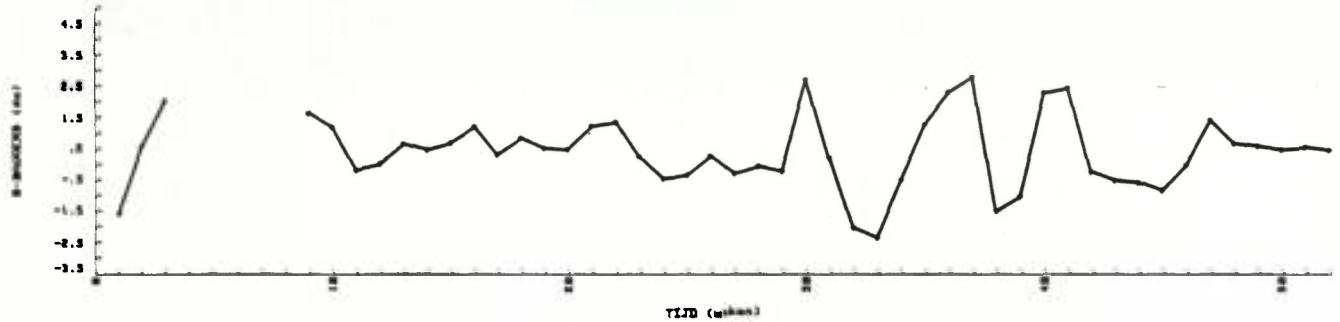
Sedimentatie - Zandvliet : 1982



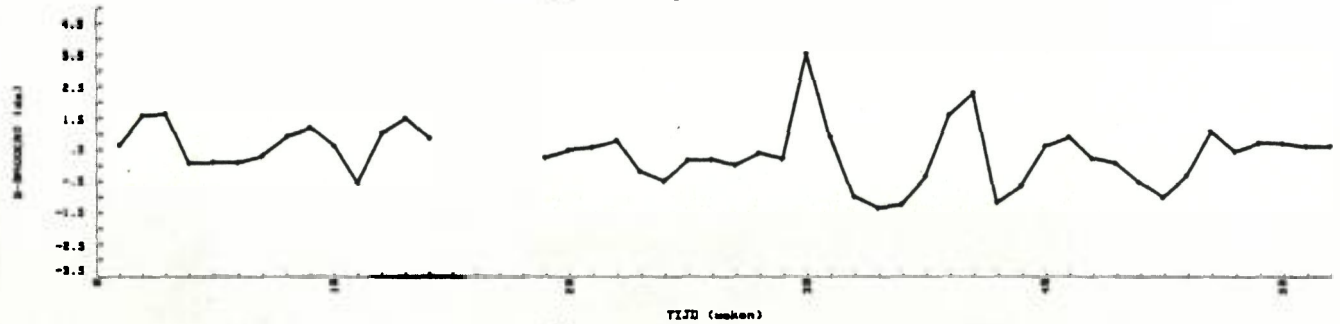
Sedimentatie - Zandvliet : 1982



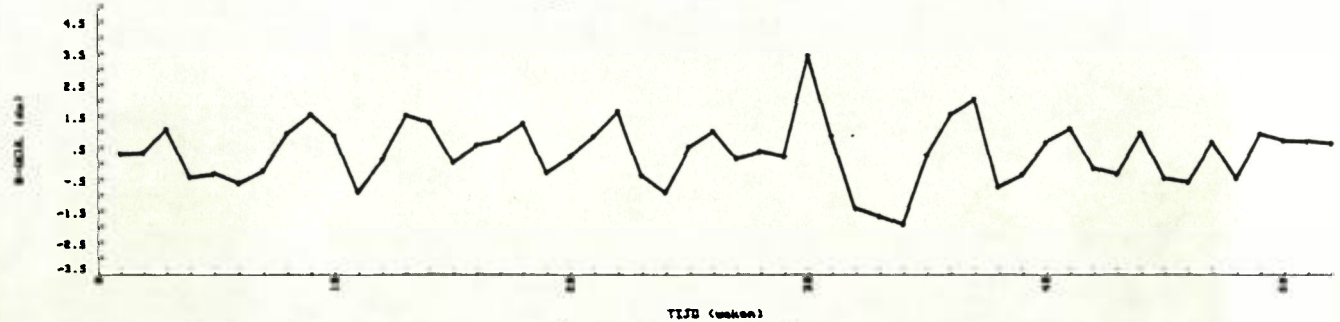
Sedimentatie - Zandvliet : 1982



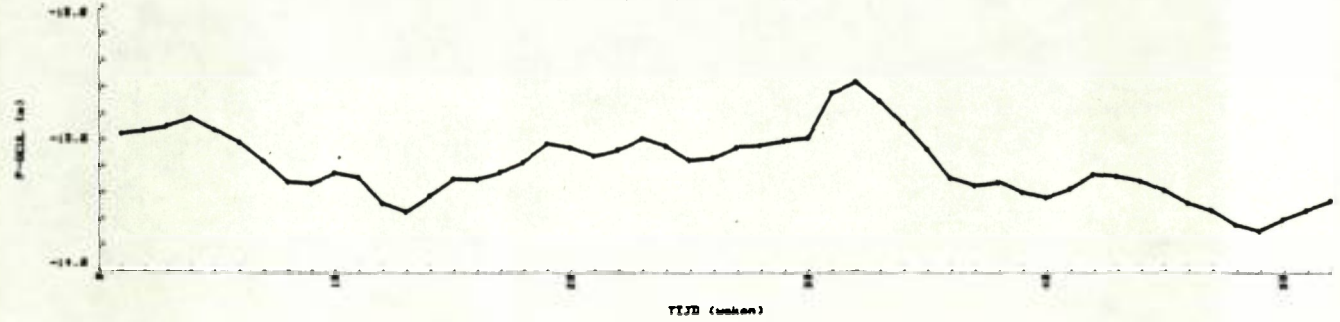
Sedimentatie - Zandvliet : 1982



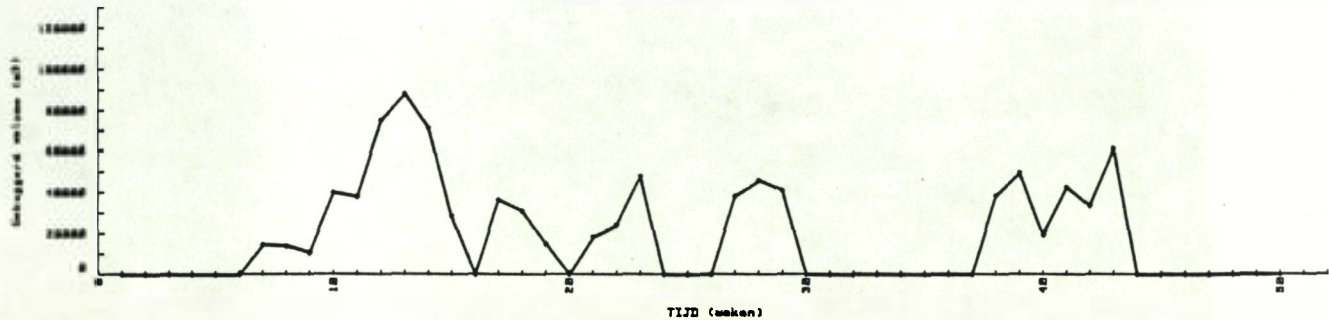
Sedimentatie - Zandvliet : 1982



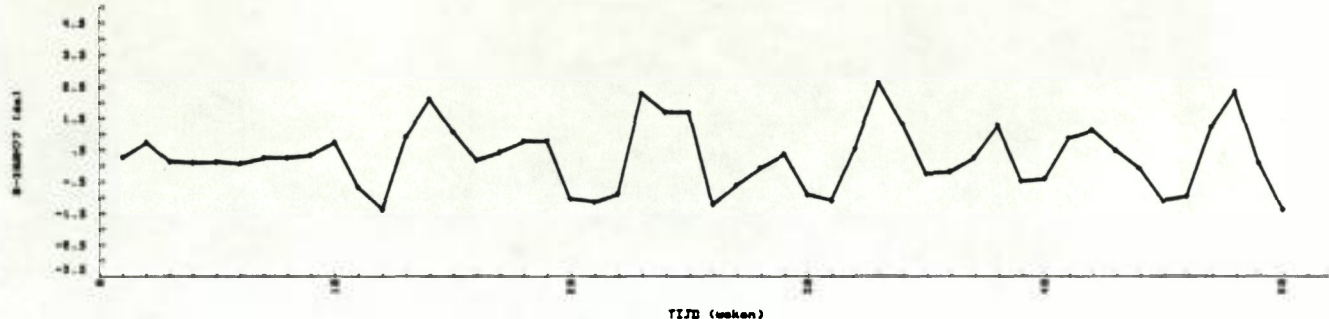
Pellende - Zandvliet : 1982



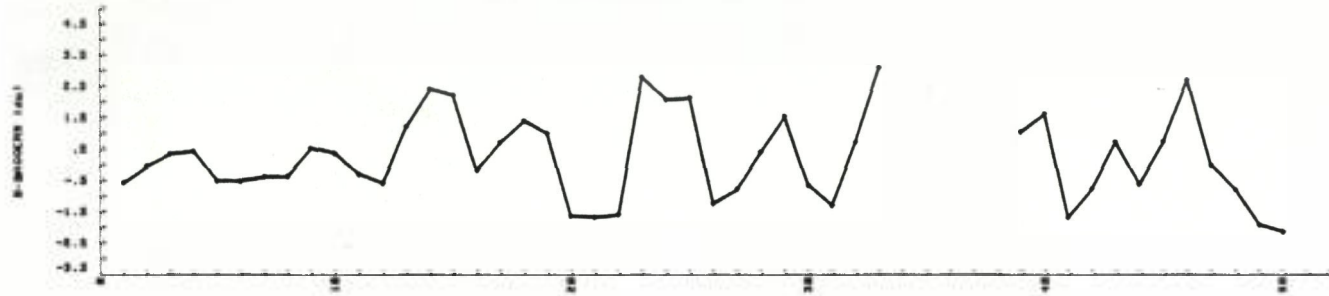
Sedimentatie - Zandvliet : 1983



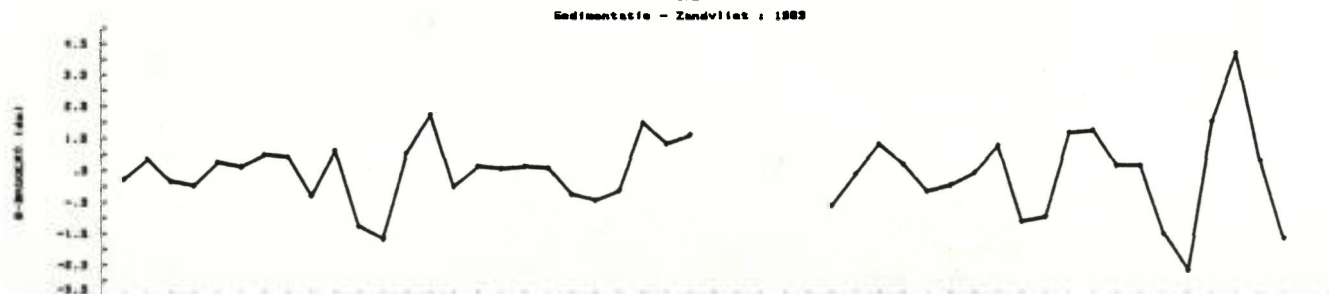
Sedimentatie - Zandvliet : 1983



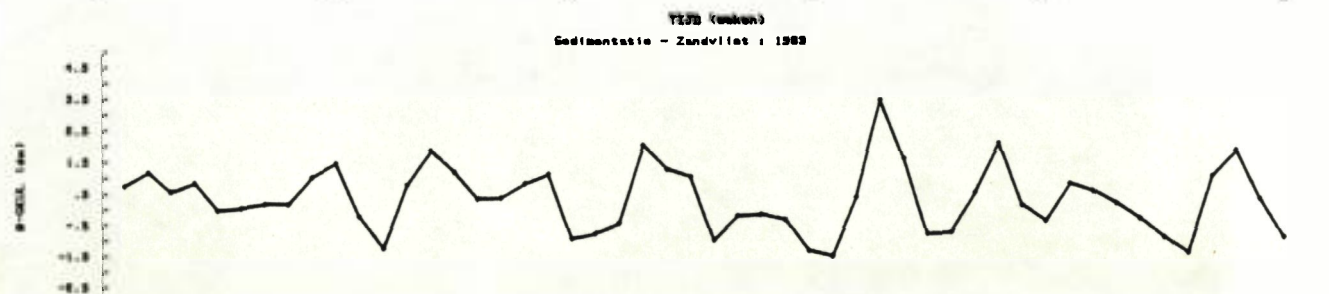
Sedimentatie - Zandvliet : 1983



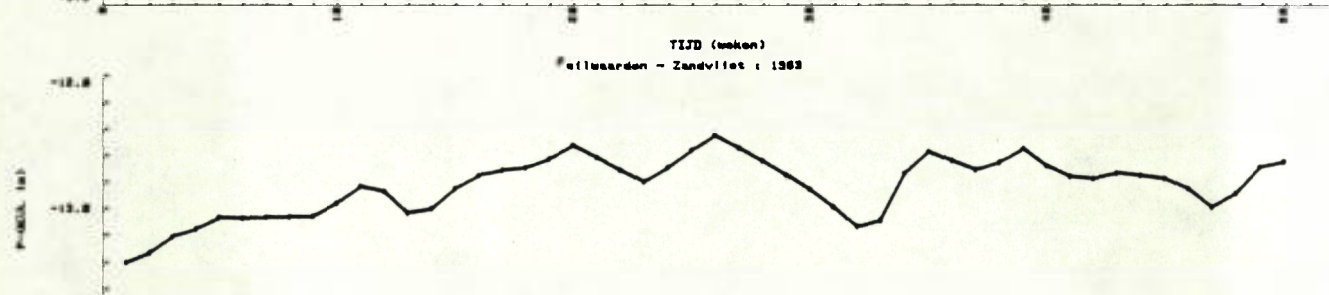
Sedimentatie - Zandvliet : 1983



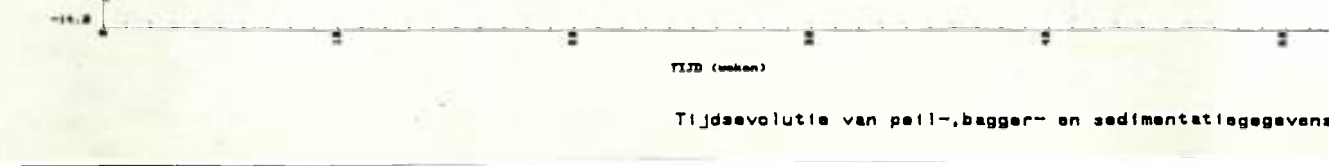
Sedimentatie - Zandvliet : 1983



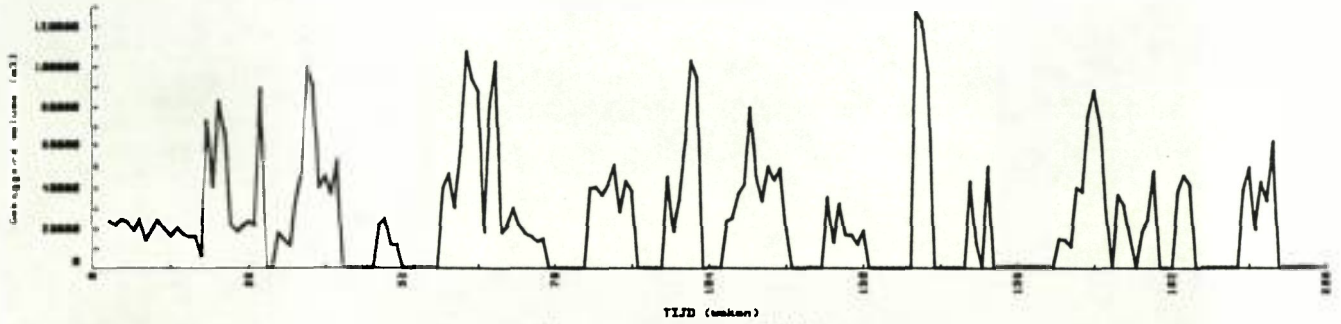
Sedimentatie - Zandvliet : 1983



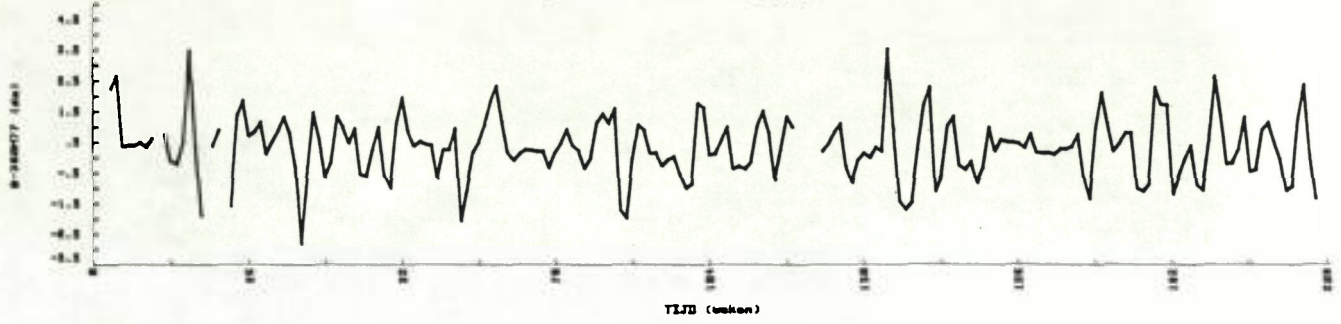
Sedimentatie - Zandvliet : 1983



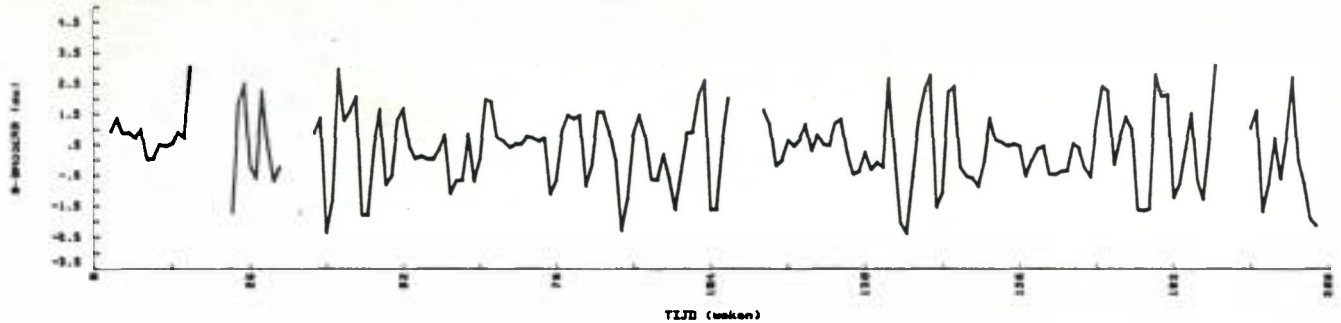
Sedimentatie Zandvliet: 1980-83



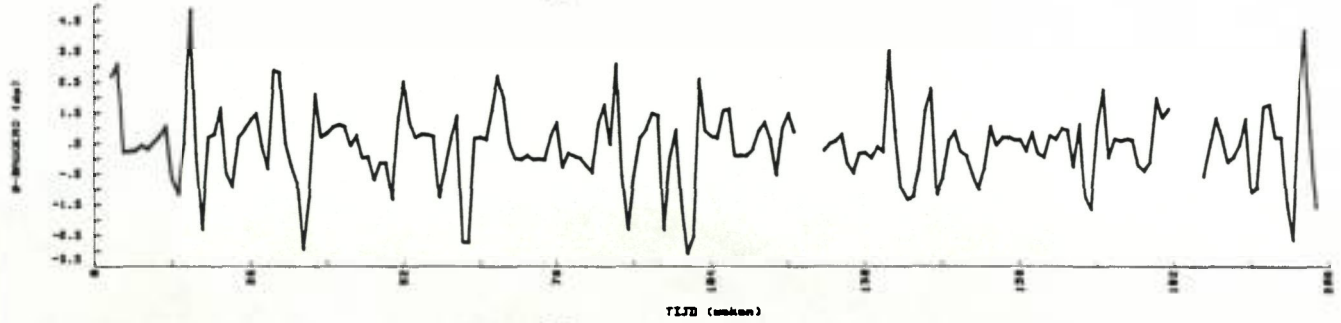
Sedimentatie - Zandvliet: 1980-83



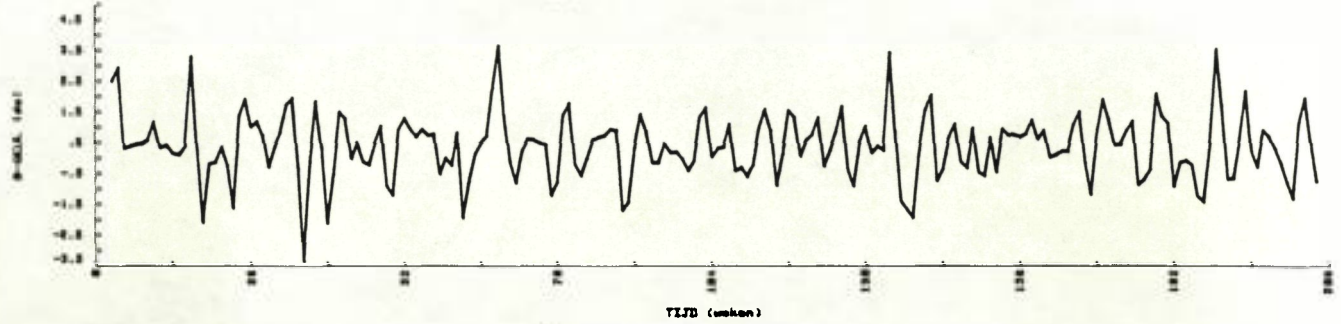
Sedimentatie Zandvliet: 1980-83



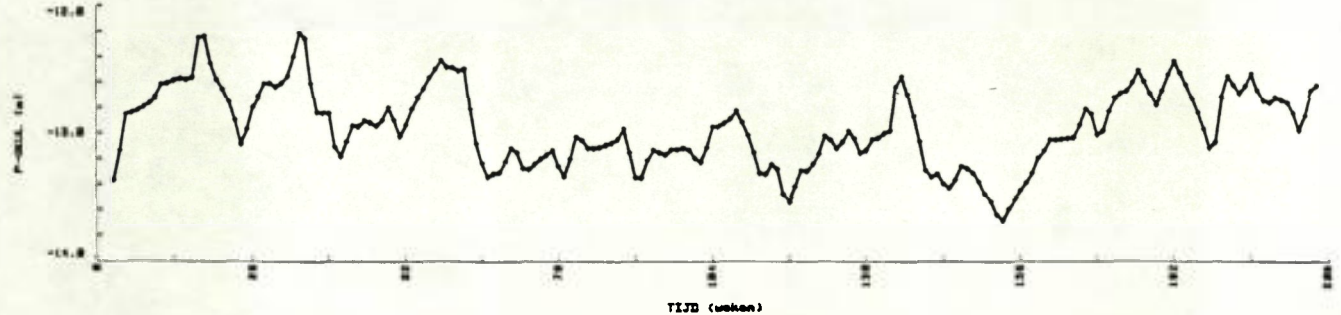
Sedimentatie Zandvliet: 1980-83



Sedimentatie Zandvliet: 1980-83



Pelisaarden - Zandvliet: 1980-83



BIJLAGE 2 : Gemiddelde drempel van Zandvliet

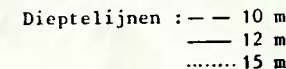
1980

1981

1982

1983

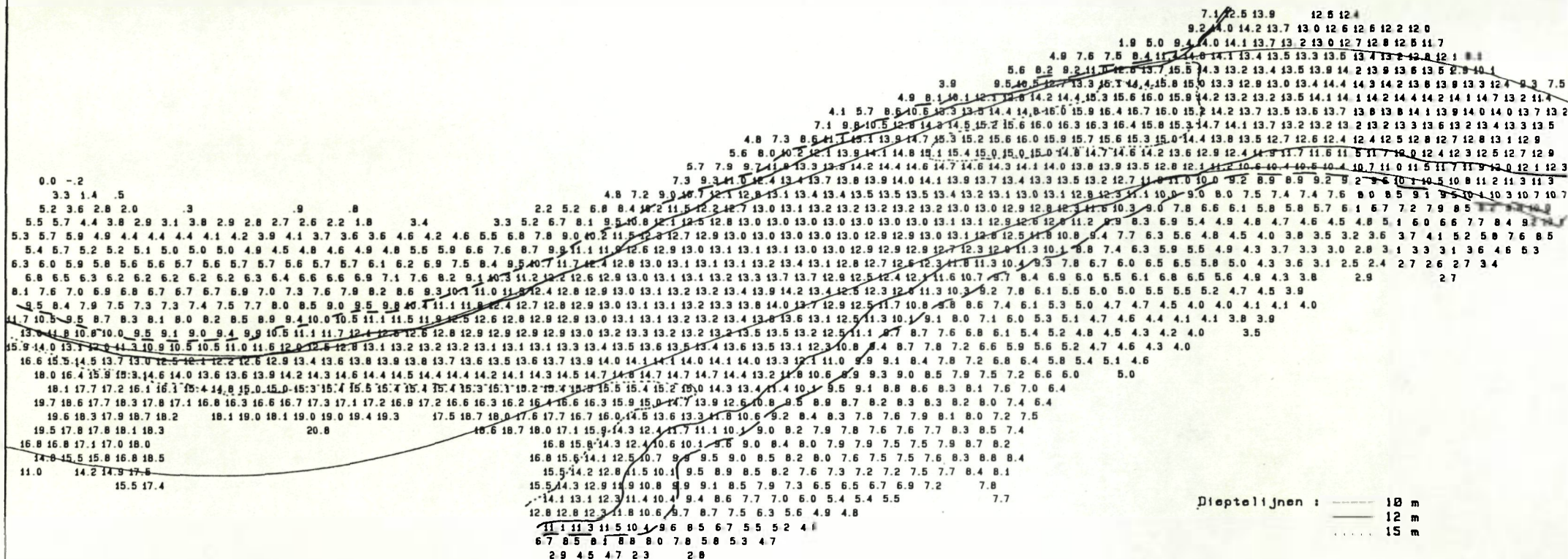
1980 - 1983



Diepten in meter t.o.v. GLLN

X 141000
229000

X 143000
227000



Dieptelijnen : ——— 10 m
————— 12 m
..... 15 m

I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHDELDE : Peiling

Drempel van Zandvliet

1981

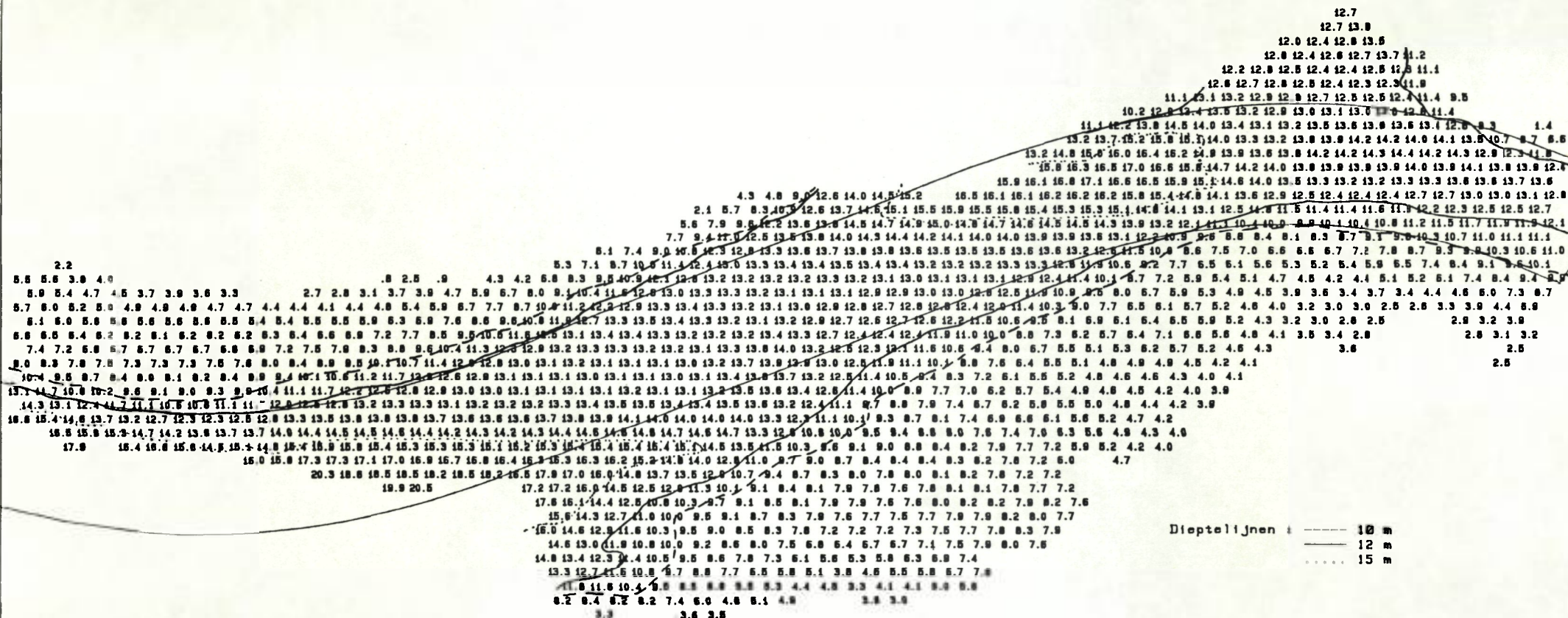
Plan

X 10000
227000

X 141000
226000

Diepten in meter t.o.v. GLLH

X 143000
227000



Plans:

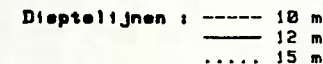
X 14 0000
21 7000

X 141880
226000

Diepten in meter t.o.v. GLLW

Gemiddelde drempel 1982

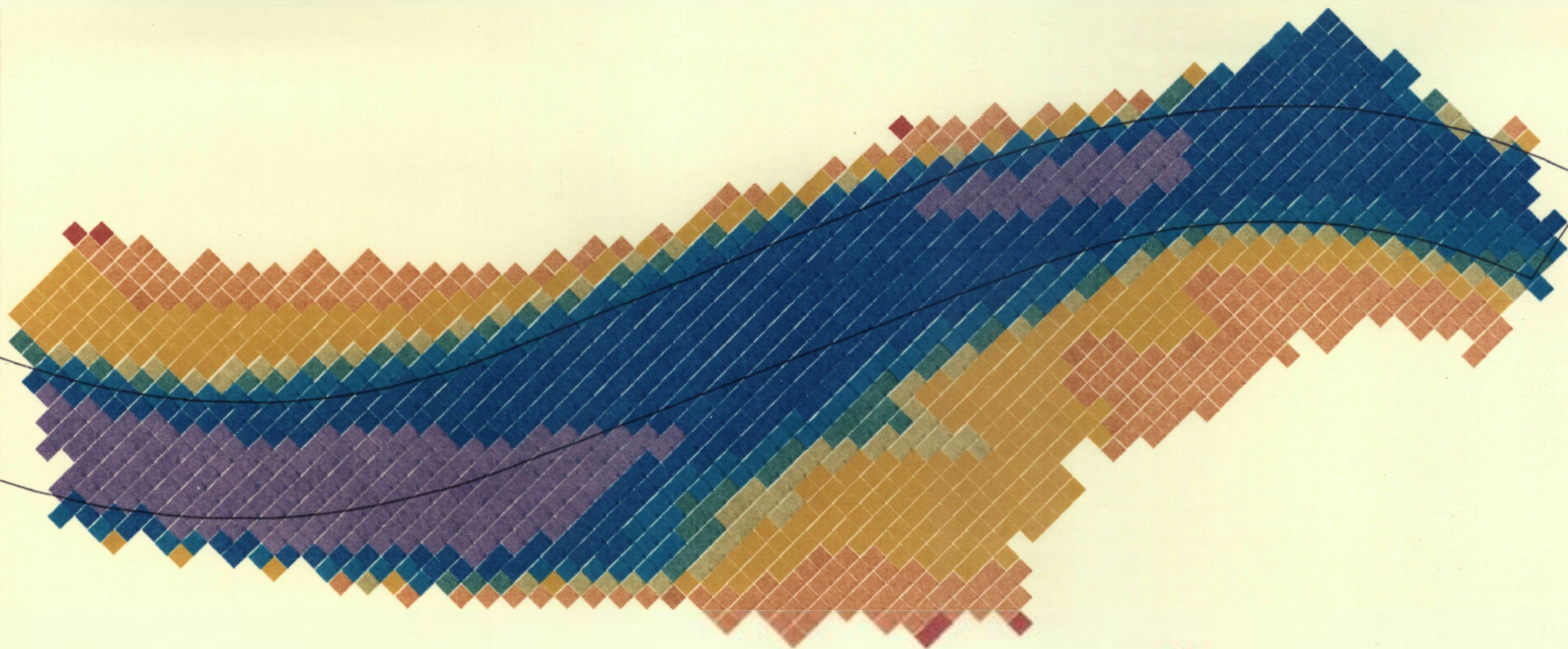
X 143000
227000



Gemiddelde drempel 1983

× 142000
226000

× 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHELDE : Peiling

Drempel van Zandvliet

1988-89 Schaal: 1/15000

× 140000
227000

× 141000
226000



Gemiddelde Diepte [m+GLLW]

BIJLAGE 3 : Aantal peilingen op de Drempel van Zandvliet

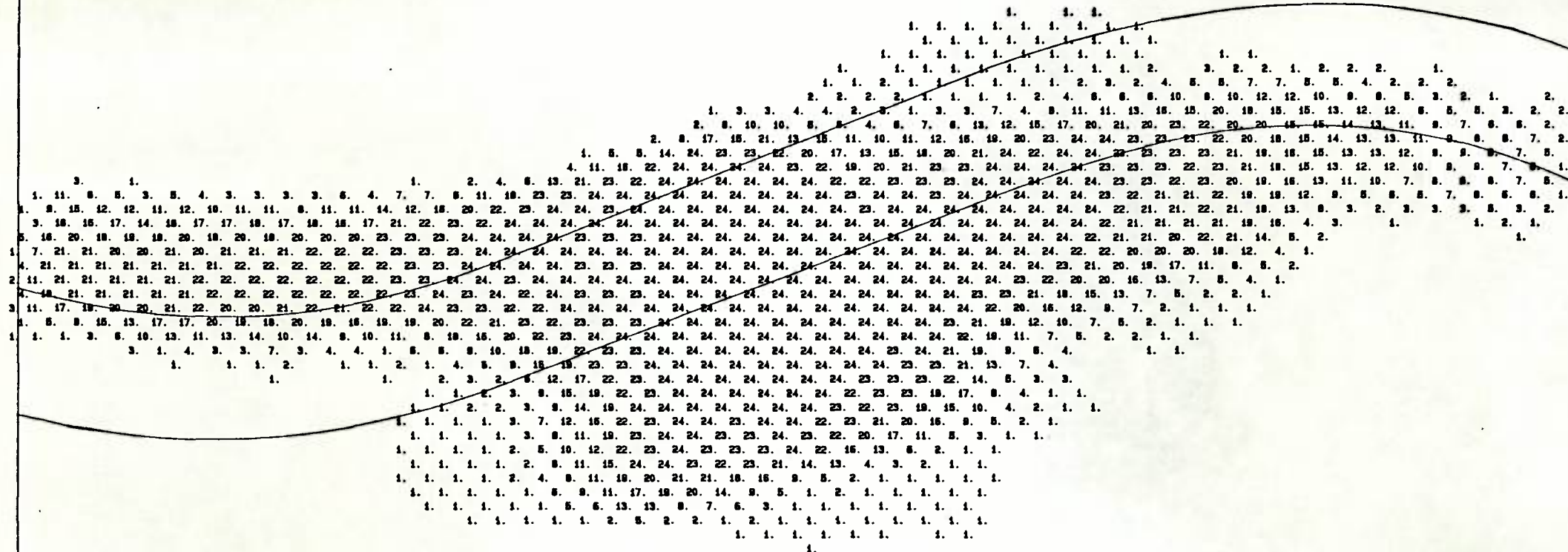
1980

1981

1982

1983

1980 - 1983



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de

WESTERSCHDELDE : Peilling

Drempel Zandvliet: peillingen

1980

Plan:

X 140000
227000X 141000
228000

× 141000
229000

× 143000
227000

Statistische zone HBAGGERB

Omhullende baggergebied

Statistische zone HBAGGERO

I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHDELDE : Peilling

Drempel Zandvliet: # peillingen

1981

Plans

× 40000
227000

× 141000
226000

Rental peillingen per roosterpunt 1981

× 141000
229000

× 143000
227000

Omhuilende baggergebied

Statistische zone HBAGGERB

Statistische zone HBAGGERO

I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de

WESTERSCHELDE : Peiling

Drempel Zandvlist: + peilingen

1982

Plan:

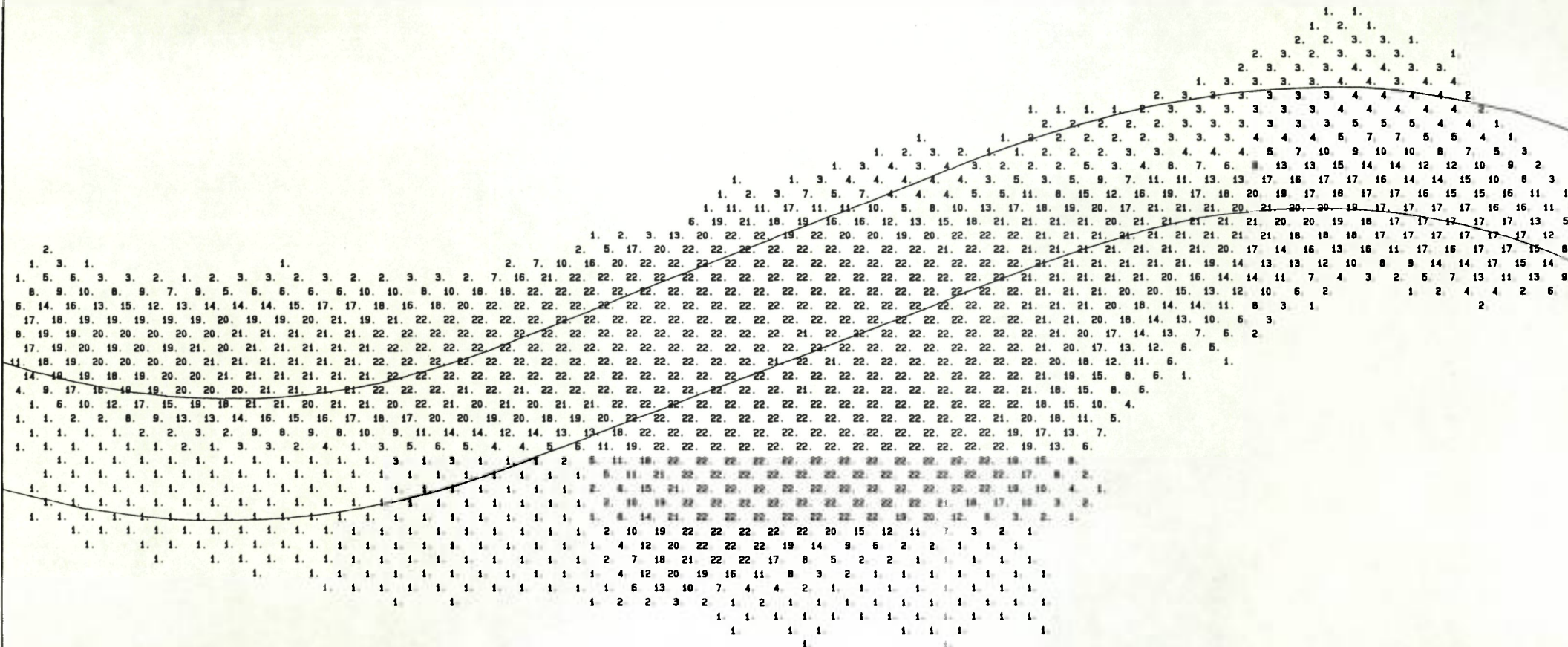
× 140000
227000

× 141000
226000

Rantal peilingen per roosterpunt 1982

X 141000
227000

X 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de

WESTERSCHDELDE : Peiling

Drempel Zandvliet ♦ peilingen

1983

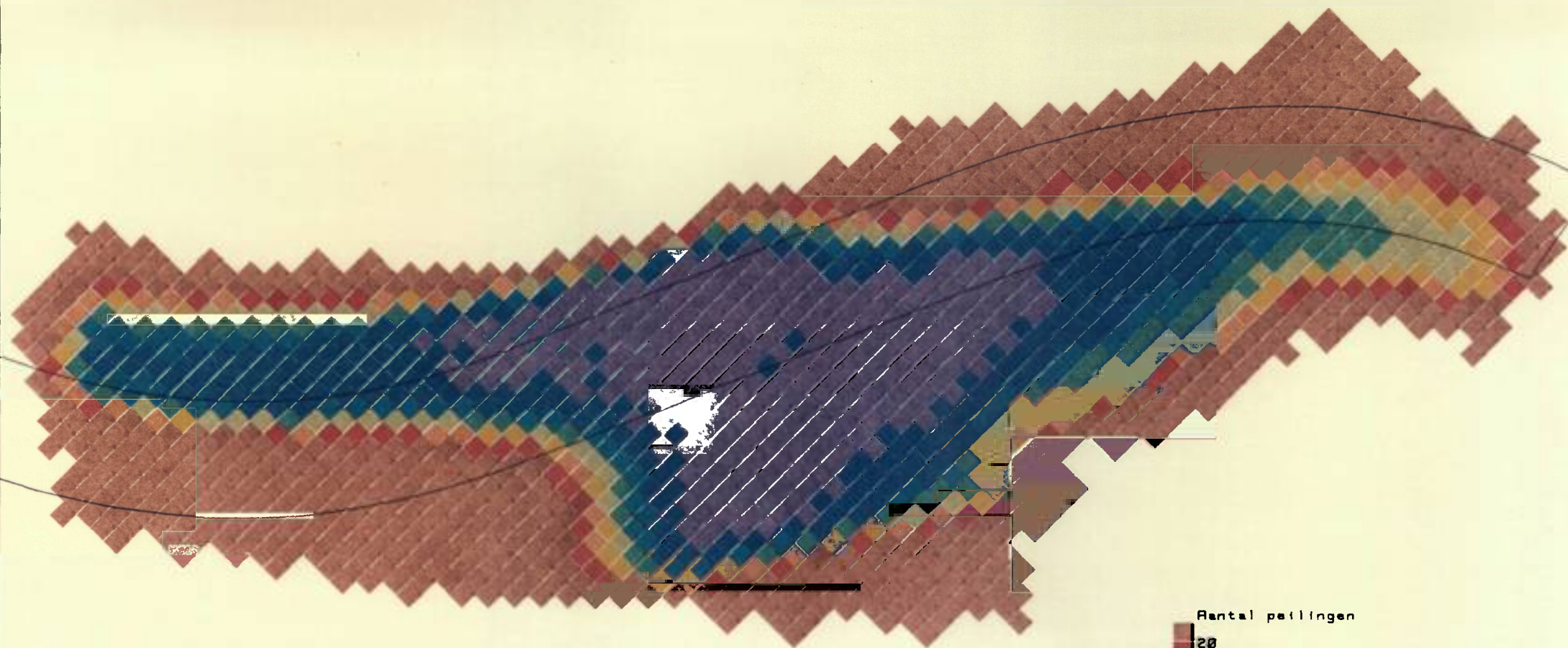
Plan:

X 140000
227000

X 141000
226000

× 141000
229000

× 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHELDE : Peiling

Drempel van Zandvliet

1980-83 Schaal: 1/15000

Rantel uitgevoerde peilingen

× 140000
227000

× 141000
226000

Rantel peilingen

20
30
40
50
60
70
80
90

BIJLAGE 4 : Gemiddelde wekelijkse sedimentatie op de Drempel van Zandvliet

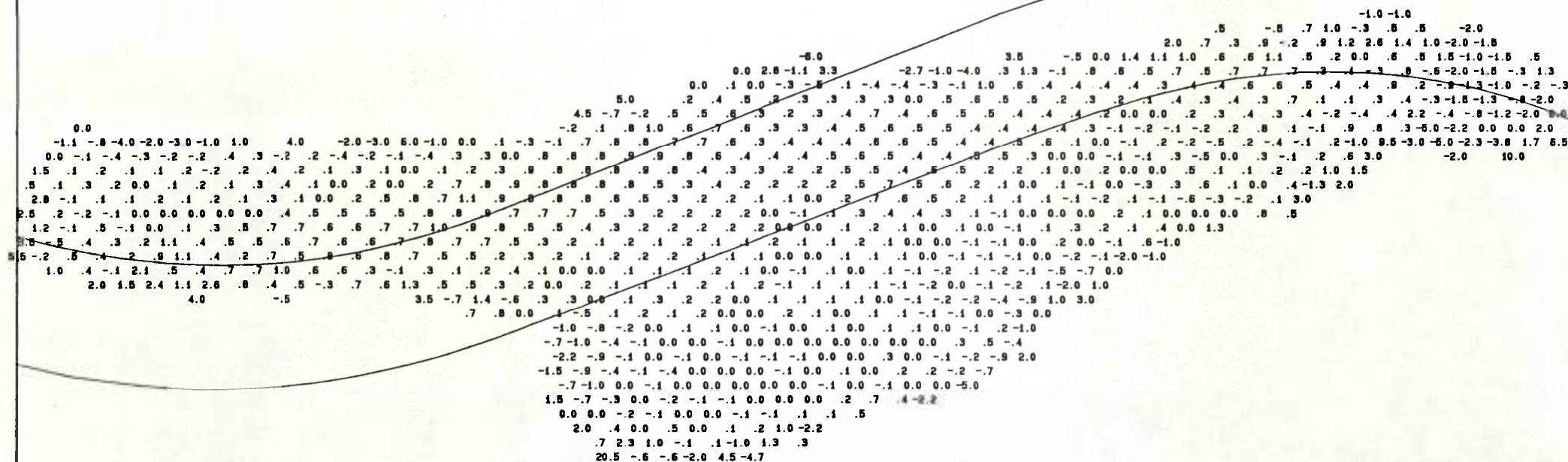
1980

1981

1982

1983

1980 - 1983



I.M.D.C. nv

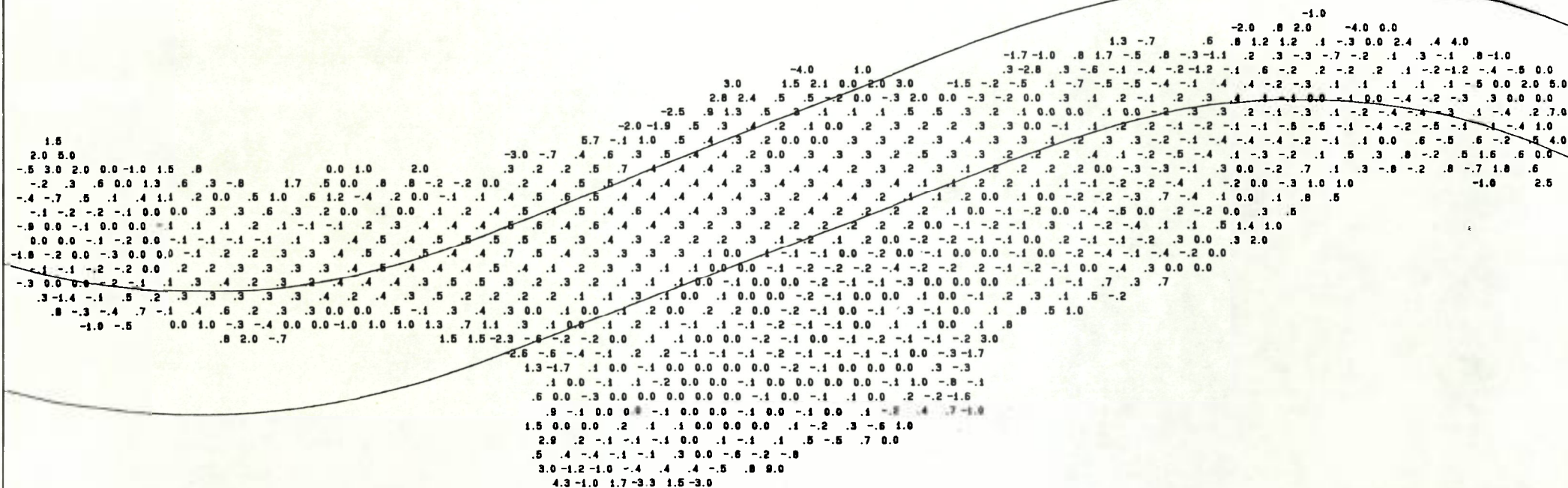
OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHELDE : SedimentatieDrempel Zandvliet: gemiddelde
1988X 140000
227000X 141000
226000

Sedimentatie (dm) is positief

Gemiddelde wekelijkse sedimentatie (in dm)

× 141000
229000

× 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de

WESTERSCHDELDE : Sedimentatie

Drempel Zandvliet: gemiddelde

1981

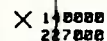
× 140000
227000

× 141000
226000

Sedimentatie (dm) is positief

Gemiddelde wakkelijke sedimentatie 1981

X 143000
227000



X 141000
226000

Gemiddelde wettelijke sedimentatie 1982

X 141000
229000

X
143000
227000

I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN IN DE

WESTERSCHELDE : Sedimentatie

Drempel Zandvliet: gemiddelde

1983

X
140000
227000

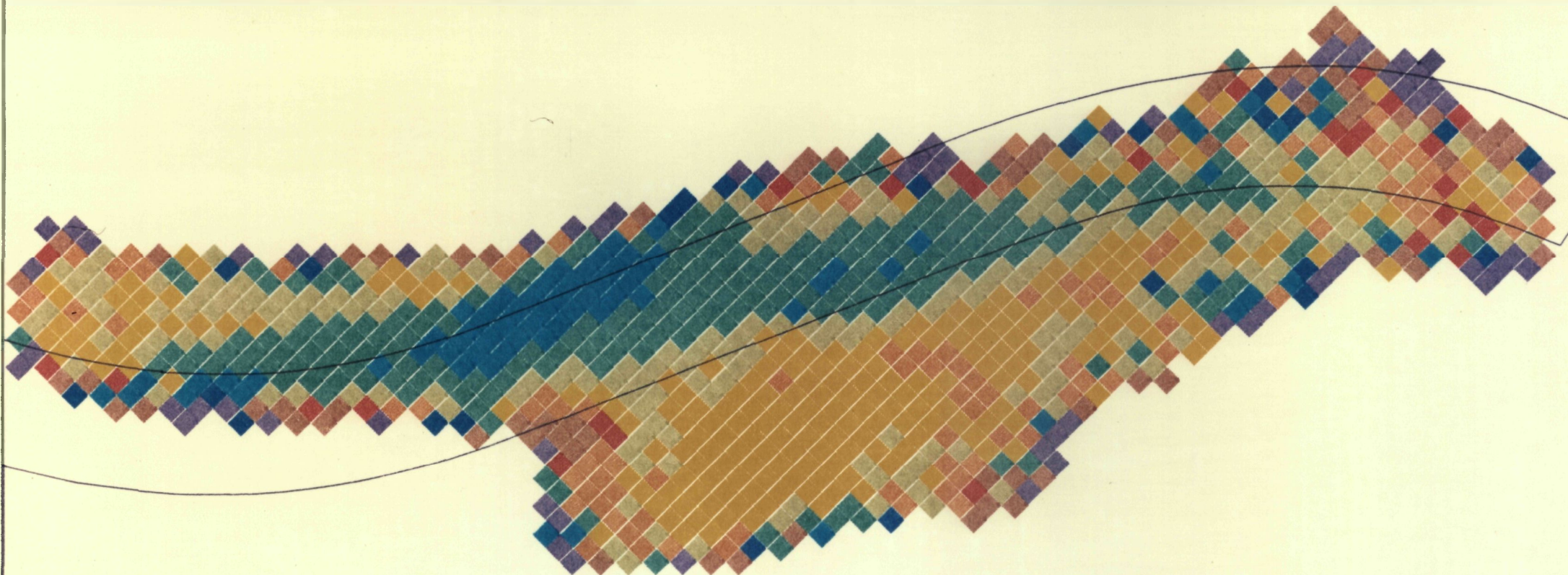
X 141000
226000

Sedimentation (dm) is positive

Geometrische wiskunde 1983

X 142000
228000

X 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHDELDE : Sedimentatie

Drempel van Zandvliet

1980-83 Schaal: 1/15000

Wekelijkse sedimentatie

X 140000
227000

X 141000
226000



Sedimentatie(+) Erosie(-) [dm]

BIJLAGE 5.1 : Aantal gebaggerde weken

1980

1981

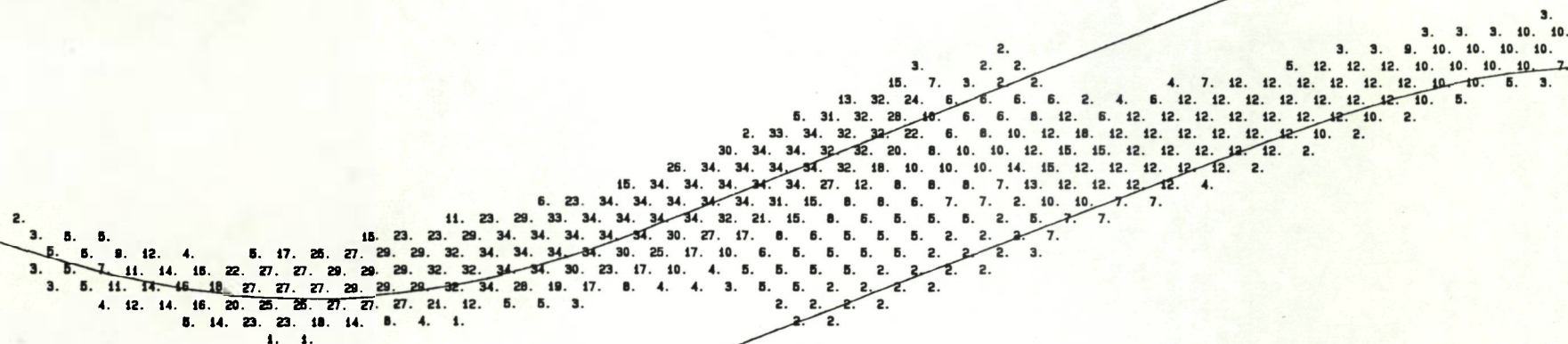
1982

1983

1980 - 1983

× 141000
229000

× 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de

WESTERSCHELDE : Baggerinfo

Drempel Zandvliet: Hekem

1980 : Aantal gebaggerde weken

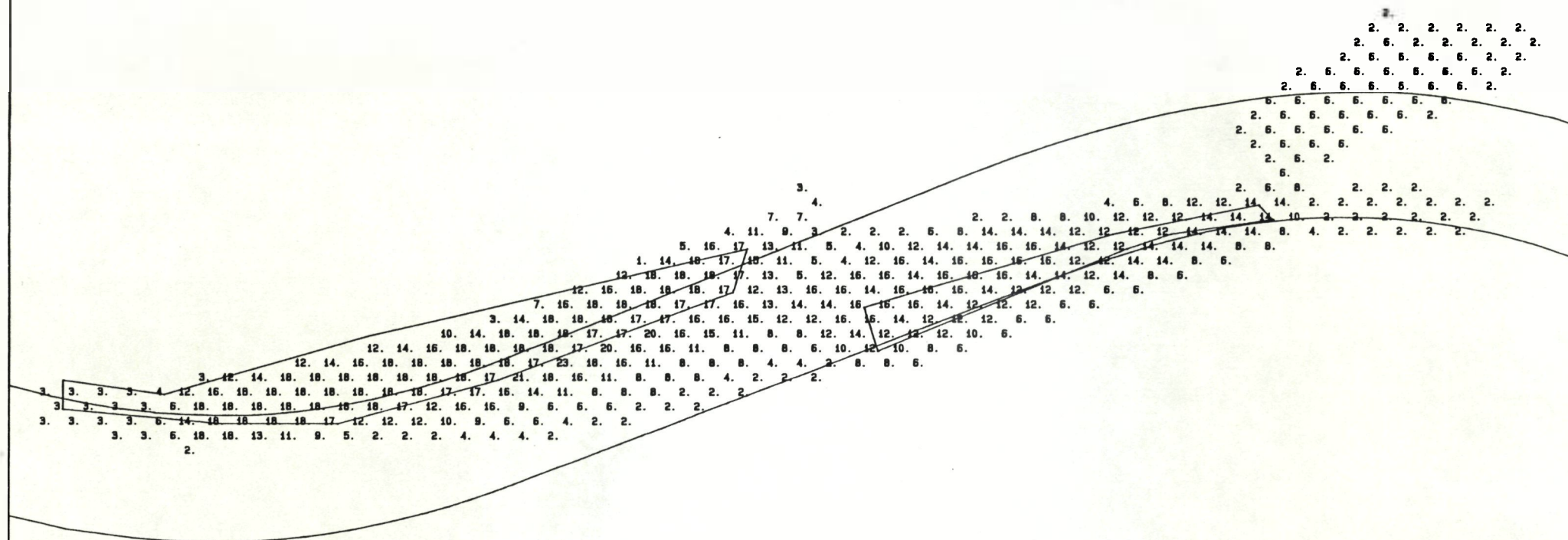
× 140000
227000

× 141000
226000

Aantal gebaggerde weken per roosterpunt

X 141000
229000

X 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de

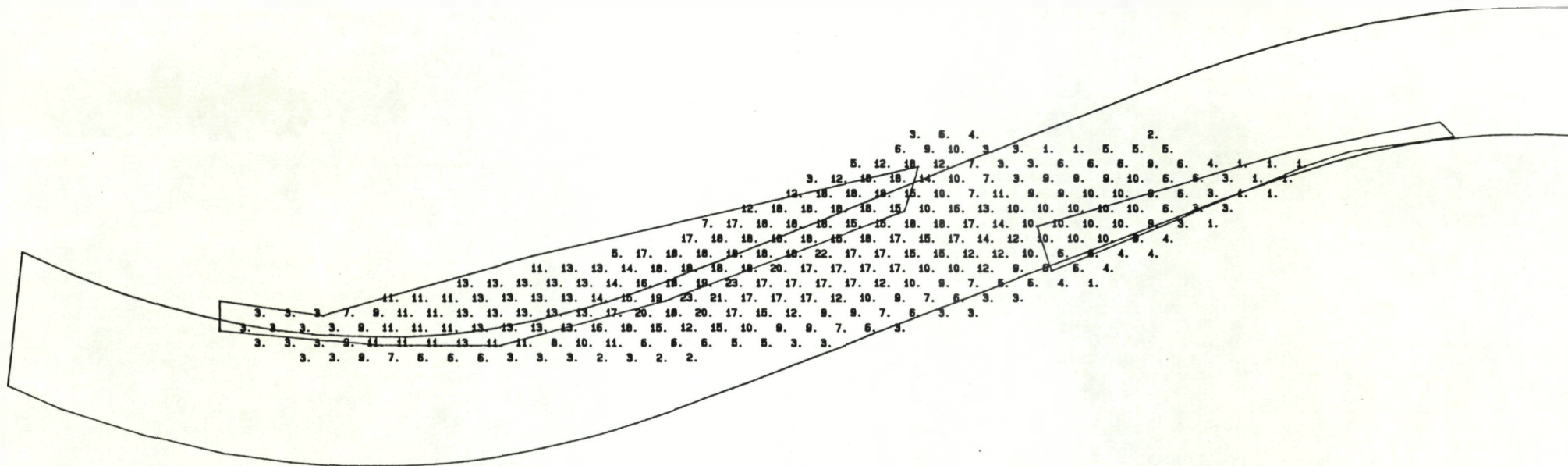
WESTERSCHDELDE : Baggerinfo

Drempel Zandvliet: Haken

1981 : Aantal gebaggerde weken

Aantal gebaggerde weken per roosterpunt 1981

X 143000
227000

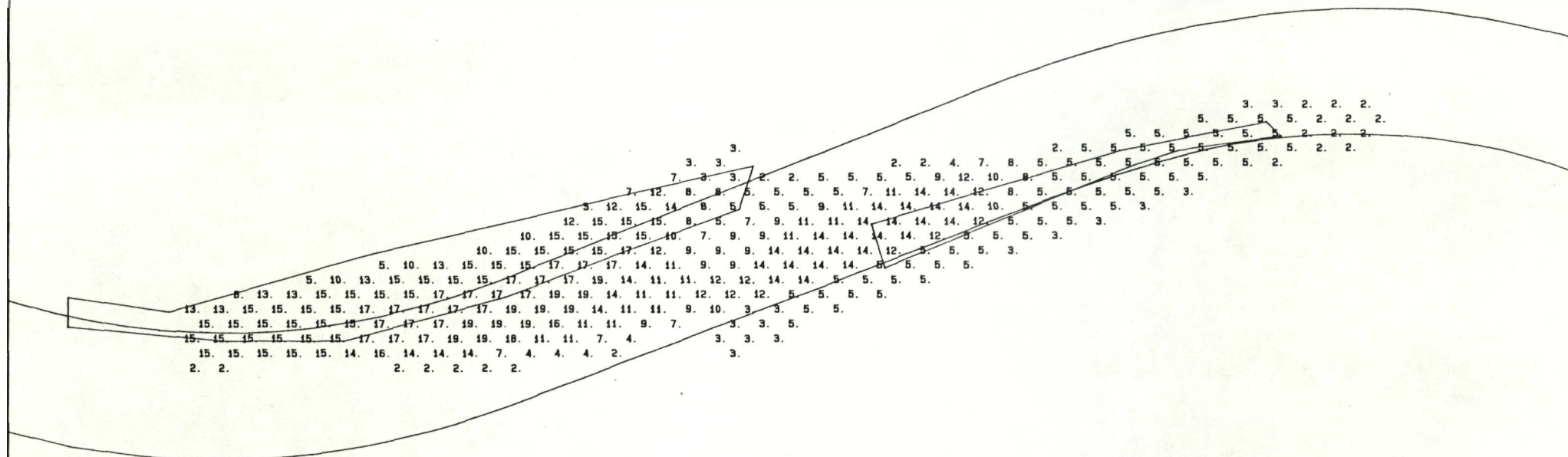


X 141000
226000

Rental gebaggerde waken per roosterpunt 1982

× 141000
229000

× 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHELDE : Baggerinfo

Drempel Zandvliet: Neken

1983 : Rantal gebaggerde weken

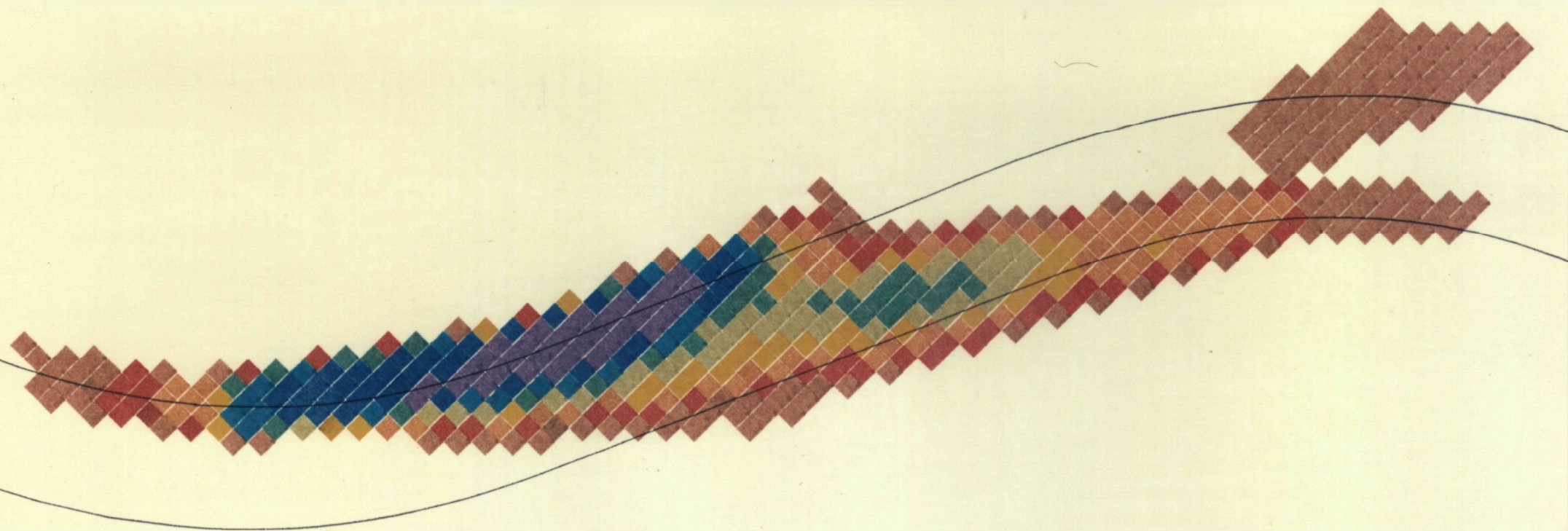
× 140000
227000

× 141000
226000

Rantal gebaggerde weken per roosterpunt 1983

× 141000
229000

× 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHELDE : Baggerinfo

Drempel van Zandvliet

1980-83 Schaal: 1/15000

Rental weken met baggerwerken

× 140000
227000

× 141000
226000

Rental weken



BIJLAGE 5.2 : Gebaggerde laagdikte

1980

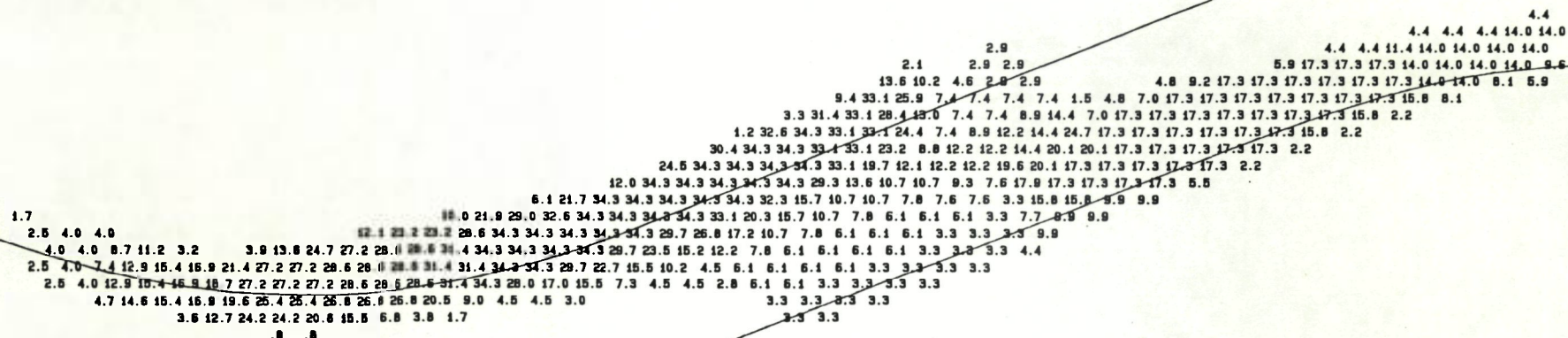
1981

1982

1983

1980 - 1983

X 143000
227000



OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHELDE : Baggerinfo
Drempel Zandvliet: Laagdikte

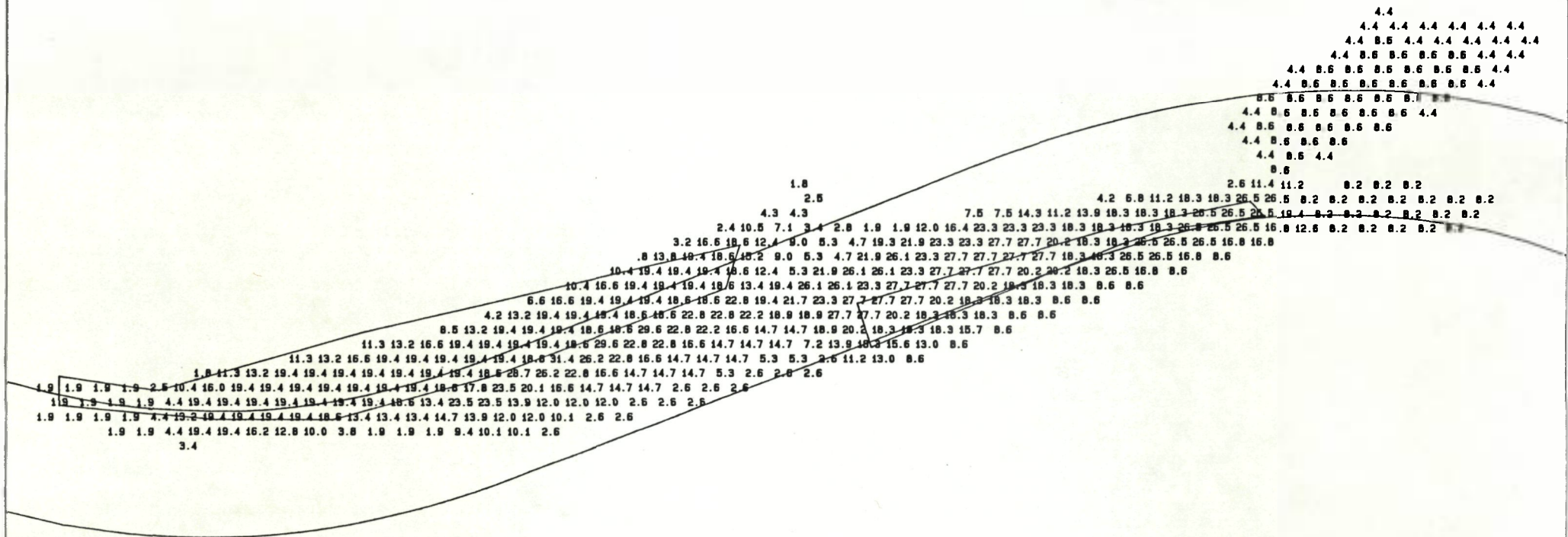
1980 : Gebaggerde laagdikte (dm)

X 141000
226000

Totaal gebaggerde laagdikte

X 141000
229000

X 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de

WESTERSCHDELDE : BaggerInfo

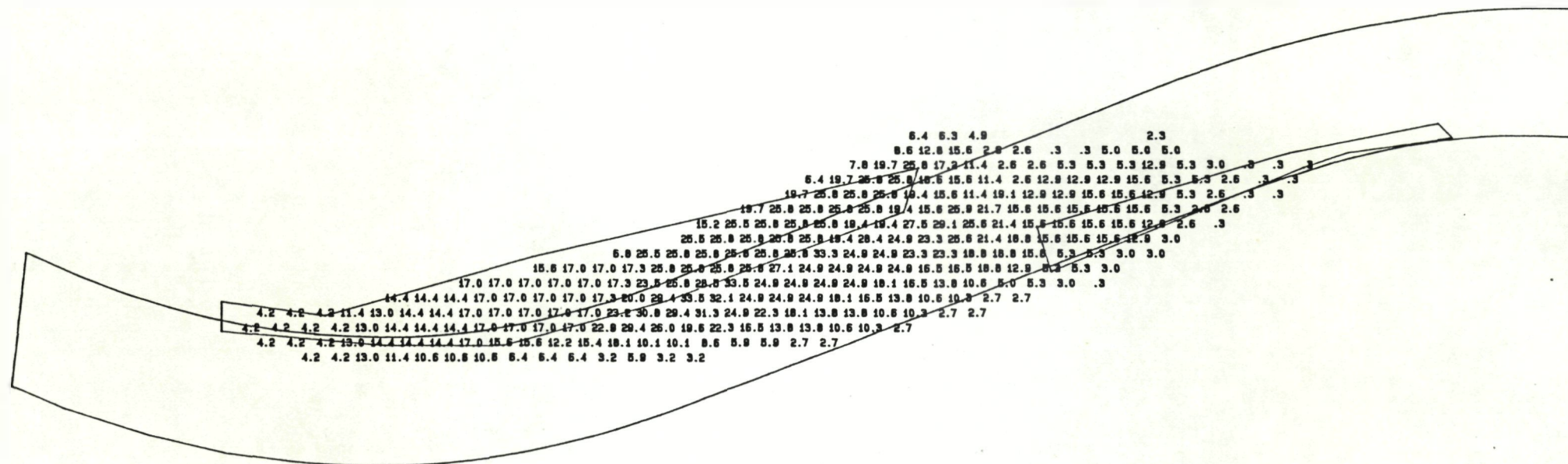
Drempel Zandvliet: Laagdikte

1981 : Gebaggerde laagdikte (dm)

Totaal gebaggerde laagdikte 1981

X 141000
220000

X 143000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de

WESTERSCHELDE : Baggerinfo

Drampel Zandvliet: Laagdikte

1982 : Gebaggerde laagdikte (dm)

X 140000
227000

X 141000
226000

Totaal gebaggerde laagdikte 1982

× 141000
229000

× 143000
227000

5.1 5.1 5.3 5.3 5.3
10.4 10.4 10.4 10.4 5.3 5.3 5.3
10.4 10.4 10.4 10.4 10.4 10.4 5.3 5.3
5.3 10.4 10.4 10.4 10.4 10.4 10.4 5.3 5.3
1.5 1.5 6.8 9.5 13.1 10.4 10.4 10.4 10.4 10.4 10.4
1.4 1.4 1.4 1.5 1.5 4.2 4.2 4.2 4.2 11.5 16.6 14.6 13.1 10.4 10.4 10.4 10.4
5.1 12.1 5.6 5.6 4.2 4.2 4.2 4.2 8.3 15.6 20.7 20.7 16.6 13.1 10.4 10.4 10.4 10.4 5.1
1.4 12.1 14.8 13.6 5.6 4.2 4.2 4.2 10.3 15.6 20.7 20.7 20.7 14.6 10.4 10.4 10.4 10.4 5.1
12.1 14.8 14.8 14.8 5.6 4.2 6.2 10.3 15.6 15.6 20.7 20.7 20.7 16.6 10.4 10.4 10.4 5.1
7.8 14.8 14.8 14.8 14.8 6.7 6.2 10.3 10.3 15.6 20.7 20.7 20.7 16.6 10.4 10.4 10.4 5.1
7.8 14.8 14.8 14.8 14.8 8.7 10.3 10.3 10.3 20.7 20.7 20.7 20.7 16.6 10.4 10.4 10.4 5.1
4.9 7.8 10.5 14.8 14.8 14.8 16.8 16.8 16.8 16.8 12.8 11.4 11.4 15.4 15.4 20.7 10.4 10.4 10.4
0.3 10.5 10.5 14.8 14.8 14.8 14.8 16.8 16.8 16.8 16.8 20.9 20.9 12.8 11.4 11.4 15.4 15.4 10.4 10.4 10.4
10.5 10.5 14.8 14.8 14.8 14.8 16.8 16.8 16.8 16.8 20.9 20.9 20.9 12.8 11.4 11.4 10.3 13.9 5.1 5.1 10.4 10.4
14.8 14.8 14.8 14.8 14.8 16.8 16.8 16.8 20.9 20.9 20.9 15.4 11.4 11.4 10.3 8.8 5.1 5.1 10.4
14.8 14.8 14.8 14.8 14.8 16.8 16.8 16.8 20.9 20.9 19.7 11.4 11.4 8.8 6.1 5.1 5.1 5.1
14.8 14.8 14.8 14.8 13.6 15.6 14.5 17.1 17.1 8.8 6.1 6.1 4.1 5.1
1.5 1.5 2.0 2.0 2.0 2.0

I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHDELDE : Baggerinfo

Dremmel Zandvliet: Laagdikte

1983 : Gebaggerde laagdikte (dm)

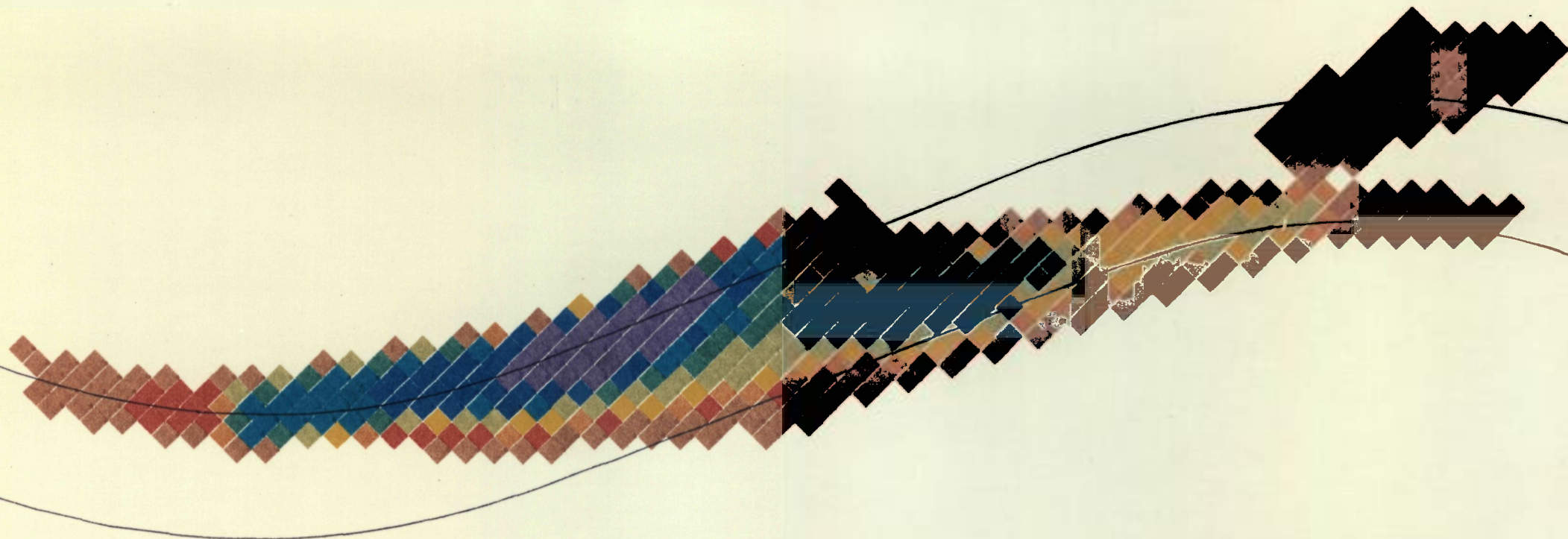
× 140000
227000

× 141000
226000

Totaal gebaggerde laagdikte 1983

× 141000
229000

× 149000
227000



I.M.D.C. nv

OPTIMALISATIE BAGGERWERKEN in de
WESTERSCHELDE : Baggerinfo

Drempel van Zandvliet

1980-83 Schaal: 1/15000

Gebaggerde hoeveelheden

× 140000
227000

× 141000
226000

Gebaggerde laagdikte [dm]



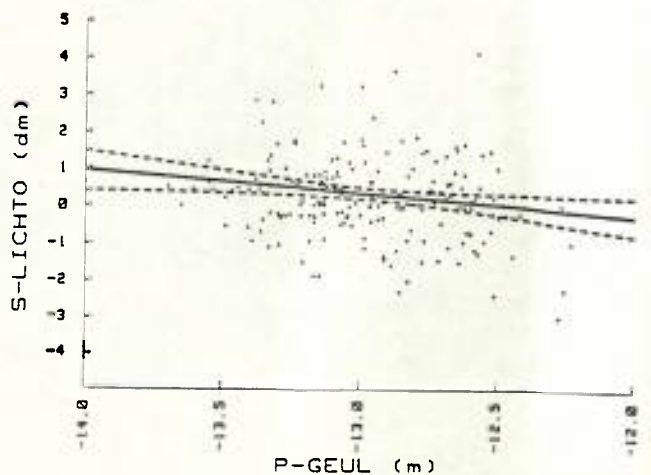
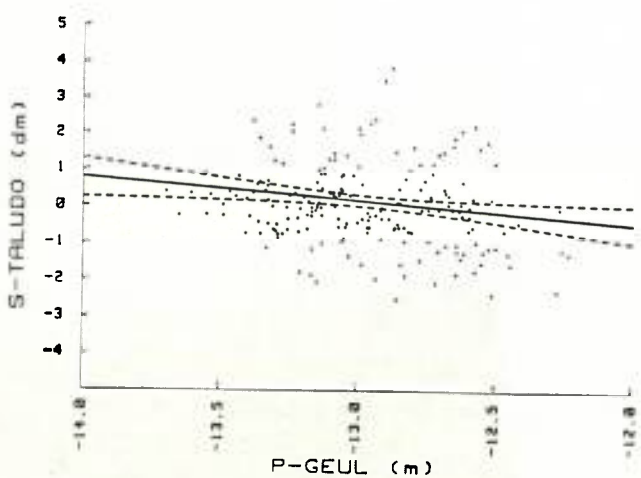
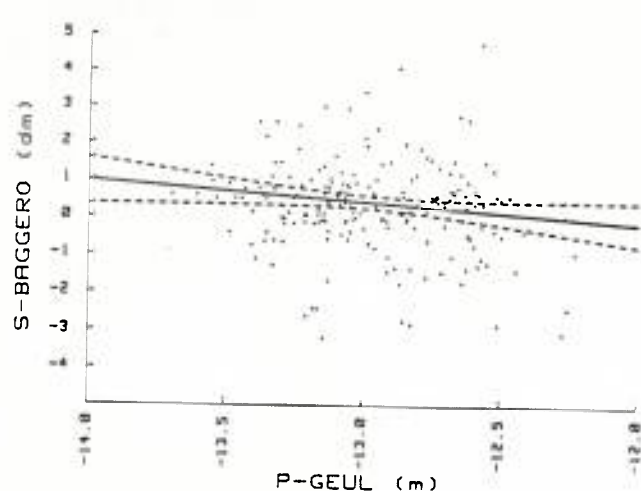
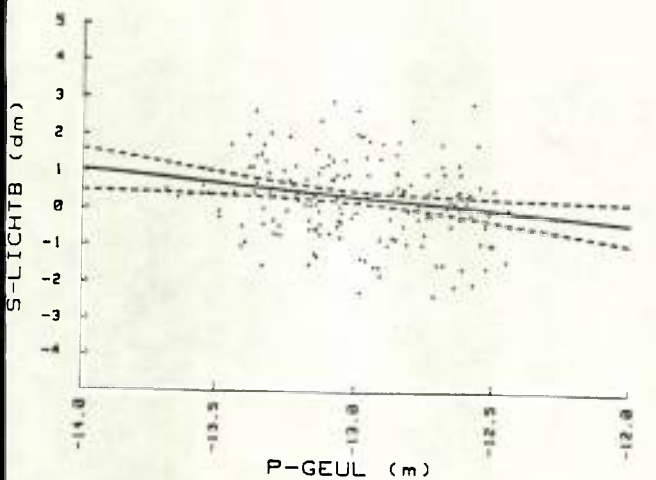
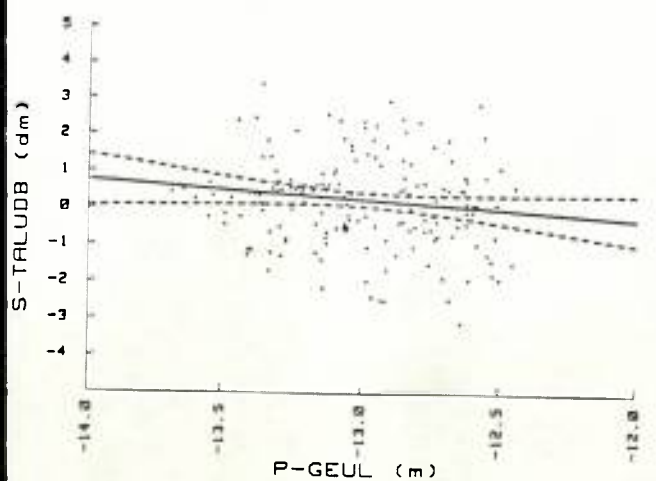
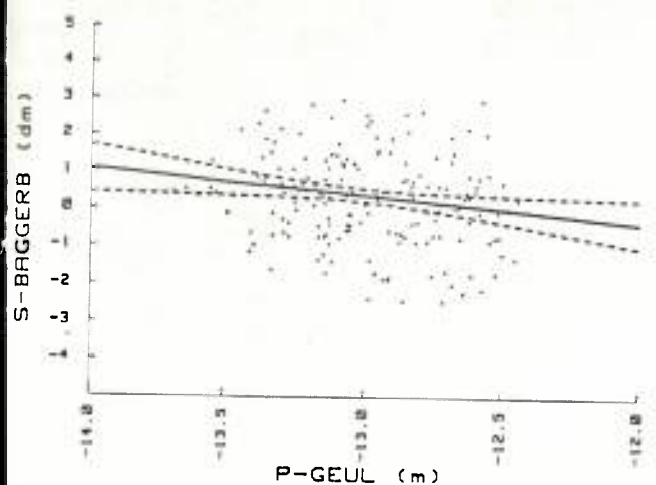
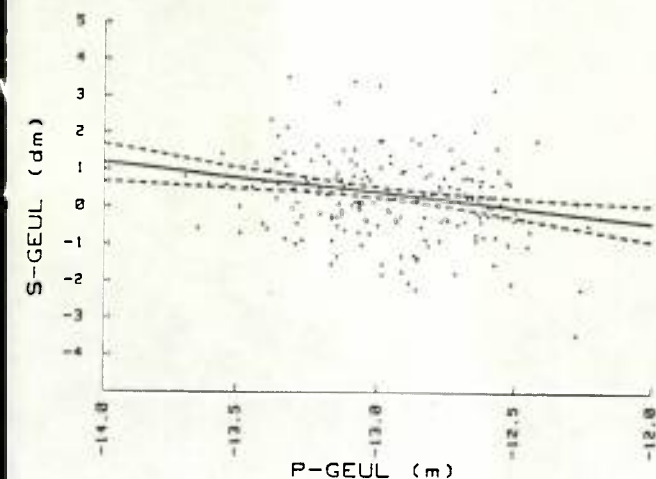
20
30
40
50
60
70
80
90

BIJLAGE 6 : Verband tussen peil en sedimentatie

1. Regressielijnen die het verband weergeven tussen het peil op de drempel (zone GEUL) en de sedimentatie en de statistische zones.
2. Regressielijnen die het verband weergeven tussen het peil en de sedimentatie op de drempel (zone GEUL)
 - 1) met of zonder baggerwerken op de Drempel van Zandvliet
 - 2) met betrekking tot baggerwerken in de Schaar van Ouden Doel.

Verband tussen PEIL (P) en SEDIMENTATIE (S) : Regressielijnen

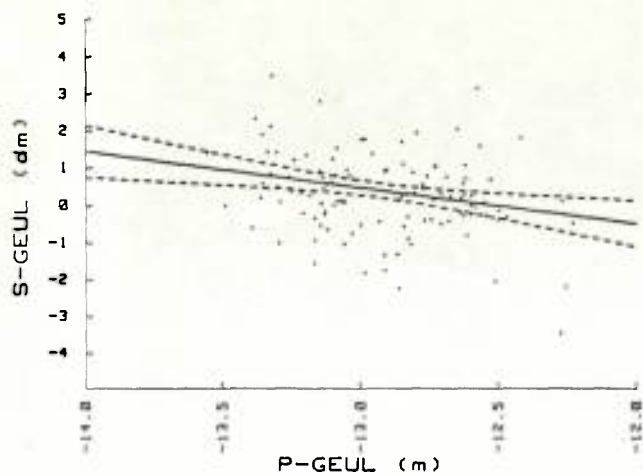
Drempel van Zandvliet
Periode : 1980-1983



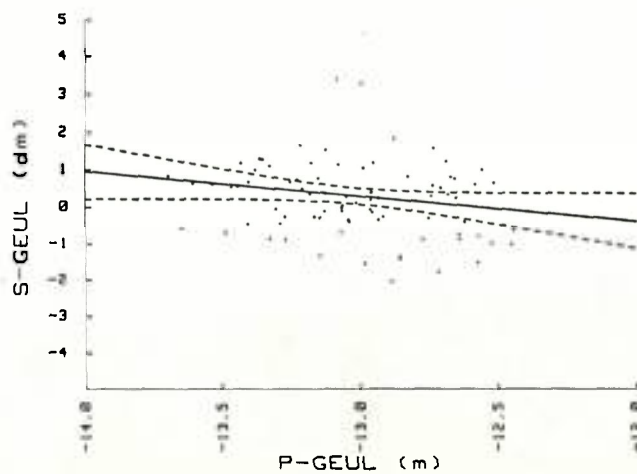
Verband tussen PEIL (P) en SEDIMENTATIE (S) : Regressielijnen

Drempel van Zandvliet (Periode : 1980-1983)

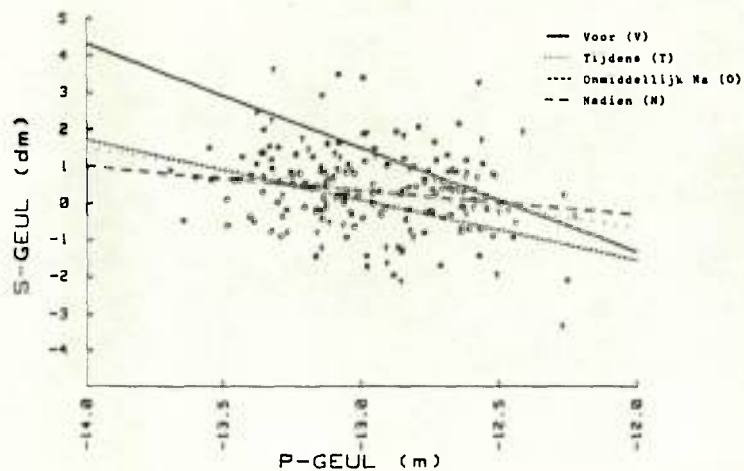
Sedimentatie en Peilingen : tijdens baggerwerken



Sedimentatie en peilingen : geen baggerwerken



Invloed baggerwerken in Schaar van Ouden Doel



BIJLAGE 7 : Literatuuroverzicht inzake "Uitleveringscoëfficiënten"

BOEKEN - CURSUSSEN

1. Droog Grondverzet - cursus TH Delft
2. Dredging for Engineers - Bray
3. Hopper Handbook - IHC
4. P.B.N.A. - Baggercursus
5. Dichtheidsmetingen in het beun van de Sleepzuiger W.D. Gateway - RWS - 1974
6. Coastal and deep-ocean dredging - Herbich
7. Material Movement Handbook - VOLVO
8. Excavation Handbook - H.K. Church
9. Het baggeren van zand - cursus baggertechniek - T.H. Delft - 1978
10. Cutter Suction Dredging Handbook - IHC
11. Cursus Zandsuppletie - Stichting Post Doctoraal Onderwijs Delft 1981
12. Int. Course on modern dredging - Den Haag 1977
13. Port Engineering (3rd Edition) P. Bruun
14. Shore Protection Manual - CERC - 1977
15. Trailer Suction Hopper Dredger Course - 1969 - NIRWA

CONGRESVERSLAGEN - SYMPOSIA

16. PIANC 18 - 1953 ROME section II - communication 4
17. 22 - 1969 PARIJS section II - subject 2
18. 24 - 1977 LENINGRAD section II - subject 2
19. 25 - 1981 EDINBURG section II - subject 2
20. WODCON n° I to XI
Symposia on Dredging Technology
21. 2 - 1977 Texas University
22. 3 - 1980 Bordeaux
23. 8ste Internationaal Havencongres - Antwerpen 1983
24. Engineering in Marine Environment - Brugge 1982
25. SEATEC III - Singapore 1981
26. Recente evoluties bij nat en droog grondverzet - KVIV Leuven 1984
27. Proceedings of the eleventh Dredging Seminar - Texas University 1979

TIJDSCHRIFTEN

- 28. PIANC - Bulletin
- 29. Ports and Dredging
- 30. Dredging and Port Construction
- 31. Dock & Harbour Authorities
- 32. World Dredging & Marine Construction
- 33. Water
- 34. Terra et Aqua
- 35. Land en Water