

**Morfologische veranderingen van de
platen en geulen in de Westerschelde
gedurende de periode 1965-1990**

Tekst

Nota NWL-93.13





**Morfologische veranderingen van de
platen en geulen in de Westerschelde
gedurende de periode 1965-1990**

Tekst

Nota NWL-93.13

**M.C.J.L. Jeuken
maart 1993**

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
2. Methoden	2
2.1 Dieptekaarten en verschilkaarten	2
2.2 Inhoudsberekeningen en afgeleide grootheden	2
2.2.1 De Bodkar-bodemschematizatie	2
2.2.2 Vakkenindelingen en afgeleide morfologische grootheden	3
3. Morfologische veranderingen van platen en geulen in de Westerschelde	4
3.1 Inleiding	4
3.2 Morfologische veranderingen gedurende de periode 1965-1970	4
3.2.1 Het oostelijk deel van de Westerschelde	4
3.2.2 Het westelijk deel van de Westerschelde	5
3.3 Morfologische veranderingen gedurende de periode 1970-1975	5
3.3.1 Het oostelijk deel van de Westerschelde	5
3.3.2 Het westelijk deel van de Westerschelde	6
3.4 Morfologische veranderingen gedurende de periode 1975-1980	7
3.4.1 Het oostelijk deel van de Westerschelde	7
3.4.2 Het westelijk deel van de Westerschelde	8
3.5 Morfologische veranderingen gedurende de periode 1980-1985	8
3.5.1 Het oostelijk deel van de Westerschelde	8
3.5.2 Het westelijk deel van de Westerschelde	9
3.6 Morfologische veranderingen gedurende de periode 1985-1990	10
3.6.1 Het oostelijk deel van de Westerschelde	10
3.6.2 Het westelijk deel van de Westerschelde	11
4. Betrouwbaarheid: lodingen, inhoudsberekeningen en afgeleide grootheden.	12
4.1 Lodingen	12
4.2 Inhoudsberekeningen en afgeleide grootheden	12
5. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	14
5.1 Samenvatting en conclusies	14
5.1.1 Inhoudsveranderingen in het oostelijk en westelijk deel.	14
5.1.2 De locatie-dynamiek van geulen en platen.	15
5.2 Aanbevelingen	16

Lijst van figuren

- Figuur 1. Platen en geulen in de Westerschelde, westelijk deel.
Figuur 2. Platen en geulen in de Westerschelde, oostelijk deel.
Figuur 3. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1
Figuur 4. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 2
Figuur 5. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 3
Figuur 6. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 4
Figuur 7. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 5
Figuur 8. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1a
Figuur 9. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1b
Figuur 10. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1c
Figuur 11. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 6
Figuur 12. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 7
Figuur 13. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 8
Figuur 14. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 9
Figuur 15. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 10
Figuur 16. De geleidelijke geulmigratie van de Overloop van Hansweert in de periode 1985-1990.
Figuur 17. Veranderingen in geuldiepten t.o.v. NAP gedurende de periode 1965-1990
Figuur 18. Hypsometrische curven van het intergetijde-gebied in het oostelijk en westelijk deel van de Westerschelde.

Lijst van tabellen

- Tabel 1. Volumeveranderingen in het oostelijk deel van de Westerschelde ($\cdot 10^6 \text{ m}^3$).
Tabel 2. Volumeveranderingen in het westelijk deel van de Westerschelde ($\cdot 10^6 \text{ m}^3$).
Tabel 3. Bagger- en storthoeveelheden in het oostelijk deel van de Westerschelde ($\cdot 10^6 \text{ m}^3$; gegevens ontleend aan De Jong, 1992).
Tabel 4. Bagger- en storthoeveelheden in het westelijk deel van de Westerschelde ($\cdot 10^6 \text{ m}^3$; gegevens ontleend aan De Jong, 1992).

Lijst van bijlagen

- Bijlage A. Dieptekaarten van het oostelijk en westelijk deel van de Westerschelde
A1. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1965
A2. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1970
A3. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1975
A4. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1980
A5. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1985
A6. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1990
A7. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1965
A8. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1970
A9. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1975
A10. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1980
A11. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1985
A12. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1990

- Bijlage B. Verschilkaarten van het oostelijk en westelijk deel van de Westerschelde.
- B1. Verschilkaart Westerschelde, oostelijk deel 1965-1970
 - B2. Verschilkaart Westerschelde, oostelijk deel 1970-1975
 - B3. Verschilkaart Westerschelde, oostelijk deel 1975-1980
 - B4. Verschilkaart Westerschelde, oostelijk deel 1980-1985
 - B5. Verschilkaart Westerschelde, oostelijk deel 1985-1990
 - B6. Verschilkaart Westerschelde, westelijk deel 1965-1970
 - B7. Verschilkaart Westerschelde, westelijk deel 1970-1975
 - B8. Verschilkaart Westerschelde, westelijk deel 1975-1980
 - B9. Verschilkaart Westerschelde, westelijk deel 1980-1985
 - B10. Verschilkaart Westerschelde, westelijk deel 1985-1990
- Bijlage C. Bodkar vakkenindeling Westerschelde, met de NAP-2.5m dieptelijn.
- Bijlage D. Vakkenindeling Westerschelde, met NAP-2.5m dieptelijn (1990).

1. Inleiding

Het Schelde estuarium is een niet-lineair morfodynamisch systeem, dat gekenmerkt wordt door koppelings- en terugkoppelingsmechanismen tussen vorm (morfologie) en processen (waterbeweging en sedimenttransport). Via deze koppelings- en terugkoppelingsmechanismen streeft het systeem continu naar een optimaal evenwicht.

Veranderingen binnen het dynamisch evenwicht van de Westerschelde, komen sterk tot uitdrukking in het morfodynamisch gedrag van de geulen en platen: de geulen en platen vormen een belangrijke schakel in de dynamische schaalinteracties die optreden in estuarine systemen.

Veranderingen in de morfodynamiek van de platen en geulen in de Westerschelde kunnen direct van invloed zijn op de vier hoofdfuncties van het estuarium: 1) scheepvaart, 2) veiligheid, 3) natuur en visserij en 4) de recreatie. Het doorgronden van het morfodynamisch gedrag van het stelsel van platen en geulen is dan ook van groot belang. Inzicht in de morfologische veranderingen van geulen en platen in de loop der tijd, en de daarmee gepaard gaande inhoudsveranderingen, vormen een mogelijk eerste uitgangspunt voor morfodynamisch onderzoek.

Dit rapport beoogt een kwalitatieve beschouwing van de morfologische veranderingen van platen en geulen in de Westerschelde gedurende de periode 1965-1990. De trendmatige veranderingen in de morfologie van de platen en geulen worden beschouwd aan de hand van: a) dieptekaarten en verschilkaarten, waarin de locatie-dynamiek van platen en geulen tot uitdrukking komt, en b) afgeleide (morfologische) grootheden uit de inhoudsberekeningen (hoofdstuk 3).

Het voorliggende rapport vormt een bijdrage aan produkt 1 van de werkgroep Zand (fase 1, zandbalans) van het Oostwest-project. De gegevens-verwerking is uitgevoerd door drs. M.C.J.L. Jeuken in nauwe samenwerking met drs. A.W. Van Kleef. De interpretatie en rapportage is uitgevoerd door eerst genoemde persoon, onder begeleiding van dr. J.H. van den Berg, middels het contract ZL-3018/ZL3612 van de Rijkswaterstaat met de Rijksuniversiteit Utrecht.

2. Methoden

2.1 Dieptekaarten en verschilkaarten

Met behulp van het Geografisch Informatie Systeem (GIS) ARC/INFO zijn dieptekaarten en verschilkaarten van de Westerschelde gemaakt (bijlage A en B). Beide kaartsoorten zijn gebaseerd op de dieptelijnenkaarten die, voor de zandbalans van Van den Berg et.al. (1991), gedigitaliseerd zijn vanaf de vaklodingsbladen (schaal 1:10.000). Voor de periode 1965 tot en met 1990 zijn de verschillende kaartbladen eens per vijf jaar gedigitaliseerd. Van ieder vaklodingsblad zijn vijf verschillende dieptelijnen gedigitaliseerd: NAP-2.5m, NAP-5m, NAP-10m, NAP-20m, en NAP-40m. De NAP-2.5m dieptelijn komt bij benadering overeen met het gemiddelde niveau van laag laagwater springtij in de Westerschelde.

Met behulp van ARC/INFO zijn van de dieptelijnenkaarten dieptekaarten gemaakt. De dieptekaarten geven de morfologie van de platen en geulen voor de verschillende jaren weer. De dieptekaarten dienden tevens als basis voor het maken van de verschilkaarten. In de verschilkaarten is de verplaatsing van de verschillende dieptezones per periode van vijf jaar weergegeven. Op deze wijze geven de verschilkaarten een inzicht in de morfologische veranderingen van platen en geulen in het x,y-vlak: de locatie-dynamiek.

Doordat de dieptekaarten *verschillende* diepteklassen weergeven, is het niet mogelijk om op basis van de verschilkaarten uitspraken te doen over kwantitatieve, morfologische veranderingen in het z-vlak (de diepte t.o.v. NAP): erosie en sedimentatie worden aangeduid als het aantal geërodeerde respectievelijk gesedimenteerde dieptezones.

Voor de uiteindelijke weergave van de kaarten is de Westerschelde opgesplitst in een oostelijk deel en een westelijk deel: het westelijk deel beslaat het gebied tussen Vlissingen en Hoek van Baarland (fig.1). Het oostelijk deel is het gebied tussen Hoek van Baarland en de grens Nederland-België (fig.2). De overlap tussen beide gebieden bedraagt ruim vijf kilometer.

2.2 Inhoudsberekeningen en afgeleide grootheden

2.2.1 De Bodkar-bodemschematizatie

Om enkele uitspraken te kunnen doen over trendmatige veranderingen in de plaat- en geulvolumina, is gebruik gemaakt van de Bodkar-inhoudsberekeningen die zijn uitgevoerd voor de zandbalans van Van den Berg et.al. (1991) en Van Dam (1991a).

In de Bodkar-bodemschematizatie is de bodem geschematiseerd tot een vierkantennet van 200 bij 200 meter. De oriëntatie van het Bodkar-vierkantennet is 45 graden gedraaid t.o.v. het Noorden. Voor ieder hoekpunt van een vierkant is een gemiddelde diepte bepaald door visuele interpolatie van de in de omgeving beschikbare dieptecijfers, waarbij rekening is gehouden met de richting van de dieptelijnen (Van den Berg et.al., 1991). De vier hoekpunten van ieder Bodkar-vakje zijn vervolgens geïnterpoleerd tot één Bodkar-diepte. Voor de periode 1965 tot en met 1990 zijn de inhoudsberekeningen eens per vijf jaar uitgevoerd.

De inhoudsberekeningen voor de periode 1985-1990 zijn met behulp van het digitale beeldverwerkingspakket DIGIBEELD GEMAAKT: de interpolatie van de vaklodingen van 1990 is m.b.v. Digibeeld uitgevoerd en vervolgens weggeschreven naar een Bodkar-bestand.

2.2.2 Vakkenindelingen en afgeleide morfologische grootheden

Bij de inhoudsberekeningen voor de zandbalans van Van den Berg et.al.(1991) is de Westerschelde onderverdeeld in een groot aantal veelhoeken (de Bodkar vakkenindeling, bijlage C). Voor al deze veelhoeken zijn de oppervlakten en inhouden op verschillende diepteniveaus berekend.

Op basis van deze veelhoeken (bijlage C) zijn voor zowel het oostelijk als het westelijk deel van de Westerschelde een aantal samengestelde vakken gedefinieerd, die de verschillende geulen met aangrenzende plaatgebieden van elkaar scheiden (bijlage D).

Voor ieder samengesteld vak (bijlage D) zijn op basis van de Bodkar berekeningen de volgende morfologische grootheden bepaald:

- 1) het geulvolume beneden NAP-2m;
- 2) het geulvolume tussen NAP-2m en NAP-10m;
- 3) het geulvolume tussen NAP-10m en NAP-20m;
- 4) het plaatoppervlak op NAP-2m;
- 5) de gemiddelde plaathoogte t.o.v NAP-2m;
- 6) het plaatvolume boven NAP-2m.

Naast deze morfologische grootheden is voor ieder vak tevens een maat voor het kombergend watervolume bepaald. Het kombergend watervolume is hiervoor gedefinieerd als het verschil tussen het watervolume beneden NAP+2.5m en het watervolume beneden NAP-2m. De relatieve veranderingen in de morfologische grootheden 1 tot en met 6 zijn als functie van de tijd uitgezet in de figuren 3 t/m 15. In deze figuren zijn tevens de absolute volumeveranderingen van de geulen, platen en kombergend als functie van de tijd uitgezet. Hierbij dient nog te worden opgemerkt dat de relatieve veranderingen in het geulvolume tussen NAP-2m en NAP-10m in vak 2 betrekking hebben op kleine absolute inhoudsveranderingen. Een relatieve inhoudsverandering van 80 procent voor het geulgedeelte tussen NAP-10m en NAP-20m is in vak 2 dan ook van ondergeschikt belang. In vak 10 is van een vergelijkbaar verschijnsel sprake: veranderingen in het plaatvolume hebben in dit vak betrekking op de kleine intergetijde-gebieden langs de oevers en niet op plaatgebieden.

Ter volledigheid zijn voor het gehele oostelijke en westelijke deel van de Westerschelde de volgende parameters bepaald:

- a) het geulvolume beneden NAP-2m;
- b) het watervolume beneden NAP+2.5m;
- c) het plaatvolume boven NAP-2m;
- d) inhoudsveranderingen t.g.v. veranderingen in het kombergend oppervlak;
- e) totale veranderingen in het kombergend watervolume, d.w.z veranderingen in kombergend ten gevolge van veranderingen in het kombergend oppervlak en veranderingen in het plaatvolumina (excl. Saaftinge).

Omdat in dit rapport de nadruk ligt op het kwalitatief beschouwen van morfologische veranderingen van de platen en geulen, en niet op de grootschalige zandhuishouding van de Westerschelde, zijn deze vijf parameters voor het oostelijk en westelijk deel alleen samengevat in tabellen (tabel 1 en 2).

De betrouwbaarheid en onzekerheden in de lodingen, schematizatie en afgeleide grootheden worden kort aangestipt in hoofdstuk 4.

3. Morfologische veranderingen van platen en geulen in de Westerschelde

3.1 Inleiding

In de volgende vijf paragrafen worden de morfologische veranderingen van de platen en geulen in de verschillende vakken van het oostelijk en westelijk deel, per periode van vijf jaar beschreven. Voor sommige morfologische ontwikkelingen zijn de vaklodingen van tussenliggende jaren geraadpleegd. Eerdere, meer gedetailleerde beschrijvingen van morfologische veranderingen in de Westerschelde worden gegeven door o.a. De Looft (1975, 1976a, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984) en Van Dam (1991b, 1991c, in voorbereiding).

De belangrijkste netto inhoudsveranderingen in het oostelijk en westelijk deel van de Westerschelde zijn samengevat in tabellen 1 en 2. De totale inhoudsverandering op het niveau NAP+2.5m is gelijk aan de som van de veranderingen in het geulvolume beneden NAP-2m, het plaatvolume boven NAP-2m en de inhoudsveranderingen die optreden door veranderingen in het kombergend oppervlak. De bagger- en stortgegevens van de baggerwerkzaamheden ten behoeve van het vaargeulonderhoud en de zandwinhoeeelheden zijn, voor het oostelijk en westelijk deel, per vijf jaar samengevat in de tabellen 3 en 4. De cumulatieve procentuele veranderingen in de morfologie als functie van de tijd zijn per vak uitgezet in de figuren 3 t/m 15. De diepte- en verschilkaarten zijn opgenomen in respectievelijk bijlage A en B. Ter verduidelijking zijn op de verschilkaarten nummers aangegeven die corresponderen met de beschrijvingen in de tekst. (De nummers in de tekst zijn tussen haakjes gezet).

3.2 Morfologische veranderingen gedurende de periode 1965-1970

3.2.1 Het oostelijk deel van de Westerschelde

Tijdens de periode 1965-1970 is er sprake van een aanzienlijke sedimentatie in het oostelijk deel (tabel 1): het watervolume beneden het niveau NAP+2.5 neemt netto met $31.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ af.

De grootste sedimentatie heeft plaatsgevonden in de geulen waar de geulvolumina met $25.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ zijn afgenomen. Uit de figuren 3 t/m 10 blijkt dat de geulvolumina in de Schaar van Valkenisse, de Schaar van Waarde, de Zimmermangeul (vak 2), de Schaar van Ossenis (vak 3) en het Middelgat (vak 5) relatief het sterkst zijn afgenomen. Absoluut gezien treedt de grootste sedimentatie op in het Middelgat (zie fig.7).

De afname van het watervolume tussen het niveau NAP-2m en NAP+2.5m wordt enerzijds veroorzaakt door een toename van het plaatvolume ($5.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) en anderzijds door een afname van het kombergend oppervlak ($0.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). De plaatvolumina zijn in alle vakken, uitgezonderd vak 1, toegenomen. De plaatvolumina in het Valkenisse-gebied (vak 2) en langs het Middelgat (vak 5) zijn voornamelijk toegenomen door een toename van het plaatareaal. De toename van de plaatvolumina in de vakken 3 en 4 (Plaat van Ossenis) worden bepaald door een toename in de plaathoogte.

Wanneer de diepte- en verschilkaarten worden gecombineerd (bijlage A1, A2 en B1), kunnen de volgende morfologische veranderingen in het x,y-vlak worden waargenomen:

- De Schaar van de Noord is verruimd en heeft zich in de richting van het Vaarwater boven

- Bath ontwikkeld, waarbij de Plaat van Saaftinge is geërodeerd (1);
- De Schaar van Valkenisse is gemiddeld 300 meter in zuidwestelijke richting gemigreerd (2);
 - Het platenareaal in het Valkenisse-gebied is toegenomen: de toename bestaat uit een uitbreiding van de Plaat van Walsoorden (3), en een uitbreiding van de Platen van Valkenisse evenwijdig aan de Zimmermangeul (4). De zuidelijk rand van de Platen van Valkenisse is tevens uitgebreid in de richting van het Zuidergat (5) en de Overloop van Valkenisse;
 - De inloop van het Zuidergat, ter hoogte van de Drempel van Hansweert, heeft een meer NZ-oriëntatie gekregen doordat de NAP-10m dieptelijn ± 100 meter naar het noordoosten is verplaatst (6);
 - De Overloop van Hansweert, een bochtafsnijding van het Middelgat sinds 1952, is ± 150 meter breder geworden (7): het geulgedeelte tussen NAP-5m en NAP-10m is aan de oostelijke zijde ± 100 meter verbreed aan de westelijke zijde ± 50 meter.

3.2.2 Het westelijk deel van de Westerschelde

In tegenstelling tot het oostelijk deel, is hier geen sprake van een netto sedimentatie, maar van erosie: het watervolume beneden NAP+2.5m nam toe met $11.9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. De geulen verruimde met $18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en het plaatvolume nam toe met $2.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

De geulverruiming heeft plaatsgevonden in de Everingen (vak 7, fig.12), de Schaar van de Spijkerplaat (vak 8, fig.13), en de Honte (vak 10, fig.15). In de overige vakken (fig. 11 en 14) is het geulvolume iets afgenomen. De plaatvolumina in de vakken 6, 7 en 8 toegenomen doordat de platen hoger, en daardoor steiler zijn geworden. In vak 9 is het plaatvolume toegenomen doordat zowel de plaathoogte als het plaatareaal is toegenomen (fig.14).

- De belangrijkste morfologische veranderingen in het x,y-vlak zijn (bijlagen A7, A8 en B6):
- De oostelijke inloop van het Boerengat wordt gekenmerkt door sedimentatie (1);
 - De uitloop van het Straatje van Willem, dat uit de uitloop van de Everingen is ontstaan, is groter geworden waarbij twee geulgedeelten en een plaat zijn ontstaan (2);
 - De kortsluitgeulen tussen de Everingen en de Pas van Terneuzen zijn in WZW- richting verplaatst en verruimd: de Zuid-Everingen heeft zich verplaatst over een afstand van ruim 100 meter (3), het Stoombotengat heeft zich eveneens over een afstand van ruim 100 meter verplaatst (4). De Geul van de Suikerplaat is verruimd (verdieping en verbreding, 5);
 - De westelijke uitloop van de Pas van Terneuzen heeft zich over gemiddeld 50 meter in westelijke richting verplaatst (6);
 - Het ebschaar tussen de Schaar van de Spijkerplaat en de Pas van Terneuzen heeft zich sterk ontwikkeld (7);
 - De oostelijke zijde van de Rug van Borssele wordt gekenmerkt door sedimentatie (8).

3.3 Morfologische veranderingen gedurende de periode 1970-1975

3.3.1 Het oostelijk deel van de Westerschelde

In de periode 1970 tot en met 1976 is de Westerschelde kunstmatig verdiept ten behoeve van de scheepvaart van en naar Antwerpen. In het oostelijk deel nam het watervolume beneden NAP+2.5m toe, met $23.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Deze verruiming wordt voor een belangrijk deel

veroorzaakt door onttrekking van sediment (tabel 2).

Het geulvolume nam met $22.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ toe. Met name de hoofdvaargeul (vak 1 en vak 4) verruimde (fig.3, 6 8 t/m 10). In de nevengeulen (vakken 2,3 en 5, fig.4, 5 en 7) nam het geulvolume sterk af, waarbij de afname van het geulvolume in vak 2 vooral het gevolg zal zijn geweest van de speciéstoringen in de Schaar van Waarde (tabel 1). De afname van het geulvolume in het Middelgat (vak 5) zal voornamelijk samen hangen met het proces van bochtafsnijding en geulverruiming van de Overloop van Hansweert.

De geringe toename van het watervolume tussen NAP-2m en NAP+2.5m wordt veroorzaakt door een kleine afname in het plaatvolume en een toename in het kombergend oppervlak (fig. 3 t/m 10). In vak 2 neemt het plaatvolume af door een afname van de plaathoogte. In vak 4 neemt het plaatvolume af doordat zowel de plaathoogte als het plaatareaal is afgenomen. In vak 3 worden de platen hoger, en in vak 5 is er sprake van een toename van het plaatvolume veroorzaakt door een uitbreiding van het plaatareaal.

De belangrijkste morfologische veranderingen in de locatie-dynamiek kunnen als volgt worden samengevat (bijlage A2, A3 en B2);

- De Schaar van Waarde (1) en de Schaar van de Noord (2) zijn beiden verondiept (1), waarschijnlijk ten gevolge van de omvangrijke speciéstoringen;
- Het platenareaal in het Valkenisse-gebied is toegenomen, waarbij de plaat van Walsoorden is vergroeid met de Plaat van Valkenisse (3);
- De Schaar van Valkenisse is wederom in zuidwestelijke richting gemigreerd over een gemiddelde afstand van ± 400 meter (4);
- Het Zuidergat (5) en de Overloop van Valkenisse (6) zijn verbreed: de verbreding in het Zuidergat wordt bepaald door de ontwikkelingen van het vloed-schaar Schaar van Walsoorden. Deze ontwikkelingen hangen mogelijk samen met de baggerwerkzaamheden: door het baggeren op de drempel van Hansweert en het storten in de Schaar van Waarde wordt de herverdeling van de getijvolumina, die sinds het eind van de jaren vijftig gaande is, gestimuleerd (Pieters et. al., 1991);
- De Overloop van Hansweert is breder geworden (7), terwijl het Middelgat smaller is geworden door het westwaarts opdringen van de Platen van Ossenis (8).

3.3.2 Het westelijk deel van de Westerschelde

Het westelijk deel van de Westerschelde wordt gekenmerkt door een geringe netto sedimentatie: de inhoud beneden NAP+2.5m neemt af met $8.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. In absolute zin sedimenteert het grootste gedeelte in de geulen en komt slechts een klein gedeelte op de platen terecht.

In vak 6 en 8 is sprake van een geringe afname van het geulvolume, met name tussen het niveau NAP-10m en NAP-20m (fig. 11 en 12). In vak 9 neemt het geulvolume tussen de NAP-2m en NAP-10m af (fig.14). In vak 7 neemt het geulvolume toe (fig.13). Het plaatvolume is in alle vakken, uitgezonderd vak 10, toegenomen. Alleen in vak 8 is sprake van een vervlakking van de platen (de ratio plaathoogte/plaatoppervlak is kleiner geworden).

De volgende morfologische veranderingen in het x,y-vlak kunnen worden waargenomen (bijlagen A8, A9 en B7):

- Het Straatje van Willem is sterker ontwikkeld: de geul is ± 170 meter breder en ± 550 meter langer geworden (1);
- De Ebschaar naar de Everingen is verondiept (2). Het storten van specie afkomstig van de drempel van Baarland kan in deze ontwikkelingen een rol hebben gespeeld (De Looff,

1977);

- De Zuid-Everingen heeft zich 50 meter in WZW-richting verplaatst (3);
- Het Stoombotengat (4) en Geul van de Suikerplaat (5) zijn verondiept. De Geul door Suikerplaat heeft een duidelijk instroomopening aan de Pas van Terneuzen: tussen de kortsluitgeul en de Everingen is een drempeltje aanwezig;
- De Hoge Springer en de Lage Springer zijn met elkaar vergroeid, doordat het kortsluitgeultje de Oude Springergeul is verzand (6);
- Langs de west-punt van de Hoge Platen heeft verdieping plaatsgevonden (7);
- De Schaar van de Spijkerplaat is gemiddeld ± 180 meter breder geworden en heeft zich 100 meter naar het Noorden verplaatst (8).

3.4 Morfologische veranderingen gedurende de periode 1975-1980

3.4.1 Het oostelijk deel van de Westerschelde

Gedurende de eerste vijf jaar na de verdieping neemt het watervolume beneden NAP+2.5m met $13.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ toe. De geulen verruimen echter met $20.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Dit relatief grote verschil in volumeverandering wordt veroorzaakt door de forse toename van het plaatareaal ($8.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$).

De toename van het geulvolume wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de verruiming van het Zuidergat (Bocht van Walsoorden) (vak 1c, fig.10): in de periode 1975-1980 neemt met name het geulvolume tussen de NAP-10m en de NAP-20m toe. In de vakken 2 en 5 is sprake van een afname van het geulvolume. De afname van het geulvolume is echter beduidend kleiner in vergelijking tot de periode 1965-1970. In deze twee vakken en in vak 1, neemt het plaatvolume toe doordat zowel de plaathoogte als het plaatareaal toenemen. In vak 3 en 4 (Plaat van Ossensisse en Overloop van Hansweert) neemt de gemiddelde plaathoogte toe.

De belangrijkste morfologische veranderingen in de locatie-dynamiek zijn (bijlage A3a, A4 en B3):

- De Schaar van de Noord (1) en de inloop van de Schaar van Waarde (2) worden gekenmerkt door een geringe geulverruiming;
- De platen van Walsoorden en Valkenisse zijn vergroeid tot één grote plaat (1977): twee kortsluitgeulen zijn verzand ((3) en (4)). Deze verzanding van de kortsluitgeulen hangt mogelijk samen met de speciéstoringen in het nevengeulen-gebied en de ontwikkeling van de Zimmermangeul;
- De Schaar van Valkenisse heeft een noordelijke aftakking gekregen: er is sprake van een soort kortsluitgeul tussen de Schaar van Valkenisse en de Zimmermangeul (5). Deze noordelijke aftakking en de Zimmermangeul ontwijken elkaar op klassieke wijze (Van Veen, 1950). Tussen de twee geulen bevindt zich een kleine plaat;
- Het diepste punt van de Schaar van Valkenisse (de "zuidelijke tak") is min of meer op dezelfde plaats blijven liggen, terwijl de uitloop van deze geul is geroteerd: de rotatie is gepaard gegaan met een geulverlegging van $\pm 600\text{m}$ naar het Zuiden (6);
- De inloop van het Zuidergat is verruimd doordat langs de noordwest-kant van de Platen van Valkenisse een verdieping heeft plaats gevonden: ter hoogte van de Drempel van Hansweert is het geulgedeelte tussen NAP-5m en NAP-10m 150 meter in oostelijke richting uitgebreid (7). Dit geulgedeelte heeft tevens een meer NZ-oriëntatie gekregen ten gevolge van een noordoostelijke uitbreiding van het geulgedeelte langs de platen van

Ossenisse.

- Het vloed-schaar, Schaar van Walsoorden, is zich sterker gaan ontwikkelen.
- De Overloop van Hansweert heeft zich ± 100 meter verplaatst in WNW-richting (9).

3.4.2 Het westelijk deel van de Westerschelde

In vijf jaar tijd is het westelijk deel van de Westerschelde met $18.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ verruimd. De geulen verruimden netto met $19.9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, terwijl het plaatvolume met $2.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ toenam.

De toename van het geulvolume is terug te vinden in de vakken 6, 7 en 9 waar met name het geulvolume tussen de NAP-10m en NAP-20m toenam (fig. 11 t/m 15). In vak 10 bleef het geulvolume constant, terwijl de geulen in vak 8 verondiepte. De plaatvolumina in de vakken 7, 8 en 9 namen toe: in vak 7 werden de platen gemiddeld wat steiler doordat de plaathoogte toenam. In vak 8 werden de platen vlakker doordat met name het plaatareaal toenam. In vak 9 zijn de platen eveneens vlakker geworden doordat de gemiddelde plaathoogte afnam. In vak 6 nam het plaatvolume af doordat zowel de gemiddelde plaathoogte als het plaatareaal afnamen.

De veranderingen in plaat- en geulvolumina gingen gepaard met volgende veranderingen in de locatie van de platen en geulen (bijlage A9, A10 en B8):

- Het Straatje van Willem heeft een meer OW-oriëntatie gekregen nadat de geul $\pm 180\text{m}$ naar het Zuiden is gemigreerd (1);
- De Ebschaar naar de Everingen is zich sterker gaan ontwikkelen (2)
- De Zuid-Everingen is lokaal een kleine 100 meter naar het WZW gemigreerd (3);
- Het Stoombotengat verzand langzaam (4);
- De Geul langs de Suikerplaat heeft de instroomopening aan de kant van Everingen: in 1980 heeft de geul weer een vloed-schaar-morfologie terwijl de geul in 1975 meer een ebschaar-morfologie had (5), doordat tussen de kortsluitgeul en de Everingen een drempeltje aanwezig was;
- De Schaar van de Spijkerplaat heeft zich gemiddeld 500 meter naar het Noorden verplaatst, waardoor een ruimere verbindingen met de Wielingen is ontstaan (6).

3.5 Morfologische veranderingen gedurende de periode 1980-1985

3.5.1 Het oostelijk deel van de Westerschelde

In deze periode wordt de Overloop van Hansweert formeel als hoofdvaarwater gebruikt (1980, De Looft, 1981). Gedurende deze vijf jaar is er sprake van een netto sedimentatie van $12 \cdot 10^6 \text{ m}^3$: $9.9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ is in de geulen gesedimenteerd, de plaatvolumina zijn met $4.9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ toegenomen en de verandering in kombergend oppervlak hebben geresulteerd in een inhoudstoename van $2.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

De geulvolumina in de vakken 1 en 4 zijn nagenoeg constant gebleven (1a en 1b verondiept, 1c verruimd fig. 3, 6 en 8 t/m 10). In de overige vakken zijn de geulvolumina met 4 tot 5 procent afgenomen (fig. 4, 5 en 7). De plaatvolumina zijn in alle vakken toegenomen, waarbij de toename voornamelijk veroorzaakt wordt doordat de platen gemiddeld hoger zijn geworden.

De volgende veranderingen in de locatie-dynamiek van platen en geulen kunnen worden

waargenomen (bijlage A4, A5 en B4):

- De tendens naar verdieping/inscharing van de Schaar van de Noord zet zich voort (1);
- De noordelijke zijtak van de Schaar van Valkenisse is sterk verondiept. Deze verondieping is gepaard gegaan met de uitbreiding van de plaat tussen deze zijtak en de Zimmerman-geul (2). Deze twee ontwikkelingen houden mogelijkerwijs verband met een verondieping van de inloop van de Schaar van Valkenisse: uit de vaklodingen van 1983 en 1984/1985 kan niet worden opgemaakt welke morfologische verandering het eerst heeft plaats gevonden;
- De zuidelijke uitloop van de Schaar van Valkenisse is ± 360 meter naar het zuiden gemigreerd (3);
- De uitloop van de Schaar van Waarde is iets verdiept in de richting van de Zimmerman-geul (4);
- Langs de NW-punt van de Platen van Valkenisse heeft verdieping plaatsgevonden (5);
- De kortsluitgeulen, Schaar van Ossenis (6) en Geul van de Molenplaat (7) zijn verondiept;
- De Overloop van Hansweert heeft zich wederom in WNW-richting verplaatst over een afstand van ± 100 meter (8). De sedimentatie in het Middelgat gaat gestaag voort (9).

3.5.2 Het westelijk deel van de Westerschelde

In deze periode zijn de netto inhoudsveranderingen minimaal: het watervolume beneden NAP+2.5m nam toe met $4.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, de geulen verruimden met $5.1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en de platen breidde uit met $1.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

In de vakken 6 en 9 namen de geulvolumina iets toe, terwijl de geulvolumina in de vakken 8 en 10 iets afnamen (fig. 11 t/m 15). Het plaatvolume nam met name in de vakken 6, 8 en 9 toe. Deze toename werd voornamelijk bepaald door een toename in de plaathoogte waardoor de platen gemiddeld wat steiler werden. In vak 7 zijn de platen eveneens gemiddeld steiler geworden doordat het plaatareaal is afgenomen en de gemiddelde plaathoogte is toegenomen.

De volgende morfologische veranderingen in het x,y-vlak zijn opgetreden (bijlage A10, A11, en B9):

- Het Boerengat is in deze periode verder verondiept (1);
- Het Straatje van Willem is naar het Zuiden gemigreerd over een afstand van ruim 100 meter (2). De geul is beduidend smaller geworden. Deze versmalling is gepaard gegaan met een verdieping van het centrale geulgedeelte. De verbinding tussen het Straatje van Willem en de Everingen is lokaal verondiept. Deze verondieping wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de zuidelijke migratie van het Straatje van Willem. De kleine plaat ten noordoosten van de geul is verdwenen (3).
- De Zuid-Everingen heeft zich wederom over een afstand van ± 100 meter in WZW-richting verplaatst (4). Het centrale, zuidelijk gelegen gedeelte van de geul is 1 tot 2 meter verdiept, terwijl de noordelijk verbinding met de Everingen gemiddeld 1 meter is verondiept;
- De Geul van de Suikerplaat (6) en het Stoombotengat (5) zijn verondiept;
- De Everingen vertoont op enkele plaatsen sporen van geulverlegging en/of -verruiming (7), evenals de Pas van Terneuzen (8);
- De Geulen langs de oevers van Zeeuws Vlaanderen (vak 8) zijn aan het verondiepen (9);
- De Schaar van de Spijkerplaat heeft zich over ruim 300 meter in noordelijke richting verplaatst (10).

3.6 Morfologische veranderingen gedurende de periode 1985-1990

3.6.1 Het oostelijk deel van de Westerschelde

Het watervolume beneden NAP+2.5m is toegenomen. Het grootste deel van deze inhoudstoename is terug te vinden in de geulen: het geulvolume nam met $11.9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ toe. Het plaatvolume is slechts met $0.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ toegenomen.

De grootste geulverruiming heeft plaatsgevonden in vak 1. In vak 1A (fig.8) is het geulvolume tussen NAP-2m en NAP-10m aanzienlijk toegenomen doordat de Schaar van de Noord en de Platen van Saaftinge zijn verdiept. Ook de aanpassing van het Vaarwater boven Bath in 1986/1987 zal tot een geulverruiming hebben geleid. De Overloop van Valkenisse (vak 1b, fig.9) is met name tussen de NAP-2m en de NAP-10m verruimd. Deze geulverruiming heeft twee mogelijke oorzaken: 1) een wijzing in de baggerstrategie. Met ingang van 1987 wordt preventief gebaggerd langs de zuidelijke plaatranden van de Platen van Valkenisse op een diepte van $\pm \text{NAP-12m}$. 2) het ontstaan van de kortsluitgeul tussen de Schaar van Valkenisse en de Overloop van Valkenisse. Het ontstaan van de kortsluitgeul is gepaard gegaan met een verruiming van het gebied tussen de NAP-5m en NAP-10m langs de platen van Valkenisse (bijlagen A4, A5 en A5). Waarschijnlijk is het ontstaan van deze nieuwe kortsluitgeul de grootste oorzaak van de geulverruiming in vak 1b. Het geulvolume van de nevengeulen in het Valkenissegebied (vak 2) is min of meer hetzelfde gebleven (fig.4). Opvallend is de zeer geringe toename van het geulvolume van het Middelgat (fig.7).

De plaatvolumina in de vakken 1 en 4 zijn iets afgenomen: in vak 1 is het plaatareaal afgenomen, en in vak 4 is de plaathoogte afgenomen. In de vakken 2 en 3 nemen de plaatvolumina toe doordat het plaatareaal is uitgebreid.

De belangrijkste veranderingen in locatie-dynamiek kunnen als volgt worden samengevat (bijlage A5, A6 en B5):

- De Schaar van de Noord en de Plaat van Saaftinge zijn verder verdiept (1);
- De inloop van de Schaar van Valkenisse is verdiept (2). De zuidelijke uitloop van de schaar is verondiept en in noordelijke richting verplaatst over een afstand van ± 360 meter (3). Deze morfologische verandering hangt waarschijnlijk nauw samen met de morfologische dynamiek van de kortsluitgeul aan de zuidrand van de platen van Valkenisse (4): een sterke, ruimtelijke interactie tussen de geulen is zeer waarschijnlijk. Ook de verruiming van de inloop van de Schaar van Valkenisse, en het diepste punt van de vloodschaar worden mogelijk gestuurd door deze schaalinteractie. Ditzelfde geldt voor het verzanden van de kortsluitgeulen tussen de Zimmermangeul en de Schaar van Valkenisse (5) en verondiepen van de Zimmermangeul.
- Ten gevolge van de baggeractiviteiten is het vloodschaar Schaar van Walsoorden verruimd (6). Als gevolg van deze geulverruiming is de plaatrand meer gestroomlijnd. Uit metingen is gebleken dat dit geulgedeelte vloeddominant is m.b.t. de maximale stroomsnelheden en sedimenttransporten (Jeuken, 1992);
- Het geulgedeelte tussen het Gat van Ossenis en de Overloop van Hansweert, en de Schaar van Ossenis zijn aan het verondiepen (7). Deze verondiepingen worden waarschijnlijk veroorzaakt door de speciastortingen in het Gat van Ossenis. Een tweede proces dat een rol zou kunnen spelen bij de verondieping tussen de Overloop van Hansweert en het Gat van Ossenis, is de geleidelijke geulmigratie van de Overloop van Hansweert (8): ondanks corrigerende baggerwerkzaamheden is deze geul in vijf jaar tijd ± 100 meter in noordwestelijke richting verplaatst (fig.16). Door een dergelijke geulmigratie zou op den duur een, voor de scheepvaart, hinderlijke drempel kunnen ontstaan

tussen het Gat van Ossenisse en de Overloop van Hansweert.

3.6.2 Het westelijk deel van de Westerschelde

Ook in deze periode zijn de inhoudsveranderingen minimaal: het watervolume beneden NAP+2.5 is met $2.1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ toegenomen. Deze toename wordt voornamelijk bepaald doordat het plaatvolume met $2.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ is afgenomen. De geulvolumina zijn in geringe mate afgenomen.

De geulvolumina in de vakken 7, 8 en 10 zijn iets afgenomen, terwijl de geulen in de vakken 6 (Pas van Terneuzen) en 9 (Schaar van de Spijkerplaat) iets zijn verruimd (fig.11 t/m 15). De afname van het plaatvolume wordt voornamelijk veroorzaakt door de morfologische veranderingen van de platen in de vakken 6 en 7: in beide vakken nam het plaatvolume af tengevolge van een afname van het plaatareaal, waarbij in vak 7 tevens de plaathoogte afnam. In vak 6 is er sprake van een geringe toename van het plaatvolume doordat zowel de gemiddelde plaathoogte als het plaatareaal iets toenamen.

De volgende veranderingen in de locatie-dynamiek van de platen en geulen kunnen worden waargenomen (bijlagen A11, A12 en B10):

- Het Straatje van Willem is verondiept. De uitloop van de geul is in oostzuidoostelijke richting bijgedraaid over een afstand van ± 500 meter (1). Deze migratie is gepaard gegaan met een verondieping van het centrale geulgedeelte van 3 meter. De NAP-10m dieptelijn van de geul is bijna kortgesloten met de geul over de drempel van Baarland. Deze laatste geul heeft zich over een afstand van ± 270 meter naar het noordwesten verplaatst (2). Het gebied tussen de Everingen en de Ebschaar naar de Everingen is verruimd (3);
- De Zuid-Everingen heeft zich over een afstand van ± 150 meter naar het zuidwesten verplaatst (4). Ook hier is de migratie gepaard gegaan met een verondieping van het diepste geulgedeelte van 1 tot 2 meter;
- Het Stoombotengat is verzand ((5) sedimentatie van 2 tot 4 meter) en de Geul van de Suikerplaat heeft zich onder invloed van de vloedstroom ± 150 meter in oostelijke richting verplaatst (6). Ook de Geul van de Spijkerplaat wordt gekenmerkt door sedimentatie (2 meter in het diepste geulgedeelte);
- Het gebied ten noordwesten van de Suikerplaat is verdiept (7);
- De Schaar van de Spijkerplaat is ± 270 meter in noordelijke richting verplaatst (8). Door deze geulverlegging zijn de uitloop van de Schaar van de Spijkerplaat en de uitloop van de Wielingen haakser op elkaar komen te staan. Deze laatste geulverlegging heeft tevens een verbeterde verbinding tussen de Pas van Terneuzen en de Honte tot gevolg gehad.

4. Betrouwbaarheid: lodingen, inhoudsberekeningen en afgeleide grootheden.

4.1 Lodingen

De (vak)lodingen worden gekenmerkt door toevallige, min of meer stochastische fouten en systematische fouten.

Het begrip middelbare fout wordt vaak gebruikt om de toevallige fout aan te duiden. De middelbare fout, ook wel standaard afwijking genoemd, is een term die uit de kansberekening voortkomt: de middelbare fout geeft het gebied aan om het gemiddelde, waar met 68.2% kans de ware waarde ligt (bij een normaal verdeelde populatie). In vlakke gebieden is de middelbare fout in de afzonderlijk gepeilde punten $\pm 0.14\text{m}$ (dit is exclusief de fout in de plaatsbepaling, WTZO, 1981). Voor een gebied met platen en geulen zal deze middelbare fout in de afzonderlijke dieptepunten gemiddeld groter zijn, door het plaat/geul-reliëf: overgangen van platen naar geulen, steile oevers in buitenbochten van geulen etc. Hier wordt een gemiddelde middelbare fout van 0.2m *aangenomen* als zijnde representatief voor de middelbare fout in de dieptebepaling van afzonderlijke punten in de Westerschelde. Door Storm (in voorbereiding) is een willekeurige lodingsfout van 0.23m bepaald. Deze toevallige fouten zullen elkaar geleidelijk opheffen wanneer grotere gebieden worden beschouwd.

De systematische fouten vormen het grootste probleem bij het bepalen van de betrouwbaarheid. Dit zijn de fouten die bijvoorbeeld ontstaan door menselijke fouten (reductie naar NAP, ijking echolood) en/of veranderingen in de techniek. Deze fouten kunnen alleen achteraf worden ingeschat op basis van afwijkende resultaten. Volgens Van den Berg et.al. (1991) zouden de systematische fouten verantwoordelijk kunnen zijn voor de waargenomen omslagen in de zandbalans (De Looft, 1986). Zo zijn een aantal lodingen van 1980 in het oostelijk deel van de Westerschelde waarschijnlijk te "nat" gepeild (= algemene geulverruiming). Deze systematische fout wordt mogelijk veroorzaakt door fouten in de ijking van echolood (geluidssnelheid in het water). Wanneer een fout tijdens de ijking van het echolood is gemaakt zal deze sterker doorwerken naarmate de waterdiepte groter is. Als 1980 daadwerkelijk te "nat" gepeild is, zouden de geulvolumina in vak 1 en 2 te groot zijn: de toename van het geulvolume in vak 1 in de periode 1975-1980 is te groot, de afname van het geulvolume in vak 2 is waarschijnlijk iets te klein. Voor de periode 1980-1985 zou het tegenovergestelde het geval zijn. Het inschatten van zulke systematische fouten wordt ook beïnvloed door de vakkeuze.

4.2 Inhoudsberekeningen en afgeleide grootheden

Het bepalen van de toevallige fouten in de inhoudsberekeningen op basis van de Bodkar-schematizaties is lastig, o.a. doordat de dieptecijfers op de hoekpunten van het Bodkar-raster bepaald zijn door middel van visuele interpolatie van de beschikbare dieptecijfers en richtingen van de dieptelijnen. Op basis van een tweetal reële aannamen kan echter wel een schatting worden gemaakt van de middelbare fout in de diepte van één enkel Bodkar-vakje: *Aanname 1*, de gemiddelde middelbare fout in één diepte-punt bedraagt 0.20m . *Aanname 2*, voor de visuele interpolatie van een hoekpunt worden minimaal drie dieptecijfers in beschouwing genomen. Intuïtief zal hier sprake zijn van een bepaalde weegfactor: het dichtst bij gelegen dieptecijfer zal het zwaarst meetellen. Het is echter moeilijk om deze intuïtieve weegfactor te verdisconteren. Wanneer de twee aannamen als uitgangspunt worden genomen, bedraagt de middelbare fout van ieder hoekpunt $\pm 0.35\text{m}$ ($=\sqrt{((0.20)^2 + (0.20)^2 + (0.20)^2)}$) en is de middelbare fout in de geschematizeerde diepte van het Bodkar-vakje $\pm$

0.70m ($=\sqrt{((0.35)^2 + (0.35)^2 + (0.35)^2 + (0.35)^2)}$). De vertaalslag van deze fout naar een fout in de inhoudsberekeningen is niet evident: gebied-grootte en mate van uitmiddeling zullen hierin doorslaggevend zijn.

Kwalitatieve uitspraken zijn alleen mogelijk door inhoudsberekeningen met verschillende vakgroottes te beschouwen. Dit is gedaan door Lindenberg (1991): Bodkar-inhoudsberekeningen (200m bij 200m) zijn vergeleken met inhoudsberekeningen gebaseerd op een 20 bij 20 meter Digibeeld-raster. Hierbij is de interpolatie uitgevoerd door Digibeeld en weggeschreven naar een Bodkar-bestand. Hoewel deze automatisch geschematiseerde Bodkar-schematisatie niet direct te vergelijken is met de handmatige schematisaties kunnen wel enkele globale conclusies worden getrokken: (1) de inhouden berekend volgens Bodkar worden onderschat: op het niveau NAP-2m bedraagt de afwijking 4 tot 5 procent, (2) de procentuele fout wordt groter naarmate het referentie-vlak lager ligt, en (3) het relatieve verschil wordt groter naarmate het oppervlak van de veelhoek kleiner wordt. De berekeningen suggereren tevens dat de volgens Bodkar berekende water-oppervlakten, op het niveau NAP-2m, worden overschat.

Wanneer wordt aangenomen dat de inhouden en oppervlakten berekend volgens Digibeeld, nauwkeuriger zijn dan de berekende waarden volgens Bodkar, hebben deze conclusies de volgende consequenties voor de absolute waarden van de afgeleide grootheden, genoemd in paragraaf 2.2.2: (a) de plaat- en geulvolumina zijn in werkelijkheid groter, (b) het plaatoppervlak is in werkelijkheid kleiner, en (c) de gemiddelde plaathoogte is in werkelijkheid groter (combinatie van a en b). Voor het kwalificeren van de trendmatige veranderingen in de plaat- en geulvolumina hebben de conclusies geen doorslaggevende consequenties.

Systematische fouten in de inhoudsberekeningen zullen aanwezig zijn o.a. doordat verschillende mensen aan de handmatige schematisaties hebben gewerkt, waardoor sprake zal zijn van een zekere subjectiviteit. Een andere systematische fout zal ontstaan zijn bij het schematiseren van de buitendijkse randen van vakbladen: het oppervlak op NAP+2.5m zal in werkelijkheid groter zijn doordat van de Bodkar-vakjes op de randen van het geschematiseerde gebied (dijken etc.) vaak geen vier hoekpuntgegevens beschikbaar zijn. Hierdoor tellen meerdere vakjes niet mee in de inhoudsberekening. Verder zullen de uitbreidingen van het Sloe-gebied in de loop der tijd, en uitgraven van het Schelde-Rijn kanaal ($\pm$ 1970) veranderingen in het oppervlak op NAP+ 2.5m hebben veroorzaakt. Dergelijke aspecten zullen consequenties hebben voor berekeningen van het kombergend oppervlak en - volume.

5. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

5.1 Samenvatting en conclusies

5.1.1 Inhoudsveranderingen in het oostelijk en westelijk deel.

Gedurende de periode 1965-1990 verruimen de geulen en nemen de platen in omvang toe: de geulvolumina nemen toe met $\pm 53 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. De plaatvolumina nemen toe met ruim $23 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (versterking van het "reliëf"). De veranderingen in de geulvolumina komen tevens tot uitdrukking in de veranderingen van de geuldiepten t.o.v. NAP (fig. 17). De veranderingen in het plaatvolume en het kombergend oppervlak blijken tevens uit de hypsometrische curven van het intergetijdegebied in het oostelijk en westelijk deel (de grens tussen oost en west valt samen met debietraai 6, fig.18).

Het gehele tijdsbestek 1965 tot en met 1990 kan worden onderverdeeld in drie perioden (zie figuren 3 t/m 15 en 17 en de bijlagen A en B): 1) vóór de verdieping (1965-1970), 2) tijdens en vlak na de verdieping (1970-1980), en 3) na de verdieping (1980-1990).

In de periode 1965-1970 wordt het oostelijk deel gekenmerkt door een aanzienlijke sediment-import waardoor de geulvolumina afnemen en de plaatvolumina toenemen: met name in de nevengeulen in het Valkenissegebied en het Middelgat vindt sedimentatie in de geulen plaats. De plaatvolumina in de vakken in het oostelijk deel zijn met 12 tot 25 procent toegenomen: in het Valkenissegebied nemen de plaatvolumina toe door een toename in het plaatareaal en de plaathoogte. In de overige vakken nemen de plaatvolumina toe doordat de platen gemiddeld hoger, en daardoor steiler, zijn geworden. In tegenstelling tot het oostelijk deel wordt het westelijk deel gedomineerd door erosie: de geulen verruimen. De sedimentatie in het oostelijk deel wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een sedimentaanvoer vanuit het westelijk deel.

Tijdens en vlak na de verdieping vinden in het oostelijk deel ingrijpende veranderingen in de geul- en plaatvolumina plaats: de hoofdvaargeul verruimt 20 procent ($\pm 50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), en in de nevengeulen vindt sedimentatie plaats. De verruiming van de hoofdvaargeul is net na de verdieping (1975-1980) het grootst: 12 procent ($30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Dit beeld kan enigszins vertroebeld zijn door een te "natte" peiling in 1980 (Van den Berg et.al., 1991). Ten oosten van Hansweert zal de sedimentatie in de nevengeulen vooral het gevolg zijn van de stortingen van baggerspecie. De procentuele afname van geulvolume in de periode 1970-1980 ($\pm 10\%$) is echter nog niet zo groot als in de periode 1965-1970 (13%). De sedimentatie in het Middelgat zal vooral samen hangen met het natuurlijk proces van bochtafsnijding van deze geul en de geulverruiming en -migratie van de Overloop van Hansweert (zie ook Van den Berg et.al, 1991). De plaatvolumina nemen in de periode net na de verdieping (1975-1980) fors toe. De platen in het Valkenisse-gebied lijken vertraagd te reageren op de stortactiviteiten in de nevengeulen: na een aanvankelijk afname van het plaatvolume in de periode 1970-1975, nemen de plaatvolumina in de daarop volgende periode met $\pm 25\%$ toe. De inhoudsveranderingen in het westelijk deel lijken voornamelijk te worden bepaald door de sediment-onttrekkingen in dit gebied (tabel 3 en 4).

In de periode 1980-1990 wordt de hoofdvaargeul in het oostelijk deel van de Westerschelde (vak 1) gekenmerkt door kleinere inhoudstoename. De inhoudstoename gedurende de eerste helft zijn gering. Hierbij dient te worden opgemerkt dat een mogelijk te "natte peiling" van 1980 dit beeld iets kan vertekenen. In het begin van de jaren tachtig is de getijbeweging in het oostelijk deel waarschijnlijk weer in evenwicht met de veranderde plaat/geul-

morfologie: de verlaging van het laagwaterniveau is gestabiliseerd. Op basis van dit gegeven is het aannemelijk dat het morfologische aanpassingsproces als gevolg van de verdieping, ergens in de eerste helft van de jaren tachtig tot stilstand is gekomen. De inhoudstoename van de hoofdvaargeul in de periode 1985-1990 heeft voornamelijk betrekking op het geulvolume tussen NAP-2m en NAP-10m (fig. 11, 12 en 13). De toename van het geulvolume wordt waarschijnlijk veroorzaakt door zowel locale natuurlijke processen (kortsluitgeul-ontwikkeling, inscharing Schaar van de Noord en Schaar van Walsoorden) als door locale baggeractiviteiten (bv. verbetering van het Vaarwater boven Bath). Om deze uitspraken beter te kunnen onderbouwen zijn aanvullende inhoudsberekeningen van de periode 1975-1985(-1990) nodig, zodat kan worden nagegaan in hoeverre er sprake is van een exponentieel verlopend morfologisch aanpassingsproces.

5.1.2 De locatie-dynamiek van geulen en platen.

De locatie-dynamiek van de platen en geulen wordt in belangrijke mate bepaald door: 1) de migratie van bepaalde vloed- en ebscharen, zoals de Schaar van Valkenisse, de Schaar van de Spijkerplaat, en de Overloop van Hansweert. 2) Het cyclisch migratie-proces van sommige kortsluitgeulen, zoals bijvoorbeeld het straatje van Willem, en de kortsluitgeul tussen de Schaar van Valkenisse en de Overloop van Valkenisse. 3) Veranderingen in de kortsluitgeulen-morfologie in het oostelijk deel.

Wanneer voor deze morfologische veranderingen dezelfde perioden worden aangehouden als in de vorige paragraaf, kunnen de hierboven genoemde morfologische processen als volgt worden samengevat:

1965-1970: de Schaar van Valkenisse heeft zich in zuidwestelijk richting verplaatst over een afstand van ± 270 meter. Deze migratie is gepaard gegaan met een verondieping van de inloop van de Schaar van Valkenisse, en een geulverlegging en geringe verdieping van de Zimmermangeul. De morfologie van het Valkenisse-gebied in deze periode, vertoont veel morfologische overeenkomsten met het platengebied en bijbehorende kortsluitgeulen tussen de Pas van Terneuzen/Gat van Ossenis en de Everingen. De overloop van Hansweert is ± 140 meter breder geworden: de verbreding van deze geul manifesteert zich met name tussen de NAP-2m en NAP-10m dieptelijn plaats. Het Straatje van Willem, dat ontstaan is uit de vloed-schaar de Everingen is groter geworden. De overige kortsluitgeulen tussen de Everingen en de Pas van Terneuzen worden gekenmerkt door geulmigraties in WZW-richting. De Schaar van de Spijkerplaat heeft zich in westelijke richting sterk ontwikkeld.

1970-1980: in de eerste helft van deze periode is de Schaar van Valkenisse wederom in zuidwestelijk richting verplaatst over een afstand van ± 400 meter. Tijdens deze migratie is een langgerekte plaat ontstaan tussen de Zimmermangeul en de Schaar van Valkenisse, die in de tweede helft van de periode doorsneden wordt door een kortsluitende aftakking van de Schaar van Valkenisse. Het centrale geulgedeelte van de Schaar van Valkenisse is min of meer op dezelfde plaats blijven liggen. De uitloop van deze geul is geroteerd. Deze rotatie is gepaard gegaan met een geulmigratie van ± 600 meter. De Overloop van Hansweert is in de eerste helft van de periode verder verbreed. In de periode 1975-1980 heeft de Overloop van Hansweert zich ± 100 meter verplaatst in WNW-richting. Het Middelgat is smaller geworden door het westwaarts opdringen van de plaatranden: deze veranderingen in locatie worden waarschijnlijk veroorzaakt door het natuurlijke proces van bochtafsnijding. Het Straatje van Willem in het westelijk deel van de Westerschelde is breder en langer geworden. In de tweede helft van de periode verplaatst deze geul zich over een afstand van een kleine 200 meter. De Zuid-Everingen verplaatst zich verder in westelijke richting, terwijl het

Stoombotengat langzaam verzand. De Schaar van de Spijkerplaat is in de eerste helft van de periode aanzienlijk breder geworden en in noordelijke richting verplaatst. In de tweede helft is de migratiesnelheid van deze geul aanmerkelijk groter (in vijf jaar $\pm$ 400 meter verplaatst). Door de geulmigratie van de Schaar van de Spijkerplaat is een ruimere verbinding met de Wielingen ontstaan.

1980-1990: de zuidelijk uitloop van de Schaar van Valkenisse is $\pm$ 360 meter in zuidelijke richting gemigreerd. Deze migratie wordt in de tweede helft van de periode weer gecompenseerd door een vergelijkbare geulmigratie in noordelijke richting. Deze ontwikkelingen houden waarschijnlijk verband met het ontstaan van een nieuwe kortsluitgeulen-cyclus tussen de Schaar van Valkenisse en de Overloop van Valkenisse. In deze periode worden de kortsluitgeulen in het westelijk deel gekenmerkt door geulmigraties die gepaard gaan met sedimentatie in de geulen: de Zuid-Everingen lijkt zich voornamelijk te verplaatsen onder invloed van de ebstroom, de Geul langs de Suikerplaat verplaatst zich onder invloed van de vloedstroom in oostelijke richting. Het Stoombotengat verzand in de tweede helft van deze periode. De migratiesnelheid van de Schaar van de Spijkerplaat is iets afgenomen: de geul heeft zich in de periode 1980-1985 ruim 300 meter in noordelijke richting verplaatst. Deze laatste geulverlegging heeft tevens tot gevolg gehad dat de (morfologische) verbinding tussen de Pas van Terneuzen en de Honte verbeterd is.

5.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen ten aanzien van de inhoudsberekeningen kunnen worden gedaan (aan een aantal van deze aanbevelingen wordt reeds gewerkt):

- Een nadere nauwkeurighedsbeschouwing van inhoudsberekeningen als functie van verschillende vakgroottes met behulp van Digibeeld en Arcinfo. Wat is de optimale gridgrootte voor het uitvoeren van inhoudsberekeningen, en hoe verandert het rekenresultaat met de gridgrootte?
- Inhoudsberekeningen op basis van morfologische grenzen. Om een beter inzicht in de morfologische veranderingen van platen en geulen te krijgen, is het wenselijk om de inhoudsveranderingen op basis van morfologische grenzen te berekenen (de inhoudsveranderingen per plaat en geul).
- Het kwantificeren van inhoudsveranderingen die gepaard gaan met geulmigraties;
- Het uitvoeren van toekomstige inhoudsberekeningen om de twee, vier of zes jaar, zodat de berekeningen samenvallen met de jaren waarin de vaklodingen zijn uitgevoerd;
- Het uitvoeren van aanvullende inhoudsberekeningen voor de periode 1975-1990 (het verdichten van de tijdreeks). Met de frequentie (en lengte) van de huidige tijdreeks van inhoudsberekeningen is het niet optimaal mogelijk om de morfologische respons van de platen en geulen op de verdieping te bestuderen: in hoeverre is er sprake van een exponentieel verlopend morfologisch aanpassingsproces als gevolg van de verdieping?
- Bij het beschouwen van morfologische veranderingen is het van belang om over een groot aantal dwarsprofielen te beschikken.

Dankwoord

In de eerste plaats wil ik drs. A.W. Van Kleef bedanken voor het programmeren van diverse macro's binnen ArcInfo, waardoor het werken met Arcinfo bijzonder veraangenaamd werd en wordt. Verder wil ik drs. C. Storm, dr. J.H. Van den Berg, ir. T. Pieters, en drs. A.W. Van Kleef bedanken voor het doorlezen en becommentariëren van het concept-rapport.

Referenties

- DE JONG, J (1992). Overzicht hoeveelheden baggeren, storten en zandwinning in de Westerschelde per locatie en volgens vakindeling met behulp van debietraaien. Tijdvak 1965 t/m 1990. Notitie NWL-92.34 (concept)
- DE LOOFF, D. (1975). Beschouwing over de bodemveranderingen in het rivierbed van de Westerschelde, naar aanleiding van de in 1974 in de vakken 4, 5 en 6 verrichte rivierlodingen. Studiedienst Vlissingen 75.17.
- DE LOOFF, D. (1976A). Beschouwing over de bodemveranderingen in het rivierbed van de Westerschelde, naar aanleiding van de in 1975 in de vakken 1, 2 en 3 verrichte rivierlodingen. Studiedienst Vlissingen 76.18.
- DE LOOFF, D. (1976B). De cyclus der drempelgeulen bij de Zimmermangeul (Westerschelde). Studiedienst Vlissingen.
- DE LOOFF, D. (1977). Beschouwing over de bodemveranderingen in het rivierbed van de Westerschelde, naar aanleiding van de in 1976 in de vakken 4, 5 en 6 verrichte rivierlodingen. Studiedienst Vlissingen 77.4.
- DE LOOFF, D. (1978). Beschouwing over de bodemveranderingen in het rivierbed van de Westerschelde, naar aanleiding van de in 1977 in de vakken 1, 2 en 3 verrichte rivierlodingen. Studiedienst Vlissingen WWKZ-78.V005.
- DE LOOFF, D. (1979). Beschouwing over de bodemveranderingen in het rivierbed van de Westerschelde, naar aanleiding van de in 1978 in de vakken 4, 5 en 6 verrichte rivierlodingen. Studiedienst Vlissingen WWKZ-79.V011.
- DE LOOFF, D. (1980). Beschouwing over de bodemveranderingen in het rivierbed van de Westerschelde, naar aanleiding van de in 1979 in de vakken 1, 2 en 3 verrichte rivierlodingen. Studiedienst Vlissingen WWKZ-80.V010.
- DE LOOFF, D. (1981). Beschouwing over de bodemveranderingen in het rivierbed van de Westerschelde, naar aanleiding van de in 1980 in de vakken 4, 5 en 6 verrichte rivierlodingen. Studiedienst Vlissingen WWKZ-81.V004.
- DE LOOFF, D. (1982). Beschouwing over de bodemveranderingen in het rivierbed van de Westerschelde, naar aanleiding van de in 1981 in de vakken 1, 2 en 3 verrichte rivierlodingen. Studiedienst Vlissingen WWKZ-82.V013.
- DE LOOFF, D. (1983). Beschouwing over de bodemveranderingen in het rivierbed van de Westerschelde, naar aanleiding van de in 1982 in de vakken 4, 5 en 6 verrichte rivierlodingen. Studiedienst Vlissingen WWKZ-83.V004.
- DE LOOFF, D. (1984). Beschouwing over de bodemveranderingen in het rivierbed van de Westerschelde, naar aanleiding van de in 1983 in de vakken 1, 2 en 3 verrichte rivierlodingen. Studiedienst Vlissingen WWKZ-84.V006.
- DE LOOFF, D. (1986). Inhoudsberekeningen en zandbalans Westerschelde voor de periode 1980-1984/1985 aansluitend op eerdere berekeningen voor het tijdvak 1878-1980. NXL-86.020.

JEUKEN, M.C.J.L. (1992). Een analyse van stroom- en sedimenttransportmetingen in het oostelijk deel van de Westerschelde. NWL-92.17/Geopro-92.03: 35 p.

LINDENBERG, F. (1991). Kuberingen Westerschelde: een vergelijking tussen de rekenresultaten van Bodkar en Digibeeld. NWL-91.57.

PIETERS, T, C. STORM, T. WALHOUT, T. YSEBAERT (1991). Het Schelde-estuarium, meer dan een vaarweg. Nota GWWS-91.081

STORM, C. (IN VOORBEREIDING). Van peiling tot vakloding. Een beschouwing van de nauwkeurigheid van de lodingsmethodiek voor de Westerschelde en Voordelta (1965-1990)

VAN DEN BERG, J.H., D. SCHOUTEN EN C.J. VAN WESTENBRUGGE (1991). Zandbalans Westerschelde 1965-'70-'75-'80-'85. NXL-91.36.

VAN DAM, D. (1991A) Inhoudsberekeningen en zandbalans Westerschelde over de periode 1984/1985-1990. NWL-91.55

VAN DAM, D. (1991B). Beschouwingen over de bodemveranderingen in de Westerschelde n.a.v. de in 1990 in de vakken 1, 2 en 3 verrichte lodingen. NXL-91.63

VAN DAM, D. (1991c). Beschouwingen over de bodemveranderingen in de Westerschelde n.a.v. de in 1990 in de vakken 4, 5 en 6 verrichte lodingen. NXL-91.64

VAN DAM, D. (IN VOORBEREIDING). Beschouwingen over de bodemveranderingen in de Westerschelde n.a.v. de in 1992 in de vakken 4, 5 en 6 verrichte lodingen.

VAN VEEN, J. (1950). Eb- en Vloedschaar Systemen in de Nederlandse Getijwateren. KNAG, vol.67 (2): 303-325.

WTZO (1981). Meetnauwkeurigheid en peilnauwkeurigheid. nota DDWT-81.38

**Morfologische veranderingen van de
platen en geulen in de Westerschelde
gedurende de periode 1965-1990**

Figuren, tabellen en bijlagen

Nota NWL-93.13



**Morfologische veranderingen van de
platen en geulen in de Westerschelde
gedurende de periode 1965-1990**

Figuren, tabellen en bijlagen

Nota NWL-93.13

**M.C.J.L. Jeuken
maart 1993**

Lijst van figuren

- Figuur 1. Platen en geulen in de Westerschelde, westelijk deel.
- Figuur 2. Platen en geulen in de Westerschelde, oostelijk deel.
- Figuur 3. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1
- Figuur 4. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 2
- Figuur 5. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 3
- Figuur 6. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 4
- Figuur 7. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 5
- Figuur 8. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1a
- Figuur 9. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1b
- Figuur 10. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1c
- Figuur 11. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 6
- Figuur 12. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 7
- Figuur 13. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 8
- Figuur 14. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 9
- Figuur 15. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 10
- Figuur 16. De geleidelijke geulmigratie van de Overloop van Hansweert in de periode 1985-1990.
- Figuur 17. Veranderingen in geuldiepten t.o.v. NAP gedurende de periode 1965-1990
- Figuur 18. Hypsometrische curven van het intergetijde-gebied in het oostelijk en westelijk deel van de Westerschelde.

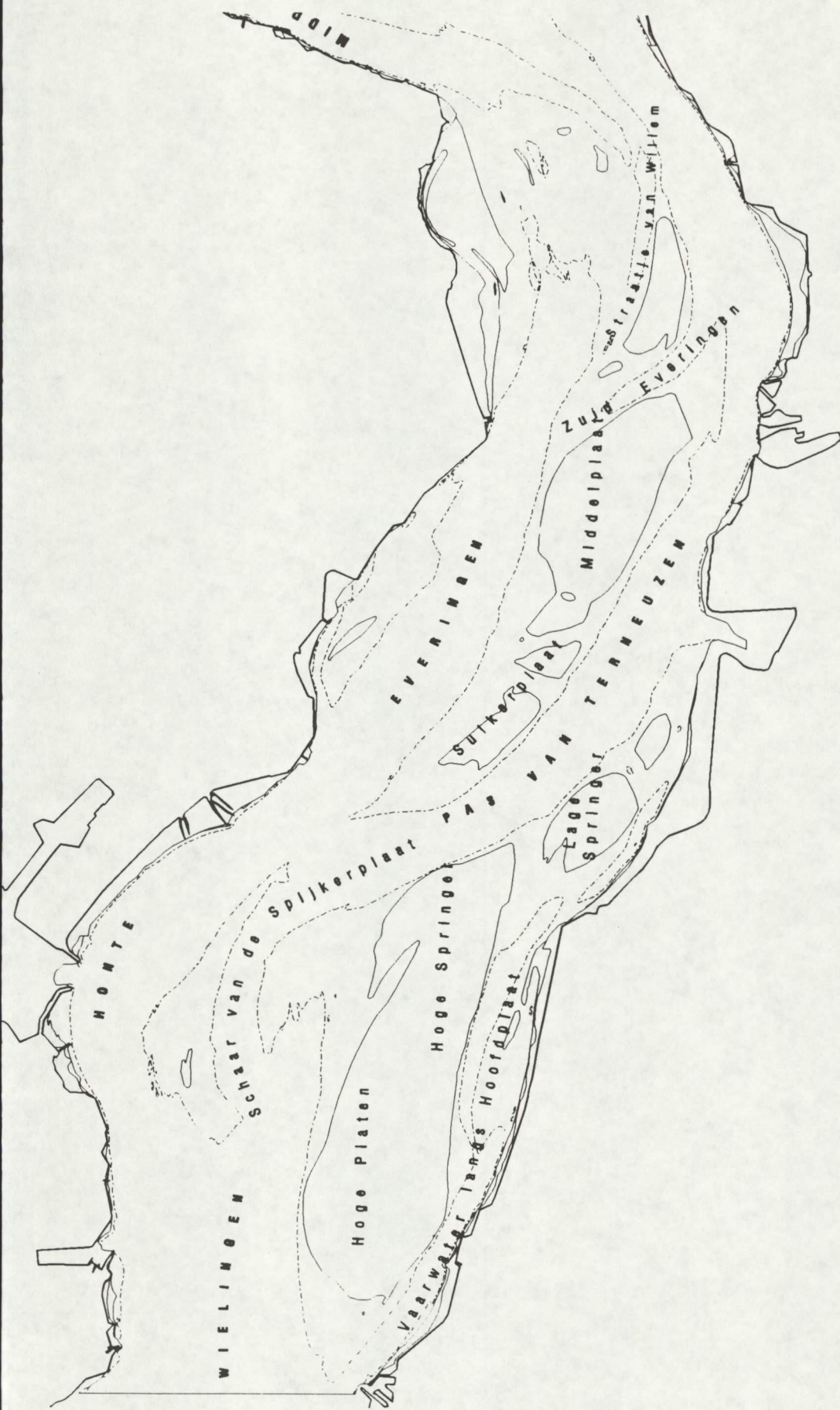
Lijst van tabellen

- Tabel 1. Volumeveranderingen in het oostelijk deel van de Westerschelde ($\cdot 10^6 \text{ m}^3$).
- Tabel 2. Volumeveranderingen in het westelijk deel van de Westerschelde ($\cdot 10^6 \text{ m}^3$).
- Tabel 3. Bagger- en storthoeveelheden in het oostelijk deel van de Westerschelde ($\cdot 10^6 \text{ m}^3$; gegevens ontleend aan De Jong, 1992).
- Tabel 4. Bagger- en storthoeveelheden in het westelijk deel van de Westerschelde ($\cdot 10^6 \text{ m}^3$; gegevens ontleend aan De Jong, 1992).

Lijst van bijlagen

- Bijlage A. Dieptekaarten van het oostelijk en westelijk deel van de Westerschelde
 - A1. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1965
 - A2. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1970
 - A3. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1975
 - A4. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1980
 - A5. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1985
 - A6. Dieptekaart Westerschelde, oostelijk deel 1990
 - A7. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1965
 - A8. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1970
 - A9. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1975
 - A10. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1980
 - A11. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1985
 - A12. Dieptekaart Westerschelde, westelijk deel 1990

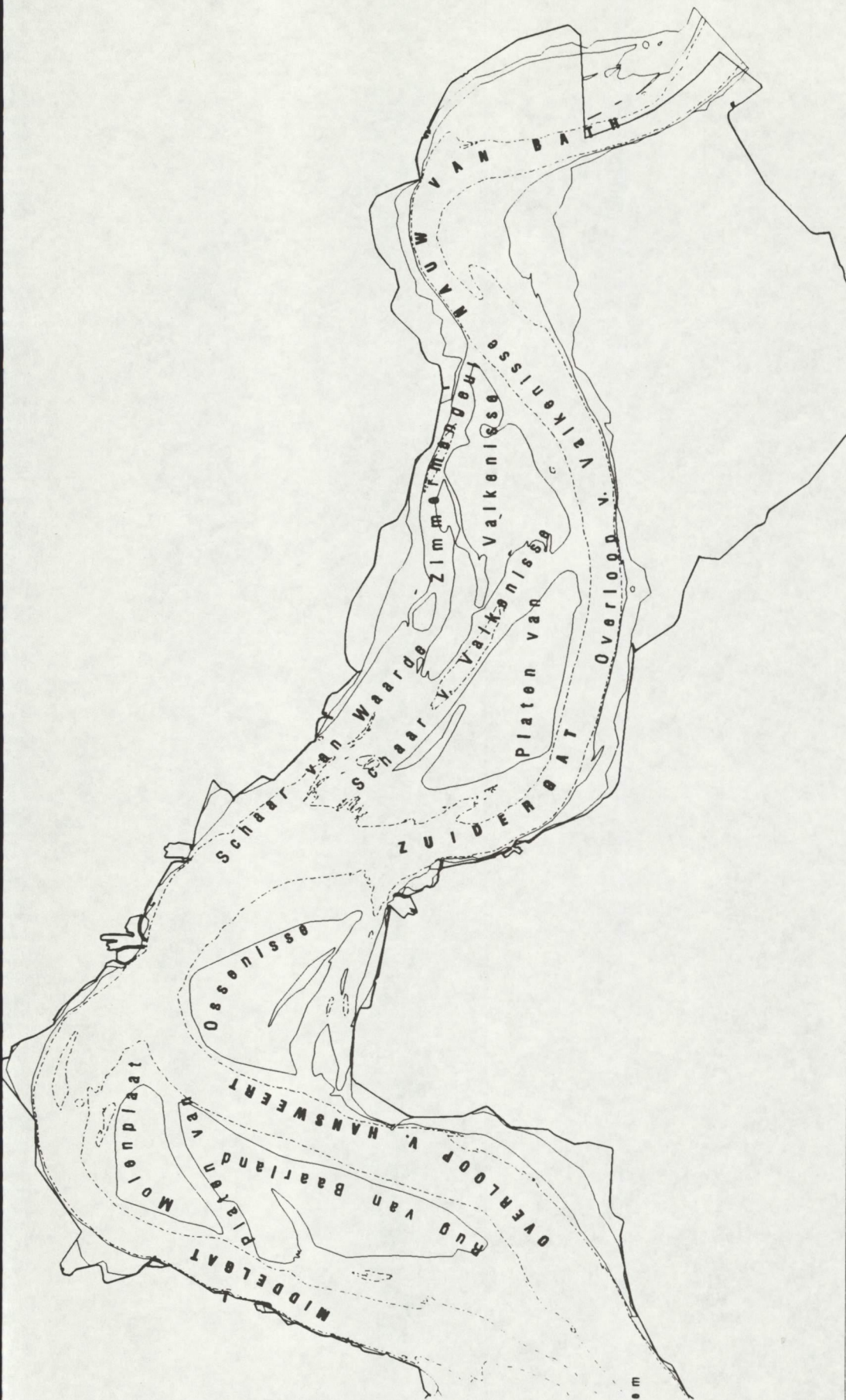
- Bijlage B. Verschilkaarten van het oostelijk en westelijk deel van de Westerschelde.
- B1. Verschilkaart Westerschelde, oostelijk deel 1965-1970
 - B2. Verschilkaart Westerschelde, oostelijk deel 1970-1975
 - B3. Verschilkaart Westerschelde, oostelijk deel 1975-1980
 - B4. Verschilkaart Westerschelde, oostelijk deel 1980-1985
 - B5. Verschilkaart Westerschelde, oostelijk deel 1985-1990
 - B6. Verschilkaart Westerschelde, westelijk deel 1965-1970
 - B7. Verschilkaart Westerschelde, westelijk deel 1970-1975
 - B8. Verschilkaart Westerschelde, westelijk deel 1975-1980
 - B9. Verschilkaart Westerschelde, westelijk deel 1980-1985
 - B10. Verschilkaart Westerschelde, westelijk deel 1985-1990
- Bijlage C. Bodkaartenindeling Westerschelde, met de NAP-2.5m dieptelijn.
- Bijlage D. Vakkenindeling Westerschelde, met NAP-2.5m dieptelijn (1990).



Platen en geulen
Westerschelde
westelijk deel



Figuur 1



Platen en geulen Westerschelde

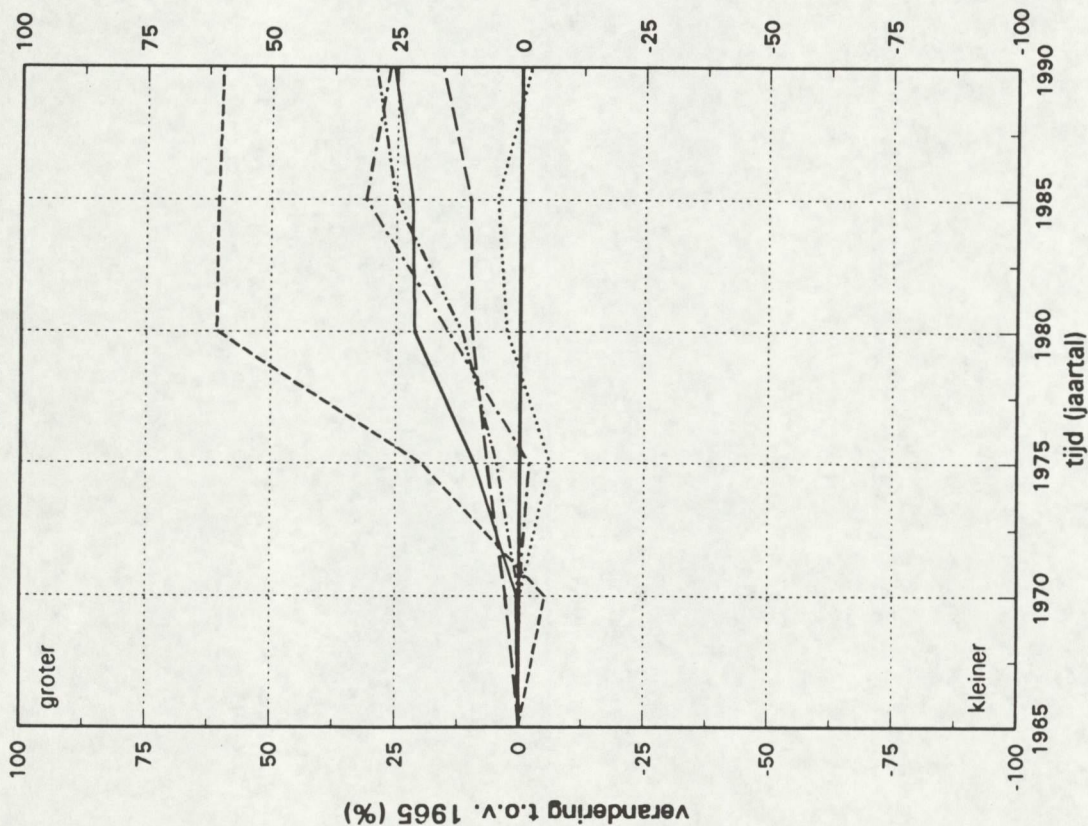
oostelijk deel
1990

Figuur 2

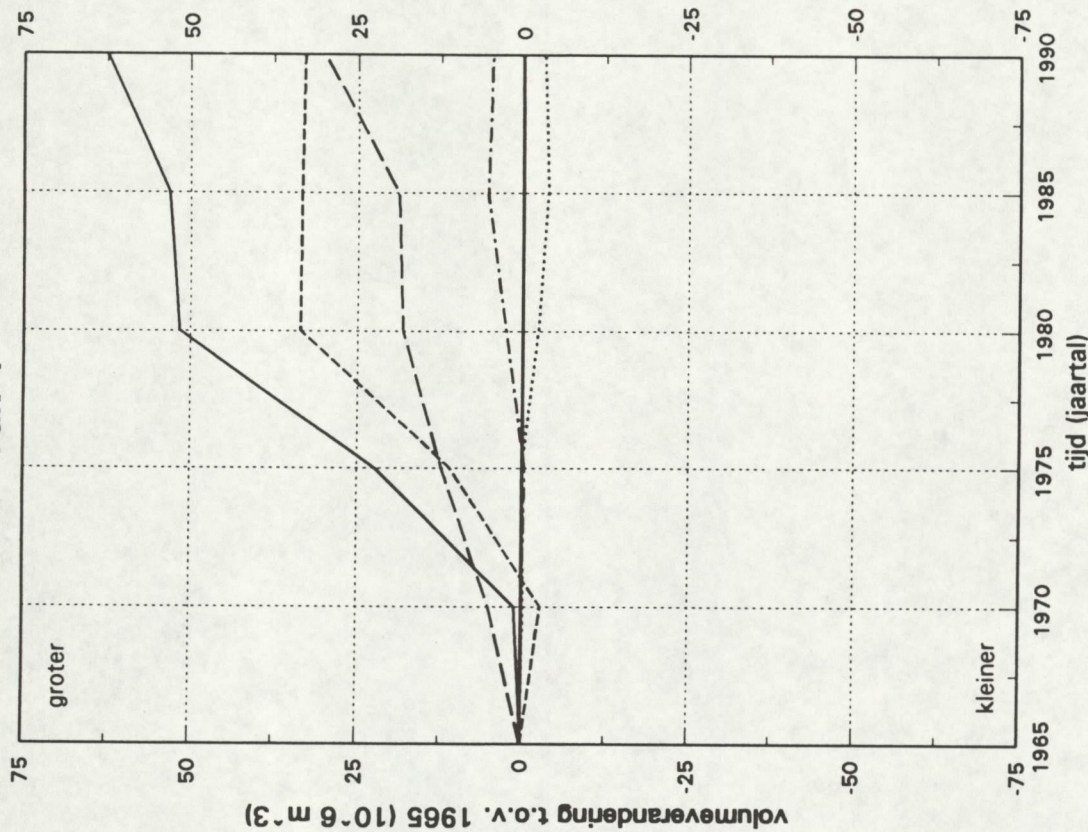
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



Vak 1

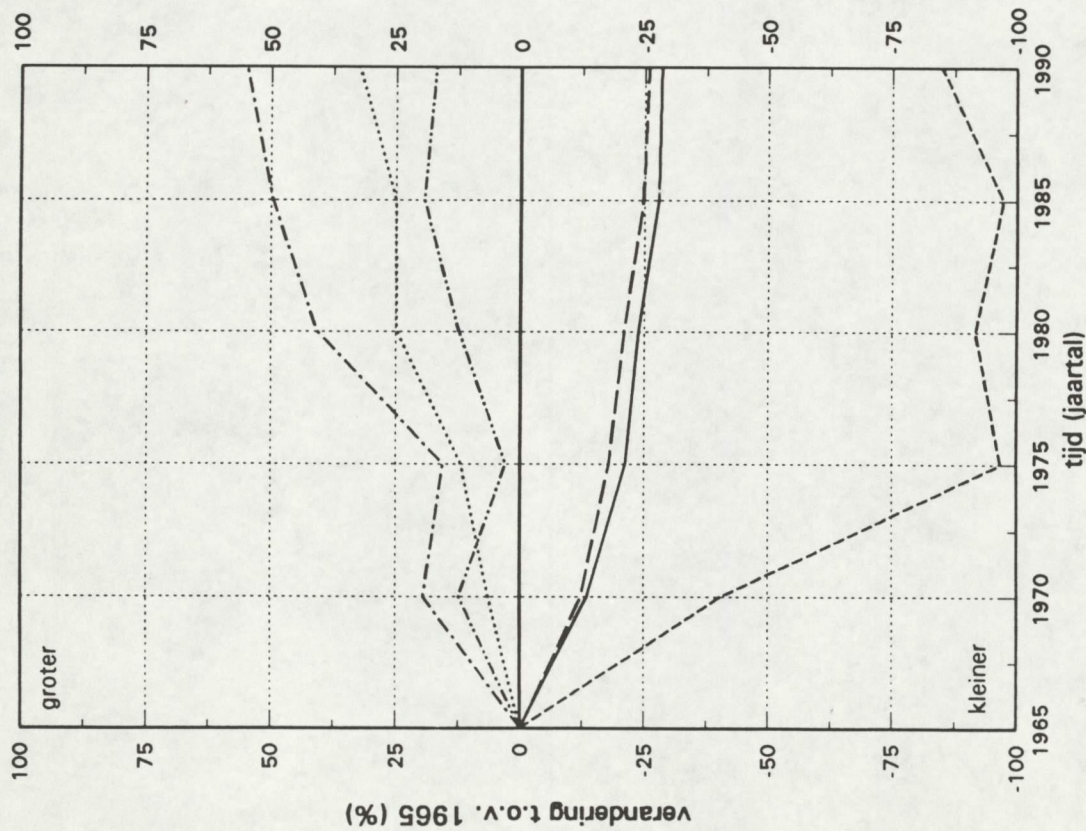


Vak 1

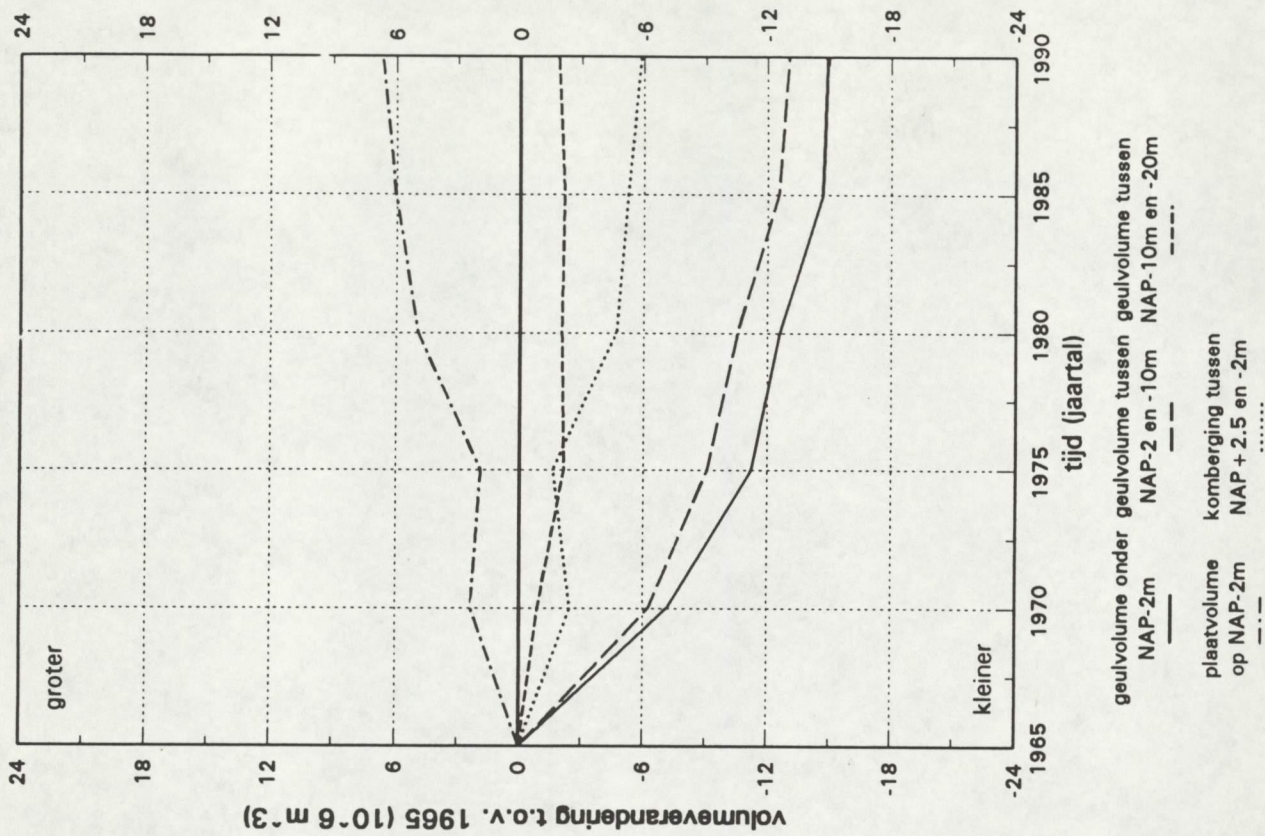


Figuur 3. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1

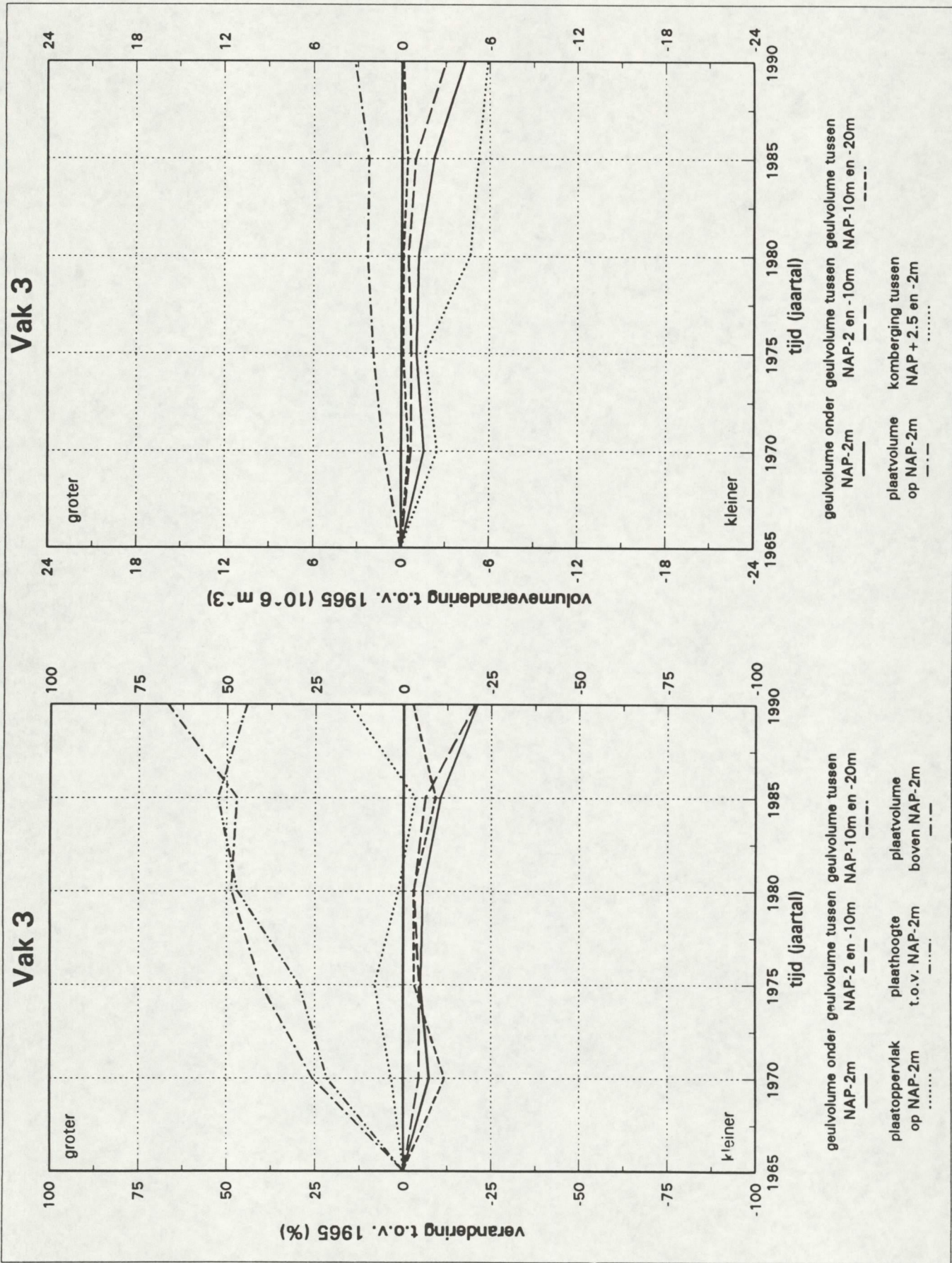
Vak 2



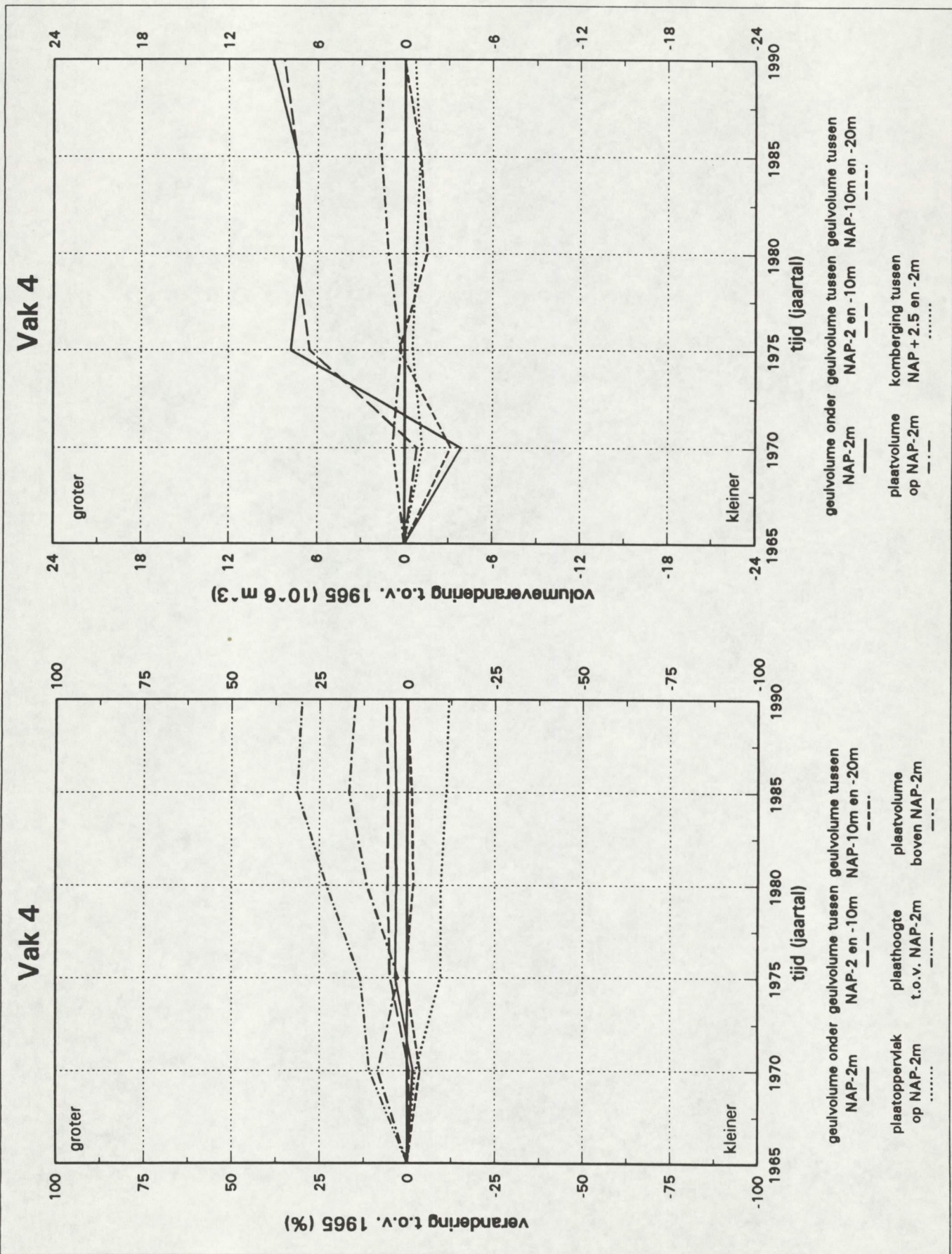
Vak 2



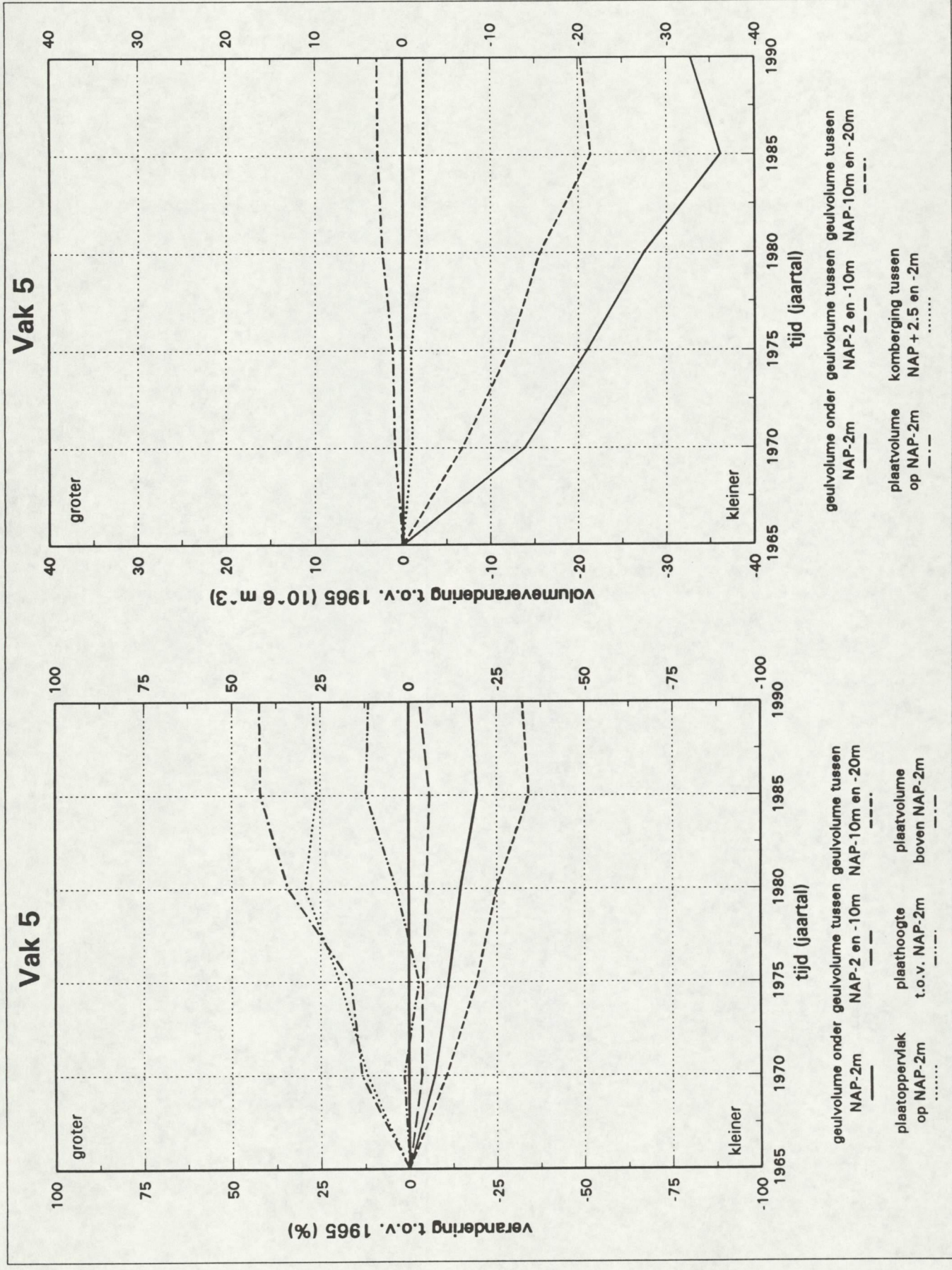
Figuur 4. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 2



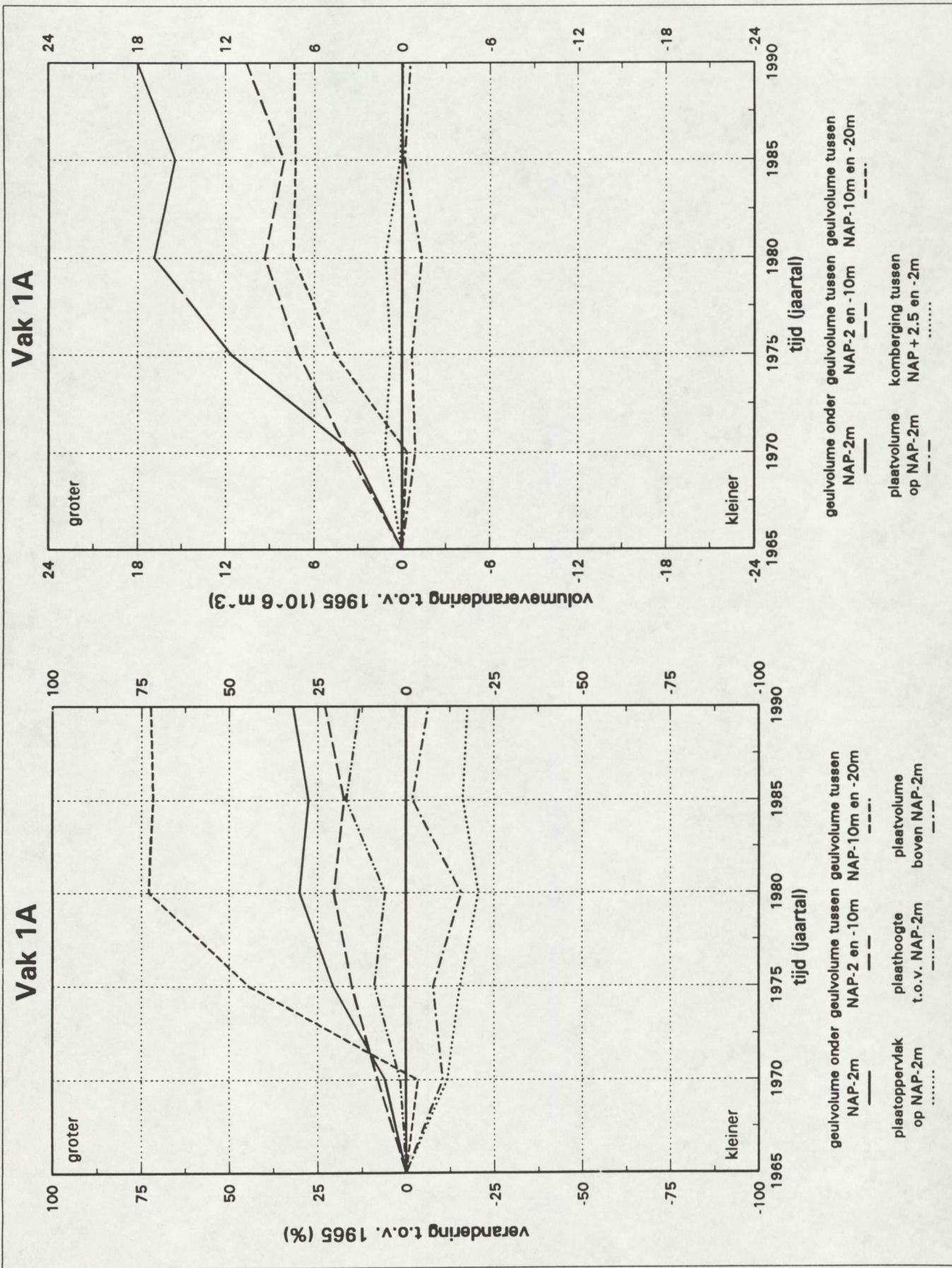
Figuur 5. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 3



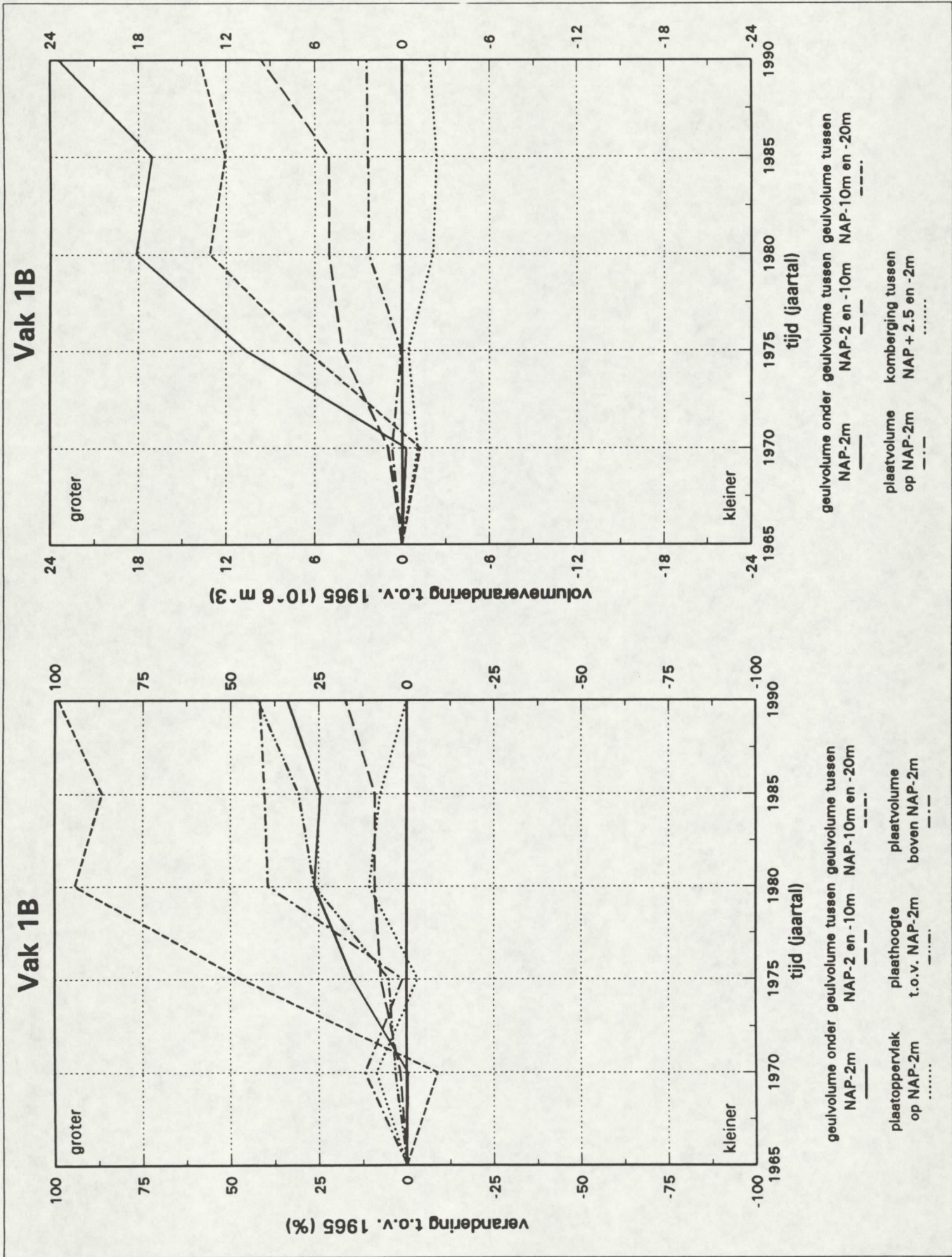
Figuur 6. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 4



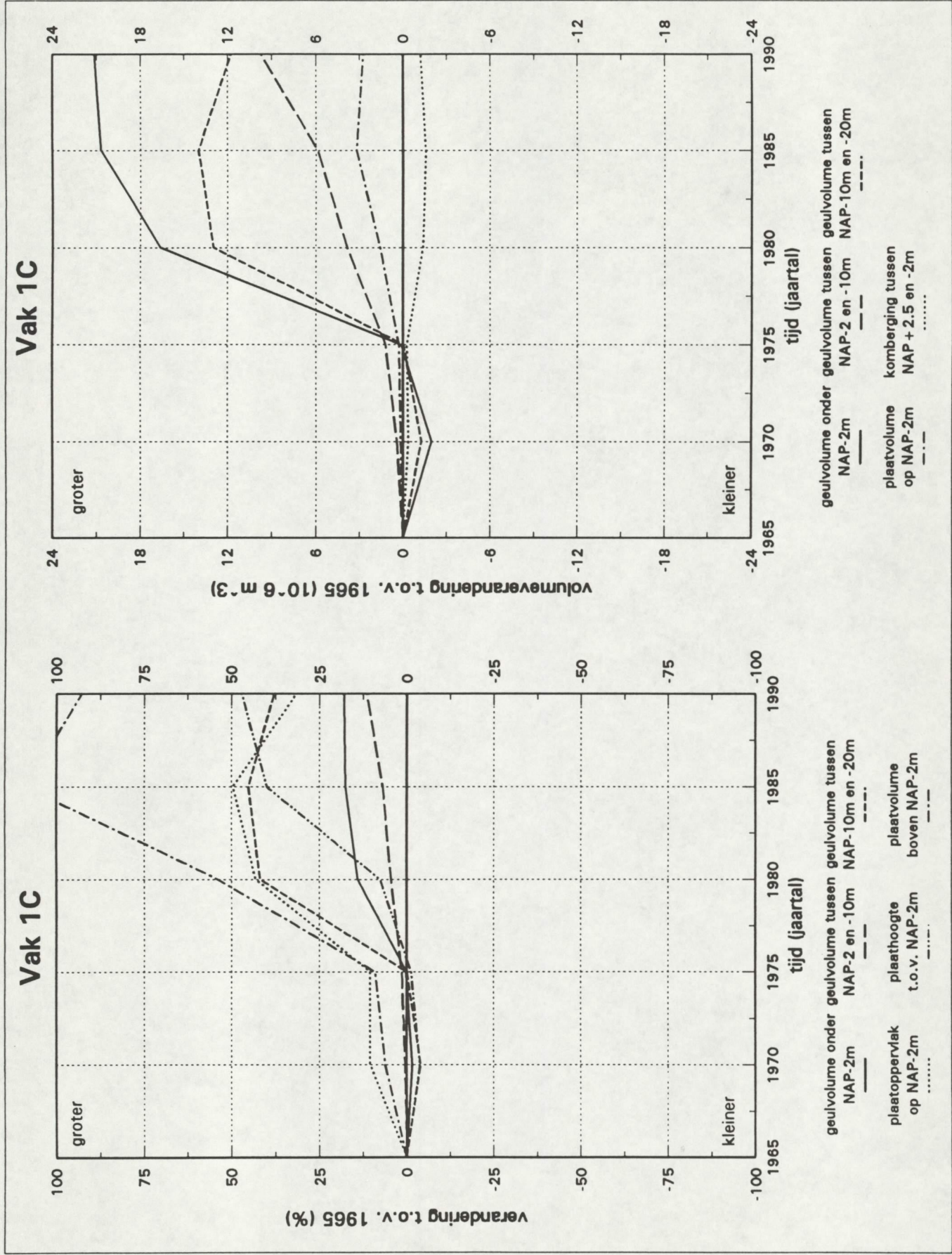
Figuur 7. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 5



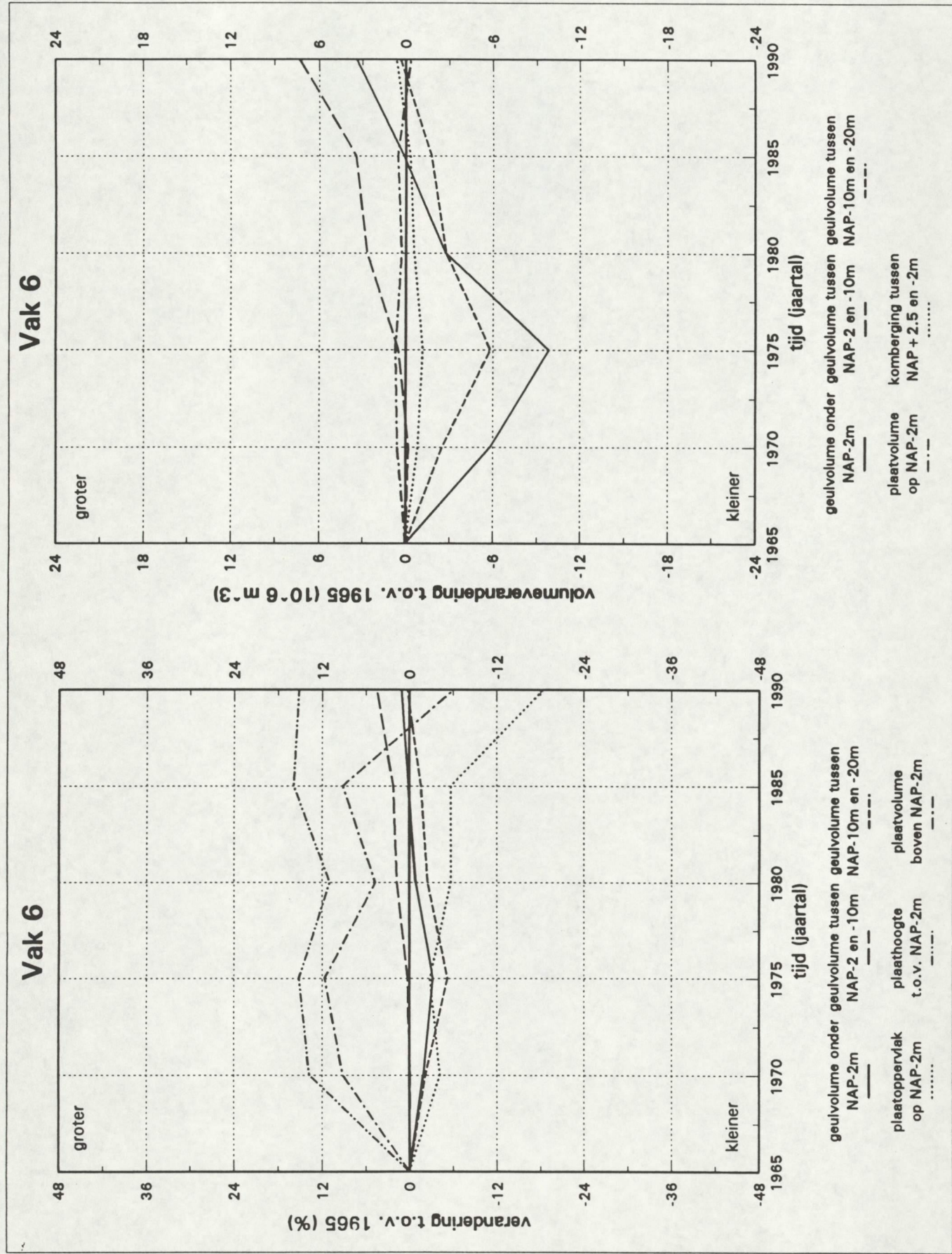
Figuur 8. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1a



Figuur 9. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1b

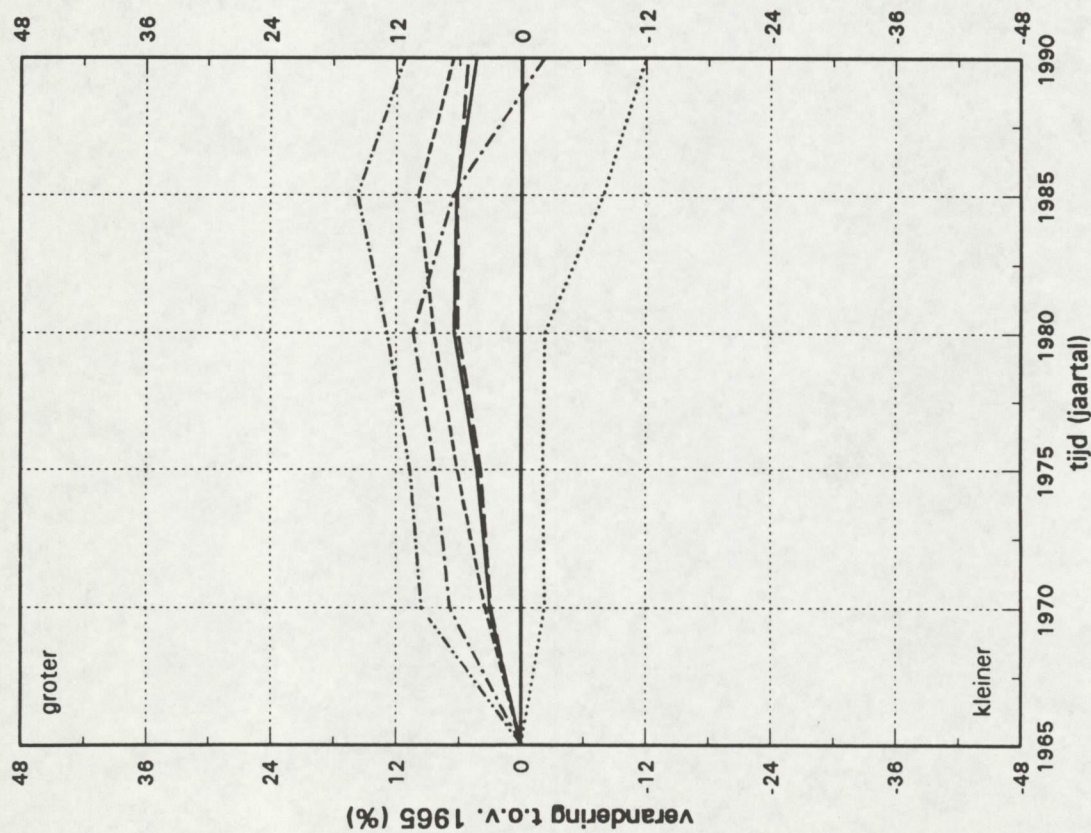


Figuur 10 Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 1c

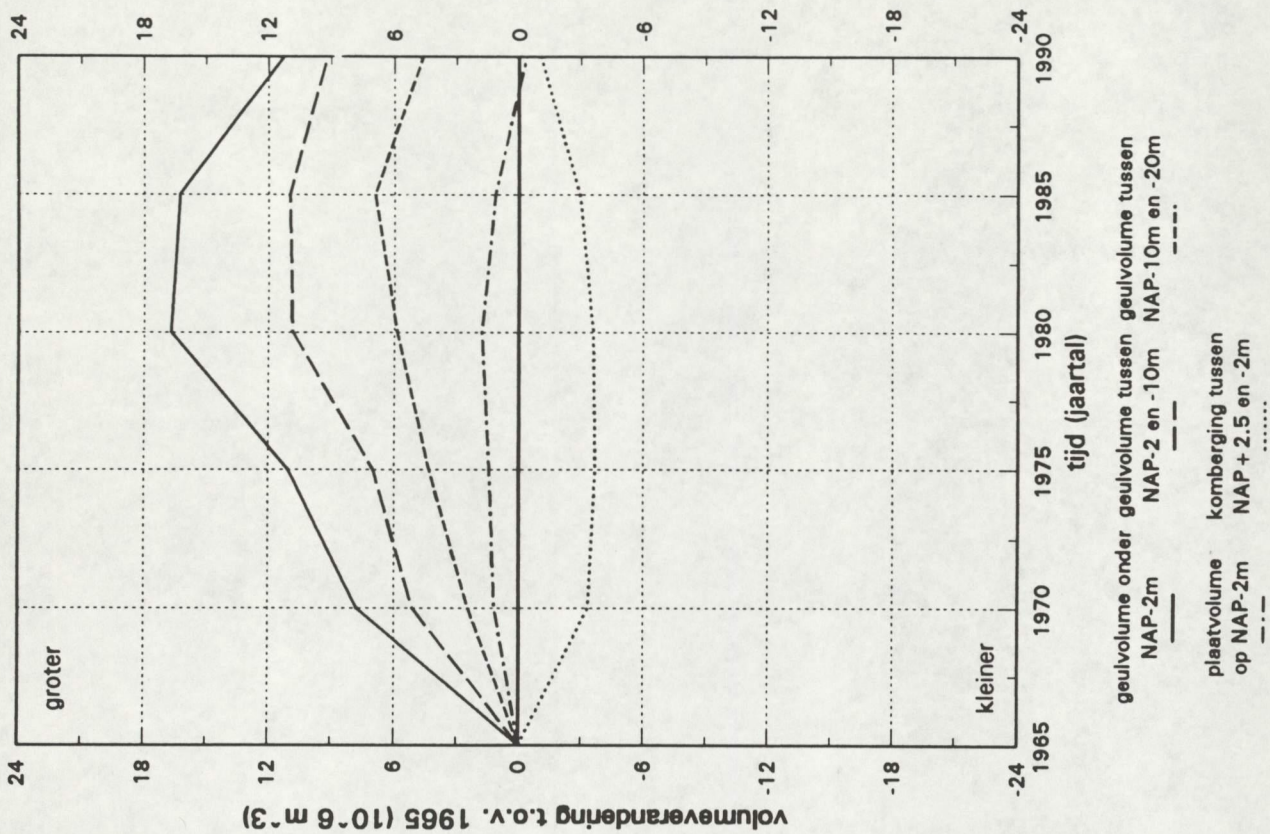


Figuur 11. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 6

Vak 7

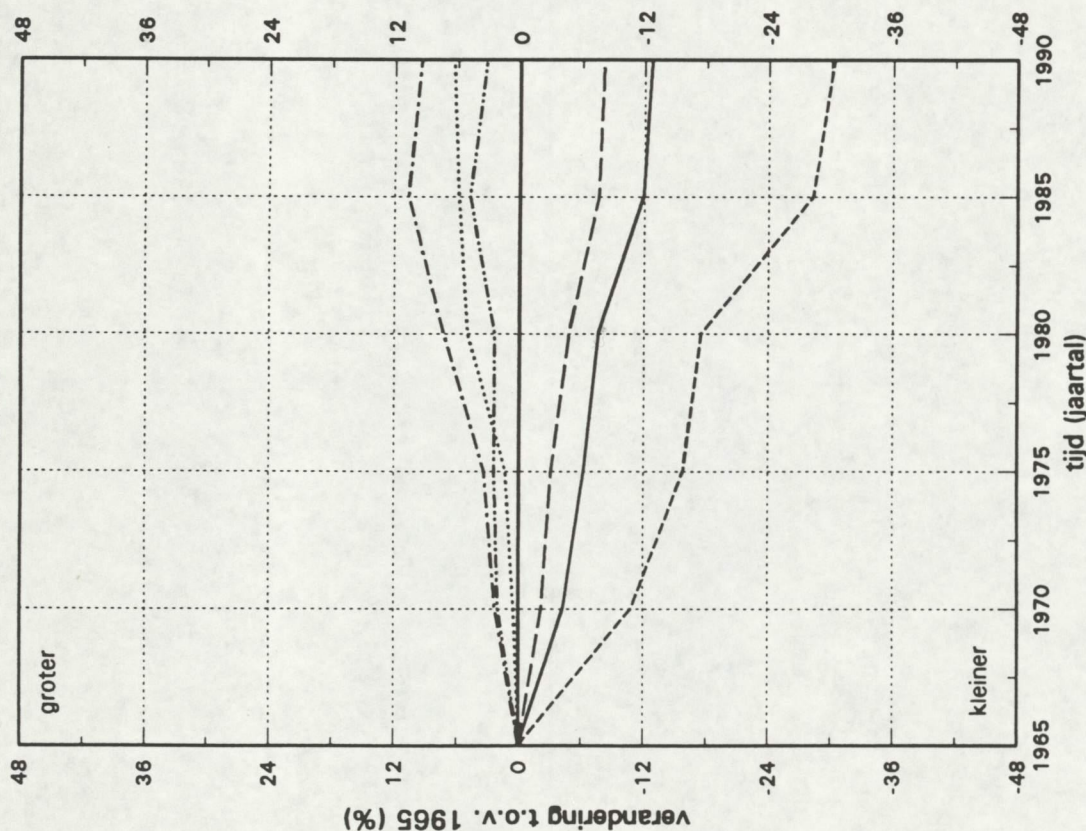


Vak 7

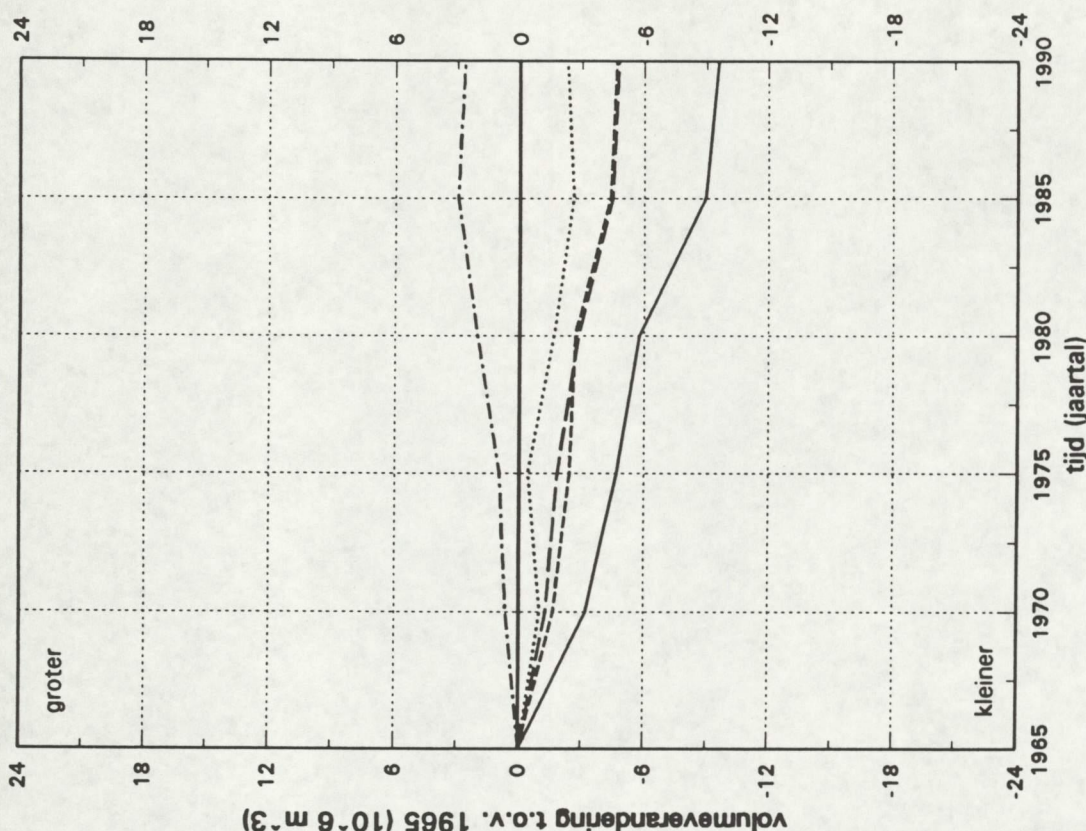


Figuur 12. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 7

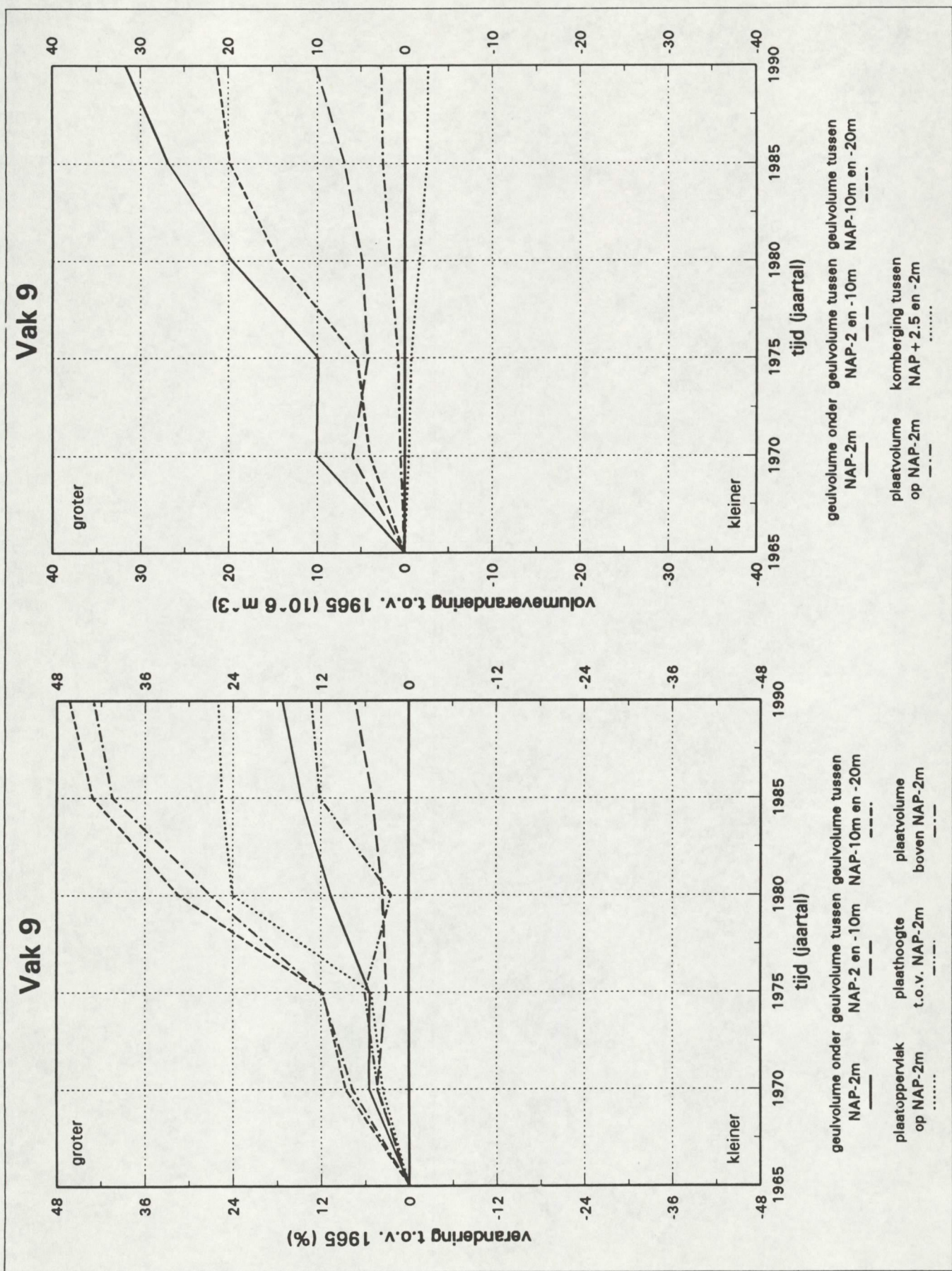
Vak 8



Vak 8

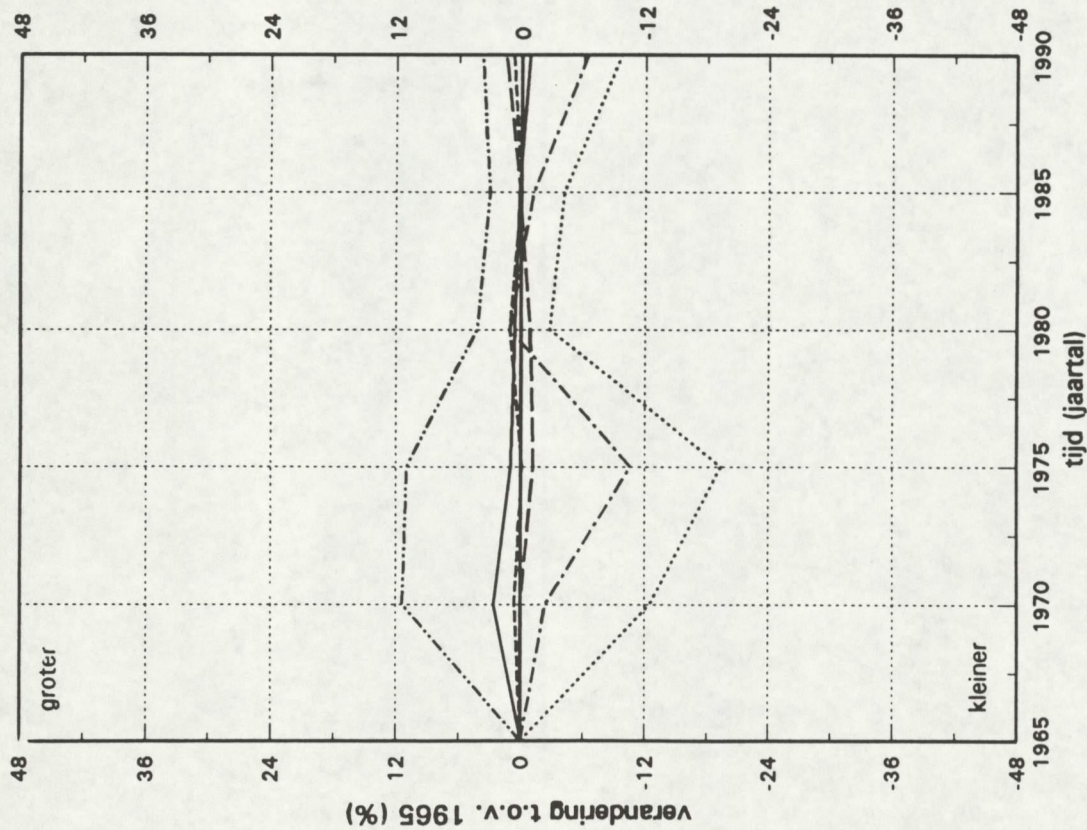


Figuur 13. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 8

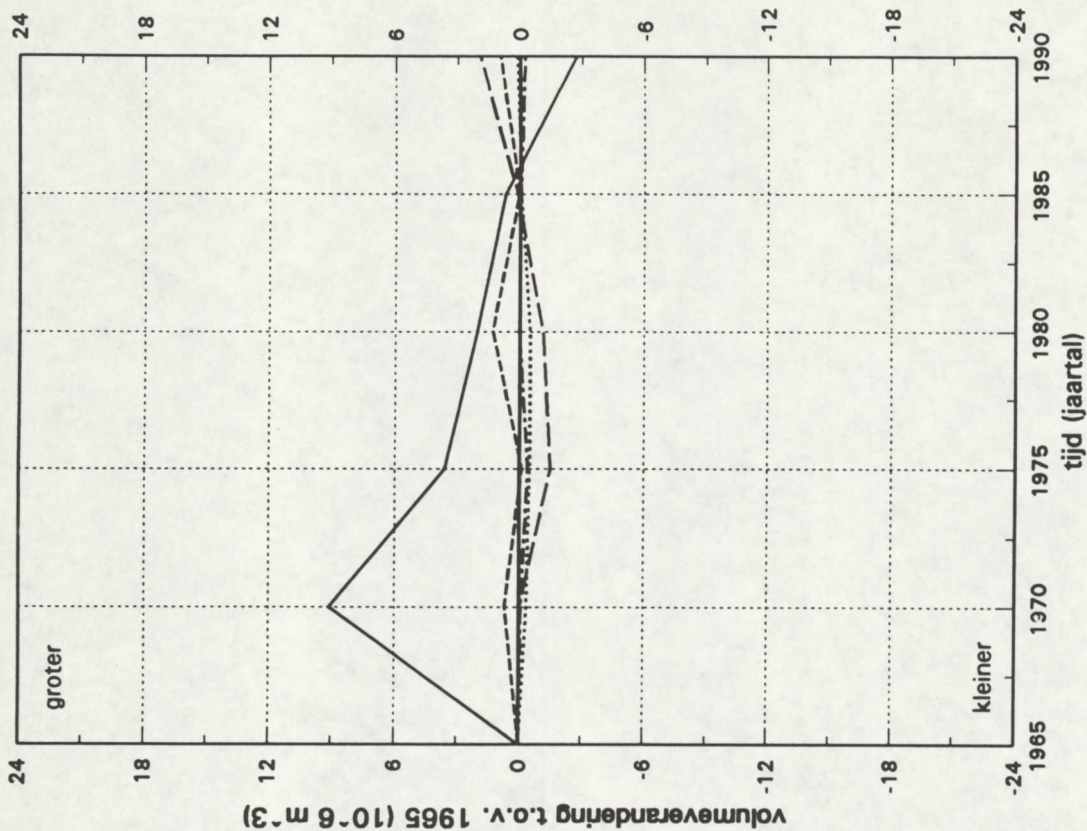


Figuur 14. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 9

Vak 10

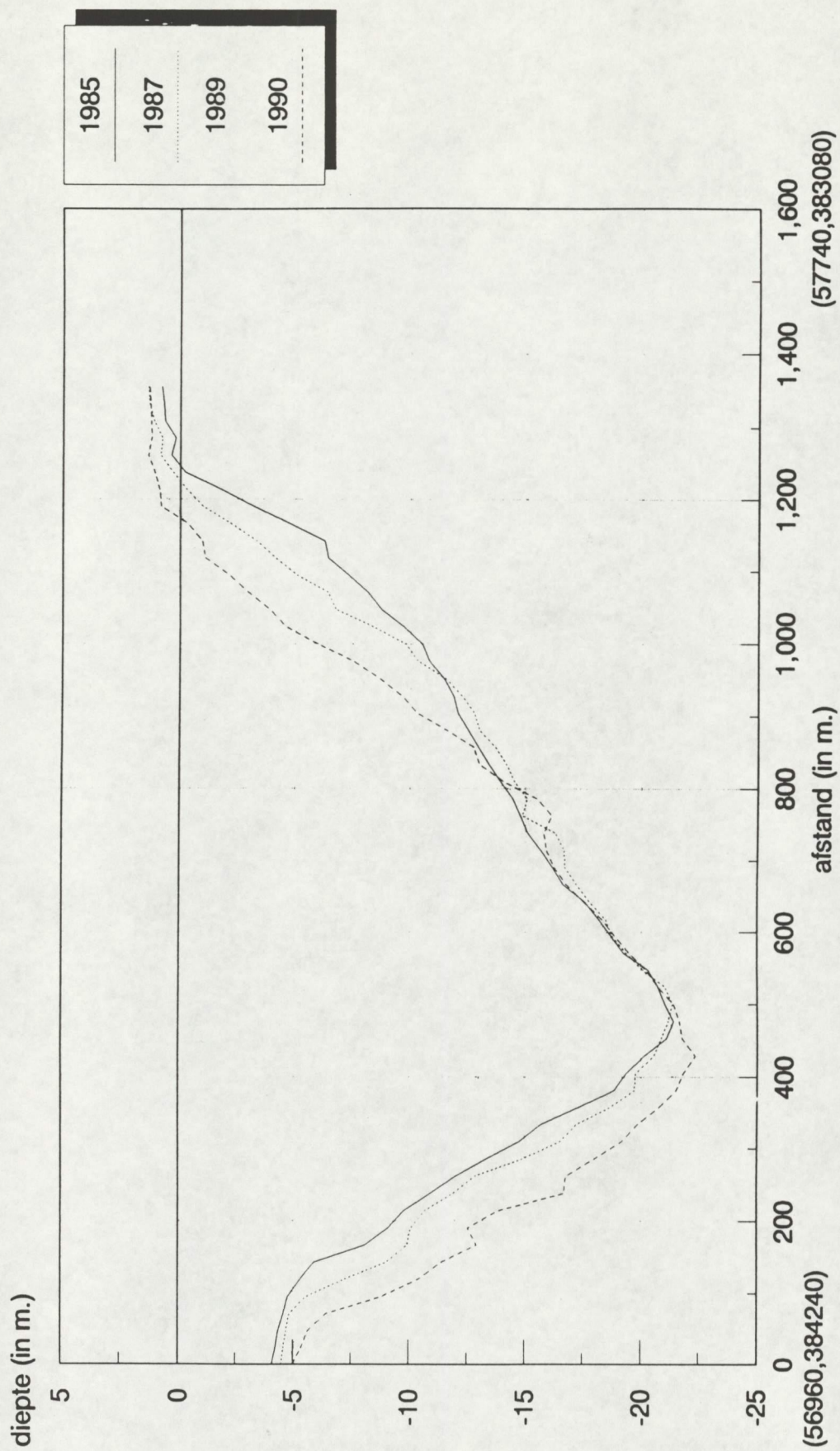


Vak 10



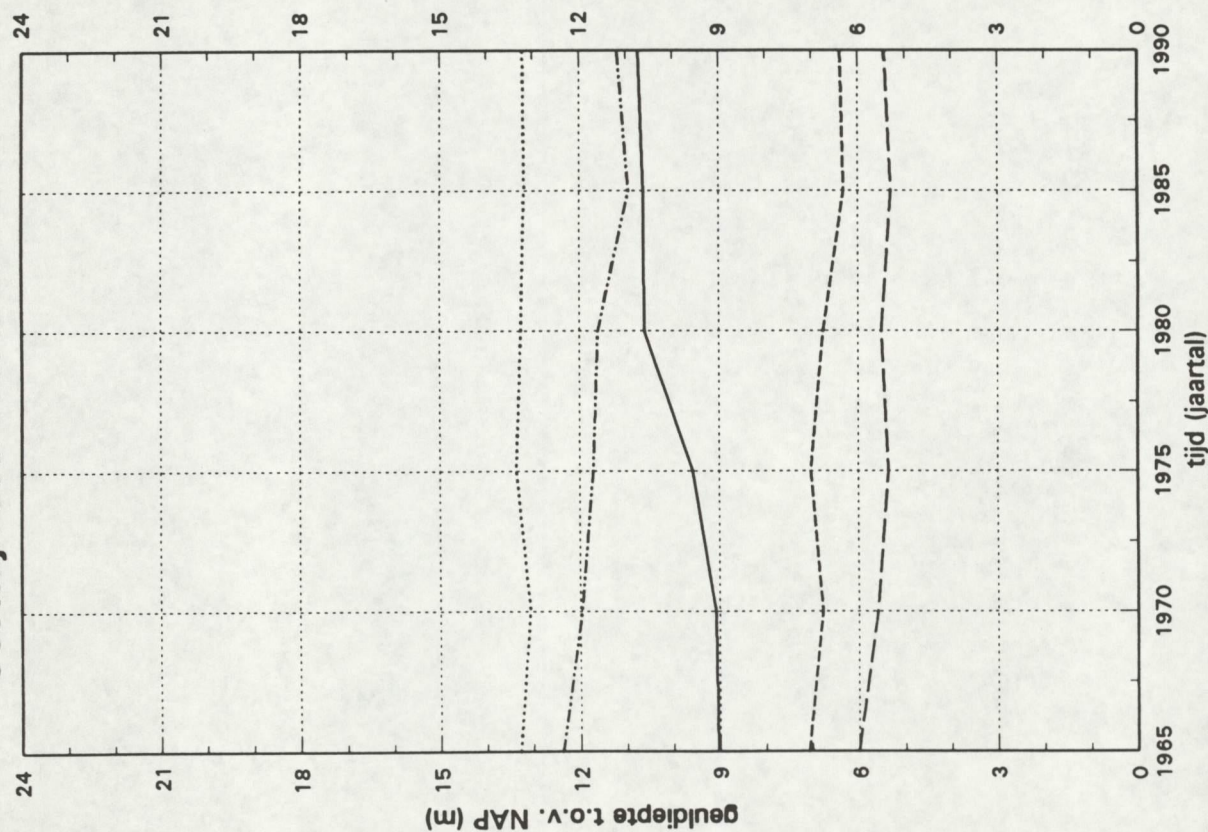
Figuur 15. Relatieve en absolute veranderingen in de morfologie van vak 10

Profielen in Overloop van Hansweert

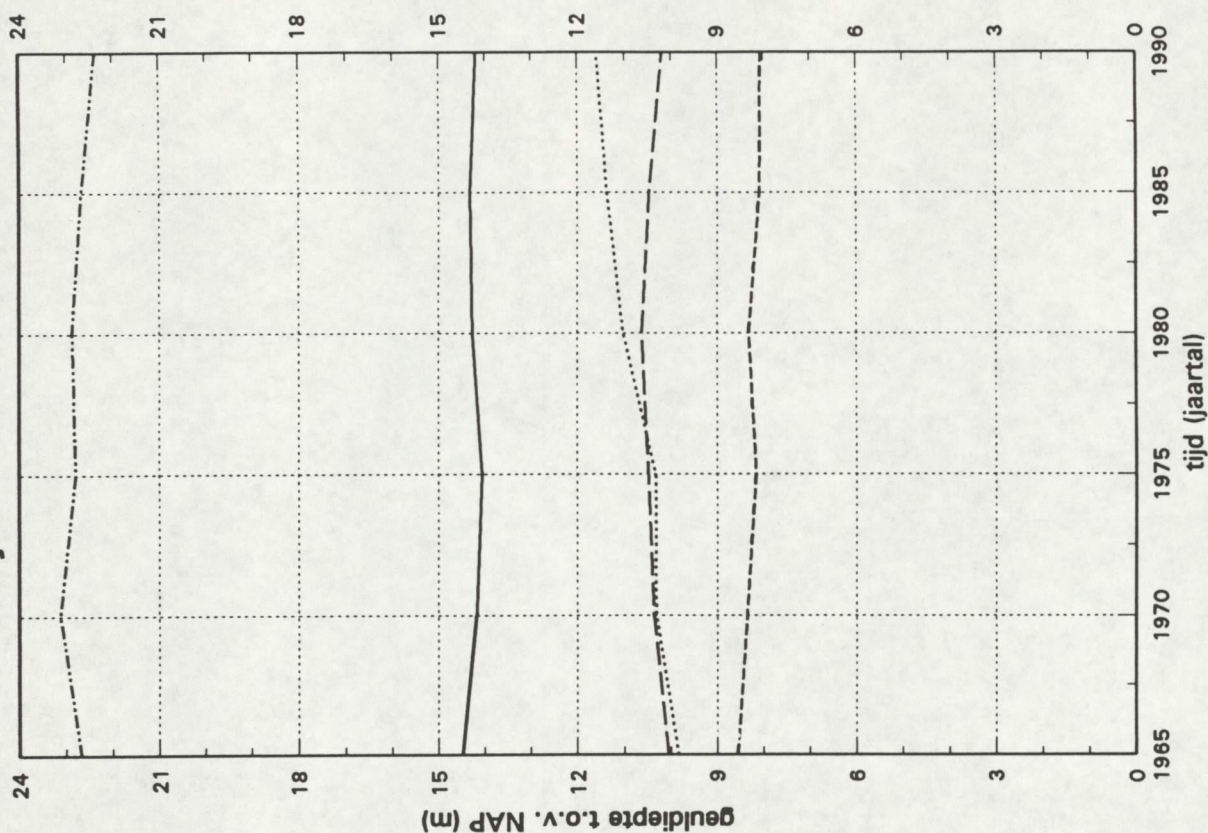


Figuur 16. De geleidelijke geulmigratie van de Overloop van Hansweert in de periode 1985-1990

Oostelijk deel Westerschelde

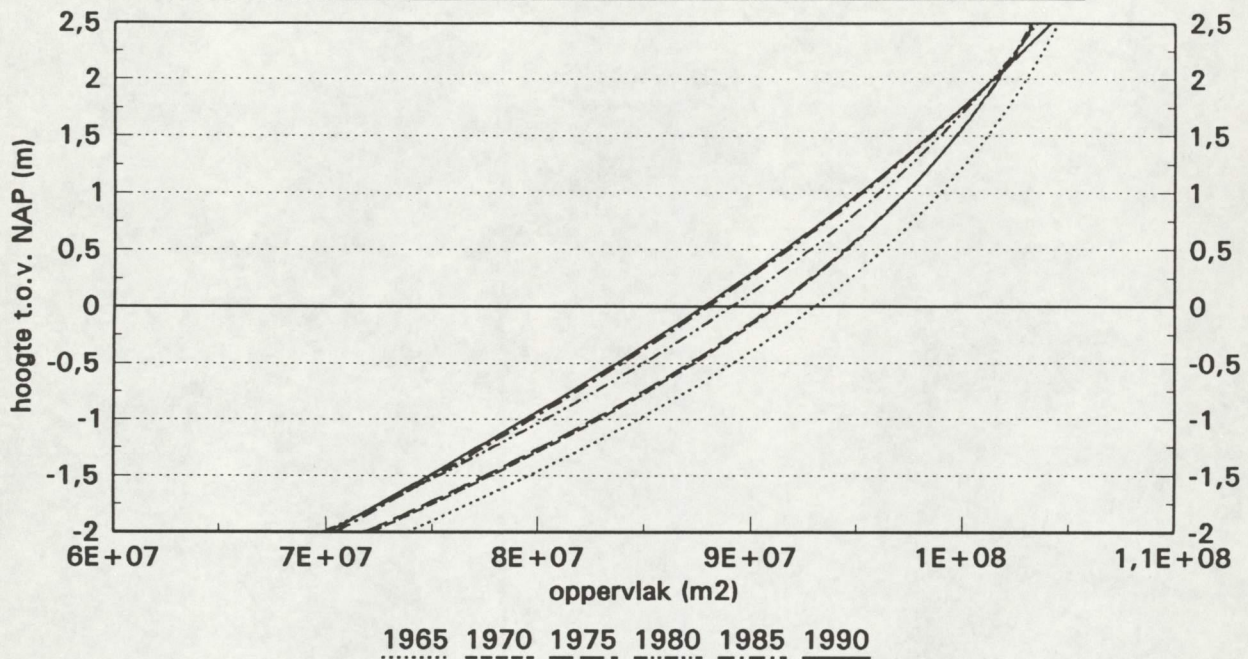


Westelijk deel Westerschelde

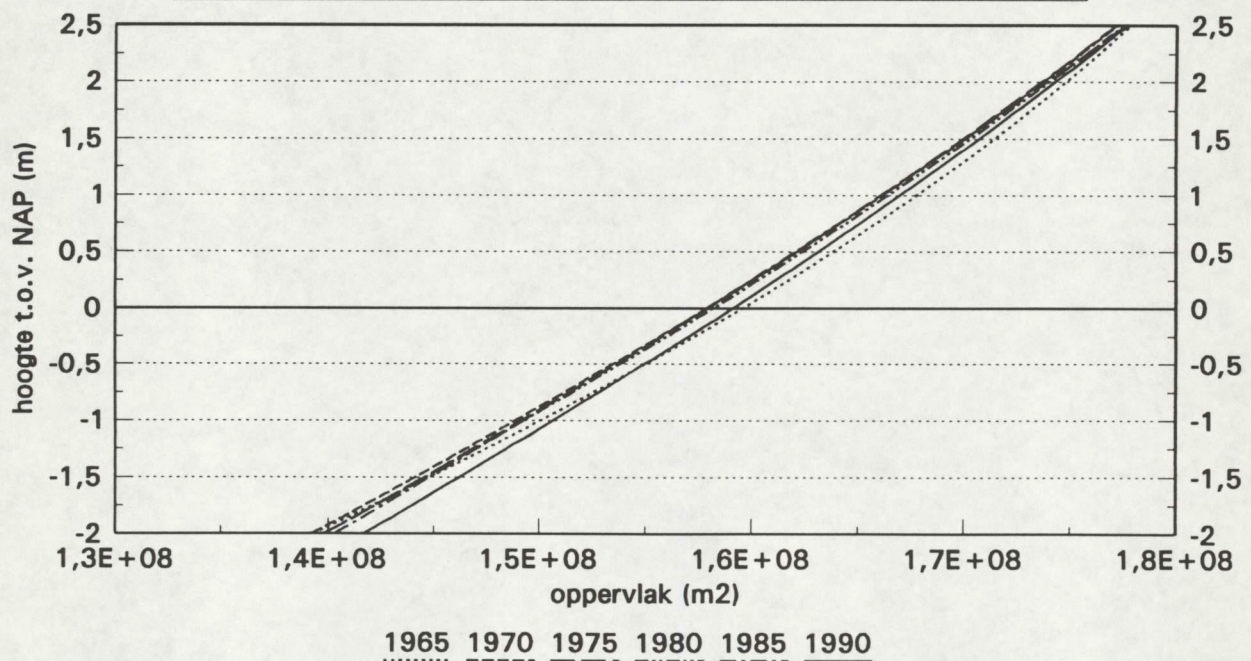


Figuur 17. Veranderingen in geuldiepten t.o.v. NAP gedurende de periode 1965- 1990

**Hypsometrische curve van het intergetijde gebied
Oostelijk deel van de Westerschelde**



**Hypsometrische curve van het intergetijde-gebied
Westelijk deel van de Westerschelde**



**Figuur 18 Hypsometrische curven van het intergetijde-gebied in
het oostelijk en westelijk deel van de Westerschelde**

Tabel 1. Volumeveranderingen in het oostelijk deel van de Westerschelde (*10⁶ m³)

jaar	V-NAP + 2.5	V-geul (NAP-2m)	V-plaat	V-komberg.opperv.	V-komberg. totaal
65-70	-31.3	-25.3	5.3	-0.7	-6
70-75	23.6	22.2	-0.5	0.9	1.4
75-80	13.3	20.6	8.4	1.1	-7.3
80-85	-12	-9.9	4.9	2.8	-2.1
85-90	11.1	11.9	0.7	-0.1	-0.8
65-90	4.7	19.5	18.8	4	-14.8
70-90	35.9	44.8	13.5	4.7	-8.8

negatieve waarde = inhoudsafname: sedimentatie in de geulen en erosie van de platen

Tabel 2. Volumeveranderingen in het westelijk deel van de Westerschelde (*10⁶ m³)

jaar	V-NAP + 2.5	V-geul (NAP-2m)	V-plaat	V-komberg.opperv.	V-komberg. totaal
65-70	11.9	18	2.8	-3.2	-6
70-75	8.4	-8	0.7	0.2	-0.5
75-80	18.4	19.9	2.4	0.9	-1.5
80-85	4.7	5.1	1.3	0.9	-0.4
85-90	2.1	-1.1	-2.5	0.4	2.9
65-90	45.5	33.9	4.7	-0.8	-5.5
70-90	33.6	15.9	1.9	2.4	0.5

negatieve waarde = inhoudsafname: sedimentatie in de geulen en erosie van de platen

Tabel 3. Bagger- en storthoeveelheden in het oostelijk deel van de Westerschelde ($\cdot 10^6 \text{ m}^3$; gegevens ontleend aan De Jong, 1992)

jaar	storten	baggeren	zandwinnen	totaal
65-69	-16.4	20.3	5.1	9
70-74	-24.2	33.3	2.3	11.5
75-79	-38.9	43.3	3.3	7.6
80-84	-36.6	36.9	5.9	6.2
85-90*	-45.9	46.0	5.9	6.0
65-90	-162	179	22.5	40.3
70-90	-145.6	159.5	17.4	31.3

Op de getallen is een kortingspercentage van 20 % toegepast i.v.m. de uitlevering;

negatieve waarde = volumeafname; * periode van 6 jaar

Negatieve verschillen tussen de balans van baggeren en storten (storten < baggeren) worden voornamelijk bepaald door het afvoeren van specie naar België en derden. Slechts een klein gedeelte ($\pm 1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) is naar een meer westelijke stortlocatie afgevoerd.

Tabel 4. Bagger- en storthoeveelheden in het westelijk deel van de Westerschelde ($\cdot 10^6 \text{ m}^3$; gegevens ontleend aan De Jong, 1992)

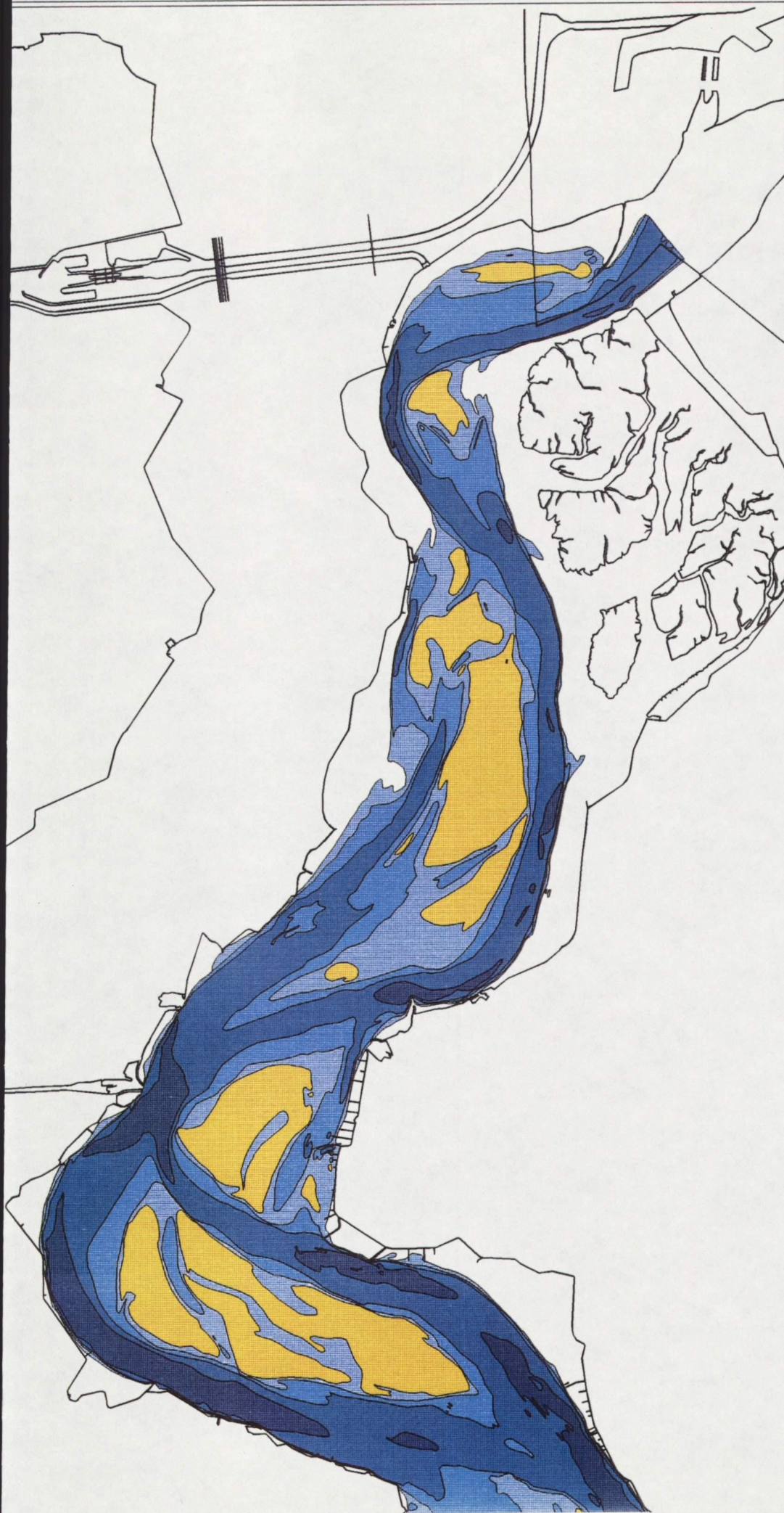
jaar	storten	baggeren	zandwinnen	totaal
65-69	-	-	8.6	8.6
70-74	-1.4	1.9	8.8	9.3
75-79	-5.8	6.2	9.4	9.8
80-84	-4.8	4.3	5.1	4.6
85-90*	-4.1	3.9	7.9	7.7
65-90	-16.1	16.3	39.8	40
70-90	-16.1	16.3	31.2	31.4

Op de getallen is een kortingspercentage van 20 % toegepast i.v.m. de uitlevering.

negatieve waarde = volumeafname; * periode van 6 jaar

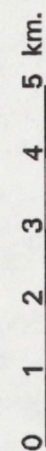
Bijlage A

Dieptekaarten van het oostelijk en
westelijk deel van de Westerschelde



- hoger dan NAP -2.5 m
- NAP -2.5 tot -5 m
- NAP -5 tot -10 m
- NAP -10 tot -20 m
- NAP -20 tot -40 m
- dieper dan NAP -40 m

Dieptekaart Westerschelde
oostelijk deel
1965



Bijlage A1



RWS Directie Zeeland, afd. NWL



- hoger dan NAP -2.5 m
- NAP -2.5 tot -5 m
- NAP -5 tot -10 m
- NAP -10 tot -20 m
- NAP -20 tot -40 m
- dieper dan NAP -40 m

Dieptekaart Westerschelde
oostelijk deel
1970

0 1 2 3 4 5 km.

Bijlage A2



RWS Directie Zeeland, afd. NWL



- hoger dan NAP -2.5 m
- NAP -2.5 tot -5 m
- NAP -5 tot -10 m
- NAP -10 tot -20 m
- NAP -20 tot -40 m
- dieper dan NAP -40 m

Dieptekaart Westerschelde
oostelijk deel
1975

Bijlage A3

0 1 2 3 4 5 km.



RWS Directie Zeeland, afd. NWL



- hoger dan NAP -2.5 m
- NAP -2.5 tot -5 m
- NAP -5 tot -10 m
- NAP -10 tot -20 m
- NAP -20 tot -40 m
- dieper dan NAP -40 m

Dieptekaart Westerschelde
oostelijk deel
1980

0 1 2 3 4 5 km.



Bijlage A4

RWS Directie Zeeland, afd. NWL



- hoger dan NAP -2.5 m
- NAP -2.5 tot -5 m
- NAP -5 tot -10 m
- NAP -10 tot -20 m
- NAP -20 tot -40 m
- dieper dan NAP -40 m

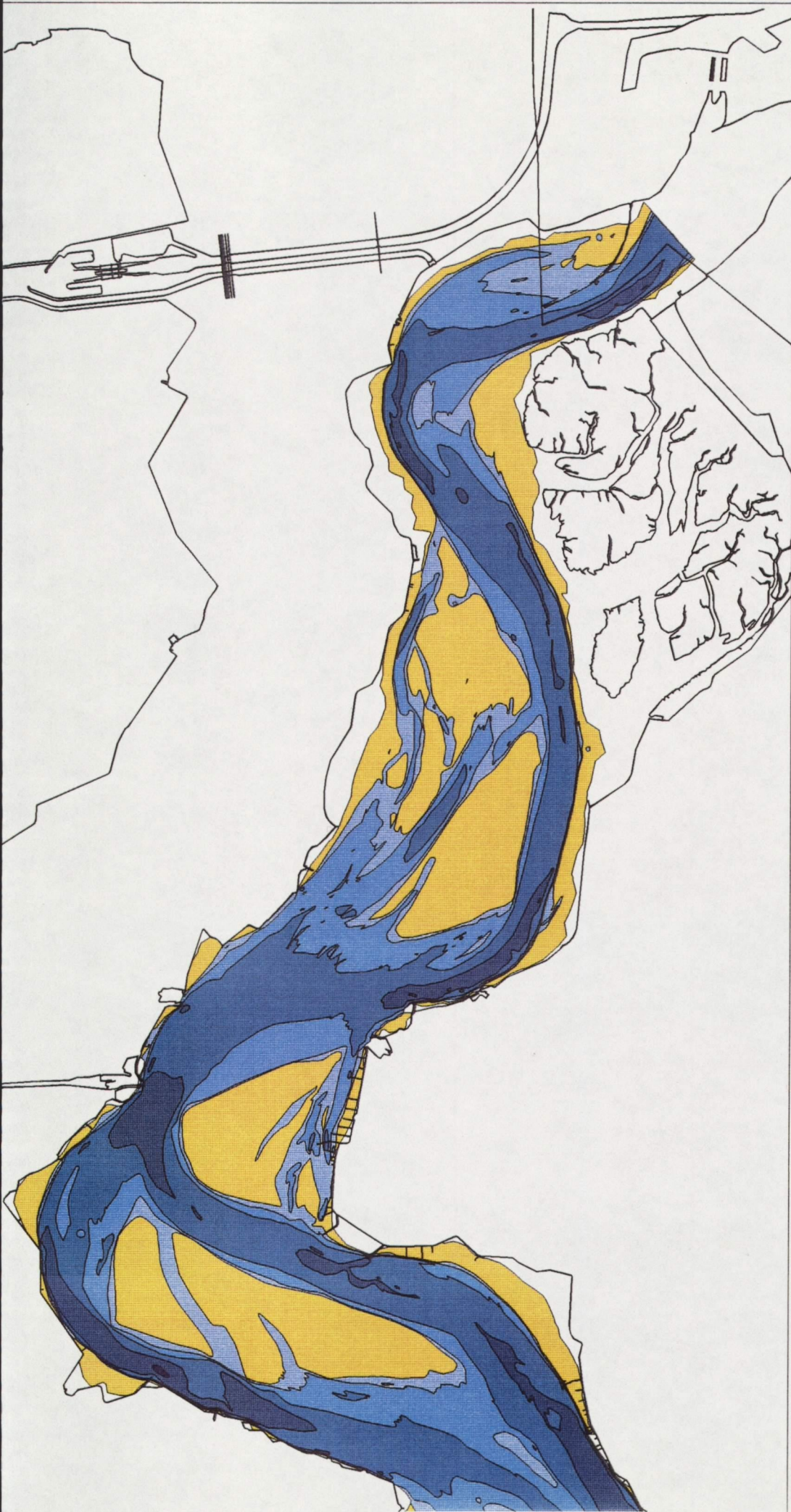
Diepte kaart Westerschelde
oostelijk deel
1985

Bijlage A5

0 1 2 3 4 5 km.



RWS Directie Zeeland, afd. NWL



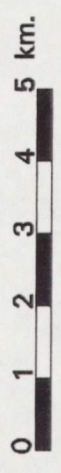
- hoger dan NAP -2.5 m
- NAP -2.5 tot -5 m
- NAP -5 tot -10 m
- NAP -10 tot -20 m
- NAP -20 tot -40 m
- dieper dan NAP -40 m

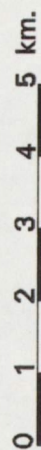
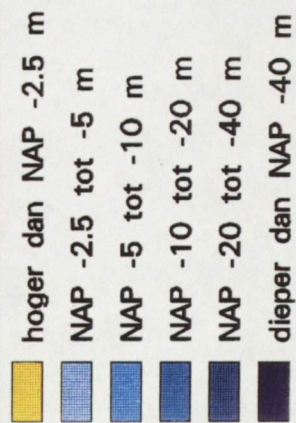
Dieptekaart Westerschelde
oostelijk deel
1990



Bijlage A6

RWS Directie Zeeland, afd. NWL



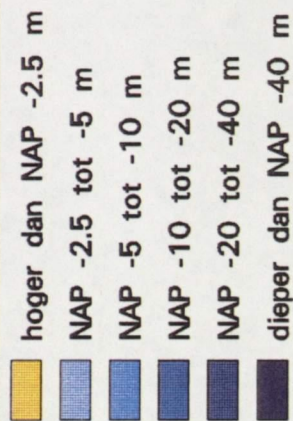


Dieptekaart Westerschelde
westelijk deel
1965

Bijlage A7

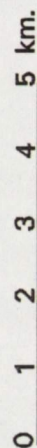


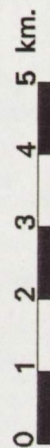
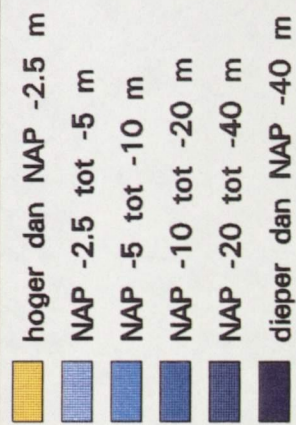
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



Dieptekaart Westerschelde
westelijk deel
1970

Bijlage A8



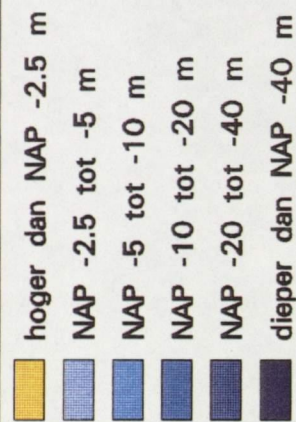


Dieptekaart Westerschelde
westelijk deel
1975

Bijlage A9

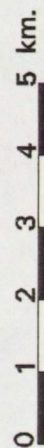
RWS Directie Zeeland, afd. NWL





Dieptekaart Westerschelde
westelijk deel
1980

Bijlage A10



RWS Directie Zeeland, afd. NWL



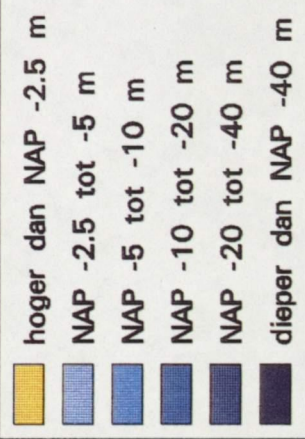
- hoger dan NAP -2.5 m
- NAP -2.5 tot -5 m
- NAP -5 tot -10 m
- NAP -10 tot -20 m
- NAP -20 tot -40 m
- dieper dan NAP -40 m

Dieptekaart Westerschelde
westelijk deel
1985

Bijlage A11

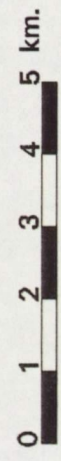
RWS Directie Zeeland, afd. NWL





Dieptekaart Westerschelde
westelijk deel
1990

Bijlage A12



RWS Directie Zeeland, afd. NWL

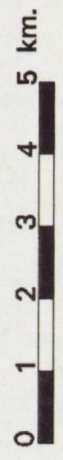
Bijlage B
Verschilkaarten van het oostelijk en
westelijk deel van de Westerschelde



Verschilkaart Westerschelde
oostelijk deel
1965 - 1970

Bijlage B1

RWS Directie Zeeland, afd. NWL



- | Sedimentatie | Erosie |
|---------------|---------------|
| 1 dieptezone | 1 dieptezone |
| 2 dieptezones | 2 dieptezones |
| 3 dieptezones | 3 dieptezones |
| | 4 dieptezones |

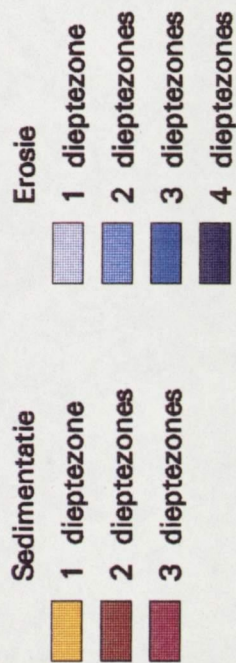


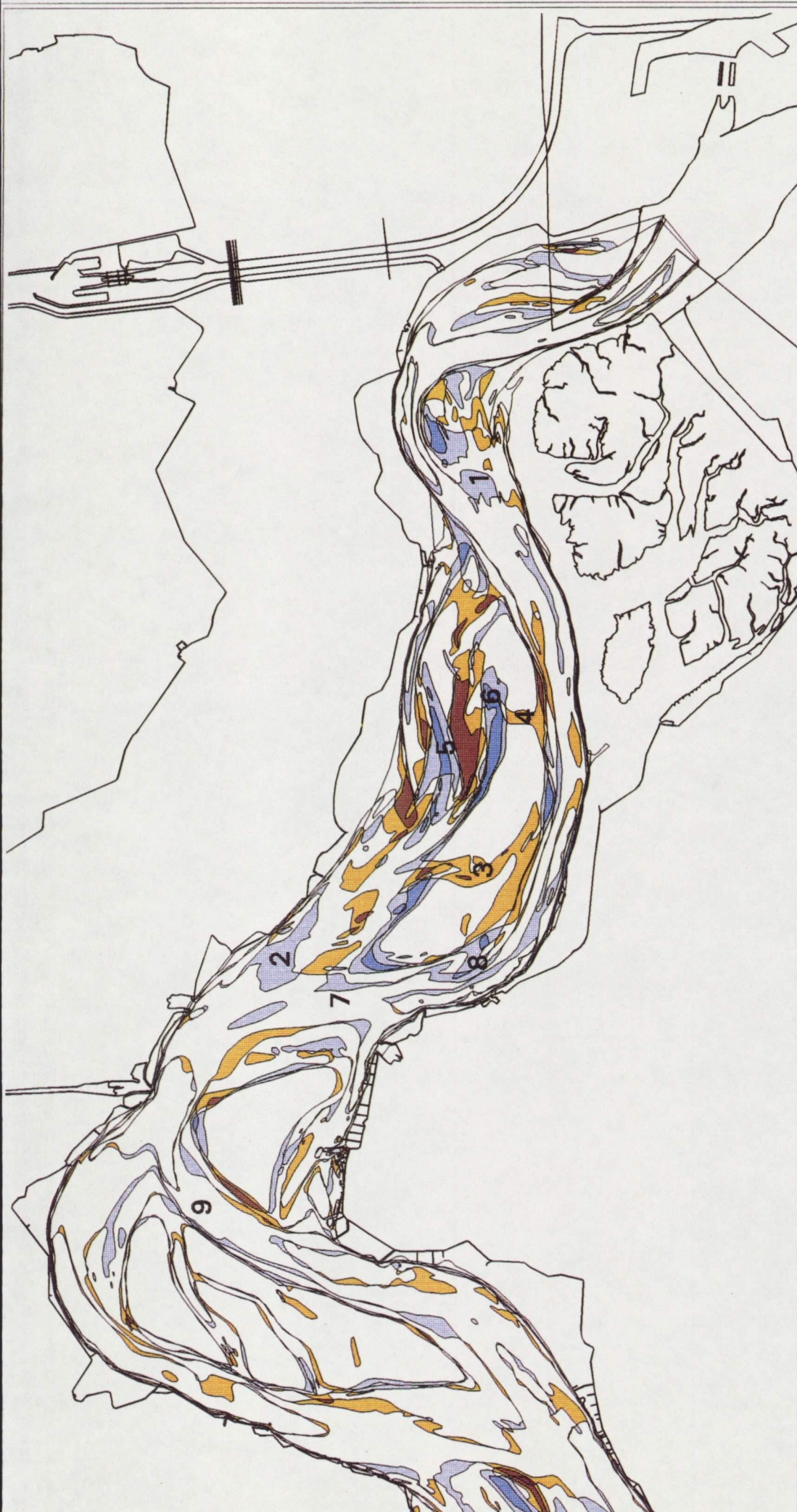
**Verschilkaart Westerschelde
oostelijk deel
1970 - 1975**

Bijlage B2

RWS Directie Zeeland, afd. NWL

0 1 2 3 4 5 km.





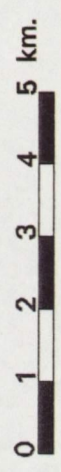
Verschilkaart Westerschelde
oostelijk deel
1975 - 1980



Bijlage B3

RWS Directie Zeeland, afd. NWL

- | Sedimentatie | Erosie |
|---------------|---------------|
| 1 dieptezone | 1 dieptezone |
| 2 dieptezones | 2 dieptezones |
| 3 dieptezones | 3 dieptezones |
| | 4 dieptezones |





**Verschilkaart Westerschelde
oostelijk deel
1980 - 1985**

Bijlage B4

RWS Directie Zeeland, afd. NWL

0 1 2 3 4 5 km.

- | | |
|---------------------|---------------|
| Sedimentatie | Erosie |
| 1 dieptezone | 1 dieptezone |
| 2 dieptezones | 2 dieptezones |
| 3 dieptezones | 3 dieptezones |
| | 4 dieptezones |





Sedimentatie

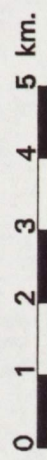
- 1 dieptezone
- 2 dieptezones
- 3 dieptezones

Erosie

- 1 dieptezone
- 2 dieptezones
- 3 dieptezones
- 4 dieptezones

**Verschilkaart Westerschelde
oostelijk deel**
1985 - 1990

Bijlage B5



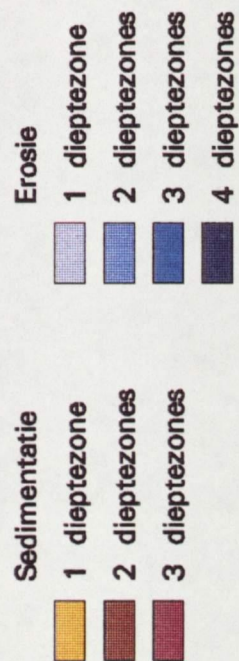
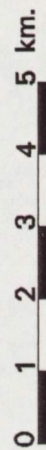
RWS Directie Zeeland, afd. NWL



Verschilkaart Westerschelde
westelijk deel
1965 - 1970

Bijlage B6

RWS Directie Zeeland, afd. NWL





Sedimentatie

- 1 dieptezone
- 2 dieptezones
- 3 dieptezones

Erosie

- 1 dieptezone
- 2 dieptezones
- 3 dieptezones
- 4 dieptezones

**Verschilkaart Westerschelde
westelijk deel**
1970 - 1975



Bijlage B7



RWS Directie Zeeland, afd. NWL



Sedimentatie

- 1 dieptezone
- 2 dieptezones
- 3 dieptezones

Erosie

- 1 dieptezone
- 2 dieptezones
- 3 dieptezones
- 4 dieptezones

Verschilkaart Westerschelde
westelijk deel

1975 - 1980

Bijlage B8

0 1 2 3 4 5 km.



RWS Directie Zeeland, afd. NWL



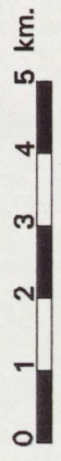
- Sedimentatie**
- 1 dieptezone
 - 2 dieptezones
 - 3 dieptezones

- Erosie**
- 1 dieptezone
 - 2 dieptezones
 - 3 dieptezones
 - 4 dieptezones

Verschilkaart Westerschelde
westelijk deel
1980 - 1985

Bijlage B9

RWS Directie Zeeland, afd. NWL





Sedimentatie

- 1 dieptezone
- 2 dieptezones
- 3 dieptezones

Erosie

- 1 dieptezone
- 2 dieptezones
- 3 dieptezones
- 4 dieptezones

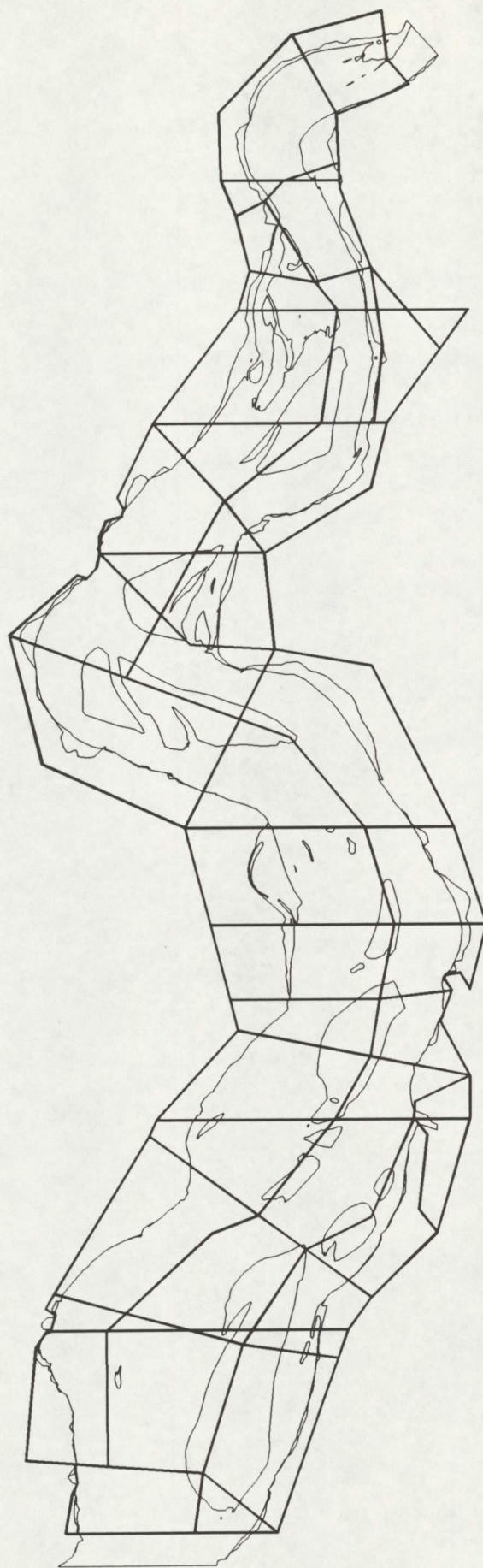
**Verschilkaart Westerschelde
westelijk deel**
1985 - 1990

Bijlage B10

0 1 2 3 4 5 km.



RWS Directie Zeeland, afd. NWL



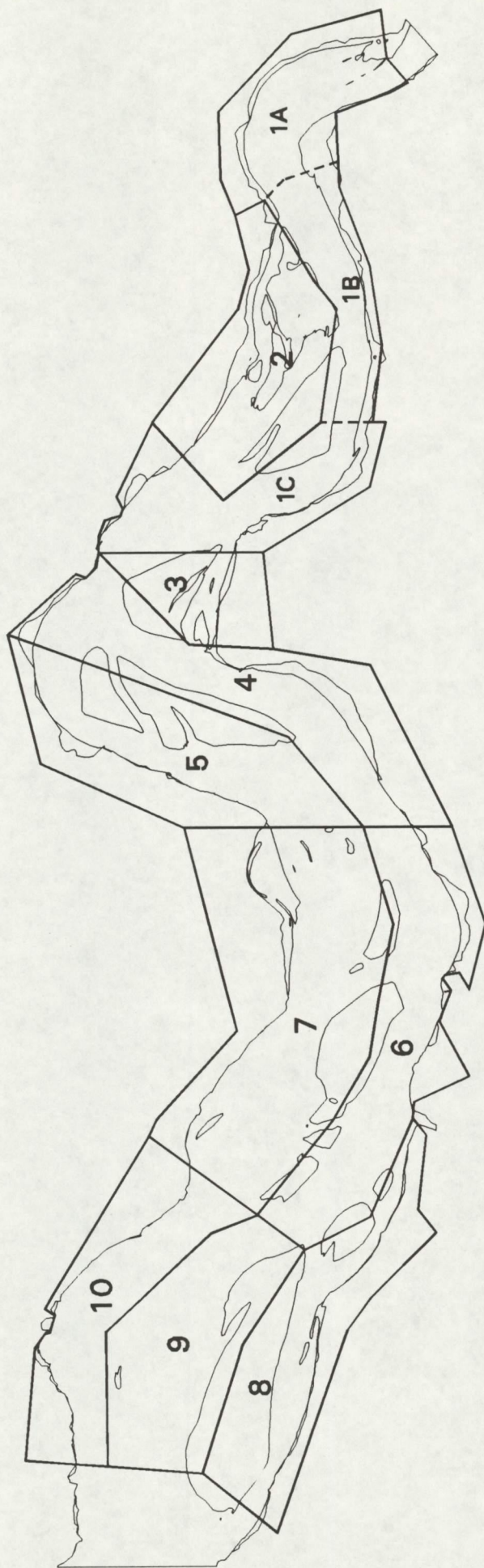
**Bodkar vakkenindeling
Westerschelde**

met NAP -2.5m dieptelijn
1990



Bijlage C

RWS Directie Zeeland, afd. NWL



**Vakkenindeling
Westerschelde**

met NAP -2.5m
dieptelijn (1990)



Bijlage D

RWS Directie Zeeland, afd. NWL

