

DI: 103537

WDM-0-00100-001 (1/1/11)



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Directie Zuid-Holland



Z1676



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Directie Zuid-Holland



Morfologie Haringvlietmond: lange termijn voorspellingen

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a header or introductory paragraph.

Section of text in the middle of the page, appearing as a distinct block.

Section of text in the lower middle of the page.

BIBLIOTHEEK BOUWDIENST RIJKSWATERSTAAT

NR. Z1676 Bou.....

BIBLIOTHEEK

Bouwdienst Rijkswaterstaat

Postbus 20.000

3502 LA Utrecht

Opdrachtgever:

**Samenwerkingsverband Maasvlakte-2
Varianten (SM²V)**

**Morfologie Haringvlietmond:
Lange termijn voorspellingen**

Rapport van een expert interpretatie

A336

September 1998



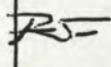
Opdrachtgever **Samenwerkingsverband Maasvlakte-2 Varianten (SM²V)**

Titel **Morfologie Haringvlietmond: Lange termijn voorspellingen**

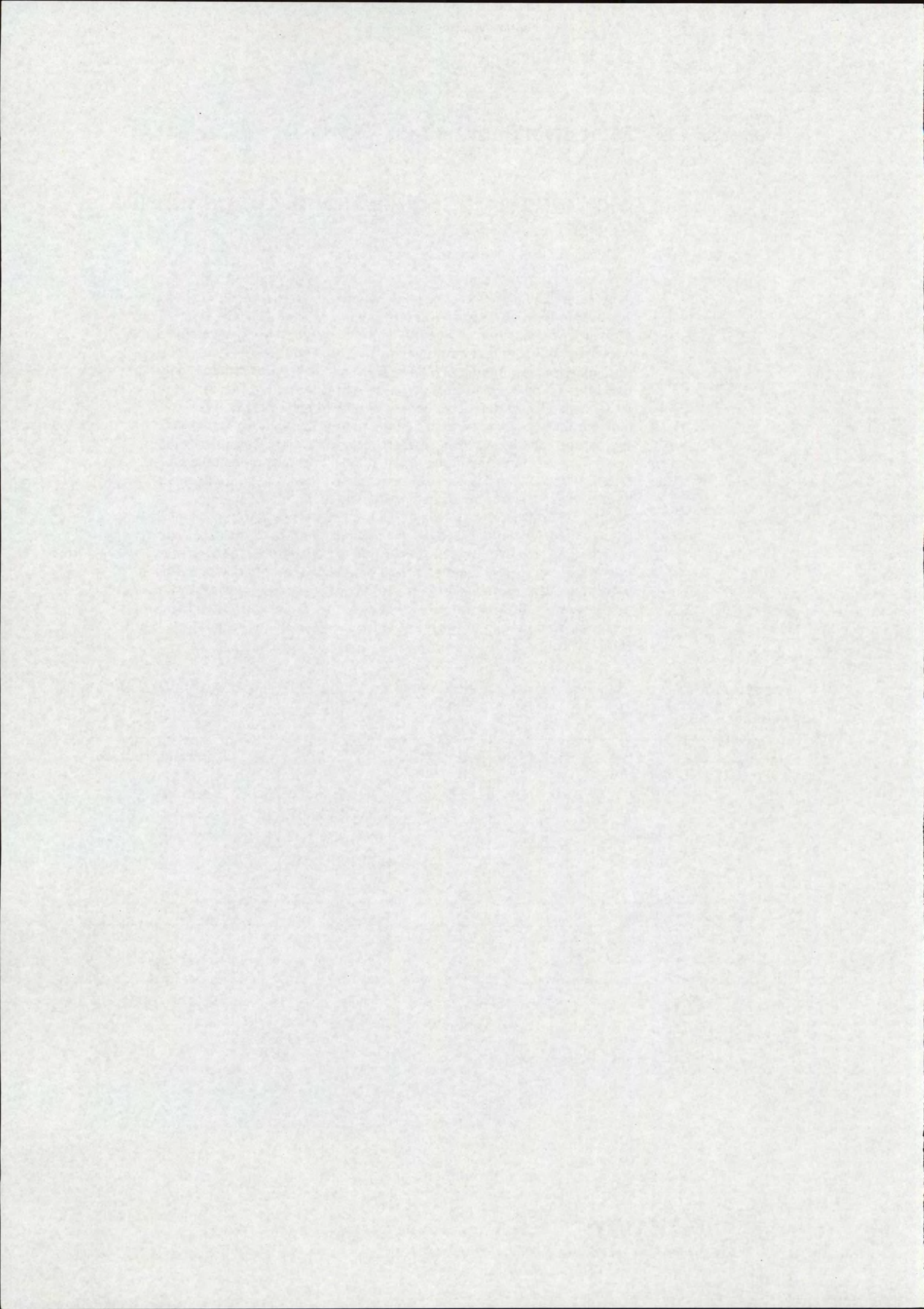
Samenvatting

In dit rapport wordt de toekomstige morfologie geschetst van de buitendelta van het Haringvliet op een tijdshorizon van 20, 50 en 100 jaar. Daarbij zijn acht varianten beschouwd: vier MV2-varianten (geen MV2, MV2-zuid, MV2-noord en MV2-zuid met natuurvariant) en twee spuiregimes voor de Haringvlietsluizen (huidig LPH'84 en Getemd Getij). In de studie is gebruik gemaakt van de bevindingen, gegevens en resultaten van eerder uitgevoerd onderzoek. Elke onderzochte variant blijkt een min of meer eigen morfologische ontwikkeling in gang te zetten. Zo blijkt het gekozen spuiregime van de Haringvlietsluizen gezichtsbepalend te zijn voor de morfologische ontwikkelingen in het zuidelijk deel van het studiegebied, terwijl MV2 dit vooral is voor het noordelijk deel van het studiegebied. De gepresenteerde toekomstvisies zijn afgeleid uit de maatgevende zandtransportprocessen. Bij die "afleiding" heeft professionele intuïtie een rol gespeeld. Niet alles is één-op-één voorspelbaar. Zeker naarmate de voorspelling zich richt op een kleiner gebied of een grotere tijdsspanne, neemt de voorspelbaarheid af, totdat een niveau van onvoorspelbaarheid wordt bereikt. Desondanks kan uit de hier gepresenteerde toekomstvisies een goede eerste indruk worden verkregen van het effect van verschillende ingrepen op de toekomstige morfologie van de buitendelta van het Haringvliet.

Referenties Aangepast contract MMOW015 dd 16 juli 1998 (LM/DEA/SM2V/98/7387)

Rev.	Auteur	Datum	Bijzonderh.	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
0	ir. R.C. Steijn	20 juli '98		Prof. dr. Ir. H.J. de Vriend (UT)	ir. R.C. Steijn
1	ir. R.C. Steijn 	30 sept'98		Prof. dr. Ir. H.J. de Vriend (UT) 	ir. R.C. Steijn 

Document Specificaties	Inhoud	Status
Rapport nummer: A336R1r1 Sleutelwoorden: Haringvliet, buitendelta's, Kustmorfologie, Maasvlakte-2, Haringvlietsluizen Project nummer: A336 Bestand: P:\A336\Report\A336R1r1.doc	tekst pagina's: 70 tabellen: 0 figuren: 43 appendices: 2	<input type="checkbox"/> voorlopig <input type="checkbox"/> concept <input checked="" type="checkbox"/> eindrapport



Samenvatting

In dit rapport wordt de toekomstige morfologie geschetst van de buitendelta van het Haringvliet op een tijdshorizon van twintig, vijftig en honderd jaar (toekomstvisies). Het studiegebied strekt zich uit van de Haringvlietdam in het oosten, de Slufterkust en de kusten van Goeree en Voorne en, in het westen, ongeveer de NAP -12 m dieptelijn op zee.

De toekomstvisies worden onderbouwd vanuit een inventarisatie van de maatgevende zandtransporterende processen in het gebied. De aanpak van de studie is die van een expertinterpretatie van beschikbare kennis en resultaten uit eerder uitgevoerde (model-)studies. In het rapport wordt van de relevante literatuur een overzicht gegeven. De concept-versie van het rapport is voorgelegd en besproken met een aantal deskundigen op het gebied van de kustmorfologie.

Naast de autonome ontwikkeling van het gebied zijn de volgende zeven varianten onderzocht:

- Geen MV2, maar wel het gewijzigd spui-beheer "Getemd Getij" voor de Haringvliet-sluisen;
- Een zuid-variant van MV2 zonder natuurvariant en uitgaande van het huidige spui-beheer voor de Haringvliet-sluisen;
- Idem, maar dan met een noord-variant van MV2;
- Een zuid-variant van MV2 zonder natuurvariant en uitgaande van het gewijzigd spui-beheer "Getemd Getij";
- Idem, maar dan met een noord-variant van MV2;
- Een zuid-variant van MV2 met natuurvariant "estuarium" en uitgaande van het huidige spui-beheer voor de Haringvliet-sluisen;
- Idem, maar dan met het gewijzigd spui-beheer "Getemd Getij".

In de studie is tevens aandacht besteed aan de onzekerheden die inherent zijn aan het voorspellen van toekomstige morfologie.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat elk van de onderzochte varianten een morfologische ontwikkeling in gang zet die in meer of mindere mate afwijkt van de autonome ontwikkeling. Dit kan gevolgen hebben voor het (toekomstig) beheer van het buitendeltagebied en de aanliggende kustvakken.

In grote lijnen heeft de aanwezigheid van MV2 vooral een effect op de toekomstige morfologie in het noordelijk deel van het studiegebied. De in deze studie onderzochte noord- en zuid-varianten van MV2 (beiden zonder natuurvariant) hebben daarbij overigens maar weinig onderscheidend vermogen. Een andere MV2-variant kan mogelijk wel een andere uitwerking hebben op de toekomstige morfologie, zoals in het rapport indicatief is aangegeven voor een "extreme" noord-variant.

Het gekozen spui-beheer van de Haringvliet-sluisen blijkt vooral bepalend te zijn voor de toekomstige morfologie in het zuidelijk deel van het studiegebied. Tenslotte is gebleken dat

de hier onderzochte natuurvariant vooral de toekomstige morfologie in het noordoostelijk kwadrant van het studiegebied bepaald.

De ontwikkelde toekomstvisies hebben ruwweg de volgende kenmerken:

MV2

De vooroever (het gebied tussen NAP -6 m en NAP -12 m) zal blijvend verondiepen. Er zullen daarbij geen banken of platen tot boven GLW uitgroeien. De oriëntatie van de dieptelijnen in het gebied zal eveneens veranderen en zich meer gaan richten op het westen en zuidwesten. De grootste veranderingen zijn te verwachten rondom de huidige Hinderplaat. Het totale oppervlak boven GLW zal aanzienlijk afnemen. In het rapport wordt tevens indicatief aangegeven dat de zuidflank van MV2, indien dit wordt uitgevoerd als een ononderbroken zandige kust, onderhevig is aan relatief veel zandverlies.

Getemd Getij

Door het gedeeltelijk openen van de Haringvlietstuizen worden er tientallen miljoenen m³ zand vanaf het oostelijke deel van het studiegebied westwaarts verplaatst en afgezet op de vooroever. Een volledig herstel van de situatie van vóór 1970 (situatie zonder Haringvlietdam) is daarbij niet te verwachten. Net als MV2 in het noordelijk deel van het studiegebied leidt een en ander tot verondieping op de vooroever en tot afvlakking van bestaande platen. Het geulstelsel zal een ander aanzien krijgen, omdat het meer door de vul- en ledingsstromen naar het Haringvliet wordt bepaald.

Natuurvariant

Het noordoostelijke kwadrant van het studiegebied leent zich goed voor de aanleg van een natuurvariant. Dit gebied ligt in de luwte van MV2 en van de kust van Voorne, waardoor de ontwikkelingen minder afhankelijk zijn van het uiteindelijke spuibeheer van de Haringvlietstuizen. Het is gebleken dat de initiële aanlegvorm van belang is voor de toekomstige ontwikkelingen in het gebied. Indien een estuarium wordt nagestreefd vóór de kust van Voorne, dan kan de voorgestelde "landtong" het beste ineens en met de juiste zeewaartse belijning worden aangelegd.

De toekomstvisies voor de gecombineerde varianten (bijvoorbeeld MV2 met Getemd Getij) zijn voor een belangrijk deel ontstaan uit een compilatie van de verschillende deel-ontwikkelingen, waarbij tevens aandacht is besteed aan de onderlinge interacties.

In het rapport wordt aangegeven waar de grootste onzekerheden in de voorspelling zitten. Het is immers niet zo dat elke morfologische ontwikkeling zich nu reeds laat voorspellen. In deze studie is de volgende stelling nadrukkelijk van toepassing: "hoe kleiner de schaal van de morfologische processen, hoe dichter bij de voorspelbaarheidshorizon en dus hoe moeilijker de voorspelling van de lange-termijn ontwikkeling". In het rapport worden dan ook een aantal alternatieve toekomst-visies gegeven voor elk van de onderzochte varianten.

Het rapport besluit met een aantal aanbevelingen voor mogelijk vervolgonderzoek. De suggestie die wordt gegeven is om dit rapport als een "levend document" te gaan zien, dat regelmatig bijgesteld wordt door een panel van deskundigen. Deze "kennisbaak" kan dan dienen als communicatie-middel naar andere belanghebbenden in het ontwerpproces van MV2, maar kan ook dienen om aan te geven welk modelonderzoek nodig is en op welke wijze de resultaten van dit modelonderzoek dienen te worden geanalyseerd met het oogmerk om de onzekerheden in de kennisbaak te verkleinen.



Inhoud

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond van de studie	1
1.2	Doel van de studie	1
1.3	Aanpak van de studie	2
1.4	Leeswijzer	3
2	Maatgevende zandtransportprocessen	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Processen per deelgebied	5
2.2.1	<i>Slufsterkust en strandhaak</i>	6
2.2.2	<i>Brielsche Gat en kust van Voorne (RSP 6.2 - 10.0 km)</i>	8
2.2.3	<i>Hinderplaat en Hindergat</i>	9
2.2.4	<i>Bokkegat, Garnalenplaat en Middengeul</i>	11
2.2.5	<i>Gebied ten oosten van de Hinderplaat</i>	13
2.2.6	<i>Rak van Scheelhoek en kust van Voorne (RSP 10 - 15.8 km)</i>	15
2.2.7	<i>Kwade Hoek (RSP 3 - RSP 7 km)</i>	15
2.2.8	<i>Slijkgat en kust van Goeree</i>	16
2.2.9	<i>Vooroever</i>	17
3	Toekomst - Autonome ontwikkeling	19
3.1	Inleiding	19
3.2	Natte doorsnede van de geulen	19
3.3	Autonome klimaatsveranderingen	20
3.4	Beschrijving per deelgebied: 2020, 2050 en 2100	21
3.5	Synthese: morfologie van het studiegebied in 2020	25
3.6	Synthese: morfologie van het studiegebied in 2050	27
3.7	Synthese: morfologie van het studiegebied in 2100	27
3.8	Grootste onzekerheden in de voorspelling	28
4	Toekomst: open Haringvliet, geen MV2	29
4.1	Inleiding	29
4.2	Ontwikkeling van de natte geuldoorsneden	29
4.3	Beschrijving per deelgebied: 2020, 2050 en 2100	30
4.4	Synthese: morfologie van het studiegebied in 2020	33
4.5	Synthese: morfologie van het studiegebied in 2050	34
4.6	Synthese: morfologie van het studiegebied in 2100	34
4.7	Grootste onzekerheden in de voorspelling	35



5 Toekomst: huidig spuiregime, MV2-zuid	37
5.1 Inleiding	37
5.2 Effecten van een zuid-variant van Maasvlakte-2	37
5.3 Beschrijving per deelgebied: 2020, 2050 en 2100	38
5.4 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2020	41
5.5 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2050	42
5.6 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2100	42
5.7 Grootste onzekerheden in de voorspelling	43
6 Toekomst: huidig spuiregime, MV2-noord	45
6.1 Inleiding	45
6.2 Effecten van een noord-variant van MV2	45
6.3 Toekomstige morfologie van het studiegebied	46
7 Toekomst: open Haringvliet, MV2-zuid	47
7.1 Inleiding	47
7.2 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2020	47
7.3 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2050	49
7.4 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2100	49
7.5 Grootste onzekerheden in de voorspelling	50
8 Toekomst: open Haringvliet, MV2-noord	51
8.1 Inleiding	51
8.2 Toekomstige morfologie van het studiegebied	51
9 Toekomst: Open Haringvliet, MV2-zuid en natuurvariant "Estuarium"	53
9.1 Inleiding	53
9.2 Stabiliteit van de landtong	53
9.3 Specifieke morfologische processen	57
9.4 Synthese: Morfologie van het studiegebied in 2020	59
9.5 Synthese: Morfologie van het studiegebied in 2050	60
9.6 Synthese: Morfologie van het studiegebied in 2100	60
9.7 Situatie met het huidig spui-beheer van de Haringvliet-sluzen	60
10 Conclusies en aanbevelingen	63
10.1 Conclusies	63
10.2 Aanbevelingen	67

Referenties

Figuren

Bijlagen

- A Overzicht van bestudeerde literatuur
- B Alternatief: extreme noordvariant



Lijst van tabellen

In dit rapport zijn geen tabellen opgenomen.

Lijst van figuren

De met een * aangeduide figuren zijn omwille van de leesbaarheid tussen de tekst geplaatst. De andere figuren zijn na het tekstdeel achterin dit rapport opgenomen.

- 1.1 Overzicht van het studiegebied
- 1.2* Aanpak en samenhang van de studie

- 2.1* Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied Slufter en strandhaak
- 2.2 Luchtfoto van het deelgebied Brielsche Gat
- 2.3* Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied Brielsche Gat / Voorne
- 2.4 Luchtfoto van het deelgebied Hinderplaat en Hindergat
- 2.5* Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied Hinderplaat e.o.
- 2.6* Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied Garnalenplaat e.o.
- 2.7* Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied "achter de Hinderplaat"
- 2.8* Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied Slijkgat / Goeree

- 3.1 Toekomstvisie 2020: autonome ontwikkeling
- 3.2 Toekomstvisie 2050: autonome ontwikkeling
- 3.3 Toekomstvisie 2100: autonome ontwikkeling
- 3.4 Alternatieve toekomstvisie 2100: autonome ontwikkeling

- 4.1 Toekomstvisie 2020: situatie met spuiregime Getemd Getij
- 4.2 Toekomstvisie 2050: situatie met spuiregime Getemd Getij
- 4.3 Toekomstvisie 2100: situatie met spuiregime Getemd Getij
- 4.4 Alternatieve toekomstvisie 2100: situatie met spuiregime Getemd Getij

- 5.1 Impressie van de zuid-variant van MV2
- 5.2 Toekomstvisie 2020: situatie met zuid-variant van MV2 en huidig spuiregime
- 5.3 Toekomstvisie 2050: situatie met zuid-variant van MV2 en huidig spuiregime
- 5.4 Toekomstvisie 2100: situatie met zuid-variant van MV2 en huidig spuiregime
- 5.5 Alternatieve toekomstvisie 2100: situatie met zuid-variant van MV2 en huidig spuiregime

- 6.1 Impressie van de noord-variant van MV2
- 6.2 Toekomstvisie 2020: situatie met noord-variant van MV2 en huidig spuiregime
- 6.3 Toekomstvisie 2050: situatie met noord-variant van MV2 en huidig spuiregime
- 6.4 Toekomstvisie 2100: situatie met noord-variant van MV2 en huidig spuiregime
- 6.5 Alternatieve toekomstvisie 2100: situatie met noord-variant van MV2 en huidig spuiregime

- 7.1 Toekomstvisie 2020: situatie met zuid-variant van MV2 en spuiregime Getemd Getij
- 7.2 Toekomstvisie 2050: situatie met zuid-variant van MV2 en spuiregime Getemd Getij
- 7.3 Toekomstvisie 2100: situatie met zuid-variant van MV2 en spuiregime Getemd Getij



- 7.4 Alternatieve toekomstvisie 2100: situatie met zuid-variant van MV2 en spuiregime Getemd Getij

- 8.1 Toekomstvisie 2020: situatie met noord-variant van MV2 en spuiregime Getemd Getij
- 8.2 Toekomstvisie 2050: situatie met noord-variant van MV2 en spuiregime Getemd Getij
- 8.3 Toekomstvisie 2100: situatie met noord-variant van MV2 en spuiregime Getemd Getij
- 8.4 Alternatieve toekomstvisie 2100: situatie met noord-variant van MV2 en spuiregime Getemd Getij

- 9.1 Stabiliteit van de natuurvariant "Estuarium"
- 9.2 Artist impression van variant: MV2-zuid/Estuarium
- 9.3 Toekomstvisie 2020: situatie met MV2-zuid/Getemd Getij en natuurvariant
- 9.4 Toekomstvisie 2050: situatie met MV2-zuid/Getemd Getij en natuurvariant
- 9.5 Toekomstvisie 2100: situatie met MV2-zuid/Getemd Getij en natuurvariant

BIJLAGE B:

- B.1 Contouren van een extreme MV2 noord-variant
- B.2 Toekomstvisie 2100: situatie met een extreme noord-variant van MV2 en huidig spuiregime



1 Inleiding

1.1 Achtergrond van de studie

De morfologie van de Haringvlietmond, gelegen tussen de Haringvlietdam en ruwweg de NAP -12 meter dieptelijn op zee, is sinds enkele decennia nadrukkelijk door menselijk ingrijpen beïnvloed. Vooral de aanleg van Europoort, Maasvlakte en Slufterdam, alsmede de afsluiting van het Brielsche Gat en het Haringvliet, hebben de morfologische ontwikkeling van dit gebied bepaald.

Sinds enkele jaren worden er studies uitgevoerd naar de gevolgen van mogelijk nieuwe grootschalige ingrepen in de directe nabijheid van de Haringvlietmond. Dit betreft vooral de voorbereidende studies voor de mogelijke aanleg van een tweede Maasvlakte (MV2) door het Samenwerkingsverband Maasvlakte-2 Varianten (SM²V), alsmede de studies naar een ander spuibeheer van de Haringvlietsluizen (dit project bevindt zich in de MER-fase). De verwachting is gerechtvaardigd dat deze mogelijke ingrepen, ieder op zich en in combinatie, opnieuw significante veranderingen in de morfologie van dit gebied teweeg zullen brengen.

Voor het onderzoek naar mogelijke ontwerpvarianten voor een Maasvlakte-2 dat thans binnen het SM²V wordt uitgevoerd, is het van belang inzicht te hebben in de morfologische situatie van het mondingsgebied van het Haringvliet op een termijn van 20, 50 en 100 jaar.

Per brief met kenmerk LM/DEA/MV2/98/4827 heeft het SM²V aan Alkyon offerte gevraagd voor het inschatten van de morfologische "eindsituatie" in de Haringvlietmond. Hierbij dient zowel gekeken te worden naar de situatie met een MV2 als naar een situatie met een gewijzigd spuiregime voor de Haringvlietsluizen. Opdracht voor het uitvoeren van de voorgestelde studie is door het SM²V verleend in haar brief LM/DEA/SM2V/98/7387 gedateerd op 16 juli 1998 (contract: MMOW015). De studie is uitgevoerd en gerapporteerd door ir. R.C. Steijn. Daarnaast heeft prof. dr. ir. H.J. De Vriend van de Universiteit Twente als "inhoudelijk klankbord" gefungeerd en heeft hij de kwaliteitscontrole van dit rapport verzorgd. Het tekenwerk is verzorgd door mevr. T. Maurer-van Dijk. Van de zijde van SM²V is de studie begeleid door drs. L. Uit den Bogaard (RWS-RIKZ) en ir. S. Boer (RWS-BD). De concept-versie van dit rapport is 10 september 1998 inhoudelijk besproken met een team van deskundigen. Naast voornoemde heren (met uitzondering van prof. De Vriend) waren daarbij aanwezig: ir. W.D. Eysink (WL), ir. B. Blik (Svasek), drs. P. Van Vessem (RWS-RIKZ) en ir. M. Groenewoud (SM²V).

1.2 Doel van de studie

Het doel van de studie is om voor een aantal varianten (MV2, beheer Haringvlietsluizen) toekomstige bodemliggingen te schetsen van de Haringvlietmond op een tijdshorizon van 20, 50 en 100 jaar.

Bij het schetsen van de toekomstige bodemliggingen is tevens aandacht besteed aan de onzekerheden, de (on-)voorspelbaarheid en de onnauwkeurigheden in de voorspelling. Ook

zal worden ingegaan op de vraag of er wezenlijk andere morfologische eindsituaties mogelijk zijn.

Varianten

De eerste zes onderzochte varianten betreffen combinaties van:

- Drie MV2-varianten, te weten de situatie zonder MV2, een noordelijke variant en een zuidelijke variant;
- Twee Haringvlietsluis-varianten, te weten een open (scenario "Getemd Getij") en een gesloten variant (huidig LPH'84 lozingsprogramma).

Daarnaast is een variant beschouwd met een zuidelijke variant voor MV2, spuibeheer Getemd Getij voor de Haringvlietsluizen en natuurvariant "Estuarium".

Studiegebied

De Haringvlietmond is hier gedefinieerd als het zeegebied dat begrensd wordt door de Haringvlietdam in het oosten, de zuidkust van Voorne, Slufter en MV2 in het noorden, de noordwest kust van Goeree in het zuiden en de huidige doorgaande NAP -12 m dieptelijn in het westen. Figuur 1.1 geeft een overzicht van het studiegebied, waarbij tevens de belangrijkste morfologische eenheden waaronder platen en geulen, zijn aangegeven.

1.3 Aanpak van de studie

De aanpak van de studie laat zich samenvatten als een expert-interpretatie van bestaande kennis, inzichten en studie-uitkomsten betreffende het morfodynamische gedrag van het studiegebied en het op basis van die interpretatie maken van voorspellingen over de toekomstige morfologische ontwikkelingen. Dit resulteert in computerplots van de verwachte bodemliggingen in het studiegebied over 20, 50 en 100 jaar, voor elk van de onderzochte varianten. Opgemerkt moet worden dat niet alles in dit rapport uit "formules" of "modellen" is af te leiden. Voor een deel zijn de beschreven morfologische ontwikkelingen in dit rapport gebaseerd op een intuïtieve inschatting van de auteur. In onderstaande figuur 1.2 zijn de verschillende activiteiten in kaart gebracht.



Figuur 1.2 Aanpak en samenhang van de studie

De studie vangt aan met een beknopt literatuuronderzoek. Er is immers al veel gestudeerd en gerapporteerd. In Appendix A wordt hiervan een beknopt overzicht gegeven.

Op basis van de bestaande inzichten en gebruik makend van de waargenomen ontwikkelingen in het studiegebied in de periode na het gereedkomen van de Haringvlietdam (1970 tot heden), is geprobeerd om voor een aantal deelgebieden aan te geven welke zandtransporterende processen momenteel actief zijn. Daarbij speelt zowel de grootschalige waterbeweging onder invloed van het getij, als de golfgedreven zandverplaatsingen op ondiepe delen een belangrijke rol. In figuur 1.2 wordt dit aangeduid met de term "proces-balans". Dit geeft het krachten spel aan van de verschillende processen, resulterend in netto zandverplaatsingen. Hierbij wordt aandacht besteed aan de netto zandverplaatsingen die optreden tijdens "jaar-gemiddelde" omstandigheden en die optreden tijdens extreme omstandigheden, zoals stormvloed en extreem hoge rivierafvoeren.

Als gevolg van de onderzochte varianten zullen sommige processen worden versterkt en weer anderen worden afgezwakt. Dit vormt de basis voor de voorspelling van de toekomstige morfologie van het studiegebied. Door daarbij tevens de morfologische tijdschaal van elk van de processen en de interactie tussen de deelgebieden (de "dynamische loop" in figuur 1.2) in de beschouwing mee te nemen, kan een onderbouwde toekomstvisie worden ontwikkeld. Waar mogelijk is deze toekomstvisie kwantitatief uitgewerkt.

1.4 Leeswijzer

De toekomstbeelden van de morfologie in het studiegebied staan centraal in dit rapport. Deze worden achterin, na het tekstdeel, gegeven. Een beknopte onderbouwing van deze figuren wordt gegeven in het tekstdeel van dit rapport. Daarbij wordt, conform de aanpak van de studie, geredeneerd vanuit de maatgevende processen die verantwoordelijk zijn voor de netto zandverplaatsingen. In hoofdstuk 2 wordt voor een aantal geselecteerde deelgebieden aangegeven welke zandtransportmechanismen anno 1998 werkzaam zijn.

Het eerste toekomstbeeld, namelijk dat voor de huidige situatie, wordt gepresenteerd in hoofdstuk 3. Hierbij wordt ingegaan op de ontwikkelingen per deelgebied. Door rekening te houden met de morfodynamische interacties tussen de afzonderlijke deelgebieden wordt een totaalbeeld verkregen van de toekomstige morfologie van het studiegebied als geheel. Door vervolgens rekening te houden met de afzonderlijke morfologische (aanpassings-)tijdschalen worden toekomstvisies gegeven voor de jaren 2020, 2050 en 2100.

In hoofdstuk 4 wordt op een vergelijkbare manier als in hoofdstuk 3 de toekomstige morfologie van het studiegebied gegeven, uitgaande van de situatie met een open Haringvlietluisvariant, maar zonder een MV2.

Datzelfde wordt in de hoofdstukken 5 tot en met 9 gedaan voor achtereenvolgens: het huidig spuiregime met MV2-zuid, het huidig spuiregime met MV2-noord, het spuiregime Getemd Getij met MV2-zuid, het spuiregime Getemd Getij met MV2-noord en, tenslotte MV2-zuid met natuurvariant en spuiregime Getemd Getij (MV2-zuid*).

Schematisch:

	MV2-geen	MV2-zuid	MV2-noord	MV2-zuid*
huidig spuiregime	Hoofdstuk 3	Hoofdstuk 5	Hoofdstuk 6	Hoofdstuk 9
spuiregime Getemd Getij	Hoofdstuk 4	Hoofdstuk 7	Hoofdstuk 8	Hoofdstuk 9

In elk van de hoofdstukken 3 tot en met 9 wordt tevens ingegaan op de grootste onzekerheden in de voorspelling. Dit leidt tot alternatieve toekomstvisies.

Tijdens het onderzoek bleek dat er weinig verschillen zijn te verwachten voor de twee hier beschouwde MV2-varianten (zuid en noord). Een eerste indruk van de gevolgen voor de morfologie van een wezenlijk andere variant voor MV2 wordt in Bijlage B gegeven (een extreme noord-variant).

Tenslotte kan door het lezen van enkel hoofdstuk 10 (conclusies en aanbevelingen) reeds een redelijke indruk worden gekregen van de uitkomsten van deze studie. Hierin worden enkele belangrijke kenmerken van de ontwikkelde toekomstvisies genoemd, inclusief een beknopte onderbouwing daarvan.

2 Maatgevende zandtransportprocessen

2.1 Inleiding

In deze studie wordt geredeneerd vanuit de processen die verantwoordelijk zijn voor de zandbewegingen in het studiegebied. Daarom worden in dit hoofdstuk eerst deze zandtransportprocessen in kaart gebracht. Hierbij is gebruik gemaakt van de rapporten die in Bijlage A staan genoemd.

De maatgevende zandtransportprocessen worden in dit hoofdstuk gepresenteerd per deelgebied. Een deelgebied wordt hierbij gezien als een ruimtelijk deel van het studiegebied, waarbinnen de morfologische ontwikkelingen sterk intern aan elkaar zijn gekoppeld (een morfologische eenheid). Dat geldt dus voor de huidige situatie. Na verloop van tijd kunnen andere morfologische eenheden ontstaan, bijvoorbeeld door het samengaan van twee huidige eenheden.

Keuze van de deelgebieden

Binnen het studiegebied zijn meerdere banken, platen en geulen te onderscheiden (figuur 1.1). De volgende deelgebieden zijn geselecteerd (min of meer gaande van noord naar zuid):

- Slufterkust (westzijde) en strandhaak;
- Brielsche Gat en kust van Voorne tussen ruwweg RSP 6.2 km en RSP 10.0 km;
- Hinderplaat en Hindergat;
- Bokkegat, Garnalenplaat en Middengeul;
- Gebied ten oosten van de Hinderplaat;
- Rak van Scheelhoek en kust van Voorne tussen ruwweg RSP 10.0 km en RSP 15.8 km;
- Kwade Hoek (kust van Goeree tussen ruwweg RSP 3.0 km en RSP 7.0 km);
- Slijkgat en NW kust van Goeree (RSP 3.0 km - RSP 15.0 km);
- Vooroever (tussen NAP - 5 m en NAP -15 m doorgaande dieptelijnen).

2.2 Processen per deelgebied

Hieronder wordt voor elk van de gekozen deelgebieden een korte opsomming gegeven van de maatgevende zandtransporten zoals deze nu plaatsvinden. Bij elk van de deelgebieden worden in een schets de verschillende zandtransporten aangegeven door middel van pijltjes. Bij elk van de pijltjes staan letters die aangeven welk mechanisme wordt bedoeld. Deze zijn:

- da : duinafslag;
- de : dichtheidseffecten;
- et : eolisch transport (windgedreven boven water);
- gv : getijstroming, vloed-gedomineerd;
- ge : getijstroming, eb-gedomineerd;
- ss : secundaire stroming (spiraalstroming in bochten);

- wa : golven, asymmetrie-transport (in de golfvoortplantingsrichting);
wb : golven, brandingsgedreven transport;
wd : golven, dwarstransporten zeewaarts gericht (undertow, hellingseffecten);
ws : windgedreven stroming;
ww : golven-washovers.

Hoe groter het pijltje in de schets, des te groter is de absolute bijdrage (in m³/jaar) van het betreffende zandtransportmechanisme. Daar waar bekend zijn getallen toegevoegd die als eenheid hebben: m³/jaar, of bij extreme gebeurtenissen: m³/gebeurtenis. Een onderbouwing van de geven getallen is te vinden in de literatuur die genoemd staat in Bijlage A.

Voorts wordt er in sommige schetsen gebruik gemaakt van de volgende aanduidingen:

- (s) : tijdens storm, of stormvloeden;
(qx) : tijdens extreme spuidebieten door de Haringvlietsluizen.

Een gebied aangegeven met "stippeltjes" duidt op een gebied dat duidelijk neigt tot aanzanding; een gebied met horizontale arcering duidt op een gebied dat duidelijk neigt tot erosie of verdieping.

Bij elke schets wordt kort de essentie van het getoonde proces-krachtenspel beschreven. Tevens wordt aangegeven of er sprake is van interactie met ontwikkelingen in andere deelgebieden en hoe snel de morfologische ontwikkelingen zich voordoen.

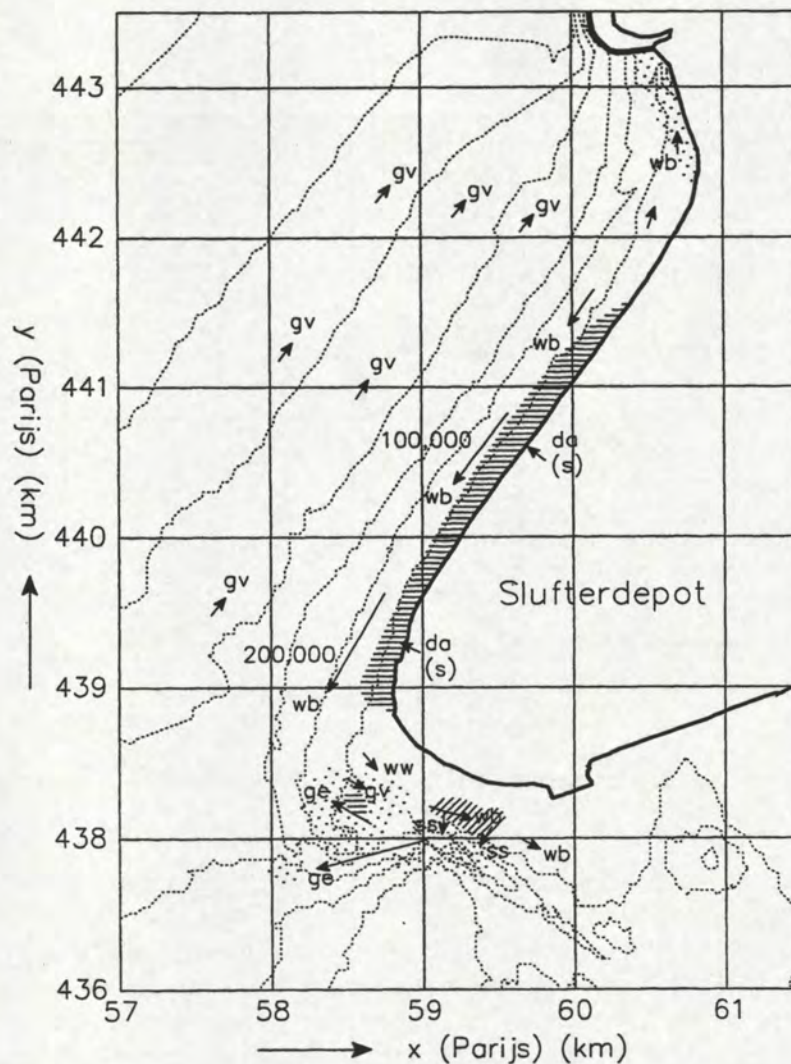
Tot slot wordt opgemerkt dat de getoonde dieptecontouren in de verschillende plots betrekking hebben op de bodemligging anno 1995.

2.2.1 *Slufterkust en strandhaak*

De meest kenmerkende zandtransportmechanismen in dit deelgebied zijn (zie onderstaande figuur 2.1):

- Een naar het zuiden toe sterk toenemend brandingstransport in zuidwaartse richting. Nabij de zuidwest punt van de slufterdam bedraagt dit transport ongeveer 200,000 m³/jaar. Deze waarde volgt uit berekeningen (bv. Steijn, 1997b) en komt ook overeen met de gemiddelde onderhoudsbehoefte van de slufterkust.
- Zeewaarts van de slufterkust zijn vrijwel geen profielaanpassingen meer (het profiel heeft zich ingesteld). Desondanks blijven in de toekomst regelmatig zandsuppleties op de westkust van de Slufter noodzakelijk om het "zand-lek" naar het zuiden te compenseren;
- Interferentie van het zuidwaartse brandingstransport met het zeewaartse getij-transport door het eb-dominante Hindergat, veroorzaakt de ontwikkeling van een strandhaak die naar het zuiden toe steeds minder de karakteristieken van een "spit" heeft, maar meer lijkt op een laagliggende vlakte waarop getij en golven min of meer vrij spel hebben. De zuidpunt van de strandhaak ligt onder GLW, waardoor getijstroming over dit deel van de strandhaak eveneens een belangrijke rol speelt;
- Een naar binnen gericht brandingstransport langs de noordflank van het Hindergat. Erg ver komt dit materiaal niet, omdat de golfenergie niet ver genoeg kan doordringen;
- Minder maatgevende zandtransportmechanismen zijn: washovers over de strandhaak, duinafslag op de slufterkust, secundaire (bocht-)stroming in het Hindergat en vloedgedomineerd transport op de vooroever (richting Euro-Maasgeul).

De tijdschaal waarop de lokale morfologie zich aanpast aan veranderende condities of omstandigheden verschilt aanzienlijk in dit gebied. Het snelst, dus met de kortste tijdschaal, gaan de aanpassingen rondom de strandhaak en dan vooral in het zuidelijk deel ervan. Veel trager, dus met een grotere tijdschaal gaan de aanpassingen in bijvoorbeeld het noordelijk deel van de sluftekust. Duinafslag op de sluftekust, dat zich in enkele dagen voltrekt, treedt alleen op tijdens extreme omstandigheden (storm).

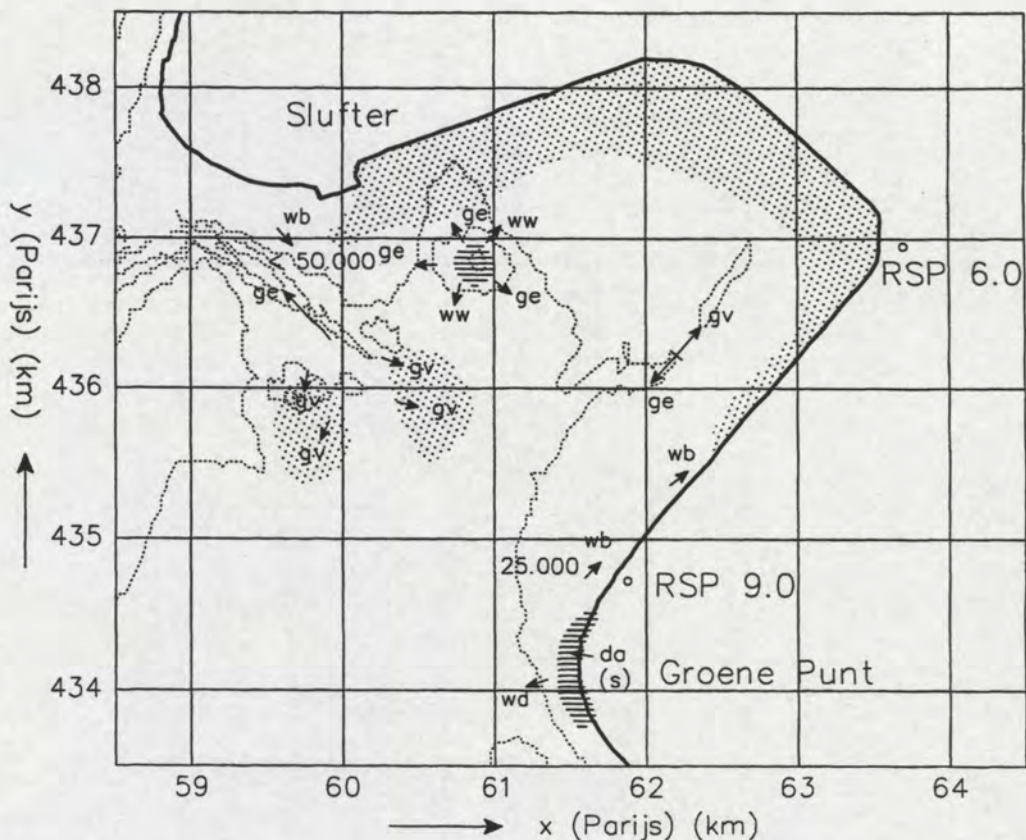


Figuur 2.1 Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied Slufter / strandhaak

Een belangrijke interactie vindt plaats met het Hindergat dat weer is "opgehangen" aan de Hinderplaat (paragraaf 2.2.3). Tenslotte mogen de regelmatige zandsuppleties op de zuidelijke helft van de westkust van de Slufter niet onvermeld blijven. Deze suppleties zijn, met een gemiddelde omvang van circa 200.000 m³/jaar, noodzakelijk om de slufterdam voor ondermijning te behoeden. Voor de zandbalans betekent dit een bron van zand, dat uiteindelijk mede ten goede komt aan de opbouw en de instandhouding van een onderwaterdelta ten westen van het Hindergat.

2.2.2 Brielsche Gat en kust van Voorne (RSP 6.2 - 10.0 km)

Figuur 2.2 toont een luchtfoto van dit gebied genomen tijdens laag water (augustus 1997). Kenmerkende zandtransportprocessen in dit gebied zijn (figuur 2.3):



Figuur 2.3 Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied Brielsche Gat / Voorne

- Een geringe aanvoer van zand door brandingstransport langs de zuidflank van de Slufterdam (geschat op hooguit 50.000 m³/jaar);
- Ondanks de overall ebdominantie van het Hindergat, een netto zand-depositie op de flanken van de vloeddelta van het Hindergat (de oostelijke uitstroming van deze geul). Dit komt doordat lokaal als gevolg van het "uitwaaieren" van de vloedstroom meer zand wordt afgezet dan dat door de meer geconcentreerde ebstroom naar buiten wordt verplaatst;
- Een gering noordwaarts brandingstransport langs de NW-kust van Voorne, afnemend van circa 25.000 m³/jaar nabij RSP 9.0 tot nihil ter plaatse van de Brielsche Gatdam (RSP 6.2). Extreme condities (stormvloeden) spelen hierbij een belangrijke rol, vooral ook voor wat betreft de duinafslag.

Het gebied is morfologisch gezien een betrekkelijk rustig gebied, vanwege de beschutte ligging achter de Hinderplaat en de Slufter.

Er zijn kleinschalige beheersingrepen uitgevoerd, zoals: de bouw van de Kleine Slufter en het opspuiten van een paraboolduin en het Vogeleiland.

In totaal is $9,5 \text{ Mm}^3$ zand gesuppleerd op de kust van Voorne in de periode 1973 - 1987. In 1984-1985 is tussen RSP 6.2 en RSP 14.0 maar liefst $3,4 \text{ Mm}^3$ zand aangebracht in een buffer zeewaarts van de toenmalige zeereep (dit om aan de verplichtingen van de Deltawet te voldoen). Afgezien van een kleine profielvervlakking hebben zich hier geen noemenswaardige ontwikkelingen voorgedaan (Van Vessem, 1997).

De morfologische tijdschalen in dit gebied zijn doorgaans traag (Van Vessem, 1996a en 1996b). Het gebied voor de Brielsche Gatdam vult slechts langzaam op, waarschijnlijk door de geringe aanwezigheid van slib en fijn zand. Op de Kop van Voorne (Groene Punt) liggen in de verzwaarde duinen circa 1 m dikke kleibanken (op circa 3 à 4 m boven NAP). Zodra deze kleilagen bloot komen te liggen kan dit een extra slibbron zijn, maar het is niet bekend hoeveel sediment uit deze bron beschikbaar komt voor kwelder-opbouw voor de Brielsche Gatdam. Het kombergingvolume neemt door de trage kweldervorming zeer langzaam af. De natte doorsnede van de geul die het gebied voor de Brielsche Gatdam vult en ledigt (goed zichtbaar in figuur 2.2) neemt zeer langzaam af (Arends, 1997, raai r2 blz. 48): van 3500 m^2 in 1970 tot circa 2500 m^2 in 1995.

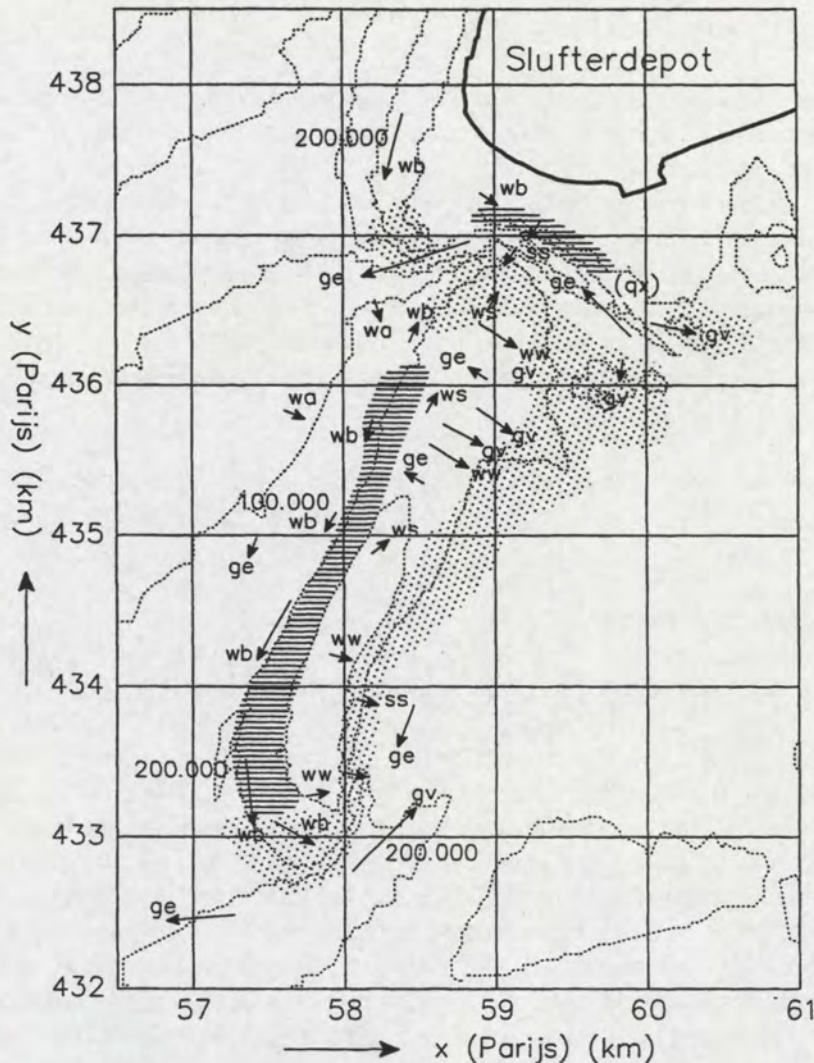
De morfologische ontwikkelingen in dit gebied worden vooral bepaald door de kleinschalige menselijke ingrepen en extreme condities (stormvloed). Interacties met andere deelgebieden zijn niet noemenswaardig.

2.2.3 *Hinderplaat en Hindergat*

Figuur 2.4 toont een luchtfoto van dit deelgebied genomen tijdens laag water (augustus 1997). Kenmerkende zandtransportprocessen in dit deelgebied zijn (figuur 2.5):

- Een zuidwaarts brandingstransport langs de westzijde van de Hinderplaat. Dit neemt geleidelijk toe tot circa $200.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$ aan de zuidzijde (Steijn, 1996, 1997b). Aan de noordzijde is het niet uitgesloten dat er netto op jaarbasis een noordwaarts brandings-transport optreedt, als gevolg van selectieve golfafscherming door de strandhaak / Slufterkust en door golfrefractie op de ebdelta van het Hindergat. De oriëntatie van de westkust van de Hinderplaat heeft zich ongeveer zò ingesteld dat de langstransporten min of meer in evenwicht zijn met de aanvoer van zand in langs- (en dwars-) richting.
- Een relatief grote hoeveelheid zand wordt oostwaarts over de noordelijke helft van de Hinderplaat verplaatst door vloedtransport (getijstrooming) en washovers (golven). Op grond van profielontwikkelingen (o.a. Roelvink e.a., 1998) wordt dit geraamd op circa $100 \text{ m}^3/\text{m}^1/\text{jaar}$ onder gemiddelde jaarlijkse omstandigheden. Tevens vindt er ter plaatse van een aantal "kortsluitgeultjes" een netto zeewaarts transport plaats als gevolg van de ter plaatse van deze kortsluitgeultjes dominante ebstroom. (Opmerking: de vloed stroomt tijdens hoogwater over de gehele noordelijke helft van de plaat; tijdens laag water stroomt het water hoofdzakelijk af door het Hindergat en de kortsluitgeultjes.)
- Een netto zeewaarts zandtransport door het Hindergat (eb-dominant) en een netto noordwaarts getijtransport door het Bokkegat (vloed-dominant). Dit verschil in netto transportrichting wordt veroorzaakt door het faseverschil in de respectievelijke getijgolfvoortplantingen. Dit beeld wordt bevestigd uit stroommetingen (bv. Eysink, 1990). Deze "rondstroming" wordt gezien als een belangrijke oorzaak voor het tot nu toe in stand blijven van het Bokkegat. In paragraaf 2.2.4 wordt het stroombeeld rondom de Hinderplaat in meer detail beschreven. De netto zandtransporten zijn mogelijk ook in de orde van $200.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Er is dus getij-gemiddeld sprake van een rondstroming rondom de Hinderplaat, tegen de wijzers van de klok in. Bekijken we de getijstrooming per uur dan is er een fase in het getij dat er zowel vulling van het gebied ten oosten van de Hinder-

plaat optreedt vanuit het Hindergat en vanuit het Bokkegat. Gedurende deze fase hebben beide geulen dus een eigen kombergingsgebied.



Figuur 2.5 Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied Hinderplaat e.o.

- Bochtstromingseffecten in het Hindergat zorgen voor afslag van de "buitenbocht" en aanzanding in de "binnenbocht". Als gevolg hiervan heeft het Hindergat de neiging noordwaarts uit te krommen richting de zuidkust van de Slufter. Tevens wordt de geul meer gekromd, waardoor de bochtstromingseffecten des te sterker worden. De kromtestraal bedraagt ongeveer 1 km.
- Naar verwachting is de aanvoer van zand vanaf de vooroever door golfasymmetrie transport inmiddels van ondergeschikt belang (o.a. Roelvink, e.a., 1998).

Uit profielontwikkelingen van het Hindergat blijkt dat het zwaartepunt van de doorsnede van de geul in de periode 1990 - 1996 met circa 100 tot 150 meter noordwaarts is verschoven. Tevens blijkt dat de maximale diepte van de geul min of meer gelijk is gebleven (NAP -8 m).

De natte doorsnede (beneden NAP -2 m) is iets toegenomen van circa 750 m² in 1990 tot 800 m² in 1996. Dit lijkt vooral te zijn veroorzaakt door de extreme spuidebieten door de Haringvlietluizen in de winters van 1993-1994 en 1994-1995, waardoor tijdelijk een groter ebdebiet door het Hindergat stroomde.

Een bruikbare parameter om de dynamiek van de ebdelta van het Hindergat te kenmerken is de stabiliteitsparameter r (Bruun en Gerritsen, 1960), die is gedefinieerd als het quotiënt van het maatgevend getijprisma (P) en de totale zandtoevoer richting geulmond (M_{tot}):

$$r = P/M_{tot} \quad (2.1)$$

Ter plaatse van de zeewaartse uitstroming van het Hindergat wordt de zandtoevoer (M_{tot}) geschat op circa 300.000 m³/j (200.000 m³/j vanaf de Slufterdam, 50.000 m³/j vanaf de Hinderplaat door omkering van de transportrichting en nog eens 50.000 m³/j uit het Hindergat). Het maatgevende eb-getijvolume (P) wordt in Eysink (1990) geschat op circa 35 Mm³/getij. Hieruit volgt een r -waarde van ongeveer 120, hetgeen duidt op een stabiel zeegat waarbij de onderwaterdelta fungeert als "doorgever" van het langtransport dat vanaf de westkust van de Slufter wordt aangevoerd. Dit sluit aan bij de recente constatering van een "drumstick"-achtige vorm van de Hinderplaat, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de westkust van Ameland, waar eveneens sprake is van regelmatig aanlandende zandplaten.

De Hinderplaat is aan de zuidzijde hoger (NAP +1 m) dan aan de noordzijde (NAP -1 m), omdat de noordzijde meer is afgeschermd voor golven uit het noordwestelijk kwadrant. Dit komt door de oostwaartse migratie van de Hinderplaat als geheel, waardoor de plaat meer in de "luwte" van de Slufter is komen te liggen. De hoogte van een plaat hangt in zijn algemeenheid af van de lokale hoogste golven.

De morfologische ontwikkelingen in dit deelgebied hangen mede af van die in de nabijgelegen deelgebieden. Zo is er sprake van zandvoeding vanaf de ebdelta van het Hindergat en spelen de ontwikkelingen rondom het Bokkegat eveneens een rol.

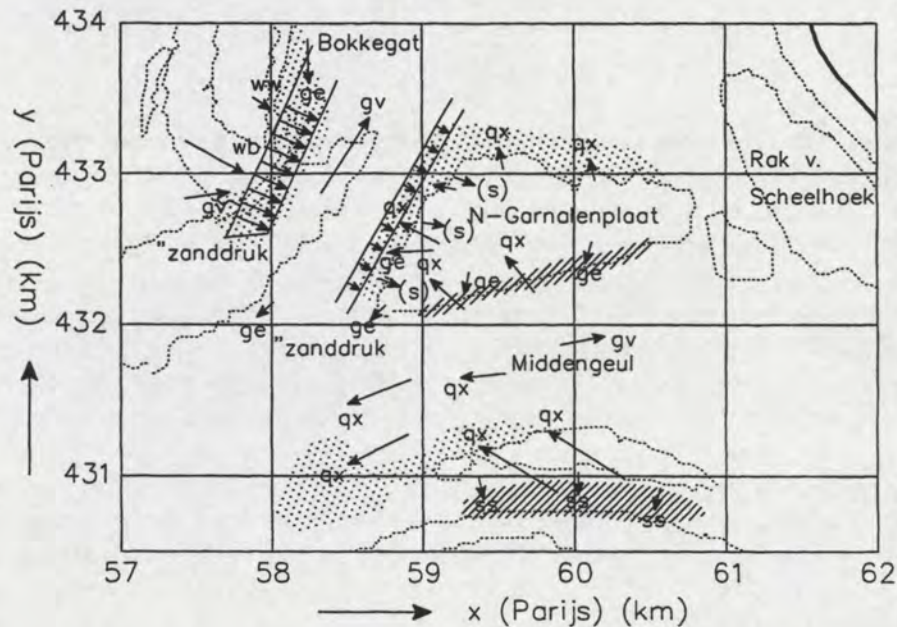
De geleidelijke opvulling van het gebied aan de oostzijde van de Hinderplaat speelt eveneens een rol bij de ontwikkeling van de natte doorsneden van de geulen Bokkegat en Hindergat, zoals hieronder kort wordt toegelicht.

2.2.4 Bokkegat, Garnalenplaat en Middengeul

De belangrijkste zandtransportmechanismen in dit deelgebied zijn (zie onderstaande figuur 2.6):

- Een vloed-gedomineerd getijtransport door het Bokkegat ter grootte van mogelijk 200.000 m³/jaar (Steijn, 1997b).
- Een gering vloed-gedomineerd getijtransport door de Middengeul. Uit stroommetingen over de periode 1970 - 1981 kan worden afgeleid dat langs de oostzijde van de noordelijke Garnalenplaat sprake is van een resulterend noordwaartse getijstroom. Omdat de snelheden hier in het Rak van Scheelhoek echter zeer beperkt zijn (max. enkele dm/s) en het Rak van Scheelhoek bovendien nog niet zijn evenwichtsdoorsnede heeft bereikt (paragraaf 2.2.6), is het niet waarschijnlijk dat er langs de oostzijde van de Garnalenplaat een netto noordwaarts zandtransport aanwezig is. Dit wordt bevestigd door het gegeven dat er in het gebied vóór de Groene Punt relatief veel slib voorkomt, hetgeen alleen mogelijk is wanneer de transportcapaciteiten hier gering zijn.

- Tijdens extreme lozingen door de Haringvlietsluizen met een frequentie kleiner dan naar schatting 1/1 jaar, nemen de debieten over de zuidelijke Garnalenplaat sterk toe (q_x in figuur 2.6). Dit veroorzaakt een zuidwestelijke uitbouw van de zuidelijke Garnalenplaat en een afslag van de zuidflank van de Garnalenplaat. Dit bedroeg zelfs ongeveer 100 meter na het extreme spuidebiet van januari/februari 1995.



Figuur 2.6 Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied Garnalenplaat e.o.

- Het Bokkegat ondervindt van twee zijden zandddruk: vanaf de zuidoostwaarts migrerende Hinderplaat tijdens jaargemiddelde condities en vanaf de noordelijke Garnalenplaat tijdens perioden met een hoog spuidebiet. De natte doorsnede onder NAP van het Bokkegat is tussen 1969 en 1989 afgenomen van circa 12.000 m² tot 4.400 m² (Eysink, 1990: tabel 2.6). In de periode 1990 - 1996 is het oppervlak onder NAP -2 m verder afgenomen van 1.800 m² tot 1.200 m² (Roelvink, e.a. 1998). Dit gebeurde ook boven NAP -2 m, maar daar zijn op dit moment geen hoeveelheden van bekend. De maximale diepte is in de periode 1990 - 1996 constant gebleven op NAP -6 m. Het zwaartepunt en de positie van de maximale diepte is in dezelfde periode met ongeveer 400 meter oostwaarts verschoven.
- De kromtestraal van het Bokkegat is ruim 2 km, waardoor bochtstromingseffecten minder spelen dan bij bijvoorbeeld het Hindergat.

De stabiliteitsparameter r van het Bokkegat kan als volgt worden geschat: M_{tot} wordt geraamd op 300.000 m³/jaar (hoofdzakelijk langs en over de Hinderplaat en deels tijdens extreme rivierlozingen vanaf de noordelijke Garnalenplaat); het maatgevende getijvolume volgt uit Eysink (1990): 40 Mm³/getij. Hieruit volgt een waarde voor r van ongeveer 115, een vergelijkbare waarde dus als die voor het Hindergat. Dit zou betekenen dat het Bokkegat in stand blijft, ondanks zijn afname in natte doorsnede. Deze afname is nog steeds het gevolg van de veranderende rol van het Bokkegat na de afsluiting van het Haringvliet (o.a. Eysink, 1990, Steijn, 1997b, Van Vessem, 1995). Bekijken we het stroombeeld rondom de Hinderplaat,

zoals dit is afgeleid uit stroommetingen die zijn uitgevoerd in de periode 1970-1981, dan zijn er vier karakteristieke getijfasen te onderscheiden (Eysink, 1990):

- Een vloedfase waarin zowel door het Hindergat als het Bokkegat instroming plaatsvindt (opmerking: anno 1998 vindt er ook instroming plaats over het verlaagde noordelijke deel van de Hinderplaat);
- Een vloedfase waarin instroming plaatsvindt via het Bokkegat en uitstroming door het Hindergat (op zee is dan ook sprake van een noordgaande vloedstroom);
- Een eb fase waarin zowel door het Hindergat als het Bokkegat uitstroming plaatsvindt (opmerking: anno 1998 vindt er ook uitstroming plaats door de kortsluitgeulen over het noordelijk deel van de Hinderplaat);
- Een eb fase waarin instroming plaatsvindt via het Hindergat en nog steeds uitstroming door het Bokkegat (op zee is dan sprake van een zuidgaande ebstroom).

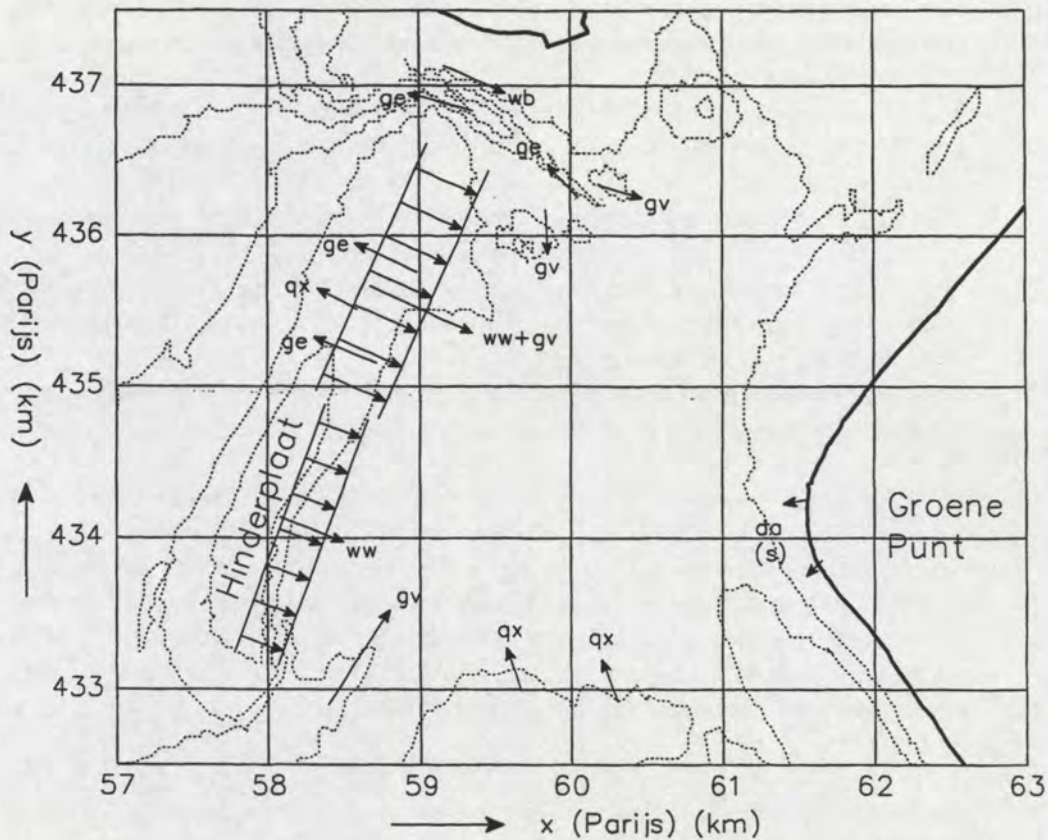
Het Bokkegat speelde dus zeker in de periode 1970-1981 en hoogstwaarschijnlijk ook nu nog een wezenlijke rol bij de grootschalige waterbeweging in het gebied. Alleen door significante veranderingen in de morfologie van het gebied zou deze rol kunnen veranderen. Als de waarde van het getijvolume bijvoorbeeld verder afneemt (paragraaf 2.2.5) dan zou het Bokkegat kunnen verzanden. Dit kan ook gebeuren als bijvoorbeeld tijdens een langdurige periode (bv. een maand) met extreem hoge spuidebieten, de zanddruk vanaf de noordelijke Garnalenplaat sterk zou toenemen (de stabiliteitsparameter r wordt dan "kritisch" door het toenemen van M_{tot}).

De ontwikkelingen in dit deelgebied hangen tenslotte in hoge mate af van die van de Hinderplaat (paragraaf 2.2.3) en die van het Slijkgat (paragraaf 2.2.8).

2.2.5 *Gebied ten oosten van de Hinderplaat*

Het gebied ten oosten van de Hinderplaat zandt aan als gevolg van de volgende zand-importerende mechanismen (zie onderstaande figuur 2.7):

- Zandimport door de vloedstroom door het Hindergat. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de aanwezigheid van "zandlobben" aan weerszijden van de oostelijke uitstroming van het Hindergat (divergentie van de vloedstroom);
- Zandtransport als gevolg van vloedstroom en washovers over het noordelijk deel van de Hinderplaat. Dit blijkt vooral uit het landwaarts verder opschuiven van de Hinderplaat. Uit Roelvink e.a. (1998) valt af te leiden dat het zwaartepunt van een dwarsdoorsnede door het noordelijk deel van de Hinderplaat (boven NAP -2 m) in de periode 1990-1993 met 300 m oostwaarts is verplaatst. In de periode 1993-1996 was dit minder: circa 50 m;
- Washovers tijdens hoge waterstanden (springtij en stormvloeden) over het zuidelijk deel van de Hinderplaat. Het zwaartepunt van een dwarsdoorsnede over het zuidelijk deel van de Hinderplaat (boven NAP -2 m) is in de periode 1990-1996 nagenoeg constant met 45 m/j oostwaarts opgeschoven (Roelvink e.a., 1998);
- Vloed-gedomineerd getijtransport door de keel van het Bokkegat (dat wil zeggen dat na middeling over de getijperiode een residueel transport in de vloedrichting overblijft). Dit is het gevolg van de rondstroming rondom de Hinderplaat en de resulterende vloed-dominantie in het Bokkegat (zie beschrijving stroombeeld in paragraaf 2.2.4);
- Noordwaarts transport over de Garnalenplaat tijdens perioden met hoge spuidebieten.



Figuur 2.7 Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied “achter de Hinderplaat”

Beperkt zandverlies uit het betreffende gebied is het gevolg van de netto zeewaartse stroming door de kortsluitgultjes over de Hinderplaat.

Suppleties op de kust van Voorne hebben eveneens bijgedragen aan de toename van het zandvolume in dit deelgebied. Ook de verslibbing en aanzanding van de hogere delen en mogelijk nog steeds van het Rak van Scheelhoek, zorgen voor aanvullend sediment-import.

In de literatuur wordt melding gemaakt van een sediment-import in dit deelgebied van 1,7 Mm^3 /jaar (bv. Van Vessem, 1995). Deze waarde is gebaseerd op kuberingen vanaf 1970. Andere bronnen (Van Vessem, 1997 en Steijn, 1997b) gaan uit van een huidige aanzanding in de orde van maximaal 1 Mm^3 /jaar. Zeer recente kuberingen over de periode 1989 - 1996 melden een netto aanzanding in een gebied met een oppervlak van 4 km^2 ter grootte van 0,2 m/jaar. Dit wijst op een gemiddelde sediment-import van 0,8 Mm^3 /jaar, hoofdzakelijk bestaande uit zand (Roelvink, e.a., 1998).

Uitgaande van deze 0,8 Mm^3 /jaar kan dit door de bovenstaande bronnen als volgt worden geleverd: 0,4 Mm^3 /jaar over de Hinderplaat (ruim 100 m^3/m^1 /jaar: dat betekent een gemiddelde oostwaartse verplaatsing van het zwaartepunt van een dwarsdoorsnede boven NAP - 2m van circa 50 m/jaar); 0,2 Mm^3 /jaar door het Bokkegat; 0,05 Mm^3 /jaar vanuit het Hindergat en de rest (0,15 Mm^3 /jaar) vanaf de noordelijke Garnalenplaat, kunstmatige suppleties en slib-depositaties.

De omvang van het gebied bedraagt circa 8 km², zodat bij de huidige zandimport het gebied in dertig jaar tijd met drie meter zou verondiepen. Omdat de gemiddelde diepte nu ongeveer NAP -3 m bedraagt, betekent dit een nagenoeg opvullen in drie decennia tijd. Verwacht wordt dat dit meer tijd in beslag zal nemen, omdat een simpele extrapolatie in de tijd hier niet opgaat. Wel is het zo dat door het afnemende kombergingsoppervlak het maatgevend getij-volume door het Bokkegat na verloop van tijd afneemt. Dit zal leiden tot het verzanden van het huidige Bokkegat, waardoor weer minder zand naar dit deelgebied wordt aangevoerd.

2.2.6 Rak van Scheelhoek en kust van Voorne (RSP 10 - 15.8 km)

Dit deelgebied ligt in de luwte van de Garnalenplaat en de Hinderplaat. Alleen tijdens zuidwestelijke stormen bereiken de golven (tijdens hoog water) de kust van Voorne. Er treedt dan duinafslag op. Tevens is de voormalige getijgeul Rak van Scheelhoek nog te ruim voor het maatgevend stroomvoerend debiet door deze geul, hetgeen leidt tot profielverflauwing.

De natte doorsnede van het Rak van Scheelhoek ter hoogte van ruwweg RSP 11 km (kust van Voorne) is in de periode 1970 tot 1995 afgenomen van ongeveer 10.000 m² tot minder dan 4.000 m² (Arends, 1997 en Eysink, 1990). Eysink (1990) voorspelt een evenwichtsdoorsnede van 1200 m², maar spreekt ook de verwachting uit dat de geul op termijn geheel zal verdwijnen. De kust van Rockanje zal tegen die tijd geen of vrijwel geen onderhoudsinspanning meer vergen.

2.2.7 Kwade Hoek (RSP 3 - RSP 7 km)

Over de uitbouw van de Kwade Hoek worden in de literatuur verschillende waarden gegeven. Van Vessem (1995) noemt een gemiddelde aangroei tussen RSP 3 en RSP 7 km van 9 hectare per jaar over de periode 1974 - 1994. Van Vessem (1998) noemt een sedimentatie in hetzelfde gebied en over dezelfde periode van 600.000 m³. Dit getal wordt ook al genoemd in een rapport van Rijkswaterstaat uit 1979. Het is dan ook niet zeker of dit getal later is gecontroleerd aan de hand van meer recente gegevens. Uitgaande van een verticale schijfhoogte van 7 meter, zou een sedimentatie van 600.000 m³/j inderdaad overeenkomen met een aangroei van 9 hectare/jaar.

Uit de verplaatsing van de meest zeewaartse laagwaterlijn in de periode 1981-1994 tussen RSP 3 km en RSP 7 km, volgt een totale aanwas van 100 hectare in 13 jaar tijd (7,5 hectare/jaar). Deze waarde kon door ons worden geverifieerd met behulp van de gegeven basisinformatie (Snijders, 1995).

Er lijkt sprake te zijn van een geringe afname in de tijd van de aangroei van de Kwade Hoek. Deze afname is het gevolg van het bijdraaien van de kustlijn, waardoor de brandingstransporten iets afnemen. Het lijkt redelijk om voor de huidige situatie en op een termijn van decennia, uit te gaan van een gemiddelde aangroei van 6 hectare per jaar. Uitgaande van een verticale schijfhoogte van 7 meter, betekent dit een zandaanvoer van ongeveer 400.000 m³/jaar. Dit zand wordt geleverd door de volgende zandtransportmechanismen (figuur 2.8: paragraaf 2.2.8):

- Brandingstransport langs de kust van Goeree. Er is vrijwel alleen een oostwaarts gericht brandingstransport ter grootte van ongeveer 300.000 m³/jaar (Steijn, 1997a). Deze transportcapaciteit neemt vrij abrupt af ter plaatse van de Kwade Hoek, vanwege de locale luwte voor inkomende golven en de abrupte knik in de kustlijn.
- Gedurende perioden met hoge spuidebieten door de Haringvlietsluizen treden er lokaal bochtstromingseffecten op. De kromtestraal van de geul Slijkgat-Oost bedraagt hier iets meer dan 1 km, vergelijkbaar met die in het Hindergat. In de relatief korte periode

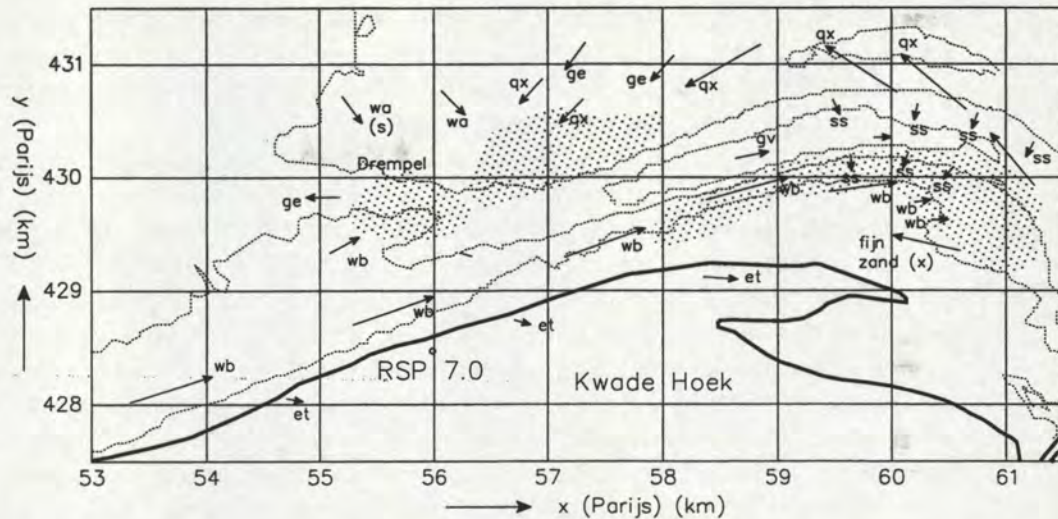
januari -februari 1995, toen een spuidebiet plaatsvond met een frequentie van voorkomen van 1/80 jaar (Van Dreumel, 1997), was sprake van significante aangroei van de Kwade Hoek en afslag van de zuidzijde van de Garnalenplaat (Van Vessem, 1995). Geschat wordt dat dit mechanisme ongeveer 50.000 m³ zand per jaar (dus gemiddeld over de tijd) levert aan de Kwade Hoek.

- Tijdens hoge en extreme spuidebieten wordt zand en slib afgevoerd door de Haringvliet-sluizen. Bodemtransport kan niet plaatsvinden, vanwege de relatief hoge drempel van de sluizen. Uit gemeten zand en slibconcentraties ter plaatse van de sluizen gedurende perioden met een hoge afvoer, wordt geschat dat jaarlijks ruim 100.000 m³ aan fijn zand wordt afgevoerd (Van Dreumel, 1995 en Van Vessem, 1996). Het merendeel van dit fijne zand zal zich over een groot gebied verspreiden, maar het is niet uitgesloten dat een deel, zeg 50.000 m³/jaar, op de Kwade Hoek wordt afgezet.

2.2.8 Slijkgat en kust van Goeree

Aanvullend op hetgeen hierboven reeds is gesteld, spelen in dit gebied de volgende maatgevende zandtransportmechanismen (figuur 2.8):

- Een noordoost-waarts gericht brandingstransport langs de kust van Goeree. Dit transport komt al op de Bollen van de Ooster tot ontwikkeling en wordt gevoed mede met zand afkomstig van de buitendelta van het Brouwershavense Gat. Ook zandsuppleties op de kop van Goeree en ter plaatse van het Flaauwe Werk zijn een voedingsbron voor dit brandingstransport. In 1998 bijvoorbeeld, wordt een suppletie ter grootte van 700.000 m³ uitgevoerd ter plaatse van het Flaauwe Werk (tussen RSP 9,0 km en RSP 11,0 km). Het zand voor deze suppletie wordt (voor een deel?) onttrokken uit de drempel in de vaargeul naar Stellendam.
- Ter hoogte van de drempel in het Slijkgat (gelegen tussen boeien SG9/10 en SG11/12 in de vaarroute), is het getij-gedreven zandtransport waarschijnlijk in zeewaartse richting. Dit sluit ook aan bij de ontwikkelingen van een "langsprofiel" door de as van het Slijkgat (Van Vessem, 1995). Deze locale ebdominantie is het gevolg van de samenvloeiing met de uitgaande stroming (tijdens eb) vanuit de Middengeul en het Bokkegat. Het spuidebiet door de Haringvliet-sluizen versterkt eveneens deze ebdominantie. Opgemerkt wordt dat alleen tijdens de ebfase van het getij wordt gespuid (zelfs tijdens perioden met hoge rivierafvoer). Dit gegeven is van belang voor de oriëntatie van de uitstroming van het Slijkgat. Tijdens de ebfase is de getijstroming op zee immers zuidwaarts gericht, waardoor de geulmond zich min of meer zal richten op het zuidwesten.
- Meer naar het oosten is het Slijkgat vloed-dominant (Steijn, 1997b).
- Van belang zijn de condities met extreme spuidebieten (Van Vessem, 1995, Steijn, 1997b en Roelvink e.a., 1998). De uitbouw van de Kwade Hoek heeft er toe geleid dat de aanstroming van de zuidelijke Garnalenplaat tijdens perioden met extreme rivierafvoer onder een steeds scherpere hoek plaatsvindt. Traagheidseffekten van het uitstromende water zijn te verwachten over een afstand van 200 maal de geuldiepte, dat wil zeggen maximaal enkele kilometers. Over deze afstand zal de geul in het verlengde van de spuistroom blijven liggen. De zuidflank van de zuidelijke Garnalenplaat wordt dan tijdens extreme spuidebieten onder een relatief grote hoek aangestroomd, waardoor afslag optreedt. Het daarmee vrijkomende zand wordt uiteindelijk afgezet aan de zuidwest zijde van de Garnalenplaat, hetgeen een zanddruk geeft op het Slijkgat ter plaatse van de drempel. Ook secundaire stromingen spelen waarschijnlijk een belangrijke rol bij de afslag van de zuidelijke Garnalenplaat, die immers de buitenbocht vormt van de geul Noord-Pampus / Slijkgat-Oost.



Figuur 2.8 Maatgevende zandtransportprocessen in het deelgebied Slijkgat / Goeree

Als gevolg van baggerwerkzaamheden ter hoogte van de drempel in het Slijkgat (deze geul is de toegangsgeul naar de haven van Stellendam), blijft de minimale diepte min of meer gelijk (NAP -4.8 m).

Eysink (1990) geeft aan dat de natte doorsnede onder NAP, iets ten oosten van de drempel in het Slijkgat, in de periode 1970 - 1989 is afgenomen van ruim 10.000 m² tot circa 6.600 m². Volgens de bewerkingen van Arends (1997) neemt dit (ook onder NAP) tot 1996 verder af tot iets minder dan 6.000 m². De afname zou nog groter zijn geweest als er niet zou zijn gebaggerd. Uitgaande van een maatgevend ebvolume van 50 á 80 Mm³ becijfert Eysink (1990) dat het evenwichtsprofiel onder NAP hier 3.600 á 6.400 m² bedraagt. De geul is dus nog iets te ruim, maar wordt daar kunstmatig op gehouden.

2.2.9 Vooroever

De vooroever tussen NAP -5 m en NAP -12 m, is in periode 1970 - 1994 met gemiddeld 1 tot 4 meter verdiept (Van Vessem, 1995: blz. 8). Beneden NAP -12 m zijn de morfologische veranderingen minimaal geweest. De grootste verdieping trad op ten westen van de huidige Hinderplaat. Inmiddels is deze erosie aanzienlijk minder geworden. Zo blijkt uit Roelvink e.a. (1998) dat in de periode 1989 - 1992 vrijwel geen verdieping optrad. In de periode 1994 - 1996 trad een verdieping op van ongeveer 0,2 m ten westen van de Hinderplaat tot circa NAP -10 m.

De volgende zandtransportprocessen (in volgorde van belangrijkheid) kunnen een verklaring zijn voor de geconstateerde erosie op de vooroever na 1970:

- Een netto oostwaarts zandtransport als gevolg van golfasymmetrie. Dit is het sterkst in het profiel boven NAP -5 m, maar doet zich tijdens stormen ook op dieper water voor. Het "opschuivende" dwarsprofiel van de Hinderplaat trekt als zodanig het diepere deel van het profiel mee, zij het met enige tijdsvertraging. Naar verwachting is dit zandtransportmechanisme nu veel minder van belang, omdat het onderwaterprofiel zich heeft ingesteld op het nieuwe evenwicht tussen getijstroming en golfinvloeden. Dit is recent bevestigd met een gevoeligheidsonderzoek van het WL (Roelvink, e.a. 1998).

- Tijdens perioden met extreme rivierafvoeren nemen de kustdwarse stroomsnelheden op de vooroever tijdelijk toe. Hierdoor worden de zandtransportcapaciteiten groter, als gevolg waarvan verdieping op de vooroever kan optreden. Dit was bijvoorbeeld de situatie in 1994 en 1995 toen lozingen optraden met een overschrijdings-frequentie van respectievelijk 1/70 en 1/80 jaar (Van Dreumel, 1997).
- Minder zandtoevoer naar dit deelgebied. Een deel van het zand dat door getijtransport langs de Deltakust van zuid naar noord werd getransporteerd, wordt nu "afgevangen" op de buitendelta van het eveneens in 1970 afgesloten Brouwershavense Gat. Een andere reductie van de zandtoevoer is het gevolg van de afsluiting van het Haringvliet (of feitelijk al als gevolg van de afsluiting van het Volkerak), waardoor minder zand vanuit de rivieren naar dit gebied kon worden getransporteerd. Er zijn geen gegevens gevonden over de zandaanvoer vanuit de rivieren van vóór de afsluiting van het Haringvliet.
- Een grotere transportcapaciteit als gevolg van grootschalige horizontale wervels die weer het gevolg zijn van de uit de kust geduwde getijstroming. Na enige tijd zal de bodem zich zodanig hebben aangepast (verdiept) dat er opnieuw evenwicht is tussen bodemschuifspanning en zandtransport. Het uit de kust duwen van de noordgaande vloedstroom is het mogelijke gevolg van het ontstaan van de Bollen van de Ooster. De Noorderdam en de huidige Maasvlakte hebben een vergelijkbaar effect op de zuidgaande ebstroom. Van Rijn (1995) noemt dit mechanisme als één van de mogelijke oorzaken van de verdieping van de vooroever aan weerszijden van de havendammen van IJmuiden. Opgemerkt moet worden dat deze hypothese niet onomstreden is.

Op grond van bovenstaande overwegingen kan gesteld worden dat de huidige vooroever inmiddels is aangepast aan de nieuwe situatie. Slechts het verder landwaarts verschuiven van de Hinderplaat kan het "meetrekken" van de vooroever tot gevolg hebben. Ook zijn bodemveranderingen te verwachten na perioden met hoge rivierafvoer, waarna herstel langer op zich laat wachten als gevolg van de beperkte zandtoevoer vanuit het zuiden.

3 Toekomst - Autonome ontwikkeling

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de toekomstige morfologie van het studiegebied geschetst. Een doorkijk wordt gegeven naar de kalenderjaren 2020, 2050 en 2100.

Allereerst wordt geprobeerd om met behulp van empirische evenwichtsrelaties aan te geven of de huidige geuldoorsneden reeds in evenwicht zijn met het maatgevend debiet door deze doorsneden of niet (paragraaf 3.2). Vervolgens wordt in paragraaf 3.3 ingegaan op de vraag of er autonome klimaatsveranderingen zijn te verwachten op een termijn van honderd jaar en zo ja, welk effect deze kunnen hebben.

In paragraaf 3.4 wordt ingegaan op de vraag hoe de balans tussen de zandtransportprocessen per deelgebied (hoofdstuk 2) zullen veranderen. Door hierbij tevens rekening te houden met de onderlinge beïnvloeding van de verschillende deelgebieden kunnen toekomstvisies worden ontwikkeld. Dit wordt gedaan in paragraaf 3.5, 3.6 en 3.7, voor een tijdshorizon van respectievelijk 20, 50 en 100 jaar. Onzekerheden zijn inherent aan het voorspellen van toekomstige morfologie. Zeker naarmate de voorspellingen gedetailleerder worden of een grotere tijdsperiode beslaan. Daarom worden in paragraaf 3.8 de belangrijkste onzekerheden gememoreerd en wordt er een alternatieve toekomstvisie voor het jaar 2100 gegeven.

Omdat het hier de autonome ontwikkeling betreft, wordt ervan uitgegaan dat er geen groot-schalige menselijke ingrepen zullen plaatsvinden. Er wordt verder aangenomen dat de huidige beheerstrategie, waaronder het onderhoud aan het Slijkgat en de zandsuppleties op de Slufterkust, de kust van Voorne en de kust van Goeree, in de toekomst onverminderd door zullen gaan.

3.2 Natte doorsnede van de geulen

Evenwichtsrelaties beschrijven het verband tussen geometrische en hydraulische parameters. Een voorbeeld van een geometrische parameter is de "natte" oppervlakte van een geul-dwarsdoorsnede; een voorbeeld van een hydraulische parameter is het getijvolume dat door die geul-dwarsdoorsnede stroomt. Evenwichtsrelaties zijn een belangrijk hulpmiddel bij de voorspelling van de ontwikkelingen van geulgrootte. Essentieel daarbij is informatie over de waterbeweging, het sedimentatiegedrag en het migratiegedrag van de geulen.

Een belangrijk nadeel van de toepassing van evenwichtsrelaties is dat het geen uitspraak kan doen over de ontwikkeling van nieuwe geulen. De huidige morfologie is het uitgangspunt, waarbij wijzigingen in hydraulische omstandigheden, zoals bijvoorbeeld een gewijzigd lozingsregime (hoofdstuk 4), alleen tot een herverdeling van debieten door de bestaande geulpatronen kan leiden.

Van Vessem (1998), maar ook Arends (1997) en Eysink (1990) doen voorspellingen over de ontwikkelingen van de geuldoorsneden in de huidige situatie. Dit komt in het kort op het volgende neer:

- De natte doorsnede van een veertiental gesommeerde geulprofielen is in de periode 1970 - 1995 afgenomen van circa 150.000 m² naar 100.000 m² (figuur 4.7 uit Van Vessem, 1998). Op grond van berekende stroomsnelheden en getijvolumina, voorspelt Van Vessem, met behulp van evenwichtsrelaties, een verdere afname naar 40.000 m² á 55.000 m². Hierbij moet worden aangetekend dat de vaargeul in het Slijkgat kunstmatig met baggeren op diepte wordt gehouden (gemiddeld ongeveer 300.000 m³/jaar voornamelijk ter hoogte van de drempel: zie figuur 2.8).
- De totale oppervlakte aan intergetijdegebied hangt af van de verticale getijslag en de hypsometrie (natte oppervlak als functie van de waterstand) van het studiegebied. Omdat voor de huidige situatie wordt voorspeld dat de geuldoorsneden nog niet "in evenwicht" zijn met de situatie die na 1970 is ontstaan, zal het intergetijdegebied (het gebied tussen GLW en GHW) verder kunnen toenemen. Volgens Van Vessem (1998) betreft dit een toename van 11 km² in 1995 tot 14 km² in de nieuwe evenwichtssituatie. Dit zal op een termijn van vijftig jaar zijn bereikt.

3.3 Autonome klimaatsveranderingen

Op een tijdstermijn van honderd jaar zijn autonome veranderingen te verwachten ten aanzien van enkele hydraulische parameters. Zo voorspelt het IPCC (International Panel for Climate Change) voor Nederland een meest waarschijnlijke relatieve stijging van de zeespiegel van 0,6 m/eeuw (in tegenstelling tot de 0,2 m in de afgelopen eeuw). De versnelling van de relatieve zeespiegelstijging is het gevolg van het broeikas-effect.

Een mogelijk andere autonome verandering betreft een toename van de getijslag. Uit lange-termijn opnamen van de waterstanden op verschillende lokaties langs de Nederlandse kust kan worden opgemaakt dat de getijslag de laatste honderd jaar is toegenomen. De Ronde en Vogel (1988) voorspellen een toename van de getijslag van 10 cm in de komende eeuw. Er is nog geen passende verklaring voor dit mogelijke verschijnsel, noch is iedereen er van overtuigd of het zich feitelijk wel voordoet.

Het mogelijke belang van een versnelde relatieve zeespiegelstijging en een hypothetische toename van de getijslag op de morfologische ontwikkelingen, kan inzichtelijk worden gemaakt met behulp van empirische evenwichtsrelaties.

Empirische evenwichtsrelaties

In zijn algemeenheid kan gesteld worden dat de natte dwarsdoorsnede van een watervoerende geul, A_c , lineair evenredig is met het volume water, P , dat per getij door die dwarsdoorsnede stroomt (ook wel getijprisma):

$$A_c = C_1 * P \quad (3.1)$$

waarin C_1 een constante is die ligt in de orde van $0,8 * 10^4$ (bv. Arends, 1997 blz. 58, of Eysink, 1990 blz. 14). De waarde van P kan worden geschat door vermenigvuldiging van de getijslag met het kombergingsoppervlak achter de betreffende doorsnede van de geul. Hierbij dient wel gecorrigeerd te worden voor het droogvallende plaatareaal. Voor geulen met een belangrijk overschot in één richting, zoals bijvoorbeeld het Hindergat of het Bokkegat, dient

de grootste van het eb- of vloedvolume te worden genomen. De waarde van A_c wordt bepaald ten opzichte van gemiddeld zeeniveau (ongeveer NAP).

We nemen hier als voorbeeld raai S2 uit Eysink (1990) die dwars over het Slijkgat loopt ter hoogte van ongeveer de drempel. Eysink (zijn tabel 4) raamt het maatgevende eb-volume door deze raai op maximaal 80 Mm^3 . De locale getijslag wordt in Steijn (1997b) berekend op circa 2,3 m. Als gevolg van de relatieve zeespiegelstijging en de hypothetische toename in de getijslag, neemt het getijprisma in de komende honderd jaar toe met:

- hooguit 1 Mm^3 , als gevolg van de versnelling in de relatieve zeespiegelstijging. Dit komt omdat het totale kombergingsoppervlak langs de randen van het gebied iets toeneemt (opmerking: er zijn maar weinig thans droogvallende platen in het gebied);
- $3,5 \text{ Mm}^3$, als gevolg van een hypothetische toename in de getijslag van 0,1 m.

Ten opzichte van het maatgevende ebvolume door deze doorsnede van 80 Mm^3 , zijn beide effecten dus erg gering. Voor het schetsen van de toekomstige morfologie van het gebied spelen ze geen rol van betekenis.

In Arends (1997) worden ook andere evenwichtsrelaties gegeven, waarin rekening wordt gehouden met bijvoorbeeld de breedte van een geuldoorsnede. Deze relaties leiden niet tot wezenlijk andere conclusies.

Een andere klimaatsverandering die mogelijk een effect kan hebben op de morfologische ontwikkeling betreft een verandering in het windklimaat en het daarvan afhankelijke golfklimaat. Een toename van het aantal en de zwaarte van stormen (superstormen) is niet uitgesloten, maar dit is nog niet hard te maken of te kwantificeren. De beschikbare klimaatmodellen zijn nog ontoereikend om hier meer duidelijkheid in te verschaffen. Daarom is in deze studie geen rekening gehouden met mogelijke veranderingen in het golfklimaat.

3.4 Beschrijving per deelgebied: 2020, 2050 en 2100

Slufterkust (westzijde) en strandhaak

Aan de westzijde van de slufsterkust zal naar verwachting weinig veranderen. In zeewaartse richting is al vrijwel sprake van profielevenwicht.

Het huidige netto zandverlies naar het zuiden (figuur 2.1) zal blijven. Als gevolg van het iets verder oostwaarts verschuiven van het "zwaartepunt" van de Hinderplaat is een (kleine) toename van dit zandverlies te verwachten. Immers, het langstransport neemt toe bij een bijdraaiende oriëntatie van de dieptelijnen.

Als gevolg van de versnelde relatieve zeespiegelstijging zal iets meer duinafslag kunnen optreden. Dit (extra) zandverlies wordt voor een deel in langsrichting afgevoerd en zal moeten worden gecompenseerd met zandsuppleties om ondermijning van de Slufterdam te voorkomen. Per saldo betekent dit een kunstmatige zandbron van nu $200.000 \text{ m}^3/\text{j}$, toenemend naar mogelijk $300.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$ over 100 jaar. Gemiddeld betekent dit een zandvoeding van maar liefst 25 Mm^3 in de komende eeuw. Hiermee kan een gebied met een oppervlakte van 10 km^2 maar liefst 2,5 m verondiepen. Overigens zal in diezelfde periode het gebied 0,6 m dieper zijn geworden door de relatieve zeespiegelstijging, waardoor er per saldo iets minder dan 2 m verondieping overblijft. De kunstmatige zandbron vanaf de slufsterkust speelt echter wel een belangrijke rol bij de opvulling van het gebied vòòr de westkust van Voorne.

Het noordelijk deel van de strandhaak blijft het "opvang-" en "doorgeef-gebied" van het zandverlies vanaf de Slufterkust. De afmetingen van deze zandplaat op een zeker tijdstip hangen af van het moment in de cyclus van de migrerende geul over de Hinderplaat (nu: het Hindergat). Er speelt hier een sterke interactie met het deelgebied Hindergat en Hinderplaat.

Brielsche Gat en kust van Voorne tussen ruwweg RSP 6.2 km en RSP 10.0 km

De huidige trend van schorvorming zal doorgaan. Het is echter een zeer traag proces, dat zonder veranderingen in de waterstand en met voldoende aanvoer van fijn sediment waarschijnlijk nog wel een eeuw zal doorgaan. Het geultje dat nu langs de kust van Voorne loopt (figuur 2.2) en het gebied voor de Brielsche Gatdam vult en ledigt, zal slechts langzaam in natte doorsnede afnemen. Deze geul verliest pas zijn functie zodra het kombergingsoppervlak tot nihil is afgenomen. Dit is pas het geval als het gesedimenteerde gebied tot boven de hoog waterlijn is uitgegroeid. Of dat überhaupt zal gebeuren hangt mede af van de relatieve zeespiegelstijging. Wel is uit opslibbingscijfers van kwelders en schorren in de Waddenzee gebleken dat deze de huidige relatieve zeespiegelstijging (0,2 m/eeuw) kunnen bijhouden.

De kust van Voorne tussen RSP 6,2 km (Brielsche Gatdam) en RSP 10 km (Groene Punt), behoudt zijn huidige stabiele karakter (er is zelfs sprake van aangroei). Het blijft immers beschermd liggen achter de Hinderplaat. In het geval dat de hoogte van de Hinderplaat zou afnemen is het wel mogelijk dat er meer golfenergie tijdens stormen de kust bereikt. Dan kan mogelijk sprake zijn van iets meer kustafslag bij de Groene Punt ten opzichte van de huidige situatie. Omdat we verwachten dat het gebied ten oosten van de Hinderplaat zal verondiepen (zie verder), zal dit echter geen groot effect hebben op de stabiliteit van dit kustvak.

Hinderplaat en Hindergat

De kortsluitgeul over het noordelijk deel van de Hinderplaat kan op een termijn van enkele jaren de functie van het Hindergat overnemen. Het Hindergat zelf zal mogelijk tegen die tijd grotendeels zijn verzand. De opvolger van het Hindergat, het "Nieuwe Hindergat", zal eveneens eb-gedomineerd zijn. Dit komt omdat tijdens de vloedfase het getij binnenstroomt over de volle breedte van de laagliggende Hinderplaat en tijdens de eb fase meer geconcentreerd afstroomt in de dieper gelegen geul.

De bovenstaande ontwikkeling is overigens niet met zekerheid aan te geven. Het is niet uit te sluiten dat het Hindergat eerst nog voor stabiliteitsproblemen kan zorgen langs de zandige zuidflank van de Slufter. Vermoedelijk zal de beheerder van deze kust tegen die tijd met maatregelen gaan ingrijpen.

Het "Nieuwe Hindergat" zal mogelijk ook noordwaarts migreren. Hiervoor zijn twee processen verantwoordelijk. Ten eerste het netto noordwaarts, voor een deel windgedreven, zandtransport over de Hinderplaat. Ten tweede bochtstromingseffecten in het Hindergat, die de geul laat "uit-meanderen". Deze beide processen zijn ook nu de belangrijkste oorzaken voor de huidige migratie van het Hindergat met ongeveer 20 m/j. Tevens zal de uitstroming van deze nieuwe geul zich willen richten op de zuidwaartse ebstroom op zee (de "getijmotorische kracht" van Van Veen); dat wil zeggen een zuidwestelijke uitstromingsrichting.

Als er inderdaad sprake is van een migratie van het "Nieuwe Hindergat", dan is het interessant om de cyclusperiode hiervan te weten. Ook de geulen op de buitendelta's van de Waddenzee migreren met een cyclusperiode van 30 - 70 jaar. Als we uitgaan van een migratiesnelheid van 20 m/j, zoals het Hindergat heeft laten zien in de periode 1989 - 1996, dan zou het Nieuwe Hindergat na ongeveer 50 jaar weer op de huidige positie van het Hindergat zijn aangekomen.

Het noordelijk deel van de Hinderplaat is momenteel vrij laag (1996: onder NAP -1 m). Het oppervlak boven NAP -2 m bedroeg in 1996 ongeveer 300 m². Dit oppervlak zal mogelijk nog iets verder afnemen, maar vermoedelijk niet veel meer. Een verdere verlaging is (tijdelijk) wel te verwachten als er zich in een korte periode meerdere extreme spuidebieten door de Haringvlietsluizen voordoen, omdat immers een deel van dit debiet over de Hinderplaat zeewaarts afstroomt.

De oostwaartse migratie van het noordelijk deel van de Hinderplaat (circa 20 - 40 m/jaar in de periode 1989 - 1996) zal vermoedelijk doorgaan, maar in langsrichting van de plaat meer gaan verschillen. Ook is het waarschijnlijk dat de oostwaartse migratiesnelheid zal afnemen, naarmate de plaat verder in de luwte van de Slufter komt te liggen. Het meest noordelijke deel van de Hinderplaat "hangt" als het ware aan de zuidwest punt van de Slufter. De verwachting is dan ook dat na verloop van tijd een duidelijker "drumstick"-vorm in de zeevaartse belijning van de Hinderplaat zal ontstaan, dat wil zeggen met een "bult" op het noordelijk uiteinde.

De oriëntatie van de westelijke kustlijn van de Hinderplaat zal zich zodanig aanpassen dat de zandtransportcapaciteit als gevolg van brandingstransport overeenkomt met de aanvoer van zand vanuit het noorden en het verlies van zand over de plaat heen.

De toekomstige hoogte van de Hinderplaat hangt af van de hoogste golven in dit gebied. Omdat de hoogste golven uit het noordwesten komen, zal met een verdere oostwaartse migratie deze golfhoogte iets afnemen (luwte-werking van de Slufter en meer golfdissipatie op de vooroever). Daardoor zal ook de maximale hoogte van de plaat iets verder kunnen afnemen met hooguit 0,5 m (in het noordelijk deel).

Ook het zuidelijk deel van de Hinderplaat zal waarschijnlijk oostwaarts blijven migreren met een snelheid van circa 20 - 40 m/j. Tijdelijk kan deze migratiesnelheid worden geremd, vanwege de "schijnbare" stabiliteit van het huidige Bokkegat. Schijnbaar, omdat met het afnemen van het kombergingsoppervlak van het Bokkegat (reductie P in formule 2.1) en het toenemen van de zanddruk (toename M_{tot} in formule 2.1), de stabiliteit van deze geulmond zal afnemen. Bij een halvering van het kombergingsoppervlak en een verdubbeling van de zanddruk zal de stabiliteitswaarde tot een kritische waarde zijn afgenomen. De geul gaat dan op termijn waarschijnlijk dicht.

Het is overigens niet uit te sluiten dat na verloop van tijd een nieuwe plaat ontstaat ter plaatse van de vroegere plaat "Hinder". Die lag circa 1 km ten westen van het huidige zuidelijke deel van de Hinderplaat. Opnieuw zou dan ten oosten van deze "nieuwe Hinder" een geul tot ontwikkeling kunnen komen die de huidige rol van het Bokkegat bij de rondstroming rondom de Hinderplaat, kan overnemen. Of een dergelijke ontwikkeling daadwerkelijk gaat plaatsvinden valt op dit moment niet goed te voorspellen.

Bokkegat, Garnalenplaat en Middengeul

Zoals gezegd hangt de ontwikkeling van het Bokkegat af van de ontwikkelingen op de Hinderplaat (in verband met de zanddruk: zie figuur 2.6). Ook de ontwikkeling van de noordelijke Garnalenplaat speelt hierbij mee. Uitgaande van min of meer normale omstandigheden is het waarschijnlijk dat het Bokkegat over pakweg 25 jaar nagenoeg zijn stroomvoerende functie hebben verloren. In het geval dat er meerdere extreme debietlozingen door de Haringvlietsluizen plaatsvinden, zal het verzanden van het Bokkegat sneller kunnen plaatsvinden, mogelijk al na 15 jaar.

De ontwikkeling van de zuidelijke Garnalenplaat hangt af van de ontwikkelingen in het Slijkgat en het optreden van extreme debietlozingen door de Haringvlietsluizen. Hier speelt dus een belangrijke mate van onzekerheid mee.

In het geval van een zich verder uitbouwende Kwade Hoek zal de aanstroming van de zuidelijke Garnalenplaat vanuit de geul Noord-Pampus steeds meer onder een bijna haakse hoek plaatsvinden. Er is dan een kans dat de zuidelijke Garnalenplaat doorbreekt. In dat geval ontstaat er een verbinding met het westelijke deel van de Middengeul. Of en wanneer een dergelijke gebeurtenis precies zal plaatsvinden is niet met zekerheid te voorspellen. Het is ook goed mogelijk dat de zuidelijke Garnalenplaat "gewoon" vanuit het zuiden wordt opgeruimd door het noordwaarts migrerende Slijkgat-Oost.

Als de nu langgerekte zuidelijke Garnalenplaat wel doorbreekt kunnen er twee dingen gebeuren. De eerste mogelijkheid is dat het gat in de langwerpige plaat zich weer sluit nadat het spuidebiet weer tot normale proporties is afgenomen. Dit hangt af van de grootte van het gat en de uitschuring van het westelijk deel van de Middengeul. En dat hangt weer af van de grootte en de duur van de extreme spui-situatie. Als het gat groot is en de geul zich tot een volwaardige geul heeft ontwikkeld, is het waarschijnlijk dat deze nieuwe ebgeul in stand blijft en de rol van het huidige Slijkgat overneemt. De tweede mogelijkheid is dat het gat weer wordt gedicht (autonoom of kunstmatig) en de huidige situatie min of meer wordt hersteld.

Gebied ten oosten van de Hinderplaat

De zandimport naar dit gebied (figuur 2.7) zal voorlopig op dezelfde schaal doorgaan. Gaan we uit van een huidige zandimport van $0,8 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$, dan betekent dit dat het gebied met een oppervlakte van circa 8 km^2 in tien jaar tijd met gemiddeld een meter verondiept. Het oppervlakte van het gebied neemt echter in de loop van de tijd af als gevolg van de oostwaarts migrerende Hinderplaat. Zoals blijkt uit figuur 2.7 is een belangrijke bron voor de aanzanding juist gekoppeld aan deze oostwaartse migratie. Omdat we verwachten dat de oostwaartse migratiesnelheid in de tijd zal afnemen, het Bokkegat na verzanding geen zand meer kan leveren en er bovendien wordt aangenomen dat er sprake is van een versnelde zeespiegelstijging, verwachten we dat de huidige aanzanding in dit gebied na pakweg 20 jaar duidelijk minder snel zal gaan dan de huidige $0,2 \text{ m/j}$. Overigens verloopt elke morfologische aanpassing logaritmisch naar een nieuw evenwicht.

De ontwikkelingen rondom het Slijkgat en de zuidelijke Garnalenplaat (al dan niet een doorbraak of een meer noordelijke ligging van de spui-geul) vormt hoogstwaarschijnlijk geen bedreiging voor de dan geroteerde Hinderplaat en het daar achter gelegen ondiepe gebied.

Rak van Scheelhoek en kust van Voorne

Het Rak van Scheelhoek zal op een termijn van 20 jaar geheel zijn opgeslibd. Er is dan geen sprake meer van een duidelijk aanwezige geul. Tevens zal tegen die tijd de afslag van de kust van Voorne tussen RSP 10 km (Groene Punt) en RSP 15,8 km (Haringvlietdam) tijdens stormen minder zijn. Er is geen aanleiding om te veronderstellen dat het Rak van Scheelhoek, bijvoorbeeld ten gevolge van specifieke morfologische ontwikkelingen in het gebied, alsnog stroom zal gaan trekken.

Kwade Hoek (kust van Goeree tussen ruwweg RSP 3.0 km en RSP 7.0 km)

De huidige uitbouw van de Kwade Hoek bedraagt ongeveer 6 hectare over 4 km, dat wil zeggen 15 meter per jaar. Als we dit constant nemen over de komende 100 jaar, dan zou dit een uitbouw van 1500 meter geven. De bijdraaiing van de kustlijn-oriëntatie is dan ten opzichte van de huidige oriëntatie maar liefst 25 graden.

De huidige uitbouwsnelheid van de Kwade Hoek (6 hectare per jaar tussen RSP 3 km en RSP 7 km) zal na verloop van tijd dan ook afnemen en zich verleggen in westwaartse richting. Dit laatste komt door het bijdraaien van de kustlijn, waardoor het doorgaande brandingstransport reeds "eerder" (meer westwaarts) in grootte afneemt.

Slijkgat en NW kust van Goeree (RSP 3.0 km - RSP 15.0 km)

Over de toekomstige ontwikkeling van het Slijkgat is hierboven reeds het een en ander gesteld. Zodra er inderdaad, na enige tijd en na een aantal extreme debietlozingen door de Haringvlietsluizen, een connectie is ontstaan tussen Slijkgat-oost en de Middengeul, zal het Slijkgat sedimenteren. Het hangt er vervolgens vanaf of het gat in de zuidelijke Garnalenplaat wordt gedicht of niet. Als dat niet het geval is zal het restant van het Slijkgat minder stroomvoerend debiet krijgen en op termijn kunnen verzanden.

Tussen de monding van de nieuwe ebgeul en de restanten van het Slijkgat zal zich een ondiepe zone ontwikkelen, mogelijk op de plaats waar nu reeds een uitbouw in zuidwestelijke richting van de Garnalenplaat optreedt. Dit gebied kan door golfasymmetrie-geïnduceerde zandtransporten in hoogte toenemen, mogelijk tot boven NAP -2 m.

Totdat zich een hierboven geschetste situatie voordoet, zal het huidige Slijkgat verder in natte doorsnede willen afnemen. Vooral ter hoogte van de drempel in het Slijkgat zal de vaargeul aanzanden tot circa NAP -4 m en daarbij tevens versmallen. Het huidige beleid is er op gericht om de vaargeul in stand te houden met regelmatig uit te voeren onderhoudsbaggerwerk. Het ligt in de lijn der verwachting dat deze onderhouds-behoefte geleidelijk zal toenemen.

Vooroever

Op de vooroever zullen in de komende decennia betrekkelijk weinig veranderingen optreden. Het profiel heeft zich al nagenoeg ingesteld op de nieuwe situatie die ontstond na de afsluiting van het Haringvliet. Een geringe verdere verdieping is mogelijk ten westen van de Hinderplaat, omdat het profiel de oostwaartse migratie van de Hinderplaat (met enige tijdsvertraging) zal volgen.

3.5 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2020

Figuur 3.1 toont de verwachte toekomstige morfologie van het studiegebied over 20 jaar. De geschetste situatie bestaat uit een compilatie van de hierboven per deelgebied beschreven meest-waarschijnlijk geachte ontwikkelingen. Een aantal specifieke ontwikkelingen zijn hieronder uitgelicht:

- De Slufter is het "ophangpunt" voor het noordelijk deel van de Hinderplaat. In de vorige paragraaf werd een mogelijke cyclustijd voor het ontstaan en verzanden van het "Nieuwe Hindergat" van 50 jaar beargumenteerd. Als dat klopt, dan zal er in het jaar 2020 een strandvlakte langs de zuidkust van de Slufter aanwezig zijn. Op deze vlakte zullen restanten van het huidige Hindergat zichtbaar zijn. Langs de zuidflank van de Slufter zal zand door een resulterend oostwaarts brandingstransport richting het Brielsche Gat worden getransporteerd en bovendien verder dan nu het geval is. Er zullen een aantal strandhaken zijn gevormd, elk met een vergelijkbare omvang als de huidige strandhaak bij de slufsterkust.
- De oostwaartse migratie van de Hinderplaat bedraagt in de komende 20 jaar gemiddeld 300 - 500 m. Het meest noordelijke deel migreert het minst, omdat het onderdeel uitmaakt van de buitendelta van het "Nieuwe Hindergat". Zo ontstaat de eerder genoemde

“drumstick-vorm” van de Hinderplaat. Omdat de plaat iets meer in de luwte van de Slufter komt te liggen wordt hij tevens iets minder hoog dan nu het geval is: mogelijk 0,5 m lager. De oriëntatie van de Hinderplaat draait enkele graden bij, als gevolg van een aangepast lokaal golfklimaat.

- In eerste instantie wordt verwacht dat van het Bokkegat over 20 jaar slechts restanten over zijn. In paragraaf 3.8 komen we hier kort op terug. Het gebied achter de Hinderplaat zal over 20 jaar hoofdzakelijk worden gevuld en geleidigd door het “Nieuwe Hindergat”. Deze geul ligt centraler ten opzichte van het achterliggende kombergingsgebied, dan het huidige Hindergat. Daardoor zal het overblijvende kombergingsgebied van het Bokkegat kleiner worden en als gevolg daarvan zal de evenwichtsdoorsnede van het Bokkegat verder afnemen. Omdat er tevens een grote zanddruk vanaf de migrerende Hinderplaat is, zal het Bokkegat verzanden. Het is niet zeker of na 20 jaar nog restanten van de geul zichtbaar zullen zijn, zoals geschetst in Figuur 3.1.
- Achter de gemigreerde Hinderplaat ontstaat een slufteer-achtig gebied. Het verschil met de slufteer op Texel is dat in dit gebied de diepten veel groter zijn dan op Texel, waarbij het gebied tevens elk getij onder loopt (op Texel gebeurt dit nog slechts enkele malen per jaar tijdens stormvloed). Het gebied voor de Brielsche Gatdam maakt onderdeel uit van het totale kombergingsgebied achter de Hinderplaat. Er tekenen zich de contouren af van een min of meer gesloten slufteer-vallei. Dit systeem zal een stabiel gedrag gaan vertonen, zodra de migratie van de Hinderplaat afneemt en uiteindelijk stopt (zie situatie anno 2100).
- Van het Rak van Scheelhoek is over 20 jaar niet veel meer over.
- De ontwikkelingen rondom het Slijkgat en de zuidelijke Garnalenplaat hangen in hoge mate af van het voorkomen van extreme spuidebieten door de Haringvlietsluizen. In de situatie zoals geschetst in Figuur 3.1, is er van uitgegaan dat er inderdaad een aantal extreme lozingen hebben plaatsgevonden. Als dat niet het geval blijkt te zijn, zal de situatie meer lijken op de huidige situatie. Vooralsnog echter wordt ervan uitgegaan dat er óf een doorbraak van de zuidelijke Garnalenplaat heeft plaatsgevonden (als gevolg van een extreem lozingsdebiet), óf een meer geleidelijke doorbraak is geforceerd. De verwachting is dat er zich dan een nieuwe ebgeul ontwikkelt, die in een vrijwel rechte lijn de Haringvlietsluizen met de Noordzee verbindt. Opgemerkt wordt dat menselijk anticiperen hier ook een belangrijk effect kan hebben. Immers, als met behulp van onderhoudsbaggerwerk juist het huidige Slijkgat op peil wordt gehouden, dan kan de ontwikkeling van deze nieuwe geul worden bemoeilijkt. Het is waarschijnlijk dat de uitstroming van de geul een westelijke oriëntatie zal krijgen. Dat is immers de richting van waaruit het getij het studiegebied oploopt. Na verloop van tijd zal de geul zijn “rechte vorm” verliezen door de her-oriëntatie van de mond en de neiging tot noordwaartse migratie ten gevolge van zanddruk uit het zuiden.
- Op grond van de berekende evenwichtsdiepten in de huidige situatie voor het Slijkgat en het relatief geringe effect van de autonome veranderingen (paragraaf 3.3), wordt in 2020 een natte doorsnede verwacht van circa 6,000 - 8,000 m². Als gevolg van de divergentie in de ebstroom zal ook ter plaatse van de zeewaartse uitstroming van deze nieuwe geul een drempel ontstaan met een evenwichtsdiepte vergelijkbaar met nu: NAP -4 m.
- Tussen de nieuwe rechte ebgeul en het restant van het Slijkgat ligt een relatief ondiep gebied (de eerder genoemde “Gronden van het Slijkgat”). Dit ligt min of meer ter hoogte van de huidige zuidwestelijke uitbouw van de Garnalenplaat.
- Het oppervlak van de Kwade Hoek (ruwweg tussen RSP 3 km en RSP 9 km) zal over 20 jaar zijn toegenomen met in totaal ongeveer 100 hectare. De positie van de kustlijn is over 20 jaar maximaal 200 meter noordwaarts verlegd. De aangroezone heeft zich bovendien verlegd in westwaartse richting (tot mogelijk RSP 9 km). Tevens kan de toekomstige kustlijn van Goeree iets meer gekromd worden dan nu. Dit is het gevolg van

wijzigingen in het lokale golfklimaat door veranderingen in de golfrefractie op en over ondiepten vòòr de kust.

De bovenstaande ontwikkelingen zullen in de periode na 2020 in meer of mindere mate doorgaan. De snelheid van de morfologische aanpassingen zal echter afnemen, zoals bijvoorbeeld de oostwaartse migratie van de Hinderplaat en de noordwaartse uitbouw van de Kwade Hoek ten oosten van RSP 5 km.

3.6 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2050

Figuur 3.2 toont de verwachte toekomstige morfologie van het studiegebied over 50 jaar. De geschetste situatie is het gevolg van een voortzetting, al dan niet gedempt in de tijd, van de hierboven beschreven ontwikkelingen. Een aantal specifieke ontwikkelingen zijn hieronder uitgelicht:

- De strandvlakte voor de zuidkust van de Slufter (2020) zal zijn afgenomen als gevolg van de veronderstelde noordwaartse migratie van het "Nieuwe Hindergat". Omdat de nieuwe geul in 2050 de enige geul is die het erachter liggende kombergingsgebied vult en ledigt, is het waarschijnlijk dat de geul niet zover noordwaarts migreert als het huidige Hindergat. Van bedreiging van de slufterdam zal dan ook geen sprake zijn (onder de aanname dat op de zuidwestpunt regelmatige zandsuppleties zijn uitgevoerd).
- Het "Nieuwe Hindergat" zal niet verzanden, omdat er voldoende kombergings-oppervlak overblijft. De stabiliteitsparameter r (formule 2.1) heeft een waarde van ongeveer 100, hetgeen ruim boven de kritische waarde van 20 ligt.
- Er is nu een min of meer gesloten zandrug ontstaan die het nieuwe slufteergebied afschermt van de rest van het studiegebied. Deze zandrug is ten opzichte van de situatie in 2020 hooguit 200 m verder oostwaarts opgeschoven. De hoogte van deze doorlopende zandrug ligt in het zuidelijk deel rond NAP.
- Het nieuwe slufteergebied zal slechts zeer langzaam verondiepen. Het is zelfs niet uit te sluiten dat als gevolg van de versnelde relatieve zeespiegelstijging in het geheel geen sprake is van verdere verondieping.
- In het zuidelijk deel van het studiegebied zal de aangroei van de kust van Goeree zich verder naar het westen hebben verplaatst. Mede hierdoor zijn de restanten van het huidige Slijkgat, die nog zichtbaar zijn in 2020, verdwenen. Zo ontstaat er een situatie met één hoofdgeul centraal gelegen in het studiegebied, aan weerszijden begrensd met ondiepe zones. De doorsnede van deze geul hangt in hoge mate af van het optreden van hoge spuidebieten en het uitvoeren van onderhoudsbaggerwerk om de vaargeul naar de haven van Stellendam op diepte te houden. Ook deze geul zal een drempel krijgen ter plaatse van zijn zeewaartse uitstroming (rond NAP -4 m).

3.7 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2100

Figuur 3.3 toont de verwachte toekomstige morfologie van het studiegebied over 100 jaar. De geschetste situatie is het gevolg van een voortzetting, al dan niet gedempt in de tijd, van de hierboven beschreven ontwikkelingen.

In het jaar 2100 zullen de verschillen tussen het noordelijke en het zuidelijke deel van het studiegebied nog duidelijker zichtbaar zijn.

In het noordelijke deel treffen we het nieuwe slufteergebied aan dat door middel van een lage zandrug van de vooroever is afgeschermd. Als gevolg van een netto oostwaartse zandver-

plaatsing is de kust van Voorne tussen de Groene Punt en de Haringvlietdam eveneens onderdeel gaan uitmaken van dit systeem. Omdat het oostwaartse brandingstransport door afnemende golfvloed sterk naar het oosten toe afneemt, kan de nieuwe zandrug een "bult" te zien geven (figuur 3.3). Dit is redelijk vergelijkbaar met de ontwikkeling van de Kwade Hoek in de huidige situatie. Het kan zijn dat deze uitstulping in de belijning van de zandrug na 2100 een zanddruk geeft op de nieuwe centraal in het gebied gelegen ebgeul. Deze geul kan hierdoor ter plaatse in zuidwaartse richting gaan migreren. Ook dat is vergelijkbaar met de huidige situatie waarbij het Slijkgat-Oost noordwaarts wordt gedrukt door de uitbouwende Kwade Hoek.

Het huidige Slijkgat zal in de bodem van 2100 niet meer zijn terug te vinden. De kust van Goeree zal bovendien over een afstand van mogelijk meer dan 100 m zeewaarts zijn opgeschoven. Van belang hierbij zijn de ontwikkelingen op de buitendelta van het Brouwershavense Gat. Immers, op het moment dat de Bollen van de Ooster verder naar het zuidoosten zijn opgeschoven, kan de zandaanvoer vanuit het westen gaan afnemen. Er wordt van uitgegaan dat in dat geval de versterkte erosie op de kop van Goeree zal worden tegengegaan met zandsuppleties. Daarom is het redelijk om te veronderstellen dat de zandtoevoer naar het studiegebied, als gevolg van brandingstransport langs de kust van Goeree, op peil zal blijven.

3.8 Grootste onzekerheden in de voorspelling

In de voorgaande paragrafen is herhaaldelijk betoogd dat niet elke morfologische ontwikkeling met dezelfde zekerheid is te voorspellen.

Ten aanzien van de volgende punten blijft het op dit moment onzeker:

- De korte-termijn toekomst van het Hindergat. Het is niet uit te sluiten dat deze kortsluitgeul alsnog in stand blijft vlak onder de zuidkust van de Slufter;
- De precieze ligging van de oostwaarts gemigreerde Hinderplaat en zijn precieze vorm (ononderbroken zandrug dan wel een aantal uiteengevallen delen);
- De vraag of er zich ten westen van de huidige Hinderplaat een nieuwe plaat tot ontwikkeling komt, met ten oosten daarvan mogelijk een nieuw Bokkegat. In dat geval herhaalt de geschiedenis zich min of meer met een centraal gelegen plaat en een daaromheen draaiend geulensysteem;
- Het ontstaan van een nieuwe, meer centraal gelegen, ebgeul door een verbinding tussen de spuigeul Noord-Pampus en het westelijk deel van de Middengeul. En als zich een dergelijke geul al ontwikkelt is het onzeker wat er dan gebeurt met het huidige Slijkgat.

Bij dit alles speelt de onzekerheid ten aanzien van de meteo-condities die zullen optreden in de komende 100 jaar, waaronder het voorkomen van extreme spuidebieten door de Haringvlietluizen.

Dit alles in ogenschouw nemende kunnen we niet anders dan de toekomstvisies zoals gepresenteerd in de figuren 3.1 tot en met 3.3 als mogelijke toekomstvisies te bestempelen. Tot slot wordt in figuur 3.4 een alternatieve toekomstvisie geschetst voor het jaar 2100. Hierin is uitgegaan van een stabiele ligging van de hoofdgeul, min of meer ter plaatse van het huidige Slijkgat. Tevens is een nieuwe plaat ingetekend iets ten westen van de huidige Hinderplaat, met ten oosten daarvan een "Nieuwe Bokkegat". Vòòr de kust van Voorne is een ondiep gebied ontstaan dat hoofdzakelijk is opgebouwd met zand van de huidige Hinderplaat, noordelijke Garnalenplaat en zand afkomstig vanaf de Slufterkust.

4 Toekomst: open Haringvliet, geen MV2

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de toekomstige morfologie van het studiegebied geschetst voor de situatie met een open Haringvliet maar zonder MV2. In Paragraaf 4.2 wordt ingegaan op het effect van een open Haringvliet op de waterbeweging en de natte doorsnede van een aantal geulen. Omdat er naast de eventuele aanpassing van de geuldoorsneden ook nog sprake zal zijn van een aanpassing van de morfologie als geheel, wordt in paragraaf 4.3 per deelgebied ingegaan op de mogelijke toekomstige ontwikkelingen. Een doorkijk naar de kalenderjaren 2020, 2050 en 2100 wordt gegeven in respectievelijk paragraaf 4.4, 4.5 en 4.6. Tenslotte wordt in paragraaf 4.7 kort ingegaan op de meest onzekere factoren bij de voorspelling van de toekomstige morfologie.

Onder een open Haringvliet wordt hier verstaan het lozingsscenario Getemd Getij. De sluizen in de Haringvlietdam staan in dit scenario meestal open, echter met een beperkte doorstroombeniging. De sluizen worden alleen gesloten als de veiligheid in het geding komt of bij lage afvoeren van de Bovenrijn.

Opgemerkt moet worden dat er hier van wordt uitgegaan dat in het jaar 2000 het aangepaste lozingsregime "ineens" in werking treedt. Er wordt dus geen rekening gehouden met een mogelijke inspeelperiode. Zolang dit hooguit beperkt blijft tot enkele jaren zal dit overigens slechts weinig effect hebben op de gepresenteerde toekomstvisies.

4.2 Ontwikkeling van de natte geuldoorsneden

In Van Vessem (1998) wordt verslag gedaan van de mogelijke gevolgen van het lozingsregime Getemd Getij op de waterbeweging in het studiegebied. Voor het inschatten van de evenwichtssituatie maakt hij gebruik van evenwichtsrelaties, waarbij hij ten opzichte van die genoemd in Arends (1997) en Eysink (1990) een aangepaste waarde voor de constante in vergelijking (3.1) gebruikt.

Effect op de waterstanden

Ten gevolge van het lozingsregime Getemd Getij nemen de hoog waters iets af en de laag waters iets toe. Dit komt omdat de "absoluut blokkerende werking" van de Haringvlietdam op de getijgolfvoortplanting met het gedeeltelijk openen van de sluizen afneemt. Bij het Hindergat bijvoorbeeld, nemen volgens getijberekeningen de hoog waterstanden af van NAP +1,5 m naar NAP +1,4 m terwijl de laag waterstanden toenemen van NAP - 0,95 m naar NAP - 0,8 m. De veranderingen in de hoog en laag waterstanden verschillen ruimtelijk in het studiegebied.

Effect op de getijslag

De getijslag is het verticale verschil tussen het hoog water en het laag water. Bij het Hindergat neemt de getijslag als gevolg van het lozingsregime Getemd Getij af van 2,45 m naar 2,2 m.

De afname van de getijslag is het grootst bij de Haringvlietsluizen en het kleinst bij de zeerland van het studiegebied. Zo neemt bijvoorbeeld de getijslag ter plaatse van de drempel in het Slijkgat af van 2,55 m (huidige situatie) naar 2,45 m. Vlak voor de Haringvlietdam neemt de getijslag af van 2,65 m naar 1,8 m.

Effect op intergetijdegebied

Als gevolg van de afname in de getijslag wordt het intergetijdegebied op de buitendelta in eerste instantie kleiner. Hierbij wordt aangetekend dat het totaal areaal aan intergetijdegebied wel toeneemt, omdat het Haringvliet (het binnengebied) nu ook onder invloed van het getij komt. Volgens figuur 4.8 uit Van Vessem (1998) bedraagt het intergetijdegebied van het studiegebied thans circa 11 km², hetgeen afneemt tot 9 km²: een afname dus met 2 km². In de huidige situatie was nog sprake van een tendens naar vergroting van het intergetijdegebied tot een evenwichtswaarde van 14 km² (hoofdstuk 3).

Effect op getijvolume

Het getijvolume is de totale hoeveelheid water (in m³/getij) dat per getij door een bepaalde doorsnede stroomt. In de huidige situatie neemt het getijvolume af naarmate deze doorsnede dichterbij de Haringvlietdam wordt gelegd. Dit is het directe gevolg van de afname van het achterliggende kombergingsgebied. Door het gedeeltelijk openen van de Haringvlietsluizen wordt een aanzienlijk stuk kombergingsoppervlakte toegevoegd. Voor een raai over het Slijkgat ter hoogte van ongeveer de Kwade Hoek (raai 10 in figuur 2.5 uit Van Vessem, 1998) is berekend dat het getijvolume toeneemt van 45 Mm³ in de huidige situatie naar 155 Mm³ in de situatie met het lozingsregime Getemd Getij (een toename met circa 300 %).

Deze toename van het getijvolume is het grootst in het zuidelijke deel van het studiegebied. Zo neemt het getijvolume van het Hindergat slechts toe van circa 32 Mm³ naar 35 Mm³ (een toename van circa 10 %)

Effect op doorsnede van getijgeulen

Als er inderdaad door een dwarsdoorsnede door het hele studiegebied sprake is van een toename van het getijvolume met circa 100 Mm³, dan zal uiteindelijk het netto oppervlak van deze dwarsdoorsnede met circa 8000 m² toenemen (vergelijking 3.1). Dit betekent voor een raai van 5 km lengte een totale erosie van maar liefst 40 Mm³. Deze totale erosie zou plaatsvinden indien de huidige natte oppervlakte zich al zou hebben aangepast aan de situatie met Haringvlietdam. Dit zal nog niet helemaal het geval zijn, maar een totale uitschuring met circa 30 Mm³ lijkt realistisch. Dit zand zal op termijn ten goede komen aan de zeevaartroute uitbouw van de vooroever. De meeste erosie zal plaatsvinden in de geulen, maar het lijkt gezien de situatie vòòr 1970 ook waarschijnlijk dat de aanwezige platen (Hinderplaat) zullen verlagen.

4.3 Beschrijving per deelgebied: 2020, 2050 en 2100

Zoals uit de analyse van o.a. Van Vessem (1998) naar voren komt zullen de aanpassingen van het morfologisch systeem het grootst zijn in de zuidelijke helft van het studiegebied. Daar immers veranderen de stromingscondities en het getijvolume het meest.

Slufterkust (westzijde) en strandhaak

De belangrijkste zandtransportprocessen veranderen in dit gebied maar weinig ten opzichte van de huidige situatie. Het gegeven dat het getijvolume door het Hindergat iets toeneemt (10%) zal er hooguit toe leiden dat de natte doorsnede van deze geul iets zou kunnen toenemen, maar op de uiteindelijke morfologische ontwikkelingen in dit deelgebied maakt dat niet veel uit.

Brielsche Gat en kust van Voorne tussen ruwweg RSP 6.2 km en RSP 10.0 km

Ook in dit deelgebied zal de morfologische ontwikkeling weinig verschillen met de autonome ontwikkeling.

Hinderplaat en Hindergat

Er zal in eerste instantie meer afstroming over de noordelijke helft van de Hinderplaat plaatsvinden tijdens de ebfase van het getij. Deze situatie laat zich vergelijken met de situatie met een extreem spuidebiet door de Haringvlietsluizen, zoals dit bijvoorbeeld optrad in januari 1995. Ook toen bleek dat de maximale hoogte van dit deel van de Hinderplaat werd afgevlakt. Het met de afvlakking vrijkomende zand wordt in zeewaartse richting verplaatst en op de vooroever afgezet. Dit proces kan zich reeds op korte termijn (enkele jaren) afspeelen.

Net als bij de autonome ontwikkeling zal onder invloed van golfgedreven transport (washovers en brandingstransport), het zuidelijk deel van de Hinderplaat oostwaarts blijven migreren. Hierbij wordt wel aangetekend dat het volume van de plaat zal afnemen als gevolg van de toegenomen west-oost gerichte getijstromingen. Hoeveel zand er nog precies oostwaarts als afgevlakte plaat blijft bewegen is onzeker. Het is zelfs niet geheel uit te sluiten dat er helemaal geen oostwaartse migratie meer plaatsvindt. Hierbij speelt ook mee of het spuibeheer Getemd Getij "ineens" in werking treedt of dat er een inspeelperiode komt. In dat laatste geval kan de verruiming van het profiel (paragraaf 4.2) geleidelijker optreden en zich wellicht wat meer in de geulen concentreren.

Bokkegat, Garnalenplaat en Middengeul

De rol van het Bokkegat zal veranderen. Het is zonder specifiek modelonderzoek niet goed aan te geven op welke wijze de faseverschillen in de getijgolfvoortplanting in het gebied zullen veranderen. Het is echter twijfelachtig of de huidige rondstroming rondom de Hinderplaat gehandhaafd blijft. Hierbij komt nog eens dat als gevolg van de verlaging van het noordelijk deel van de Hinderplaat, het maatgevend vloedvolume door het Bokkegat zal afnemen. Tegelijkertijd zal de zanddruk vanaf de noordelijke Garnalenplaat verder toenemen, op een vergelijkbare manier als in de situatie met een extreem spuidebiet door de Haringvlietsluizen. De verwachting is dan ook dat het Bokkegat zal verzanden, waarna het zuidelijk deel van de Hinderplaat verheelt met het noordelijk deel van de Garnalenplaat. Dit proces zal eerder plaatsvinden dan bij de autonome ontwikkeling.

De zuidelijke Garnalenplaat zal eerder "doorbreken" dan in de huidige situatie. Het is bovendien minder afhankelijk van het voorkomen van extreme spuidebieten. De voorspelbaarheid neemt in die zin dan ook toe.

Gebied ten oosten van de Hinderplaat

De morfologische ontwikkelingen van dit deelgebied hangen samen met die in de zuidelijke helft van het studiegebied. Als er zich bijvoorbeeld een sterk noordelijke tak ontwikkelt van een nieuwe ebageul dicht onder de huidige Hinderplaat, dan is het niet uit te sluiten dat er zich geen doorgaande zandrug vormt. Dit werd wel voorspeld bij de autonome ontwikkeling. In dat geval ontwikkelt het gebied ten oosten van de Hinderplaat zich niet tot een rustig slufter-

gebied. In plaats van het wadden/slufteer-achtige gebied waarvan in hoofdstuk 3 sprake was, ontstaat dan het beeld van een dynamisch gebied met wellicht enkele banken wat hoger in het profiel, maar vooral ook met een sterker uitgebouwde vooroever.

Indien echter, het nieuwe geulenstelsel in de zuidelijke helft van het studiegebied een minder noordelijk traject volgt, blijft het mogelijk dat er zich een ondiepe zandrug ontwikkelt in de lijn "Hindergat - noordelijke Garnalenplaat - kust van Voorne". Die situatie is dan redelijk vergelijkbaar met de situatie die in hoofdstuk 3 bij de autonome ontwikkeling is geschetst. Opnieuw blijkt uit de analyse dat het niet goed op voorhand is aan te geven hoe de vooroever van de westkust van Voorne zich precies zal gaan ontwikkelen.

Rak van Scheelhoek en kust van Voorne

Het oude Rak van Scheelhoek zal naar verwachting geen onderdeel gaan uitmaken van het nieuwe primaire geulenstelsel. Mogelijk dat het nog een kleine rol blijft spelen tijdens de vloedfase van het getij of als gevolg van de aanzuigende werking door de spui-straal uit de Haringvlietssluisen. Het wordt dan een secundair geultje, waarvan het niet op voorhand is aan te geven of deze ten opzichte van de huidige situatie zal verruimen of niet. Erg groot zullen de veranderingen in dit gebied in elk geval niet zijn.

Kwade Hoek (kust van Goeree tussen ruwweg RSP 3.0 km en RSP 7.0 km)

De Kwade Hoek zal niet in zijn geheel wegspoelen in een situatie met het lozingsregime Getemd Getij. Hooguit dat de huidige oostflank van de Kwade Hoek door straalstromings-effecten zal afkalven, maar tot een doorbraak of opruiming zal dit niet leiden. Daarvoor is de geul Noord-Pampus - Slijkgat op dit moment te gekromd. Het is zelfs niet uit te sluiten dat de uitbouw van de Kwade Hoek in eerste instantie zal toenemen als gevolg van bochtstromings-effecten. Dit is vergelijkbaar met de situatie die ontstond in januari 1995, toen tijdens een periode met een extreem spuidebiet eveneens aanzanding werd gevonden op de Kwade Hoek. Uiteindelijk zal er een evenwicht worden gevonden tussen de uitschurende werking van de straalstroom en de vloedstroom en de zandaanvoerende mechanismen van het brandingstransport langs Goeree en bochtstromingseffecten.

De verdere uitbouw wordt gelimiteerd zodra een nieuwe ebgeul is ontstaan die een recht verloop te zien zal geven. Deze situatie is te verwachten zodra de zuidelijke Garnalenplaat doorbreekt. Dit zal eerder plaatsvinden dan in de huidige situatie omdat hiervoor niet hoeft te worden "gewacht" op perioden met hoge spuidebieten.

Het is niet uit te sluiten dat op langere termijn (bijvoorbeeld 50 jaar) een vloodschaartje tot ontwikkeling komt over de huidige Kwade Hoek.

Slijkgat en NW kust van Goeree (RSP 3.0 km - RSP 15.0 km)

Het Slijkgat gaat onderdeel uitmaken van een nieuw systeem van vloed- en ebgeulen in de zuidelijke helft van het studiegebied. Gegeven de richting van de getijgolf-voortplanting langs de Zeeuwse kust zal deze geul vloeddominant zijn (de verhangen zijn hier tijdens de vloedfase het grootst).

De positie van het Slijkgat kan veranderen na verloop van tijd. Het is niet ondenkbaar dat als gevolg van een zanddruk vanuit het noorden (de zich verder ontwikkelende zuidwestelijke uitlopers van de zuidelijke Garnalenplaat) een zuidwaartse migratie richting de kust van Goeree optreedt. In dat geval kan het kustonderhoud van Goeree gaan toenemen.

De nieuwe ebgeul die zich centraal in het zuidelijk deel van het studiegebied ontwikkelt, kan op termijn van enkele decennia gaan vertakken. Dan doet zich een vergelijkbare situatie voor als bij het oude Rak van Scheelhoek in de situatie vóór 1970. Ook toen had deze ebgeul vertakkingen in de vorm van het Gat van de Hawk, het Rak van Scheelhoek - West en het Bokkegat. Of dit zich nu net zo gaat voordoen is onzeker, omdat de positionering van de nieuwe ebgeul anders is en tevens omdat het totale ebvolume circa 60% bedraagt van het oorspronkelijke ebvolume.

Vooroever

Over een denkbeeldige lijn Kwade Hoek - Slufter zal het zandtransport zeewaarts zijn gericht. Uit modelberekeningen (bijvoorbeeld Steijn, 1996, 1997b) komt naar voren dat dit circa 2 Mm³/jaar zal bedragen. Ter vergelijking: in de huidige situatie is over deze raai sprake van een landwaarts gericht zandtransport van circa 1 Mm³/jaar. Omdat er vrijwel geen zand wordt afgevoerd door de Haringvlietsluizen impliceert dit erosie van de oostelijke helft van het studiegebied (ruwweg het gebied ten oosten van de doorgaande NAP -6 m dieptelijn).

De vooroever verondiept. Dit gebeurt vooral ter plaatse van de uitstroming van de nieuwe ebgeulen, dat wil zeggen in het zuidelijke en het centrale deel van de vooroever.

4.4 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2020

Figuur 4.1 toont de verwachte toekomstige morfologie van het studiegebied over 20 jaar. De geschetste situatie bestaat uit een compilatie van de hierboven per deelgebied beschreven ontwikkelingen. Een aantal specifieke ontwikkelingen die afwijken van de verwachte ontwikkelingen in de autonome situatie, worden hieronder kort toegelicht:

- De verheling van het zuidelijke deel van de Hinderplaat met de noordelijke Garnalenplaat is in 2020 grotendeels volbracht. De NAP -2 m loopt gewoon door en van het Bokkegat is niet veel meer over. De totale zandinhoud van deze nieuwe ondiepe zandrug zal aanzienlijk minder zijn dan in de huidige situatie, omdat er meer zeewaarts zandverlies richting vooroever heeft plaatsgevonden.
- Omdat het noordelijke deel van de Hinderplaat in hoogte zal zijn afgenomen door de afvlakkende werking van de verhoogde ebstroming, ontstaat het beeld van een min of meer gescheiden plaat die bestaat uit resten van het zuidelijke deel van de Hinderplaat en de noordelijke Garnalenplaat. Deze plaat zal ten gevolge van een overheersend oostwaarts brandingstransport langs de flanken richting kust van Voorne migreren.
- In eerste instantie lijkt een slufter-achtig systeem zich in deze variant niet voor te doen, omdat er immers minder zand overblijft op de noordelijke Hinderplaat om een doorgaande zandrug mee op te bouwen (dit zand verdwijnt deels naar de vooroever). Maar een situatie met een brede ondiepe vooroever zonder veel bodemreliëf is evenmin te verwachten. Er is immers nog vrij veel golfenergie aanwezig, zij het hoofdzakelijk uit (zuid-)westelijke richtingen. Er zullen dan toch een aantal (kleinere) banken ontstaan, die doorsneden worden met kleine geultjes. Het is waarschijnlijk dat deze banken iets hoger in het profiel komen te liggen (dus dichterbij de NW-kust van Voorne), dan in de huidige situatie. Ten opzichte van de autonome ontwikkeling zal het areaal intergetijdgebied op de buitendelta in deze variant minder zijn.
- Langs de zuidflank van de Slufter zal zand dat kunstmatig op de zuidwest punt van de Slufter wordt gesuppleerd, oostwaarts door brandingstransport worden verplaatst. Dit vormt een zandbron voor dit gebied. Als we ervan uitgaan dat er gemiddeld 200,000 m³/jaar wordt gesuppleerd (dus 4 Mm³ in 20 jaar), dan betekent dit een gemiddelde verondieping van circa 0,5 m. Omdat dit zand langs de zuidflank van de Slufter in een relatief

nauwe brandingszone oostwaarts wordt verplaatst zal er sprake zijn van de ontwikkeling van een aantal strandhaken. Ook kunnen zich zandruggen vormen ("spits"), die wellicht tot een gedeeltelijke afsluiting van het gebied voor de Brielsche Gatdam leiden. Dit wijkt niet veel af van de situatie bij de autonome ontwikkeling.

- In 2020 zal een hoofdgeul zijn ontstaan die vrij centraal in het studiegebied ligt (min of meer "in lijn" met het huidige Noord-Pampus). De maximale diepte bedraagt circa NAP -6 m, met een natte geuldoorsnede (onder NAP) van circa 7,000 - 9,000 m². Ter plaatse van de zeewaartse uitstroming van deze geul ontstaat opnieuw een "drempel", met een maximale diepte tussen de NAP -5 m en NAP -4 m. Deze drempel is het gevolg van de divergentie in de ebstroming. De oriëntatie van de uitstroming van de ebgeul zal zich richten op de noord-zuidgaande getijbeweging langs de kust. Daarbij spelen faseverschillen tussen in- en uitstroming met deze kustlangse hoofdstroom een belangrijke rol. Voor een meer onderbouwde voorspelling van de vorm en oriëntatie van de geul is het dan ook van belang om de beschikbare waterbewegingsmodellen op dit aspect nader te analyseren. Overigens verwachten we dat de ebgeul niet "recht" zal blijven. Mogelijk dat hij door een niet gelijkmatig verdeelde zanddruk lokaal gaat uitbollen, waarna ook bochtstromingseffecten op termijn weer een rol kunnen spelen.
- De kustlijn van Goeree tussen RSP 3 km en RSP 8 km zal gemiddeld 100 tot 200 meter noordwaarts zijn verlegd. In de periode na 2020 zal de aangroeizone van Goeree zich verder westwaarts verleggen, omdat als gevolg van de verdraaiing van de kustlijn, de afname van het brandingstransport meer westwaarts komt te liggen.
- Het huidige Slijkgat zal in stand blijven en fungeren als een vloedschaar. Bij de uitmonding van het Slijkgat in de nieuwe ebgeul zal een zandrug aanwezig zijn. Dit is een normaal verschijnsel bij de overgangen tussen eb- en vloedgedomineerde getijgeulen.

4.5 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2050

Figuur 4.2 toont de verwachte toekomstige morfologie van het studiegebied over 50 jaar. De geschetste situatie is het gevolg van een voortzetting, al dan niet gedempt in de tijd, van de hierboven beschreven ontwikkelingen.

4.6 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2100

Figuur 4.3 toont de verwachte toekomstige morfologie van het studiegebied over 100 jaar. De geschetste situatie is het gevolg van een verder gedempte voortzetting van de hierboven beschreven ontwikkelingen.

Het is mogelijk dat er zich ook nu een slufteer-achtig systeem heeft ingesteld voor de westkust van Voorne, zij het kleiner dan bij de autonome ontwikkeling.

Van een duidelijke interactie tussen de noordelijke en de zuidelijke helft van het studiegebied is vrijwel geen sprake meer. Als gevolg van de verdieping van het gebied, waar nu nog de Hinderplaat ligt, is het niet ondenkbaar dat de nieuwe ebgeul een meer noordelijke tak ontwikkelt. Daardoor zal er tevens meer zand van de platen in het noordelijk deel van het studiegebied naar de vooroever (beneden NAP -5 m) worden verplaatst. Deze ontwikkeling is het gevolg van het gegeven dat de ebstroom een optimale aansluiting zoekt bij de getijgolfvoortplanting langs de kust. Ook in de situatie van vóór de bouw van de Haringvlietdam, liep ook een belangrijke ebgeul in een zeer noordelijke richting (Gat van de Hawk).

De beide hoofdtakken van de nieuwe ebgeul worden gescheiden door een relatief ondiepe zone. Het is niet waarschijnlijk dat dit ondiepe gebied boven NAP -1 m uitgroeit.

De nieuwe geulen op de buitendelta zullen voor wat betreft hun natte doorsneden een evenwichtssituatie hebben bereikt. Alleen als gevolg van de autonome klimaatsveranderingen (Paragraaf 2.3) kan de natte doorsnede nog verder toenemen.

4.7 Grootste onzekerheden in de voorspelling

Net als bij de autonome ontwikkeling (paragraaf 3.7) zijn er andere ontwikkelingsrichtingen denkbaar die op zichzelf ook verdedigbaar zijn. Er zal nog veel toegespitst onderzoek nodig zijn om de onzekerheden in de voorspellingen te verkleinen. Maar ook dan zullen we moeten accepteren dat er een zekere mate van onvoorspelbaarheid blijft bestaan.

De invloed van extreme spuidebieten door de Haringvlietsluizen is nu kleiner. Hierdoor is de voorspelbaarheid groter. De positionering en de dynamiek in de posities van het nieuwe geulensysteem is echter minder voorspelbaar.

De situatie zoals geschets in figuur 4.3 kan uiteindelijk ook anders blijken te zijn, in het geval dat de centrale ebgeul een minder noordelijke positie innemen. Deze alternatieve toekomstvisie wordt gegeven in figuur 4.4. Het belangrijkste verschil is dat er nu geen vertakking van de centrale ebgeul is ingetekend. Tevens is het slufteer-achtige gebied vóór de NW-kust van Voorne iets anders ingetekend. Dit laatste is het gevolg van het "opgehangen zijn" van de noordelijke ondiepten aan de zuidwest punt van de Slufter. Hierdoor zullen de banken die in figuur 4.3 nog "hoog in het profiel" komen, meer in het westen gesitueerd blijven: min of meer ter hoogte van de plaats waar zandbanken van de zuidwestpunt van de Slufter "oversteken" naar de kust van Voorne.



5 Toekomst: huidig spuiregime, MV2-zuid

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de toekomstige morfologie van het studiegebied geschetst voor de situatie met een MV2 zuid-variant en het huidig spuiregime (LPH'84). In deze situatie is geen natuurvariant meegenomen (zie hoofdstuk 9). In Paragraaf 5.2 wordt allereerst een beschouwing gegeven van het effect van een dergelijke MV2-variant op de hydraulische condities in het studiegebied. In paragraaf 5.3 worden op een vergelijkbare manier als in hoofdstuk 4 per deelgebied, de mogelijke toekomstige ontwikkelingen beschreven. Een doorkijk naar de kalenderjaren 2020, 2050 en 2100 wordt gegeven in respectievelijk paragraaf 5.4, 5.5 en 5.6. Tenslotte wordt op basis van de geschetste onzekerheden in de voorspelling in paragraaf 5.7 een alternatieve toekomstvisie gepresenteerd.

Figuur 5.1 geeft een impressie van de hier beschouwde zuidelijke MV2-variant. Van belang is hier het gegeven dat de zuidflank van deze MV2-variant bestaat uit een zandige kust. Aangenomen wordt dat dit kustvak met behulp van zandsuppleties zal worden onderhouden. Er wordt tevens verondersteld dat het zand voor dergelijke suppleties wordt onttrokken van buiten de morfo-dynamische invloedszone van het studiegebied (bijvoorbeeld van buiten de NAP -20 m dieptelijn). Het is van belang op te merken dat de oriëntatie van de MV2-zuidflank ten opzichte van de inkomende golven, een dusdanig grote hoek maakt dat het zeer de vraag is of hier redelijkerwijs wel een zandige kust is te handhaven. In paragraaf 9.2 wordt hier op teruggekomen.

Er is van uitgegaan dat deze MV2-variant in het jaar 2000 "ineens" is gebouwd. Er wordt dus geen rekening gehouden met een meerjarige bouwfase of een mogelijk gefaseerde uitbouw (over enkele decennia). Zolang de bouwfase van het hele plan beperkt blijft tot enkele jaren, zal dit overigens ook weinig effect hebben op de gepresenteerde toekomstvisies.

5.2 Effecten van een zuid-variant van Maasvlakte-2

De zuid-variant van Maasvlakte-2 vormt een nieuw bolwerk aan de noordrand van het studiegebied. Dit leidt tot een reductie van de golfinvloed en tot een verandering van de getijkarakteristieken in het gebied (waterstanden, stroomsnelheden, faseverschillen). Onder verwijzing naar de verschillende rapporten hierover (bijvoorbeeld Steijn, 1996, 1997a en Roelvink e.a., 1998) worden hieronder de effecten van een zuid-variant van MV2 kort samengevat:

Effect op de waterstanden

De zuid-variant van MV2 (figuur 5.1) leidt tot een extra opslinging van de getijgolf in het studiegebied. Dit is vergelijkbaar met de kleine opslinging die nu optreedt vóór de Brielsche Dam. De oorzaak ligt in het creëren van een "trechtvormig" getijbekken, waarin de getijgolf kan worden "opgeslingerd".

Bij gemiddeld getij en bij springtij neemt het hoog water maximaal toe met respectievelijk 20 cm en 30 cm. De laagwaters worden iets lager: maximaal met respectievelijk 10 cm en 15 cm.

Ook de opwaaiing tijdens zuidwester stormen neemt toe als gevolg van de toegenomen trechtersvorm van het getijbekken.

Effect op het stroombeeld

De huidige rondstroming rondom de Hinderplaat is het gevolg van faseverschillen in de getijgolfvoortplanting in het gebied. Deze faseverschillen zullen aanzienlijk veranderen (afnemen), waardoor ook het karakteristieke stroombeeld rondom de Hinderplaat zal veranderen. Het is zeer waarschijnlijk dat het Bokkegat zijn functie bij de rondstroming rondom de Hinderplaat verliest. Daardoor zal deze geul gemakkelijker verzanden. Ook het Hindergat verliest deze rol, maar kan wellicht veranderen van kortsluitgeul naar een geul met een vul- en ledigingsfunctie van een achterliggend gebied.

Op de rand van het studiegebied, nabij de zuidwest punt van MV2 zal een gebied ontstaan, waar het stroombeeld wordt gekenmerkt door stroomcontractie. Als gevolg van de stroomcontractie treedt hier aanzienlijke erosie op. Het zand dat daarmee vrijkomt wordt voor het grootste deel noordwaarts verplaatst, richting Euro-Maasgeul.

Effect op het golfbeeld

De aanwezigheid van MV2 zorgt voor afscherming van golven uit noord- tot noord-westelijke richtingen. De mate van golfafscherming hangt af van de positie in het studiegebied.

De doordringing van golfenergie uit westelijke tot zuidwestelijke richtingen zal iets toenemen tijdens hoog water, omdat er immers hogere hoogwaterstanden worden verwacht. Tevens neemt deze golfdoordringing iets af gedurende de lagere laagwaterstanden.

Effect op sedimenttransport

De totale sedimentbalans van het studiegebied verandert maar weinig. Het is niet uit te sluiten dat de toch al geringe slibimport vanaf de Nieuwe Waterweg verder afneemt als gevolg van het verder zeewaarts steken van de Maasvlakte.

De sedimentverdeling binnen het studiegebied zal veranderen. Dit is het directe gevolg van veranderingen in het golf- en stroombeeld.

5.3 Beschrijving per deelgebied: 2020, 2050 en 2100

Slufterkust (westzijde) en strandhaak

Na aanleg van MV2 bestaat de Slufterkust niet meer. Deze is dan geïntegreerd met MV2. De zandbron voor het noordoostelijk kwadrant van het studiegebied, die in de autonome ontwikkeling vanaf de Slufterkust kwam, komt nu vanaf de zuidflank van MV2. Het is waarschijnlijk dat deze zandbron groter zal zijn dan de huidige suppletievolumina op de Slufterkust (200.000 m³/j). De keuze van het type waterkering langs de zuidflank van MV2 is bepalend voor de uiteindelijke omvang van deze zandbron. Omdat daar nog geen nadere gegevens over bekend zijn en er voorts nog geen keuze is gemaakt over de vormgeving van bijvoorbeeld de in figuur 5.1 aangegeven jachthaven, is hier gemakshalve aangenomen dat er zand vanaf de zuidkust van MV2 het noordelijk studiegebied in komt.



Brielsche Gat

De langzame verslibbing van het gebied voor de Brielsche Gatdam zal niet structureel veranderen.

Hinderplaat en Hindergat

De Hinderplaat zal qua vorm en hoogte veranderen. De oriëntatie van de kustlijn zal zich meer gaan richten op de richting van de inkomende golfkammen, dat wil zeggen ruwweg noordwest-zuidoost (in plaats van de huidige noord-zuid oriëntatie). De hoogte van de plaat zal verder afnemen, omdat de opbouwende invloed van de golven afneemt. In de situatie met de zuid-variant van MV2 speelt nog dat als gevolg van de toegenomen opslinging in het gebied, de afvlakkende werking ten gevolge van (getij-geïnduceerde) washovers zal toenemen.

Naarmate de maximale hoogte van het noordelijk deel van de Hinderplaat afneemt, zal het maatgevend getijvolume door het Hindergat (of diens opvolger: zie hoofdstuk 3) ook afnemen. Er zal een veel minder geprononceerde geul overblijven. Naar verwachting zullen er enkele (kleine) platen en banken ontstaan die wat hoger in het profiel, dus dicht onder de kust van Voorne, komen te liggen.

Bij de verdere verlaging van het noordelijke deel van de Hinderplaat, wordt het daarbij vrijkomende zand in zowel zeewaartse als landwaartse richting verplaatst. Alleen het zuidelijke deel van de Hinderplaat zal als duidelijk herkenbare (grote) plaat overblijven. De maximale hoogte zal met circa 1 m afnemen. De vorm verandert van langwerpig naar meer bolvormig (vergelijkbaar met de huidige noordelijke Garnalenplaat). Deze nieuwe plaat zal na enige tijd verhelten met de noordelijke Garnalenplaat. Het Bokkegat verdwijnt dan.

De nieuwe plaat (Hinderplaat en Garnalenplaat) migreert vervolgens in oostwaartse richting waarna op een termijn van een eeuw verhelming met de kust van Voorne is te verwachten. Er ontstaat dan een ondiepe vooroever voor de Kwade Hoek. Tijdens de oostwaartse migratie van de plaat kunnen "zandlobben" aan weerszijden van de plaat ontstaan, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de zandlobben die we nu aan weerszijden van de Noorderhaaks in het Zeegat van Texel aantreffen.

Bokkegat, Garnalenplaat en Middengeul

Net als in de huidige situatie zal het Bokkegat zijn stroomvoerende functie verliezen. Omdat faseverschillen in de getijgolfvoortplanting in de situatie met een MV2 kleiner zijn dan bij de autonome ontwikkeling, is bovendien te verwachten dat het verzanden van het Bokkegat eerder kan plaatsvinden. Voor de toekomstvisies op een termijn van 20, 50 en 100 jaar maakt dit overigens weinig uit.

Zoals hierboven aangegeven zal het noordelijke deel van de Garnalenplaat onderdeel gaan uitmaken van de nieuwe plaat die ontstaat na samenvoeging met de zuidelijke Hinderplaat.

De Middengeul kan net als in de huidige situatie deel gaan uitmaken van een nieuwe west-oost georiënteerde geul. Ook dan is het waarschijnlijk dat de zuidelijke Garnalenplaat doorbreekt of vanuit het zuiden wordt opgeruimd (hoofdstuk 3).

Gebied ten oosten van de Hinderplaat

Verwezen wordt naar bovenstaande opmerkingen.

Rak van Scheelhoek en kust van Voorne

Het Rak van Scheelhoek zal net als in de huidige situatie verder verondiepen. De kust van Voorne zal op lange termijn beter "in het zand" komen te zitten naarmate de Hinderplaat en de Garnalenplaat verlanden. Op korte termijn echter is vooral ten noorden van de Groene Punt meer brandingsenergie te verwachten tijdens zuidwester stormen. De afscherpende werking van de verlaagde Hinderplaat neemt immers af. Maar ook de maximale waterstanden nemen toe, waardoor meer golfenergie de kust van Voorne kan bereiken. Voor de zoutspray zal dit gunstig uitwerken; voor het kustonderhoud ongunstig.

Kwade Hoek (kust van Goeree tussen ruwweg RSP 3.0 km en RSP 7.0 km)

Het langstransport langs de kust van Goeree wordt vrijwel niet beïnvloed door MV2. De golfrichtingen die worden afgeschermd hebben immers vrijwel geen bijdrage aan het langstransport omdat ze min of meer loodrecht komen invallen (Steijn, 1997a). Ook de afstand langs de kust van Goeree waarover het langstransport in stand blijft, zal weinig veranderen. Vandaar dat de uitbouw van de Kwade Hoek ook in de situatie met een MV2 op vergelijkbare wijze als in de huidige situatie zal doorgaan.

De andere geïdentificeerde zandbronnen voor de huidige uitbouw van de Kwade Hoek, te weten bochtstroming en afzettingen van fijn zand (figuur 2.7), zullen evenmin door de aanwezigheid van MV2 veranderen.

Slijkgat en NW kust van Goeree (RSP 3.0 km - RSP 15.0 km)

Hetgeen in hoofdstuk 3 staat beschreven voor de huidige situatie is ook van toepassing voor de situatie met MV2. Omdat de totale hoeveelheid jaarlijkse golfenergie afneemt, is het niet uit te sluiten dat de evenwichtsdiepte van de geulen zal veranderen. Golven immers, hebben de neiging om kunstmatig aangebrachte verdiepingen (zoals een vaargeul) uit te vlakken.

Als gevolg van de afscherpende werking van de noordwestelijke tot noordelijke golven kan de zoutspray op de kust van Goeree iets afnemen. Verwacht wordt dat de vorm van dit kustvak niet wezenlijk zal veranderen.

Vooroever

De vooroever zal de neiging hebben om te verondiepen. Dit komt door het zeewaarts verleggen van de kust-parallelle getijstroming (zuid-noord) en door het creëren van een luwtegebied voor de golven.

Voor de verondieping van de vooroever is zand nodig. Als we uitgaan van een gebied met een oppervlak van 30 km², dan is voor elke gemiddelde meter verondieping maar liefst 30 Mm³ zand nodig. De belangrijkste zandbron hiervoor zijn de vereiste zandsuppleties op de zuidkust van MV2. In hoofdstuk 9 wordt dit in eerste instantie geschat op meer dan 0,5 Mm³/jaar. Sedimentatie met slib is niet te verwachten vanwege de snelheden van de getijstroming en de opwoeling die bijvoorbeeld tijdens zuidwester stormen ontstaat.

Een andere mogelijke zandbron voor de vooroever is het resulterend noordwaarts gerichte zandtransport dat wordt veroorzaakt door de kustparallelle getijstroming (Steijn, 1996a). Ten zuiden van het studiegebied ligt de buitendelta van het voormalige Brouwershavensche Gat. Na de afsluiting van deze zee-arm hebben zich ook op deze buitendelta veranderingen voorgedaan, met als gevolg dat ook hier zand wordt afgezet. Pas als hier een nieuw evenwicht wordt benaderd, kan de ongestoorde zanddoorvoer naar de vooroever van het Haringvliet weer toenemen. In zekere zin hangt dit ook weer af van de ontwikkelingen op de buitendelta van de Oosterschelde, zij het in mindere mate.

Niet overal op de vooroever zal sprake zijn van verondieping. Ter plaatse van de zuidwestpunt van MV2 zal een ontgrondingskuil ontstaan. Een algemene vuistregel is dat de maximale verdieping even groot wordt als de initiële waterdiepte. Dit zou betekenen dat de kuil tot maximaal NAP -30 m zou reiken. Ervaringen bij de Eijerlandse Gatdam op Texel leren echter dat deze vuistregel niet altijd opgaat (daar verdiepte de zeebodem in 2 maanden van NAP -5 m naar NAP -18 m) en dat het bovendien uitmaakt welke golfcondities optreden. De ruimtelijke omvang van de ontgrondingskuil strekt zich na enkele decaden waarschijnlijk uit over een gebied van meer dan 10 km². Het hiermee vrijkomende zand kan eveneens de vooroever voeden, hoewel verwacht wordt dat het merendeel van het vrijkomende zand met de dominante vloedstroom in noordwaartse richting wordt verplaatst.

Tellen we de verschillende zandbronnen bij elkaar op, dan is een voeding van de vooroever met meer dan 1 Mm³ zand per jaar goed mogelijk. Als we tevens rekening houden met een relatieve zeespiegelstijging van 0,6 cm/jaar, dan resulteert dit in een gemiddelde verondieping van 0,027 m/jaar (bij een gebiedsgrootte van 30 km²). Omdat de huidige waterdiepte ligt tussen NAP -6 m en NAP -12 m, zal het duidelijk zijn dat in dit gebied geen platen zijn te verwachten. Op een termijn van honderd jaar (gemiddelde verondieping: 2,7 m) is het niet uitgesloten dat zich een reliëf begint af te tekenen op de vooroever, waarbij ondiepere delen worden doorsneden door getijgeulen.

Ook is het niet uit te sluiten dat zich op deze vooroever een serie zandruggen ontwikkelt, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de zandruggen voor de west-kust van Schiermonnikoog. Over de mechanismen die verantwoordelijk zijn voor de zandruggen voor de kust van Schiermonnikoog bestaat nog geen afdoende verklaring. Mogelijk dat hier sprake is van een interferentie-patroon van lange-golven die reflecteren tussen twee buitendeltas. Als deze hypothese juist is, zou zich een vergelijkbare situatie kunnen voordoen op de vooroever van de Haringvlietmond. Ook daar kunnen lange golven (gebonden aan zuidwestelijke golf-groepen) resoneren tussen de zuidflank van MV2 en de noordwest kust van Goeree.

5.4 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2020

In figuur 5.2 wordt de toekomstige morfologie van het studiegebied getoond voor het jaar 2020. De geschetste situatie bestaat uit een compilatie van de hierboven per deelgebied beschreven ontwikkelingen. Vergelijken we deze figuur met de overeenkomstige figuur voor de autonome ontwikkeling (figuur 3.1), dan valt op dat de verschillen niet bepaald spectaculair zijn in het jaar 2020. Dit komt vooral door de ruimtelijke omvang van het gebied en de snelheid waarmee platen kunnen worden gemodificeerd met het heersende hydraulische klimaat (golven en stroming). Lokaal echter zijn er wel degelijk verschillen waar te nemen, zoals:

- Alleen het huidige zuidelijke deel van de Hinderplaat is nog als plaat te herkennen, hoewel ook nu het oppervlakte boven NAP sterk zal zijn afgenomen. De hoogten op het noordelijke deel van de Hinderplaat komen niet meer boven NAP -1 m uit. Vermoedelijk zal de inhoud van een typische dwarsdoorsnede boven NAP -2 m zijn afgenomen van 300 m³ (anno 1996) per strekkende meter naar minder dan 100 m³ per strekkende meter. Per saldo betekent dit dus dat het totale oppervlakte aan intergetijdegebied op de buitendelta afneemt.
- Ten westen van de noordelijke Hinderplaat zijn de NAP -3 m en NAP -4 m dieptecontouren enkele honderden meters verder zeewaarts gepositioneerd (in vergelijking met de autonome ontwikkeling op 2020).

- De consequentie van de verlaging van de noordelijke Hinderplaat is dat er meer golf-energie kan doordringen in het deelgebied Brielsche Gat en Voorne. Hierdoor kan tijdens stormen meer duinafslag optreden op de Groene Punt en kan bovendien de schorvorming op sommige plaatsen afnemen (door de verhoogde turbulentie). Overigens verwachten we wel dat in dit ondiepe gebied bankvorming (tot boven NAP -1 m) zal plaatsvinden door het zand-opshuivende effect van de zuidwestelijke golven. Deze banken zullen relatief dicht onder de kust van Voorne komen te liggen.
- In plaats van een duidelijk aanwezige geul ten zuiden van de Slufter (het eerder genoemde "Nieuwe Hindergat"), is er nu sprake van een minder omvangrijke geul.
- De oriëntatie van het zuidelijk deel van de Hinderplaat (die in 2020 zal zijn verheeld met de noordelijke Garnalenplaat) is duidelijk anders. Het heeft een normaal die meer gericht is op het zuidwesten, in plaats van op het westen (figuur 3.1).
- De invloed van MV2 in het zuidelijk deel van het studiegebied is veel kleiner dan in het noordelijk deel. Hooguit dat misschien het oppervlakte boven NAP -2 van de ondiepte tussen het oude Slijkgat en de nieuwe ebegeul wat minder is, als gevolg van een grotere morfologische tijdschaal (de aanpassingen duren langer).

Ook in de situatie met MV2 hangt het er maar van af of in de eerste periode van 20 jaar de zuidelijke Garnalenplaat doorbreekt, wordt opgeruimd, of niet. Het optreden van extreme spuidebieten door de Haringvlietsluizen kan een dergelijke ontwikkeling versnellen.

5.5 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2050

Figuur 5.3 toont de toekomstige morfologie van het studiegebied voor het jaar 2050. Het is het resultaat van een voortzetting van de hierboven beschreven processen, zij het dat de veranderingen in de tijd uitdempen.

5.6 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2100

Figuur 5.4 toont de toekomstige morfologie van het studiegebied voor het jaar 2100. Ook nu zijn de ontwikkelingen in grote lijnen een voortzetting van de reeds eerder in gang gezette ontwikkelingen. Belangrijke trendbreuken worden niet verwacht. Ten opzichte van de toekomstvisie voor de autonome ontwikkeling (paragraaf 3.6 en figuur 3.3) valt het volgende op:

- Er is nu veel minder sprake van een sluffer-achtig gebied voor de westkust van Voorne. Dit komt vooral door de luttewerking van MV2, waardoor de plaat-opbouwende werking van de golven afneemt. Ook is als gevolg van een ander (getij-)stroombeeld minder aanleiding tot de vorming en instandhouding van een langgerekte plaat/zandrug zoals nu de Hinderplaat. Er zal een ondiep gebied ontstaan vóór de Groene Punt (aanlanding van de samengevoegde Hinderplaat / Garnalenplaat). Wel is het waarschijnlijk dat zich in het gebied voor de NW-kust van Voorne (ruwweg tussen RSP 7 km en RSP 8,5 km) secundaire banken zullen vormen (uit de restanten van de huidige noordelijke Hinderplaat).
- Voor de Brielsche Gatdam kan een gebied ontstaan dat van de vooroever wordt afgescheiden door middel van een lage onderwater zandrug (NAP -1 m). Deze zandrug is ontstaan door het netto oostwaartse brandingstransport vanaf de zuidflank van MV2 dat min of meer in een rechte lijn "doorsteekt" naar de kust van Voorne. Hierdoor kan als het ware het diepste deel vòór de Brielsche Gatdam worden "ingesloten".
- De nieuwe ebegeul kan slechts op een bevaarbare diepte (voor bijvoorbeeld de vissersboten van de haven van Stellendam) worden gehouden door middel van regelmatig onderhoudsbaggerwerk. Dit onderhoud zal naar verwachting iets groter zijn dan in de situatie zonder MV2.

- De vooroever is verder verondiept, hoewel dit op de schaal van de figuren niet goed zichtbaar is.
- In het zuidelijk deel van het studiegebied kan een ander dieptelijnenpatroon zijn ontstaan als gevolg van de golfafscherming van MV2. Het geschetste beeld in figuur 5.3 is een mogelijkheid, waarbij de Kwade Hoek zichtbaar in westwaartse richting is uitgebouwd. Bovendien zijn de restanten van het Slijkgat nu geheel verdwenen en heeft zich een ondiepe vooroever ingesteld. Ook in dit relatief ondiepe gebied kan zich een secundair bodemreliëf instellen. Dat bestaat dan uit meerdere kleinere bodemeenheden, zoals platen en geulen. Deze kleinere bodemelementen zijn niet getekend in figuur 5.4.

De invloed van MV2 doet zich dus vooral gelden in het noordelijk deel van het studiegebied en op de vooroever.

5.7 Grootste onzekerheden in de voorspelling

Ook nu geldt dat er belangrijke onzekerheden zijn bij de hiervoor geschetste toekomstvisies. Dit betreft dan vooral de grootte van de zandvoeding vanaf de zuidkust van MV2. Als deze zandbron klein is, of zelfs nul in het geval van een volledig harde zeewering, dan zal de totale plaat-oppervlakte boven NAP -2 m voor de westkust van Voorne nog verder afnemen. Hiertegenover staat dat als deze zandbron juist veel groter is dan de huidige 200.000 m³/j vanaf de Slufterkust, er dan juist meer zand beschikbaar komt voor bank- en spitvorming voor het Brielsche Gat en de kust van Voorne.

Een andere onzekerheid betreft de toekomst van de huidige Hinderplaat. Na het verzanden van het Bokkegat dat redelijk zeker lijkt, ligt een verheling met de noordelijke Garnalenplaat voor de hand. Ook is tamelijk zeker dat de hoogte van de platen zal afnemen met waarschijnlijk tenminste 1 m. Maar of de plaat uiteen zal vallen in kleinere platen en of er sprake zal zijn van een oostwaartse of mogelijk zelfs noordwaartse migratie, blijft op dit moment onzeker.

Voor wat betreft de voorspelbaarheid van de toekomstige ontwikkelingen in het zuidelijk deel van het studiegebied gelden dezelfde onzekerheden als reeds beschreven in paragraaf 3.8 (autonome ontwikkeling).

Figuur 5.5 toont een alternatieve eindsituatie voor het jaar 2100, waarbij is uitgegaan van een grote zandvoeding (0,5 Mm³/jaar) vanaf de zuidkust van MV2 en het aaneen gesloten blijven van een zandrug dat zich min of meer oriënteert op de inkomende golven (spiraalkust: zie paragraaf 9.2). Er kan dan sprake zijn van een kortsluitgeul maar dat hoeft niet. In figuur 5.5 is deze geul niet ingetekend. Het zal duidelijk zijn dat dit vooral invloed heeft op de morfologische ontwikkelingen in het gebied voor de Brielsche Gatdam en voor de westkust van Voorne. In het zuidelijke deel zijn ten opzichte van figuur 5.4 geen veranderingen aangebracht.



6 Toekomst: huidig spuiregime, MV2-noord

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de toekomstige morfologie van het studiegebied geschetst voor de situatie met een MV2 noord-variant. Er wordt hierbij uitgegaan van de situatie met het huidige lozingsregime voor de Haringvlietsluizen (LPH'84).

In Paragraaf 6.2 worden de verschillen tussen de noord- en de zuidvariant van MV2 aangegeven in termen van hun beïnvloeding van de hydrodynamische condities in het studiegebied. Dit verschil blijkt uiterst minimaal te zijn. Daarom kan de presentatie van de toekomstvisies voor deze variant beperkt blijven. Een doorkijk naar de kalenderjaren 2020, 2050 en 2100 wordt gegeven in paragraaf 6.3.

In Bijlage B wordt kort ingegaan op de gevolgen van een "extreme noord-variant" op de toekomstige morfologische ontwikkelingen in het studiegebied.

6.2 Effecten van een noord-variant van MV2

Figuur 6.1 geeft een impressie van de hier beschouwde noordelijke MV2-variant. Van belang is hier het gegeven dat de zuidflank van deze MV2-variant bestaat uit een zandige kust die in de toekomst op eenzelfde manier zal worden onderhouden als bij de zuid-variant van MV2.

Ook de noord-variant van MV2 zoals getoond in figuur 6.1, beïnvloedt de golfcondities, waterstanden en stromingscondities in het studiegebied. Om de verschillen met de zuid-variant aan te geven (paragraaf 5.2), zijn de volgende kenmerken van de MV2-contour van belang:

- de maximale zeewaartse uitbouw van MV2 (dit is een maat voor de golfafscherming);
- de oriëntatie van de zuidflank van MV2 (dit is een maat voor de gecreeërde "trechtervorm" van het resterende studiegebied en dus voor de opslinging van het getij en het stroombeeld).
- het type kustverdediging langs de zuidflank van MV2 (dit is een maat voor de mogelijke zandvoeding van het noordelijk deel van het studiegebied).

Vergelijken we figuur 6.1 (noord-variant) met figuur 5.1 (zuid-variant) dan blijkt dat de positie van de zuidwestpunt van beide MV2-varianten slechts weinig verschilt. De westwaartse extensie van het zuidwest punt verschilt hooguit 600 meter, hetgeen klein is ten opzichte van de totale uitbouw van bijna 6 km. Ook de positie van de zuidwestpunt in noordwaartse richting verschilt slechts weinig.

De oriëntatie van de NAP-lijn van de zuidflank van beide MV2-varianten verschilt evenmin: loodrecht op 213 °N voor de zuid-variant van figuur 5.1 en loodrecht op gemiddeld 208 °N

voor de noord-variant van figuur 6.1. De langstransporten langs dit kustvak zullen dan ook weinig onderling verschillen.

Voor wat betreft de aansluiting met de "oude" sluftekust, is in beide varianten uitgegaan van een doorlopende kustlijn. De zandtoevoer vanaf de zuidflank van MV2 door middel van brandingsgedreven langstransport zal dus niet wezenlijk verschillen tussen beide varianten. Opgemerkt moet worden dat de aansluiting van de zuidflank met de huidige Sluftekust belangrijk is voor de toekomstige ontwikkelingen in het gebied voor de NW-kust van Voorne.

Uit bovenstaande vergelijking komt het verrassende beeld naar voren dat deze beide MV2-varianten in hoge mate dezelfde effecten zullen hebben op het locale golf- en stroombeeld in het studiegebied. De morfologische ontwikkelingen zullen dan ook niet noemenswaardig afwijken van hetgeen reeds in Hoofdstuk 5 staat beschreven.

6.3 Toekomstige morfologie van het studiegebied

Dezelfde toekomstvisies als gepresenteerd in hoofdstuk 5 zijn geprojecteerd op de situatie met een MV2 noord-variant (figuur 6.1). Voor een beschrijving en onderbouwing van de hier gepresenteerde toekomstvisies wordt dan ook verwezen naar de overeenkomstige paragrafen uit hoofdstuk 5.

Anno 2020

De verwachte morfologische situatie in het studiegebied op een tijdstermijn van 20 jaar wordt getoond in figuur 6.2 voor de situatie met de in figuur 6.1 getoonde MV2 noord-variant. Zoals hiervoor beargumenteerd wijkt dit niet af van het beeld dat is afgeleid voor de situatie met de MV2 zuid-variant (figuur 5.2).

Anno 2050

Figuur 6.3 toont de verwachte morfologische situatie op een tijdstermijn van 50 jaar voor de situatie met de in figuur 6.1 getoonde MV2 noord-variant (vergelijk figuur 5.3).

Anno 2100

Figuur 6.4 toont de verwachte morfologische situatie op een tijdstermijn van 100 jaar voor de situatie met de in figuur 6.1 getoonde MV2 noord-variant (vergelijk figuur 5.4).

Alternatief anno 2100

Figuur 6.5, tenslotte, toont de mogelijk alternatieve morfologische situatie op een tijdstermijn van 100 jaar voor de situatie met de in figuur 6.1 getoonde MV2 noord-variant (vergelijk figuur 5.5).

7 Toekomst: open Haringvliet, MV2-zuid

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de toekomstige morfologie van het studiegebied geschetst voor de situatie met een zuid-variant voor MV2 en een open spui-beheer voor de Haringvlietssluis (Getemd Getij). Voor een beschrijving van de effecten van de zuid-variant van MV2 op de zandtransportprocessen wordt verwezen naar paragraaf 5.2. De effecten van het open spui-beheer "Getemd Getij" op de zandtransportprocessen staat beschreven in paragraaf 4.2.

In grote lijnen zullen de morfologische ontwikkelingen in het noordelijke deel van het studiegebied worden bepaald door de aanwezigheid van MV2. Het spui-beheer "Getemd Getij" zal vooral de morfologische ontwikkelingen in het zuidelijk deel van het studiegebied gaan bepalen. De in dit hoofdstuk geschetste toekomstvisies bestaan dan ook voor een belangrijk deel uit een compilatie van de in hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 gepresenteerde morfologische ontwikkelingen. Een doorkijk naar de kalenderjaren 2020, 2050 en 2100 wordt gegeven in respectievelijk paragraaf 7.2, 7.3 en 7.4. Tenslotte wordt in paragraaf 7.5 kort ingegaan op de onzekerheden in de voorspellingen.

Er wordt van uitgegaan dat beide ingrepen (MV2 en het open spui-beheer) gelijktijdig en "ineens" in het jaar 2000 zijn geïmplementeerd. Er wordt dus geen rekening gehouden met een meerjarige inspeelperiode van het open spui-beheer of een gefaseerde uitbouw van MV2.

7.2 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2020

Figuur 7.1 toont de verwachte bathymetrie voor het jaar 2020 in de situatie met MV2-zuid en "Getemd Getij". Ten opzichte van de overeenkomstige figuren voor de varianten MV2-zuid (figuur 5.2) en "Getemd Getij" (figuur 4.1), zijn de volgende morfologische ontwikkelingen van belang:

- Op de vooroever is nu sprake van meer aanzanding dan in de situatie zonder MV2, of in de situatie zonder open spui-beheer. Opgemerkt wordt dat dit op de gegeven schaal van de figuren moeilijk te zien is. Een zeewaartse verplaatsing met slechts 100 m van het gebied tussen NAP - 6 m en NAP - 10 m is niet zichtbaar op de figuren (1 mm verschuiving), maar vergt op zich wel al circa 5 Mm³ zand.

Zoals toegelicht in hoofdstuk 4 wordt er bij spui-beheer Getemd Getij aanzienlijk meer zand naar de vooroever verplaatst. Dit zand komt vrij met de verruiming van de geul-profielen en de afvlakking van de aanwezige platen. Omdat op de vooroever de jaarlijks gemiddelde golfenergie is afgenomen door de afscherpende werking van MV2 (minder opwoeling), zal er nog meer aanzanding plaatsvinden dan in de voorgaande varianten. Er is, kortom, sprake van een grootschalige herverdeling van zand afkomstig van het gebied ten oosten van de doorgaande NAP -6 m dieptelijn, richting de vooroever. De verondie-

ping van de vooroever vindt nu ook plaats in het noordelijk deel van het studiegebied, die nog wordt versterkt door de vereiste zandsuppleties op de zuidkust van MV2.

- Als gevolg van de afvlakking van de platen door de toegenomen kustdwarse (oost-west en west-oost gerichte) getijstromingen, neemt het plaatareaal op de buitendelta (boven NAP -2 m) af. Ook is er door golfafscherming van MV2 minder golfenergie om deze platen op hoogte te houden. Voor het hogere plaatareaal betekent deze combinatie van ingrepen (MV2 en open spui-beheer) dus een aanzienlijke reductie en mogelijk zelfs tot het verdwijnen van droogvallende platen. Hier staat tegenover dat door het openzetten van de Haringvliet-sluisen nieuw intergetijdegebied in het Haringvliet ontstaat.
- Het noordelijk deel van de Hinderplaat zal in eerste instantie de neiging hebben lager te worden, omdat een deel van de toegenomen ebstroming ook over dit deel van de plaat zal uitstromen (vergelijk de huidige situatie met een extreem lozingsdebiet). Als gevolg van het toegenomen "trechter-effect" door MV2 neemt het getijvolume over de Hinderplaat toe. Daardoor wordt zand vanaf de hogere delen naar het achterliggende gebied verplaatst. Per saldo wordt er dus zand verplaatst van de bovenkant van de plaat naar de vooroever en naar het gebied ten oosten van de huidige Hinderplaat. Ook nu kunnen nieuwe bankjes ontstaan dicht onder de NW-kust van Voorne.

Hiertegenover staat dat als gevolg van het open spui-beheer de opslinging in althans het zuidelijk deel van het studiegebied deels weer teniet wordt gedaan. Ter plaatse van de Hinderplaat verwachten we echter dat de extra opslinging van de waterstanden door de aanwezigheid van MV2 groter is dan de afname in de opslinging door het gedeeltelijk open zetten van de sluisen.

- Voor wat betreft de precieze ligging van de getijgeulen gelden dezelfde onzekerheden als die genoemd zijn in de voorgaande hoofdstukken. De oriëntatie van de geulen zal zich gaan instellen op het faseverloop van de getijgolf op de vooroever en daarbuiten. Hier is bij de reeds uitgevoerde modelstudies nog niet specifiek naar gekeken. Wel kan worden aangenomen dat er een ander verloop van deze faseverschillen zal ontstaan ten opzichte van de situatie zonder MV2 of zonder een open spui-beheer. Er zijn dus wel degelijk verschillen te verwachten in het precieze verloop van de nieuwe geulen.

De natte doorsnede van de geulen wordt bepaald door het maatgevend getijvolume en dat verandert vooral door het open spui-beheer. Het is niet uit te sluiten dat de natte doorsnede van de geulen in de situatie met MV2 iets groter worden door de toegenomen opslinging van de getijgolf in het door MV2 gecreeëerde trechter-vormige bekken. Als gevolg van de lagere jaargemiddelde golfenergie in het geulengebied kan de diepte van deze geulen bovendien iets groter zijn bij een kleinere breedte. Op de gepresenteerde toekomstvisies (figuur 7.1) is een en ander echter niet zichtbaar.

- De diepte en de omvang van de ontgrondingskuil bij de zuidwest punt van MV2 wordt hoofdzakelijk bepaald door de contractie van de kustparallele getijstroming. Het is niet uit te sluiten dat de variant met open spui-beheer (en MV2) een iets andere ontgrondingskuil tot ontwikkeling laat komen. Dit komt dan omdat de kustdwarse getij-stroomsnelheden eveneens toenemen en gaan interfereren met de kustlangse getijstroomsnelheden. Het hangt vervolgens van de onderlinge faseverschillen af of er meer of minder hoge stroomcontractie optreedt.

In het zuidelijk deel van het studiegebied ten oosten van de lijn "Groene Punt (Voorne) - Kwade hoek (Goeree)", is het effect van het open spui-beheer op de morfologie groter dan het effect van MV2. Het geschetste beeld in figuur 7.1 komt in dit gebied dan ook in hoge mate overeen met dat in figuur 4.1.

In het noordelijk deel van het studiegebied, ten noorden van de lijn "Slufter - Groene Punt", is het effect van MV2 op de morfologie dominant over het effect van het open spui-beheer. Het geschetste beeld in figuur 7.1 komt hier dan ook in hoge mate overeen met dat in figuur 5.2.

7.3 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2050

Figuur 7.2 toont de toekomstige morfologie van het studiegebied voor het jaar 2050. Het is het gevolg van een voortzetting van de hierboven beschreven processen, zij het dat de snelheid van de morfologische aanpassingen in de tijd uitdempen. Dit geldt vooral voor de natte geuldoorsneden, die op een termijn van 50 jaar hun nieuwe evenwichts-doorsneden nagenoeg zullen hebben bereikt. Trendbreuken in de morfologische ontwikkeling worden niet verwacht in de periode 2020 - 2050.

7.4 Synthese: morfologie van het studiegebied in 2100

Met uitzondering van het gebied voor de Brielsche Gatdam, zal in het jaar 2100 het inter-getijdgebied aanzienlijk zijn afgenomen en mogelijk zelfs zijn verdwenen. Dit komt door de afvlakkende werking van de kustdwarse getijstroming (een gevolg van het open spui-beheer), de versnelde relatieve zeespiegelstijging (een autonoom proces) en het zandtekort op de vooroever (mede het gevolg van de afschermdende werking van MV2).

De vooroever zal in het jaar 2100, ondanks de versnelde relatieve zeespiegelstijging zichtbaar zijn verondiept. Dit is veel duidelijker dan in de situatie met MV2 en huidig spui-beheer, of in de situatie zonder MV2 en open spui-beheer. Uitgezonderd in het gebied van de ontgrondingskuil, zullen de dieptelijnen op de vooroever tegen de wijzers van de klok zijn bijgedraaid. De dieptelijnen oriënteren zich min of meer op de overheersende golfvalsrichting, welke door de afschermdende werking van MV2 bijdraait naar meer westelijke richtingen (in plaats van de min of meer noordwestelijke richting in de situatie zonder MV2). Het bijdraaien van de dieptelijnen zal het meest zichtbaar zijn op de ondiepere delen van de vooroever (NAP - 6m), omdat golfwerking op kleinere waterdiepten meer "voelbaar" is en er hier bovendien meer afscherming van noordelijke golven optreedt.

Net als in de situaties zoals geschetst in figuur 4.3 (open spui-beheer; geen MV2) en in figuur 5.4 (huidig spui-beheer; MV2-zuid), zal er een ondiepe zone ontstaan voor de uitstroming van de nieuwe ebgeul(en). In figuur 7.3 is deze ondiepe zone echter groter en meer zeewaarts ge-positioneerd.

Het relatief ondiepe gebied ten noorden van de Groene Punt (Voorne) is ook geschetst in de toekomstvisies voor de varianten MV2-zuid (figuur 5.4) en open spui-beheer (figuur 4.3). In dit geval is de plaat hoogte iets lager omdat er minder golfenergie is om de plaat op hoogte te brengen en te houden (het gevolg van de golfafscherming door MV2). Tevens is er minder zand beschikbaar voor de opbouw van deze plaat, omdat er zand is afgezet op de vooroever (het gevolg van het open spui-beheer).

7.5 Grootste onzekerheden in de voorspelling

Over de toegenomen aanzanding op de vooroever en het bijdraaien van de dieptelijnen zijn we vrij zeker. Maar ook nu geldt, in navolging van het gestelde in paragraaf 4.7 en paragraaf 5.7, dat er sprake blijft van locale ontwikkelingen die allerm minst op voorhand te voorspellen zijn. Zo kan in het noordelijk deel van het studiegebied ook een ontwikkeling in gang worden gezet zoals uiteengezet in paragraaf 5.7 (figuur 5.5). Het gegeven dat in deze variant tevens sprake is van een open spuibeheer-variant, doet aan de beschrijvingen in paragraaf 5.7 niet af.

In het zuidelijk deel van het studiegebied kan een alternatieve morfologische situatie ontstaan, zoals beschreven in paragraaf 4.7. Dit houdt in dat een vloed-schaar tot ontwikkeling kan komen dicht onder de kust van Goeree. Deze vloed-schaar kan bijvoorbeeld insnijden door de huidige Kwade Hoek. Omdat in dit deel van het studiegebied de morfologische ontwikkeling in hoge mate bepaald wordt door het open spuibeheer, doet de aanwezigheid van MV2 weinig af aan de motivatie zoals gegeven in paragraaf 4.7.

Een alternatieve morfologie van het studiegebied voor het jaar 2100 is geschetst in figuur 7.4. Er is hier verondersteld dat de beide hierboven genoemde alternatieve ontwikkelingen samen plaatsvinden. Uiteraard kan ook slechts één van de alternatieve ontwikkelingen plaatsvinden, zoals bijvoorbeeld geen vloed-schaar door de Kwade Hoek, maar wel een spit voor de kust van Voorne, of net andersom.

8 Toekomst: open Haringvliet, MV2-noord

8.1 Inleiding

In hoofdstuk 6 werd beargumenteerd dat de beschouwde noord-variant van MV2 in vergelijking met de zuid-variant voor MV2, vrijwel geen afwijkend effect heeft op de zandtransportprocessen in het studiegebied. In Bijlage B wordt kort ingegaan op de gevolgen van een "extreme noord-variant" op de toekomstige morfologische ontwikkelingen in het studiegebied.

De consequentie van het bovenstaande is dan ook dat de toekomstvisies zoals beschreven in hoofdstuk 7 ook hier van toepassing zijn. Vandaar dat met een zeer beknopte presentatie kan worden volstaan.

8.2 Toekomstige morfologie van het studiegebied

Dezelfde toekomstvisie als gepresenteerd in hoofdstuk 7 is geprojecteerd op de situatie met de MV2 noord-variant uit figuur 8.1. Voor een beschrijving en onderbouwing van de hieronder gegeven toekomstvisies wordt verwezen naar de overeenkomstige paragrafen uit hoofdstuk 7.

Anno 2020

De verwachte morfologische situatie in het studiegebied op een tijdstermijn van 20 jaar wordt getoond in figuur 8.1. Zoals hiervoor beargumenteerd wijkt dit niet af van het beeld dat is afgeleid voor de situatie met de MV2 zuid-variant (figuur 7.1).

Anno 2050

Figuur 8.2 toont de verwachte morfologische situatie op een tijdstermijn van 50 jaar.

Anno 2100

Figuur 8.3 toont de verwachte morfologische situatie op een tijdstermijn van 100 jaar.

Alternatief anno 2100

Figuur 8.4 toont de mogelijk alternatieve morfologische situatie op een tijdstermijn van 100 jaar. Ook hier kan slechts één of beide alternatieve ontwikkelingslijnen zich voordoen (zie opmerkingen bij paragraaf 7.4).



9 Toekomst: Open Haringvliet, MV2-zuid en natuurvariant "Estuarium"

9.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de toekomstige morfologie van het studiegebied geschetst voor de situatie met een zuid-variant voor MV2 (overeenkomstig figuur 5.1), het spui-beheer Getemd Getij voor de Haringvlietsluizen (paragraaf 4.1) en een natuurvariant die wordt aangeduid met de term "estuarium". Het bijzondere van deze combinatie ten opzichte van die uit hoofdstuk 7, is dus de aanwezigheid van de natuurvariant. Een indruk van hoe dit er uit zou kunnen zien wordt getoond in figuur 9.1. De locatie van deze natuurvariant is bewust in het noord-oostelijke deel van het studiegebied gekozen. Mede op grond van de overwegingen zoals gegeven in de voorgaande hoofdstukken lijkt dit een geschikte plaats om aan natuurontwikkeling te doen.

Voor zover ons bekend zijn er voor deze variant nog geen modelberekeningen uitgevoerd (bijvoorbeeld van de waterbeweging). Daardoor is de onzekerheid in de voorspellingen die in dit hoofdstuk worden gegeven een stuk groter dan bij de varianten die in de voorgaande hoofdstukken staan beschreven.

De natuurvariant bestaat uit het opspuiten van een soort landtong in zuid tot zuidoostelijke richting vanaf ongeveer de huidige zuidpunt van de Slufter (figuur 9.1). Zowel hoogte, breedte, lengte en oriëntatie van de landtong staan nog ter discussie. Ten behoeve van die discussie worden in paragraaf 9.2 eerst enkele kustmorfologische overwegingen gegeven ten aanzien van de stabiliteit van deze landtong. Vervolgens wordt in paragraaf 9.3 aangegeven hoe de landtong de morfologische ontwikkelingen in het studiegebied laat afwijken van hetgeen reeds in hoofdstuk 7 staat beschreven (open Haringvliet; MV2-zuid). In grote lijnen komt dit er op neer dat de toekomstige morfologie van het noordelijk deel van het studiegebied door de aanwezigheid van de landtong wordt beïnvloed, terwijl dit in slechts zeer geringe mate geldt voor het zuidelijk deel van het studiegebied.

Een doorkijk naar de morfologie van het studiegebied voor de jaren 2020, 2050 en 2100 wordt gegeven in respectievelijk paragraaf 9.4, 9.5 en 9.6. Tenslotte wordt in paragraaf 9.7 kort ingegaan op de vraag of het huidige spui-beheer van de Haringvlietsluizen in deze MV2/natuurvariant tot een wezenlijk andere toekomstvisie leidt.

9.2 Stabiliteit van de landtong

De stabiliteit van de landtong is van belang voor het schetsen van de toekomstige vorm ervan. Immers, als de landtong een initiële vorm krijgt die in belangrijke mate afwijkt van de evenwichtsvorm, dan zal deformatie optreden. Dit kan bijvoorbeeld leiden tot een doorbraak, of tot verlies van plaatareaal. Ook is het dan niet uit te sluiten dat de morfologische ontwikkelingen elders in het studiegebied worden beïnvloed.

De stabiliteit van de landtong kan grofweg worden opgesplitst naar de volgende kenmerken:

- De vorm van de zeewaartse kustlijn, dat wil zeggen de oriëntatie ervan ten opzichte van de inkomende golven;
- Het profiel van de vooroever;
- De "doorgaande" hoogte (doorgaand in langsricting van de landtong);
- De minimale breedte.

Een bijkomend aspect is de stabiliteit van het zuidelijke "uiteinde" van de landtong. Dit wordt in paragraaf 9.3 in de beschouwing meegenomen.

Vorm van de zeewaartse kustlijn

De zeewaartse kustlijn zal zich zo willen oriënteren dat het langstransport in elk punt overeenkomt met het aanbod van zand, in beginsel uit kustlangse richting. Het hangt er dus van af hoeveel zand langs de zuidflank van MV2 richting de zandtong wordt getransporteerd. Om dit te kunnen beoordelen is een eenvoudige berekening uitgevoerd met de spiraal-theorie van Silvester (Silvester, 1978). Deze theorie behelst dat een kust in de luwte van een hard punt (zoals de zuidwest punt van MV2) de vorm aanneemt van een spiraal. In formule-vorm:

$$r = R_0 \exp(\delta \cotan \varepsilon) \quad (9.1)$$

Hierin is:

- r : De afstand van de kust tot het centrum van de spiraal (d.w.z. de positie van het maatgevende "diffractie punt": in dit geval de zuidwest punt van MV2);
- R_0 : Een constante die volgt uit de geometrie van het gebied en de beschikbare hoeveelheid zand voor de opbouw van de spiraal;
- δ : De hoek (in radialen) tussen de lijn vanaf een willekeurig punt op de spiraal naar het centrum van de spiraal en een gekozen x-coördinaatas;
- ε : Een hoek die volgt uit de volgende formule: $\varepsilon = 90^\circ - 6,5 \sqrt{\varphi}$
- φ : Een hoek die de richting van de jaarlijks gemiddelde golfenergie aangeeft.

In latere publicaties zijn nog wel andere vormen gesuggereerd die beter zouden aansluiten bij in de praktijk waargenomen spiraal-vormige kusten, maar tot wezenlijk andere conclusies leidt dat niet.

De belangrijkste invoerparameter is de invalshoek van de jaargemiddelde golfenergieflux. Hiervoor is een waarde genomen van 310°N , maar voor de conclusie van de hiernavolgende analyse maakt het niet veel uit of dit nu 300°N is of 320°N . De waarde van 310°N is een realistische schatting van de invalshoek van de jaargemiddelde golfenergie op diep water. Deze waarde wordt bevestigd door te kijken naar de huidige westkust van de Slufter. Dit kustvak staat loodrecht op 304°N , terwijl er sprake is van een zuidwaarts langstransport (figuur 2.1). Een netto golfrichting uit 310°N genereert een zuidwaarts langstransport.

De referentie-as van de spiraal (de X-as) leggen we langs de westelijke havendam. In dat geval bedraagt $\varphi = 20^\circ$.

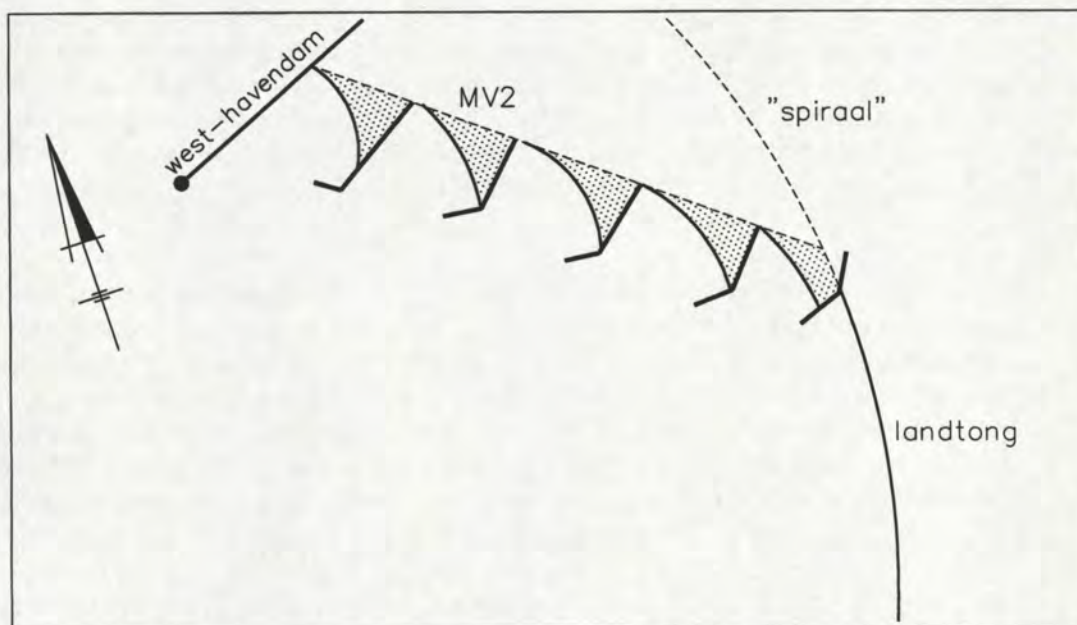
De waarde van R_0 kan worden berekend uit een aantal geometrische grootheden:

$$R_0 = r_{\max} / \exp(\delta_{\max} \cotan \varepsilon) \quad (9.2)$$

De waarde van δ_{\max} volgt uit: $\delta_{\max} = 180^\circ + \phi - \varepsilon$. In ons geval bedraagt dit dan 139° . Als we deze hoek uitzetten in figuur 9.1 en vervolgens aannemen dat de landtong ongeveer ter hoogte van de Hinderplaat ligt (ook nu komt dit niet zo nauw), dan kan worden opgemeten dat r_{\max} ongeveer 10 km bedraagt (dit is overigens niet meer zichtbaar in figuur 9.1). Er is dus sprake van een zeer grote spiraal. De waarde van R_0 bedraagt dan circa 3600 m. Met de aldus berekende waarde van R_0 kan vervolgens de evenwichtsvorm van de zuidflank van MV2 met aanliggende landtong worden berekend. Deze vorm is getekend in figuur 9.1.

De geschetste evenwichtskustlijn in figuur 9.1 laat duidelijk zien dat de zuidflank van MV2 uiterst kwetsbaar is: de spiraal "vreet" enorm in. Dit betekent dat er erg veel zand gesuppleerd zal moeten worden om achteruitgang te voorkomen. Het is waarschijnlijk dat deze jaarlijkse onderhoudsbehoefte tot de grootste van de Nederlandse kust zal gaan behoren (meer dan $0,5 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$). Deze onderhoudsbehoefte blijft bestaan totdat de hele spiraal dermate ver zeewaarts is opgeschoven (door het jaarlijks toevoegen van zand) dat deze niet meer de zuidflank van MV2 doorsnijdt. Dit is echter een hypothetisch verhaal, omdat tegen die tijd de gehele Haringvlietmond "volgespoten" zal zijn, hetgeen onzinnig is.

Uitgaande van de methode van Silvester ziet het er naar uit dat de zuidflank van MV2 niet "zacht" is uit te voeren, of in ieder geval niet zonder combinatie met harde elementen. Een methode om de vorm van MV2 toch te handhaven inclusief een zandige kust, is door middel van segmentering. Dat houdt in dat de kustboog wordt opgesplitst in kortere kustbogen die van elkaar gescheiden worden door middel van dammen (harde punten). In de onderstaande schets wordt dit principe getoond. Omdat de jaargemiddelde golfenergie vrijwel parallel invalt met de hoofdrichting van de zuidflank van MV2 is het nog maar de vraag of een dergelijke segmentering in dit geval zinvol is.



Als we ervan uitgaan dat de zuidflank van MV2 als een harde zeekering (dijk) wordt uitgevoerd, dan is de zandaanvoer richting landtong vanaf die kant nihil. Dat is ook het geval als de zuidflank met behulp van dammen wordt gesegmenteerd. De landtong zal zich dan willen richten loodrecht op de jaarlijks gemiddelde golfinvalshoek (dan is het jaarlijks gemiddelde langstransport ook nihil). De aan te leggen oriëntatie van de westzijde van de landtong dient dan ook zo veel mogelijk aan te sluiten bij de in figuur 9.1 geschetste spiraalvorm.

ver

Opmerking

We hechten er aan hierbij aan te tekenen dat de toepassing van de methode van Silvester op een dergelijke grote ruimtelijke schaal niet onomstreden is. Er is immers een groot diffractiegebied nodig om de spiraalvorming in gang te zetten en daar is hier bijna geen sprake van. Bij gebrek aan beschikbare modelberekeningen geeft de methode van Silvester wel een snel toepasbare eerste schatting van mogelijke kustlijnveranderingen. Nader onderzoek is nodig om definitief vast te kunnen stellen of de zuidkust van MV2 inderdaad niet is aan te leggen zoals tot nu toe werd verondersteld.

Profiel van de vooroever

Een zandopspuiting in een mariene omgeving leidt meestal tot aanpassing van het onderwaterprofiel. Vaak wordt een profiel bewust "te steil" gemaakt, om zo te besparen op de aanlegkosten. In dat geval zal het profiel gaan verflauwen, met als gevolg dat er erosie aan de bovenkant van het profiel optreedt. Dit wordt dan met regelmatige suppleties gecompenseerd. Deze situatie deed zich bijvoorbeeld voor bij de aanleg en het onderhoud van de Slufterkust (afgezien van de huidige onderhoudsbehoefte die het gevolg is van zandverliezen naar het zuiden: zie figuur 2.1).

De landtong komt te liggen in een gebied waar de bodemhellingen flauw zijn (tussen NAP -2 en NAP -6 bedraagt dit nu reeds circa 1:500) en nog flauwer zullen worden (zie bijvoorbeeld figuur 7.2 met hellingen flauwer dan 1:700). Het gegeven dat het profiel nu reeds flauw is, maakt deze locatie extra geschikt voor de aanleg van de landtong. Immers: een belangrijk deel van het profiel (ruwweg onder NAP -2 m) is reeds flauw genoeg.

Hoogte

Het is op het eerste gezicht van belang om washovers over de landtong te voorkomen. Deze zouden immers de integriteit (het aaneengesloten karakter) van de landtong kunnen verstoren en bovendien tot moeilijk voorspelbare ontwikkelingen kunnen leiden. De minimale doorgaande hoogte over de landtong moet dan liggen boven het stormvloedniveau vermeerderd met de golfoploop. Als we hier een ruime zekerheidsmarge bovenop zetten, dan denken we dat deze hoogte circa NAP +5 m zou moeten zijn. Begroeiing kan voorkomen dat de wind het profiel na verloop van tijd onder dit criterium afvlakt.

Breedte

Een hoogte van NAP +5 m betekent wel dat er in geval van duinafslag, bijvoorbeeld tijdens een zuidwester storm, redelijk veel horizontale achteruitgang kan optreden. Lage duinen gaan immers sneller achteruit dan hoge duinen. Om washovers en doorbraken te voorkomen is het dus van belang om naast de minimale doorgaande hoogte ook een criterium te stellen aan de minimale breedte van dit hoger gelegen gedeelte. Op het eerste gezicht lijkt een minimale breedte van 200 m voldoende om genoeg tijd te krijgen om nog in te grijpen als dat nodig mocht blijken te zijn. Regelmatige metingen, vooral ook na een storm, worden aanbevolen als voor een dergelijke minimale breedte wordt gekozen.

Figuur 9.1 laat zien dat de breedte van de landtong ruimschoots de 200 m zal overschrijden (met circa 800 m). Met het bovenstaande wordt betoogd dat de zone waar de minimale hoogte wordt aangelegd in ieder geval die 200 m dient te bedragen. Het overige deel van de landtong kan dan onder die minimale hoogte worden aangelegd.

Het is van belang hierbij op te merken dat de bovenstaande richtlijnen een eerste "schot voor de boeg" zijn. Nader onderzoek zal moeten aantonen of de gegeven dimensies redelijk zijn.

9.3 Specifieke morfologische processen

Hieronder wordt vooral ingegaan op de specifieke morfologische processen die worden veroorzaakt door de aanwezigheid van de landtong. Voor het overige wordt volstaan met een verwijzing naar hoofdstuk 7 (variant: Getemd Getij en MV2-zuid).

De deformatie van de landtong als gevolg van gradiënten in het langtransport hangt af van de initieel aangelegde oriëntatie. Vergelijken we de oriëntatie van de voorgestelde landtong met de evenwichtsvorm (figuur 9.1), dan wordt duidelijk dat er een grote discrepantie is. Er is echter nog geen vaste vorm van de landtong gekozen, wat ondermeer blijkt uit een alternatieve layout die in een later stadium aan ons is toegestuurd (figuur 9.2).

Als we uitgaan van een landtong zoals getekend in figuur 9.1 (dus met een noordwest - zuidoost oriëntatie), dan zal er een relatief groot oostwaarts langtransport plaatsvinden. Omdat de golven onder een relatief grote hoek de opgespoten kust van de landtong naderen, kunnen er zogenaamde zandgolven ontstaan. Hierdoor verliest de kustlijn van de landtong zijn rechte vorm. Voor een vaste positie langs deze kust betekent dit ook dat er meerjarige perioden zullen optreden met kustlijnachteruitgang (tijdens het "dal" van de passerende zandgolf) en perioden met kustlijnvooruitgang (tijdens de "top" van de passerende zandgolf).

Uiteindelijk zal de "voorgestelde landtong" van figuur 9.1 verhelen met de westkust van Voorne. Hoelang dat duurt hangt mede af van de langtransporten en het volume van de op te vullen ruimte tussen de aangelegde punt van de landtong en de kust van Voorne. Gegeven de grote invalshoek van de golven, lijkt een eerste schatting van de langtransporten ter grootte van $0,3 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ redelijk. Dit is vergelijkbaar met de westkust van Goeree (paragraaf 2.2.7). Het volume van het gebied dat eerst dient te worden opgevuld voordat de landtong verheelt met Voorne wordt uit beschikbaar kaartmateriaal geraamd op circa 1 tot 7 miljoen kubieke meter (lengte 2 á 3 km; breedte 300 á 600 m; schijfdikte 2 á 4 m). Als we uitgaan van 3 Mm^3 , dan betekent dit dat na tien jaar verheling van de landtong met de kust van Voorne kan zijn gerealiseerd.

Het is niet uit te sluiten dat er een kleine geul blijft bestaan die het gebied voor de Brielsche Gatdam vult en ledigt, maar het is ook niet uit te sluiten dat deze geul door de relatief grote zanddruk wordt gesloten. In het eerste geval ontstaat er een sluftrachtig gebied voor de Brielsche Gatdam; in het tweede geval ontstaat er een afgesloten bekken.

Als gevolg van de aanwezigheid van meer zand in de noordoost hoek van het studiegebied zal ook de kweldervorming voor de Brielsche Gatdam sneller kunnen plaatsvinden dan momenteel het geval is. Hierbij komt dat tijdens de opspuitwerkzaamheden waarschijnlijk een niet onaanzienlijke hoeveelheid fijn materiaal in dit gebied tot afzetting komt.

De ontwikkelingen in de rest van het studiegebied zullen maar weinig worden beïnvloed door de aanwezigheid van een landtong zoals geschetst in figuur 9.1. Dat geldt minder voor een aanlegvorm zoals geschetst in figuur 9.2 die veel verder het studiegebied insteekt.

Een andere mogelijkheid die men zou kunnen overwegen is niet de landtong ineens op te spuiten, maar deze "vanzelf" te laten ontstaan met zand afkomstig van een zandige ononderbroken MV2-zuidkust. Voor de vorming van 750 hectare droogvallend natuurgebied is naar schatting $25\text{-}50 \text{ Mm}^3$ zand nodig. Als er gemiddeld $0,75 \text{ Mm}^3$ zand per jaar wordt gesuppleerd op de erosieve zuidkust van MV2 en aannemende dat twee derde deel van dit materiaal daadwerkelijk ten goede komt aan de vorming van de landtong, dan duurt het dus 50-100 jaar voordat één en ander is gevormd. De vraag rijst echter of in een dergelijk scenario een

landtong ontstaat dat lijkt op de "alternatieve landtong" zoals geschetst in figuur 9.1. Wij denken van niet. In plaats daarvan zal het gebied voor de Brielsche Gatdam snel ophogen en zal er een ondiepe zandrug (mogelijk tot NAP) ontstaan in een vloeiende lijn van de zuidwest-punt van de Slufter naar de noordwest-kust van Voorne. In dat geval ontstaat er geen landtong met daarachter een estuarium. Deze situatie is te vergelijken met de verwachte ontwikkelingen die hierboven staan beschreven bij de "voorgestelde landtong" uit figuur 9.1.

Voor het vervolg van onze beschouwing zijn we ervan uitgegaan de landtong een vorm krijgt die in grote lijnen aansluit bij de evenwichtsvorm (de "alternatieve landtong" in figuur 9.1).

De alternatieve landtong (figuur 9.1), heeft vooral invloed op de processen in het noordelijk deel van het studiegebied en dan hoofdzakelijk in het gebied ten noordoosten van de landtong. Daar wordt immers een luwtegebied gecreëerd, waar de omstandigheden gunstig zijn voor kweldervorming. Deze situatie is te vergelijken met de huidige situatie voor de Brielsche Gatdam, waar eveneens sprake is van kweldervorming. De snelheid waarmee de kwelders zich in het nieuwe luwtegebied ontwikkelen hangt mede af van de beschikbaarheid van sediment voor deze uitbouw. Het gehalte slib blijft waarschijnlijk beperkt, omdat het slib uit de Nieuwe Waterweg hoofdzakelijk noordwaarts richting Waddenzee wordt getransporteerd en de slibtoevoer uit het Haringvliet niet groot zal zijn. (N.B. daar zal in de praktijk ook voor worden gewaakt gegeven de kwaliteit van het slib op de bodem van het Haringvliet). Waarschijnlijk is ook de concentratie fijn zand beperkt. In combinatie met de versnelde relatieve zeespiegelstijging betekent dit dat de kweldervorming een traag verlopend proces zal blijken te zijn. Wel is de verwachting dat in het luwtegebied het oppervlak intergetijdgebied zal toenemen. Het is niet mogelijk om hiervoor in termen van oppervlakten een onderbouwde voorspelling te geven.

Opvulling van het luwtegebied ten noordoosten van de landtong kan worden versterkt door eolisch zandtransport over de landtong. Een dergelijke zandbron voor het luwtegebied betekent zandverlies voor de landtong. Met behulp van de juiste vegetatie kan dit worden voorkomen, dan wel misschien op sommige locaties juist worden versterkt.

De duinen van Voorne ("Groene Punt") zullen vanzelfsprekend ook gevolgen ondervinden van de landtong. De hoeveelheid brandingsenergie vlak voor de NW-kust van Voorne zal afnemen, waardoor de toch al beperkte hoeveelheid zoutspray nog verder zal reduceren. Ook de incidentele duinafslag zal hier nog verder afnemen.

Het gebied ten westen van de landtong en ten zuiden van MV2, ontwikkelt zich op een vergelijkbare manier als hetgeen staat beschreven in hoofdstuk 7. Er zijn geen wezenlijke veranderingen te verwachten in de processen die de morfologie van dit gebied sturen. Een belangrijke reden hiervoor is dat de landtong in het schaduwgebied van MV2 en buiten het invloedsgebied van het getij-gedomineerde zuidelijke deel van het studiegebied ligt.

De morfologische ontwikkelingen aan de zuidflank van de landtong hangen af van de zuidwaartse extensie van de landtong. Als we ervan uitgaan dat dit niet meer dan, zeg 4 km bedraagt, dan blijft de landtong buiten het zuidelijke deel van het studiegebied, waar getijgeulen kunnen ontstaan of reeds liggen. Ook dan zal de zuidflank van de landtong niet zo'n ronde vorm krijgen als bijvoorbeeld geschetst in figuur 9.2. Het is waarschijnlijk dat er een geultje zal ontstaan vlak onder de zuidflank van de landtong. Dit geultje vult en ledigt het kombergingsgebied achter de landtong. Het oppervlak van dit kombergingsgebied zal, afhankelijk van de uiteindelijke te kiezen vormgeving van de landtong tussen de 10 en de 20 km² bedragen. Uitgaande van de gemiddelde getijslag van 2,2 m (als gevolg van het

Getemd Getij spui-beheer neemt de getijslag af: zie paragraaf 4.2), volgt hieruit een natte geuldoorsnede van circa 1800 á 3500 m². De geul, met een breedte van tussen de 40 en 100 m, zal dicht onder de zuidflank van de landtong langs lopen en aan de zeezijde een zuidwestelijke oriëntatie krijgen (in overeenstemming met het verloop van de iso-faselijnen van het getij).

Ook golf- en windgedreven stromingen zullen de vorm van de zuidflank van de landtong beïnvloeden. Het is verstandig om een zone aan de zuidzijde van de landtong aan te wijzen, waarbinnen geen functies moeten worden gepland die een stabiele morfologie vereisen (zoals bijvoorbeeld bebouwing). Hier zal een uiterst morfo-dynamisch gebied ontstaan met zandlobben, strandhaken, kortsluitgeulen en wat dies meer zij.

Het zuidelijk deel van het studiegebied ontwikkelt zich op een vergelijkbare manier als hetgeen staat beschreven in hoofdstuk 7. Er zijn geen wezenlijke veranderingen te verwachten in de processen die de morfologie van dit gebied sturen.

9.4 Synthese: Morfologie van het studiegebied in 2020

Figuur 9.3 toont de verwachte bodemligging voor het jaar 2020 in de situatie met Getemd Getij, MV2 zuid en een landtong die aan de zeezijde aansluit bij de evenwichtsspiraal uit figuur 9.1. Ten opzichte van figuur 7.1 die geldt voor dezelfde situatie maar dan zonder landtong, zijn de volgende ontwikkelingen van belang:

- Langs de zuidflank van de landtong heeft zich een geultje gevormd. Deze geul heeft een noordoost - zuidwest oriëntatie en kan mogelijk aan de zuidoostpunt van de landtong voor uitschuring zorgen.
- Aan de zuidoostzijde van de landtong kunnen strandhaken zijn gevormd als gevolg van de resulterende oostwaartse brandingsgedreven langstransporten. Het is de vraag of deze strandhaken door de nieuwe geul worden geërodeerd. Het vullen en ledigen van het kombergingsgebied achter de landtong geeft waarschijnlijk voldoende afvoerende transportcapaciteit om deze geul te laten bestaan. Maar het is niet ondenkbaar dat de geul in oostwaartse richting is opgeschoven. Er ontstaat een soort "mini-inlet", vergelijkbaar met het huidige Hindergat, inclusief overstekende banken en de vorming van platen aan weerszijden van de geul (dus ook in de vloedkom). Er kunnen kortsluitgeulen ontstaan over en door de gevormde strandhaken, die de rol van de eerste geul kunnen gaan overnemen. De exacte morfologie van dit gebied op een bepaald tijdstip in de toekomst is niet voorspelbaar. De vraag is ook of dat relevant is. Vaststaat dat hier een dynamisch gebied met schuivende platen, strandhaken en geultjes ontstaat dat vrijwel constant aan verandering onderhevig zal zijn.
- Er is ten opzichte van figuur 7.1 weinig verschil in het "geulengebied" in het zuidelijk deel van het studiegebied. Er kan een (klein) verschil optreden in de isofaselijnen van het getij door het studiegebied, maar dat zal geen noemenswaardig effect hebben op de ligging van de getijgeulen.
- Ook in het gebied ten westen van de landtong, vlak voor de zuidflank van MV2, zijn er geen grote verschillen te verwachten in de morfologische ontwikkeling als gevolg van de aanwezigheid van de landtong. Waarschijnlijk zal het gebied nog iets ondieper zijn geworden, omdat er meer zand in het systeem is gebracht en omdat er mogelijk als gevolg van profielverflauwing vooral van het bovenste deel van het opgespoten profiel, zand vanaf de landtong naar dieper water is getransporteerd.

9.5 Synthese: Morfologie van het studiegebied in 2050

De ontwikkelingen die hierboven en in hoofdstuk 7 staan beschreven, gaan in de periode 2020 - 2050 vrijwel ongestoord verder. Figuur 9.4 toont de verwachte bodemligging voor het jaar 2050.

Ten opzichte van de situatie zonder landtong (zie figuur 7.2) zijn de verschillen niet groot. Zoals ook hiervoor betoogd zal het gebied ten westen van de landtong iets ondieper zijn, maar nog steeds vlak van karakter (zonder banken of platen).

Het gebied in het zuidelijk deel van het studiegebied ontwikkelt zich min of meer onafhankelijk van de landtong. Alleen is de kans kleiner dat een geul zich in een sterk noordwaartse richting zal ontwikkelen. Maar gezien de oriëntatie van de geulen (richting het zuidwesten) is een dergelijke geulontwikkeling toch al niet waarschijnlijk.

Het gebied rondom de zuidflank van de landtong zal ook in 2050 dynamisch van karakter blijven. Zoals hierboven betoogd laat het zich niet voorspellen hoe dit betrekkelijk kleine gebied er in 2050 precies bij zal liggen.

Het intergetijdegebied in het estuarium ten oosten van de landtong zal in 2050 zijn toegenomen. Opnieuw geldt dat het vrijwel niet is aan te geven hoeveel dit precies zal zijn. Als eerste "schot voor de boeg": meer dan 10 hectare en minder dan 100 hectare ten opzichte van de situatie direct na aanleg van de landtong.

9.6 Synthese: Morfologie van het studiegebied in 2100

Figuur 9.5 toont de verwachte bodemligging voor het jaar 2100. De ontwikkelingen in het gebied ten westen van de landtong en in het zuidelijke deel van het studiegebied zijn vrijwel één-op-één overgenomen uit figuur 7.3 (situatie zonder landtong). Er is alleen een geringe relatieve verondieping op de noordelijke vooroever aangebracht, wegens de grotere beschikbaarheid van zand. De situatie rondom de zuidflank laat zich, zoals eerder gesteld niet precies beschrijven, zodat het verschil met de situatie uit figuur 9.3 en figuur 9.4 gering is. Tenslotte is het intergetijdegebied in het gebied tussen de landtong en de kust van Voorne nog verder in oppervlakte toegenomen.

De grootste onzekerheden in de voorspelling zijn dezelfde als reeds beschreven in de voorgaande hoofdstukken. Daarbij komt dat de precieze morfologie in het uiterst dynamische gebied aan de zuidzijde van de landtong niet voorspelbaar is. Ter illustratie hiervan: het is ook niet uit te sluiten dat aan de zuidelijke kop van de landtong een vorm ontstaat, zoals we die aantreffen aan de oostzijde van de Waddeneilanden. Dat wil zeggen een soort spit, waar zich van tijd tot tijd zandplaten van afscheiden. Waar die dan heengaan (naar Voorne of met de spuistroom mee naar buiten) hangt af van de specifieke situatie die bij de getijde-inlaat naar het Brielsche Gat ontstaat. Deze situatie is niet op basis van de thans beschikbare informatie te voorspellen. Hier is bij uitstek de algemene stelregel van toepassing dat hoe kleiner de schaal van de morfologische processen, hoe dichter bij de voorspelbaarheids-horizon en dus ook hoe moeilijker de voorspelling van het lange-termijn gedrag.

9.7 Situatie met het huidig spui-beheer van de Haringvlietsluizen

In de voorgaande paragrafen is duidelijk geworden dat de aanwezigheid van de landtong vooral de toekomstige morfologie bepaald in het noordoostelijke deel van het studiegebied. Zoals uit de voorgaande hoofdstukken bleek is het effect van het open spui-beheer van de



Haringvlietsluizen vooral merkbaar in het zuidelijk deel van het studiegebied. Dit betekent dat het voorspellen van de toekomstige morfologie voor de situatie met het huidige beheer, MV2-zuid en de natuurvariant "estuarium" uit het voorgaande is af te leiden: een geulenstelsel in het zuiden en een vooroever overeenkomstig de figuren 5.2 tot en met 5.4; en een ontwikkeling rondom de landtong conform figuren 9.3 tot en met 9.5.



10 Conclusies en aanbevelingen

10.1 Conclusies

In deze studie zijn morfologische toekomstvisies ontwikkeld voor een achttal combinaties van open spui-beheer en MV2-varianten, inclusief de autonome ontwikkeling. Deze toekomstvisies zijn opgesteld uitgaande van de beschikbare kennis en inzichten over de morfologische processen in het studiegebied. Hieronder wordt per bestudeerde variant een korte beschrijving gegeven van de ontwikkelde toekomstvisies. Voor een onderbouwing wordt verwezen naar de voorgaande hoofdstukken.

Huidige situatie (hoofdstuk 3)

De verwachte autonome ontwikkeling van het studiegebied wordt getoond in de figuren 3.1 tot en met 3.3 voor de jaren 2020, 2050 en 2100. Een alternatieve ontwikkelingsrichting voor het jaar 2100 wordt getoond in figuur 3.4.

Het noordelijk en het zuidelijk deel van het studiegebied ontwikkelen zich redelijk onafhankelijk van elkaar. De scheidslijn loop daarbij ongeveer door de huidige as van de Middengeul.

In het noordelijk deel van het studiegebied ontwikkelt zich op een termijn van enkele decaden een slufteer-achtig gebied. Het huidige Bokkegat is dan niet meer aanwezig, net zo min als het Rak van Scheelhoek. Dit slufteer-achtig gebied wordt gevuld en gedraineerd door een geul die mogelijk een migratiecyclus te zien geeft. Van belang bij de ontwikkeling van dit gebied zijn de zandsuppleties op de slufteerkust die noodzakelijk blijven om ondermijning van de westzijde van de Slufteerdam te voorkomen.

In het zuidelijk deel van het studiegebied hangt het er van af welke beheerstrategie wordt gevolgd. Thans is er van uitgegaan dat er een minimale vaargeul in stand wordt gehouden om de toegang tot de haven van Stellendam te waarborgen. De zuidelijke Garnalenplaat zal vermoedelijk verdwijnen door afkalving vanuit het zuiden. Er kan daardoor een nieuwe geul tot ontwikkeling komen. Het is waarschijnlijk dat deze geul aan de zeezijde een westelijke oriëntatie aanneemt. Dat is immers de richting waaruit het getij het studiegebied oploopt. Na verloop van tijd zal deze nieuwe geul meer gekromd worden door een heroriëntatie van het zeevaartse deel en zanddruk vanuit het zuiden op het binnengelegen deel.

De kust van Goeree zal verder zijn aangegroeid, waarbij het zwaartepunt van de aangroeizone zich enkele kilometers verplaatst vanaf de Kwade Hoek in westelijke richting.

Sommige ontwikkelingen zijn op dit moment niet goed voorspelbaar, zoals:

- De precieze ligging van de oostwaarts gemigreerde Hinderplaat en zijn precieze vorm (ononderbroken zandrug of een aantal uiteengevallen delen);

- De mogelijke ontwikkeling van een nieuwe plaat iets ten zuidwesten van de huidige Hinderplaat. Ten oosten van deze noord-zuid gerichte, langgerekte plaat kan dan een geul ontstaan die zich het beste laat vergelijken met het huidige Bokkegat.
- Het ontstaan van een nieuwe geul meer in het verlengde van de spuigeul Noord-Pampus. Het is niet uit te sluiten dat een dergelijke geul onvoldoende stroom trekt en het dus niet gaat "winnen van het huidige Slijkgat.

In figuur 3.4 wordt een alternatieve toekomstvisie getoond. Hierin is het Slijkgat min of meer onveranderd gebleven en heeft zich ten zuidwesten van de huidige Hinderplaat een nieuwe ondiepte gevormd.

De kromming in het Slijkgat-Oost zal dan door de verdere uitbouw van de Kwade Hoek aanzienlijk zijn toegenomen in 2100. Hierdoor ontstaat het beeld van een meander, waardoor misschien een bres wordt geslagen in de Kwade Hoek.

Gewijzigd spuibeheer "Getemd Getij" en geen MV2 (hoofdstuk 4)

De verwachte toekomstige ontwikkelingen in het studiegebied voor deze situatie worden getoond in de figuren 4.1 tot en met 4.3 voor de jaren 2020, 2050 en 2100. Een mogelijk variant wordt voor het jaar 2100 getoond in figuur 4.4.

De scheiding tussen de morfologische ontwikkeling in het noordelijke en het zuidelijke deel van het studiegebied is ook in deze variant goed zichtbaar in het jaar 2100.

In tegenstelling tot de huidige situatie is nu veel minder sprake van een slufteer-achtig gebied voor de westkust van Voorne. Tengevolge van een toename van het getijvolume door een doorsnede over de hele buitendelta met ongeveer 100 Mm^3 , worden er enkele tientallen Mm^3 zand naar de vooroever verplaatst. Hoewel deze grootschalige uitschuring van het oostelijk deel van het studiegebied zich hoofdzakelijk afspeelt in de getijgeulen en in de zuidelijke helft van het studiegebied, betekent dit toch dat er minder zand in het noorden overblijft voor de vorming van voornoemd slufteer-achtig gebied. De zandvoeding op de westkust van de Slufteer (circa 25 Mm^3 in de komende eeuw) zorgt echter voor een belangrijke zandbron naar het gebied voor de noordwestkust van Voorne. Deze zandvoeding ligt min of meer in de luwte van de sterk toegenomen oost-west-gerichte getijstromingen van en naar de Haringvlietluizen. Op grond van deze overwegingen verwachten we dat zich een ondiepe zone ontwikkelt vóór de Groene Punt (RSP 10 km op Voorne), met daarop een aantal kleinere banken die relatief dicht onder de noordwest-kust van Voorne liggen. Het totale plaatareaal op de buitendelta boven NAP -2 m zal kleiner zijn dan bij de autonome ontwikkeling. Hier staat tegenover dat er een groot oppervlak aan intergetijdegebied ontstaat ten oosten van de Haringvlietdam.

De huidige vooroever zal ondieper worden, vooral tussen NAP -5 m en NAP -10 m. Een herstel van de situatie van vóór 1970 is daarbij niet te verwachten, omdat het totale getijvolume door de Haringvlietluizen nog altijd kleiner is (60%) dan in de situatie zonder Haringvlietdam. Vanwege de positie van de nieuwe ebgeulen is vooral een uitbouw van de vooroever in het centrale of zuidelijke deel van de vooroever te verwachten. Tot plaatvorming leidt dit niet.

Het effect van het open spuibeheer "Getemd Getij" is vooral merkbaar in de zuidelijke helft van het studiegebied. Er ontwikkelt zich hier een nieuw geulensysteem met een centraal gelegen ebgeul, waarvan de natte doorsnede groter zal zijn dan de huidige doorsnede van het Slijkgat. Ook deze ebgeul zal aan de zeezijde als gevolg van stroomdivergentie, een drempel

vormen. De ebgeul kan vertakken, waarbij de meest noordelijke tak de ontwikkelingen voor de kust van Voorne kan gaan beïnvloeden.

Naast de centraal gelegen ebgeul zal een vloed-schaar in stand blijven voor de kust van Goeree. Deze geul volgt de weg met de grootste waterstandsverhangen tijdens de vloedfase en dat loopt min of meer volgens het huidige traject van het Slijkgat. Omdat de kust van Goeree blijft uitbouwen (het wegspoelen van de Kwade Hoek wordt in eerste instantie niet verwacht), ontstaat er een interessant krachtenspel tussen enerzijds de zanddruk vanaf de uitbouwende kust en anderzijds de uitschurende werking van de vloed-gedomineerde getijstrooming. In de alternatieve toekomstvisie snijdt de vloedgeul door de recente en toekomstige afzettingen van de Kwade Hoek. Tevens heeft in dit alternatief de centrale ebgeul een iets noordelijker positie, waardoor de ondiepte voor de Groene Punt een aangepaste vorm krijgt (zie figuur 4.4).

MV2 en ongewijzigd spuibeheer (hoofdstukken 5 en 6)

Figuur 5.1 toont de contouren van de hier beschouwde MV2 zuid-variant. Figuur 6.1 doet hetzelfde voor de hier beschouwde MV2 noord-variant. Beide MV2-varianten hebben dezelfde gevolgen voor de morfologische ontwikkelingen in het studiegebied. Zo er al verschillen zijn, dan zijn deze van dien aard, dat ze niet zichtbaar te maken zijn in de hier gepresenteerde toekomstvisies. In Bijlage B wordt ingegaan op de morfologische ontwikkelingen met een "extreme noord-variant" voor MV2. Die lijken meer op de autonome ontwikkeling dan de hier onderzochte zuid- en noordvariant van MV2.

De verwachte toekomstige ontwikkelingen in het studiegebied voor de situatie met de zuid-variant van MV2 worden getoond in de figuren 5.2 tot en met 5.4 voor de jaren 2020, 2050 en 2100. Een mogelijk variant wordt voor het jaar 2100 getoond in figuur 5.5.

Opnieuw lijkt slufteer-vorming voor de kust van Voorne minder duidelijk dan bij de autonome ontwikkeling. In plaats daarvan ontstaat een ondiepe zone voor de Groene Punt met enkele ondiepe banken op enige afstand uit de kust. Voor de Brielsche Gatdam kan een ondiepe zandrug liggen die is ontstaan door brandingsgedreven zandtransport vanaf de zuidflank van MV2.

Een alternatieve ontwikkeling treedt op wanneer de Hinderplaat niet oostwaarts, maar noordwaarts migreert (figuur 5.5). Dan ontstaat een ondiep gebied voor de zuidflank van de Slufterdam, dat zich uitstrekt richting kust van Voorne. Ook in deze situatie zal het gebied voor de Groene Punt ondiep zijn, met waarschijnlijk een secundair reliëf (kleinschalige bodemvormen).

De vooroever verondiept, vooral in de noordelijke helft en buiten de invloedszone van de aantrekkende getijstroomsnelheden rondom de zuidwestpunt van MV2. Ter hoogte van deze harde zuidwestpunt zal een ontgrondingskuil ontstaan, die zich tot op de vooroever uitstrekt.

In het zuidelijk deel van het studiegebied ontwikkelt zich op hoofdlijnen een vergelijkbare bathymetrie als bij de autonome ontwikkeling. Wel zullen er verschillen zijn als gevolg van selectieve golfafscherming door MV2, waardoor dieptelijnen zich wat meer op het westen zullen oriënteren.

De aangroei van de Kwade Hoek wordt vrijwel niet beïnvloed door de aanleg van MV2. De aangroei-zone verlegt zich na enkele decaden, net als in de huidige situatie, in westwaartse richting als gevolg van het bijdraaien van de kustlijn van Goeree.

Een belangrijke bron van onzekerheid bij deze variant ligt in de vraag hoeveel zand er langs de zuidkust van MV2 het gebied in komt. Gelet op de oriëntatie van deze kust ten opzichte van de inkomende golven, zou dit wel eens een groot volume kunnen zijn. Maar daarmee wordt het tevens onwaarschijnlijker dat de zuidkust van MV2 ook daadwerkelijk een zachte ononderbroken kust zal worden.

MV2 en gewijzigd spui-beheer "Getemd Getij" (hoofdstukken 7 en 8)

De verwachte toekomstige ontwikkelingen in het studiegebied voor deze variant (met MV2-zuid) worden getoond in de figuren 7.1 tot en met 7.3. Een mogelijk alternatief voor het jaar 2100 wordt getoond in figuur 7.4. Omdat de hier beschouwde noordelijke MV2-variant niet tot wezenlijk andere bodemontwikkelingen leidt, zijn deze figuren ook van toepassing voor de variant "Getemd Getij en MV2-noord" (figuren 8.1 tot en met 8.4).

Op een termijn van 100 jaar ontstaat een situatie met een zeer flauwe vooroever voor de NW-kust van Voorne en het Brielsche Gat / Slufterdam (hellingen tussen NAP -1 m en NAP -4 m van gemiddeld 1:1000). In de alternatieve toekomstvisie (figuur 7.4) is sprake van meer reliëf in de bodemtopografie.

De aanzanding op de vooroever is in deze variant het grootst. Er is tevens sprake van een zichtbare bijdraaiing van de dieptelijnen. Ook nu worden er op een termijn van een eeuw geen platen verwacht op de vooroever, vanwege de relatief grote diepten.

Het geulenstelsel dat zich in het zuidelijke deel van het studiegebied instelt zal sterk lijken op het geulenstelsel in de variant met alleen open spui-beheer. De geulvorming wordt immers hoofdzakelijk bepaald door de getijstromingen van en naar het toegevoegde kombergingsgebied van het Haringvliet. Door de afgenomen invloed van de golven kunnen de geulen mogelijk wel een stabielere positie innemen en bovendien een andere (evenwichts-) dwarsdoorsnede krijgen (dieper en minder breed).

De alternatieve toekomstvisie van deze variant bestaat uit een vloedgeul die door de Kwade Hoek snijdt, en een aangelande plaat voor de zuidkust van de Slufter en de monding van het voormalige Brielsche Gat.

MV2-zuid, "Getemd Getij" en natuurvariant "Estuarium" (hoofdstuk 9)

De natuurvariant "Estuarium" bestaat uit het opspuiten van een omvangrijke landtong aan de zuidoostzijde van MV2. Uit de analyse blijkt dat de toekomstige morfologische ontwikkelingen in het zuidelijk deel van het studiegebied voornamelijk afhangen van het gekozen spui-beheer voor de Haringvlietsluizen. De aanwezigheid van de landtong, mits deze niet langer wordt dan, zeg, 3 à 4 km heeft vooral gevolgen op de morfologische ontwikkelingen in het noord-oostelijk kwadrant van het studiegebied.

Van doorslaggevend belang daarbij is de vormgeving van de landtong. Uit een eerste stabiliteitsbeschouwing kwam het beeld naar voren dat de zeewaartse begrenzing van de landtong een "spiraal-vorm" wil aannemen zoals getekend in figuur 9.1. Wordt de landtong significant anders aangelegd dan zal er sprake zijn van grootschalige deformatie. Opgemerkt wordt dat ook uit deze beschouwing naar voren komt dat de zuidkust van MV2 sterk afwijkt van deze evenwichtskustvorm. Het is dan ook twijfelachtig of de zuidkust van MV2 kan worden aangelegd als een zandig ononderbroken kustvak.

Uitgaande van de "alternatieve" landtong uit figuur 9.1, die aansluit bij de evenwichtsvorm, zal er vooral aan de zuidzijde van de landtong een zeer dynamisch gebied ontstaan, met

zandlobben, strandhaken, migrerende geulen en overstekende zandbanken. De precieze morfologie is daarvan niet te voorspellen.

In de figuren 9.3 tot en met 9.5 worden de toekomstige bodemliggingen gegeven voor de jaren 2020, 2050 en 2100 (uitgaande van het huidige spui-beheer). In de zuidelijke helft van het studiegebied komt dit beeld sterk overeen met dat uit de figuren 7.1 tot en met 7.3. De vooroever van de noordelijke helft van het studiegebied is meer verondiept door de grotere beschikbaarheid van zand.

Het gebied ten zuiden van de landtong is weliswaar geschetst, maar gegeven het dynamische karakter ervan moet aan de precieze ligging van de bankjes en geulen niet te veel waarde worden gehecht.

10.2 Aanbevelingen

We zijn ons er terdege van bewust dat de gepresenteerde toekomstvisies van de morfologie van de Haringvlietmond aan discussie onderhevig zullen zijn en zullen blijven. De gevolgde aanpak wordt immers voor een deel ingegeven door professionele intuïtie, waarbij we ons ervan bewust zijn dat niet elke morfologische ontwikkeling voorspelbaar is. Het lijkt ons dan ook nuttig en zinvol om dit document voor te leggen aan een panel van deskundigen op het gebied van de kustdynamica. Aanbevolen wordt om door middel van een seminar of brainstorm-sessie met dit panel nadere verfijningen, aanpassingen of alternatieve toekomstvisies te ontwikkelen. De resultaten van deze discussie dienen daarna in een nieuwe uitgave van het huidige rapport te worden verwerkt. Op die manier ontstaat een mogelijke "kennisbaak", waarin op termijn tevens de uitkomsten van nieuw uit te voeren modelonderzoek kan worden verwerkt. De "kennisbaak" zal dan ook nog wel een aantal keren worden aangepast na het beschikbaar komen van nieuwe gegevens of inzichten. Het wordt dan een zogenaamd "levend document".

De bovengenoemde "kennisbaak" kan ook worden teruggekoppeld op andere betrokkenen bij het ontwerpproces van MV2. Aanverwante betrokkenen, zoals bijvoorbeeld ecologen, kustbeheerders, of waterbouwkundigen, dienen vooral aan te geven waar precies behoefte bestaat aan verfijning, dan wel nadere preciezering. Ook de betrokkenen bij de studie naar een gewijzigd spui-beheer van de Haringvlietsluizen dienen te worden geconsulteerd.

De "kennisbaak" kan ook dienen om de resultaten van aanvullend modelonderzoek in te integreren. Dit dwingt bovendien modelbouwers tot een gerichte vertaalslag van hun modelresultaten naar specifieke beheers- en ontwerp vragen.

Tenslotte geven we graag een suggestie voor de voortzetting van het thans in opdracht van SM²V door WL in uitvoering zijnde "Kleinschalig Morfodynamisch Modelonderzoek". Onze suggestie is nu om met dit model een korte periode morfodynamisch door te rekenen, gebruik makend van meer combinaties van golven, getijden en lozingsdebiëten. Eén jaar morfodynamisch rekenen lijkt voldoende. Vervolgens kan een andere "beginbodem" in het model worden ingebracht uitgaande van de toekomstvisies van de "kennisbaak". Opnieuw kan er dan een morfodynamische simulatie worden gemaakt over bijvoorbeeld één jaar. Uit de resultaten van deze nieuwe simulatie kan een bijstelling volgen van de volgende toekomstvisie uit de "kennisbaak". Vervolgens wordt opnieuw een morfodynamische simulatie gemaakt uitgaande van de verbeterde toekomstvisie uit de "kennisbaak". Met bovenstaande hybride aanpak wordt ons inziens een goede balans gevonden tussen enerzijds de mogelijkheden van proces-gerichte modellen en, anderzijds het gezonde verstand van een team van



deskundigen. Bovendien kan er met behulp van de "kennisbaak" beter en sneller worden teruggekoppeld op andere betrokkenen in het ontwerpproces en kan er een meer gerichte aansturing plaatsvinden van het nog uit te voeren morfologisch onderzoek.



Referenties

Opmerking: In Bijlage A wordt van een groot aantal van deze referenties aangegeven of en zo ja waar, voor dit onderzoek relevante stukken tekst te vinden zijn.

Arends, A.A., 1997. Toepassing van evenwichtsrelaties op de Haringvlietmond. Rapport RIKZ-97.021. maart 1997.

Brouwer H. en L. Uit den Bogaard, 1998. Natuurontwikkeling Haringvlietmonding in samenhang met Maasvlakte 2. Rapport RIKZ/AB-98.112. Eerste voorlopige uitgave.

Bruun, P. and F. Gerritsen, 1960. Stability of coastal inlets North-Holland. Publ. Comp., Amsterdam, the Netherlands.

Dreumel van, P.F., 1996. Schatting Slibafvoer via Haringvlietsluizen tijdens hoge afvoer van Rijn en Maas eind januari/begin februari 1995. Nota RWS-DZH: APS/96-177 dd 23 december 1996.

Eysink, H.D., 1990. Buitendelta van het Haringvliet - morfologische ontwikkelingen en zoutgehalten bij het huidige en een gewijzigd spuiregime. WL-rapport H1104.

Holland van, G., 1997. Hydrodynamica en morfodynamica van de monding van het Haringvliet - validatie van modeltechnieken voor een intergetijdegebied. WL-rapport Z2301.61, augustus 1997.

Looff de, A.P., 1994. Overdimensionering van het Slijkgat voor het winnen van suppletie-zand. RIKZ werkdocument RIKZ/AB-94.103x. 12 januari 1994.

Roelvink, J.R., G. van Holland en J. Bosboom, 1998. Kleinschalig Morfologisch Onderzoek MV2 - fase 1 validatie morfologische modellering Haringvlietmonding. WL concept rapport Z2428. Juni 1998.

Ronde de, J.G. en J.A. Vogel, 1988. Kustverdediging na 1990 - Technisch Rapport 6: zeespiegelstijging, Hydro Meteo scenario's. Rijkswaterstaat, Nota GWA0-88.015.

Silvester, R.A., 1978. Coastal Engineering, part II. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.

Snijders, G., 1992. Ontwikkeling van doorstroomprofielen Bokkegat 1984 - 1991. Rijkswaterstaat werkdocument GWWS-92.110. Datum: 24 februari 1992.

Snijders, G., 1995. Morfologische ontwikkeling Voordelta. RIKZ werkdocument RIKZ/AB-95.145x. Datum 14 december 1995.

Steijn, R.C., 1991. Some Considerations on Tidal Inlets. WL-rapport H840. Mei 1991.

- Steijn, R.C., 1996a. Grootschalig Morfodynamisch Modelonderzoek - Invloed van de vormgeving van MV2 op de grootschalige morfodynamica van de Nederlandse kust. WL-rapport H3059. Delen I en II, Oktober 1996.
- Steijn, R.C., 1996b. Grootschalig Morfodynamisch Modelonderzoek - Invloed van de vormgeving van MV2 op de grootschalige morfodynamica van de Nederlandse kust in de conditie met het ECOALT lozingsregime voor de Haringvlietsluizen. WL-rapport H3059. Deel V, November 1996.
- Steijn, R.C., 1997a. Kustonderhoud Delfland Goeree - Invloed van MV2-varianten op het kustonderhoud van Delfland en Goeree. Alkyon rapport A168. Emmeloord, aug. 1997.
- Steijn, R.C., 1997b. Morfodynamische berekeningen beleidsanalyse Slijkgat - Effecten van beheersmaatregelen op de onderhoudsbehoefte van de vaargeul. Alkyon rapport A214. Emmeloord, november 1997.
- Vessem van, P., 1995. Beleidsanalyse Slijkgat - keuze voorkeursalternatieven RIKZ werkdocument RIKZ/AB-95.141x. Datum november 1995.
- Vessem van, P., 1996a. Morfologische ontwikkeling NW-kust en strand van Voorne. RIKZ werkdocument RIKZ/AB-96.105x. Datum april 1996.
- Vessem van, P., 1996b. Uitbouwalternatieven Kleine Slufter. RIKZ werkdocument RIKZ/AB-96.(concept). Datum 9 december 1996.
- Vessem van, P., 1998. Morfologie monding Haringvliet - veranderingen van een dynamisch onderwaterlandschap. MER beheer Haringvlietsluizen. RIKZ rapport RIKZ 97 (concept)x. Datum concept: 29 mei 1998.
- Walstra, Reniers, Roelvink, Wang, Steetzel, Aarninkhof, van Holland en Stive, 1997. Grootschalige lange-termijn effecten van Maasvlakte-2 en gerelateerde zandwinningsvarianten. WL/Alkyon rapport Z2255/A194. December 1997.



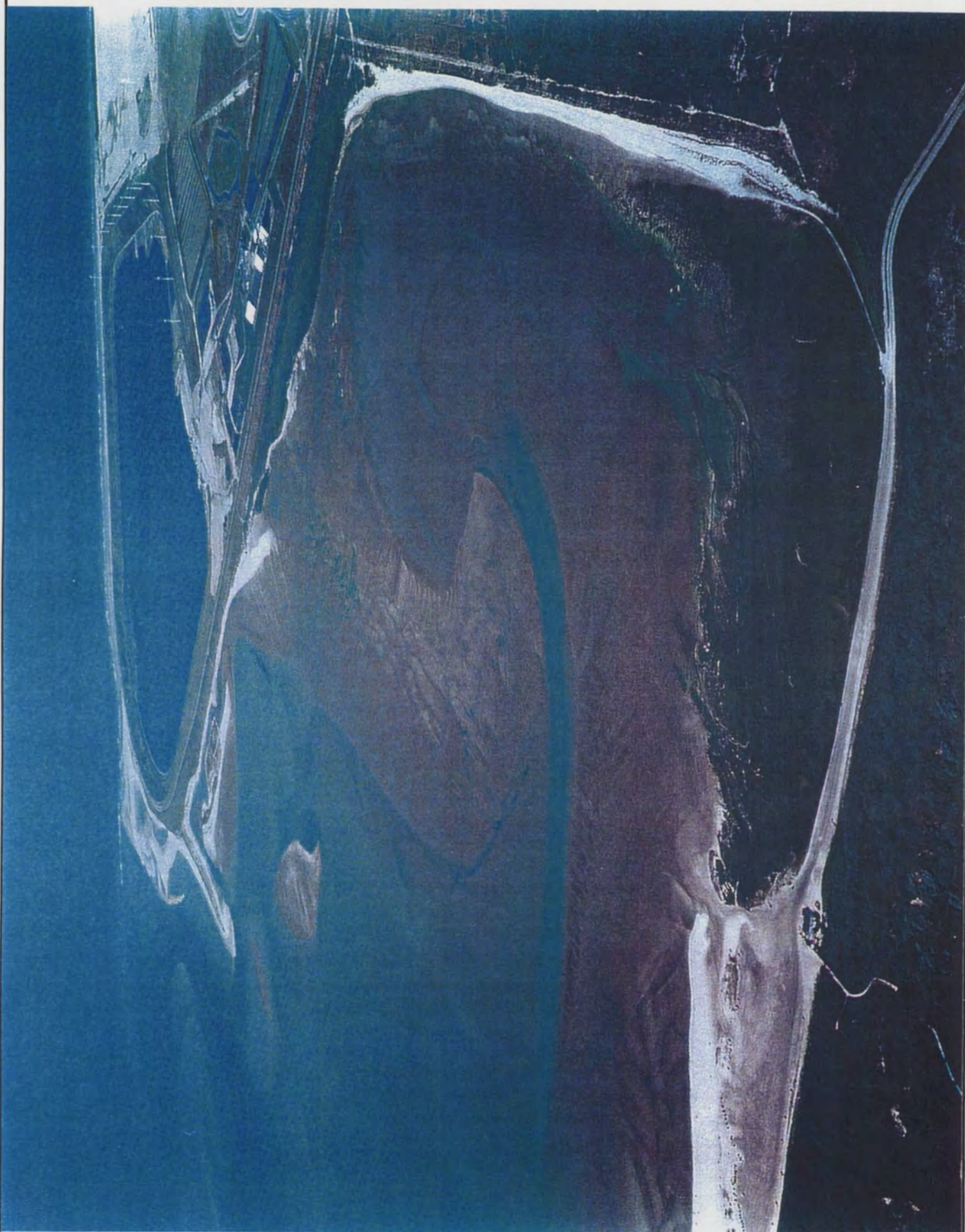
- 1. Strandhaak
- 2. Hindergat
- 3. Vogeleiland
- 4. Kleine sluffer
- 5. Hinderplaat
- 6. Kortsluitgeul
- 7. N-garmalenplaat
- 8. Middengeul
- 9. Z-garmalenplaat
- 10. Bokkegat
- 11. Rak van Scheelhoek
- 12. Noord-Pampus
- 13. Slijkgat
- 14. Kwade Hoek
- 15. Bollen v.d. Ooster

Overzicht van het studiegebied

Alkyon Hydraulic Consultancy and Research bv

A336

FIG. 1.1



Luchtfoto van het deelgebied Brielsche Gat

augustus 1997

Morfologie Haringvlietmond

A336


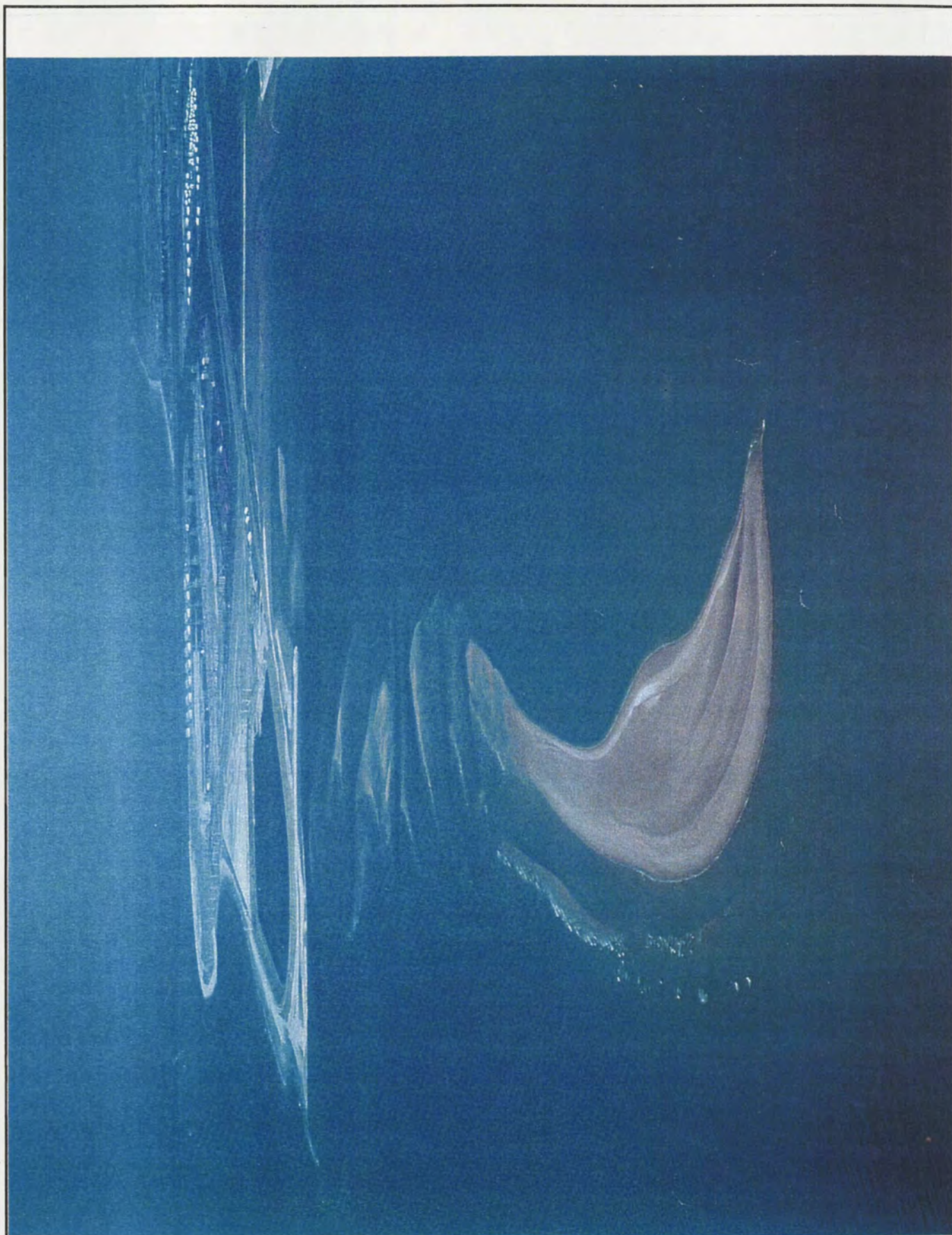
 Alkyon

FIG. 2.2



Luchtfoto van het deelgebied Hinderplaat
en Hindergat

augustus 1997

Morfologie Haringvlietmond

A336


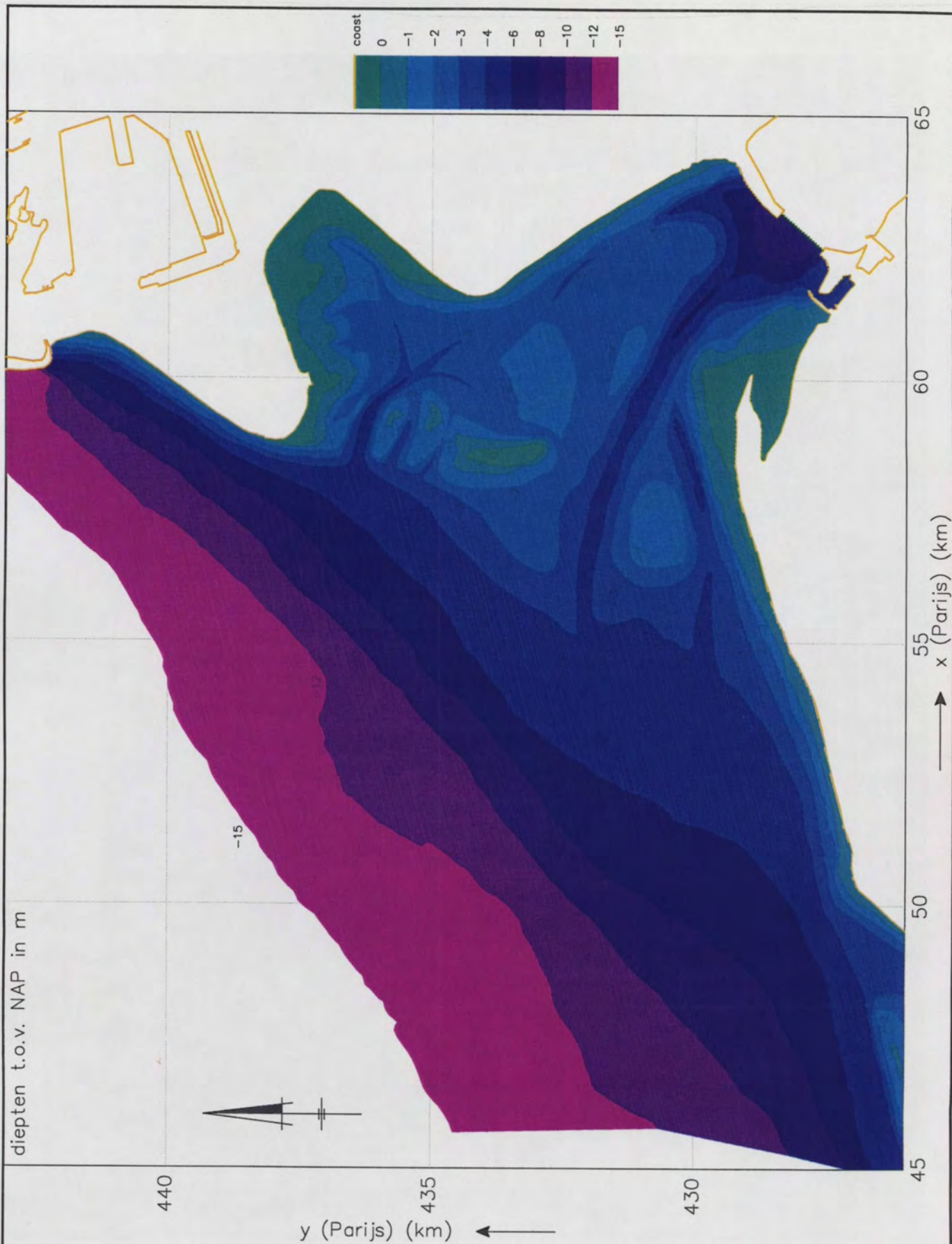
 Alkyon

FIG. 2.4



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2020: autonome ontwikkeling

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

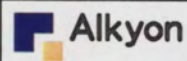
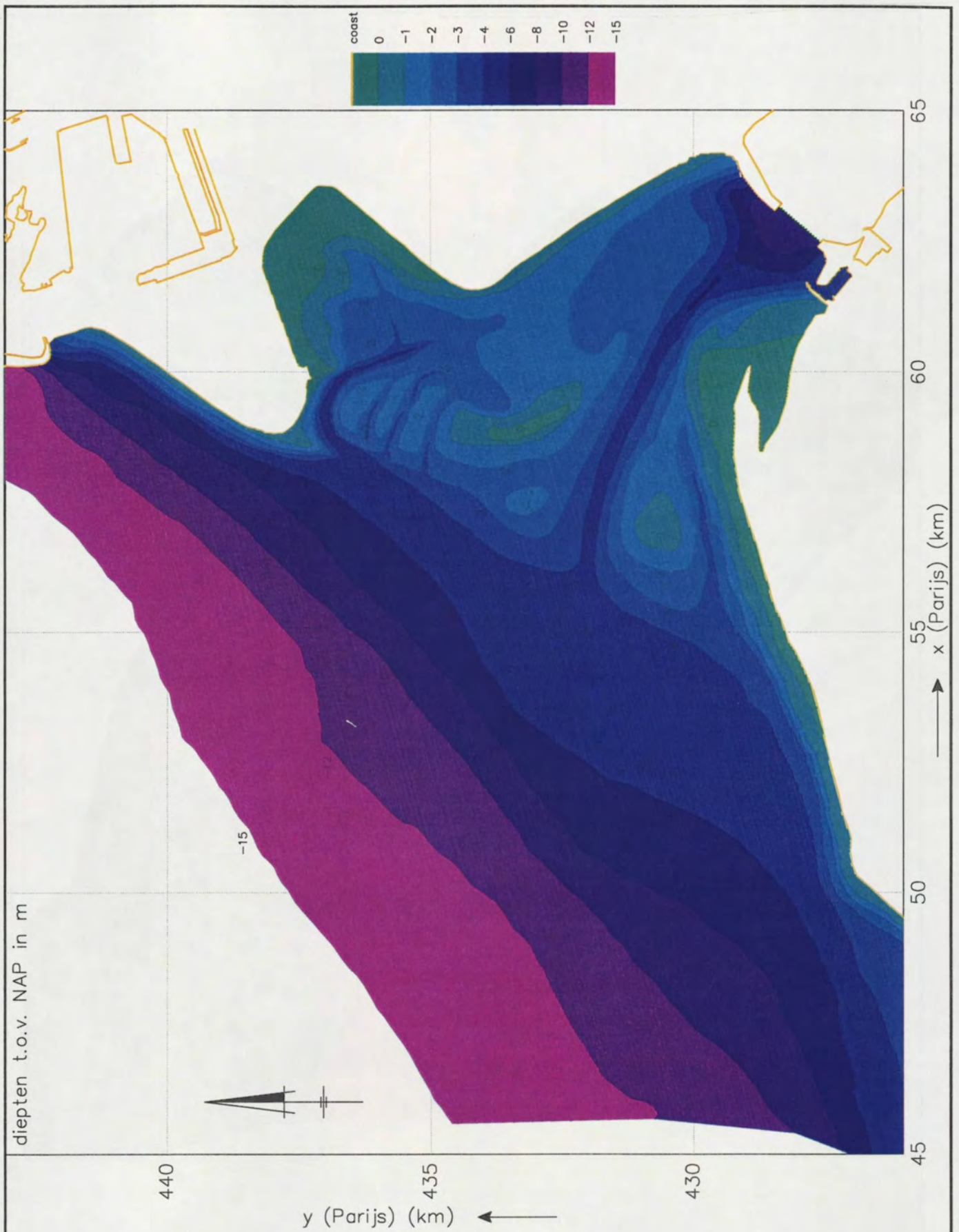


FIG. 3.1



Toekomstvisie 2050: autonome ontwikkeling

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336


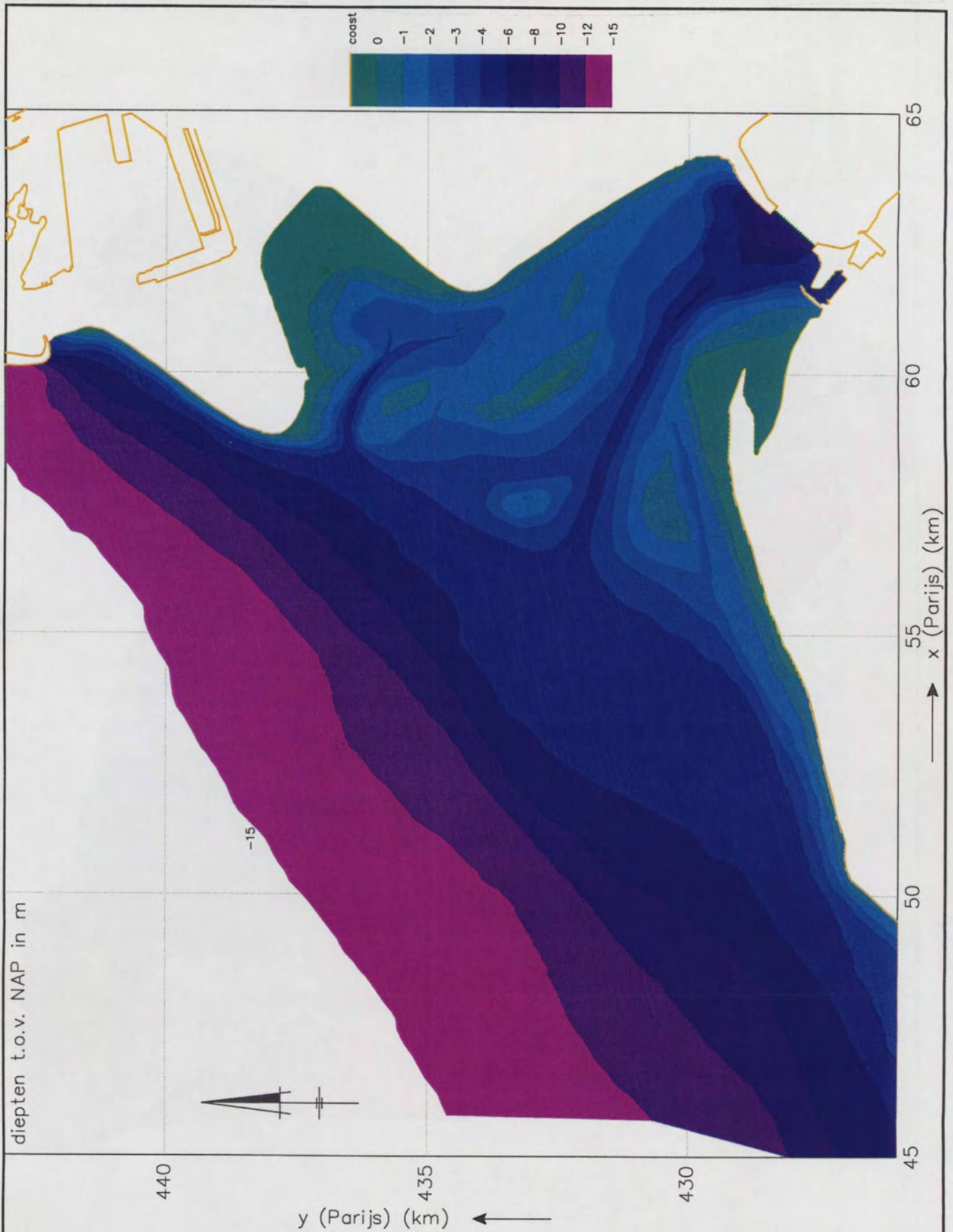
 Alkyon

FIG. 3.2



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2100: autonome ontwikkeling

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336


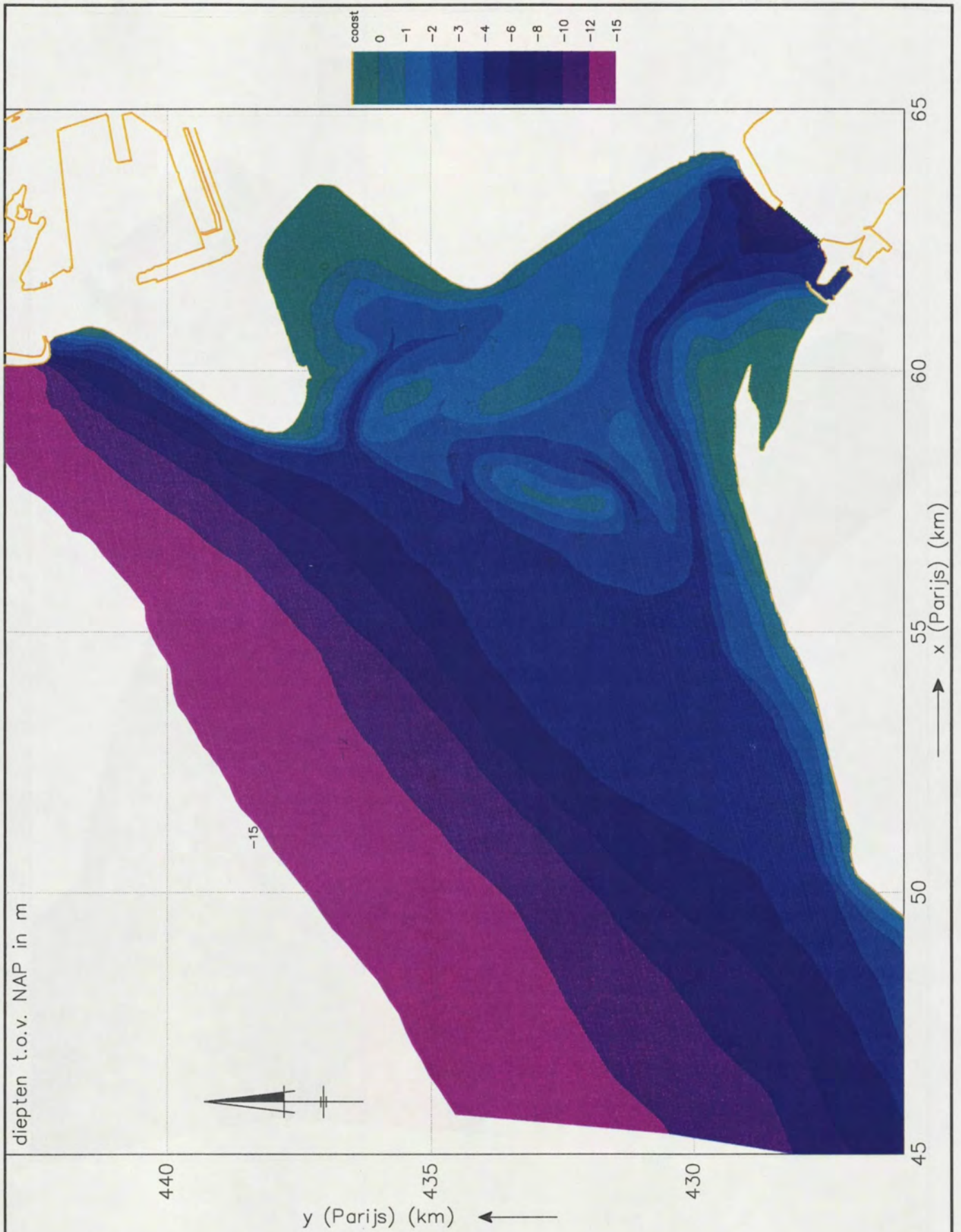
 Alkyon

FIG. 3.3



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Alternatieve toekomstvisie 2100:
 autonome ontwikkeling

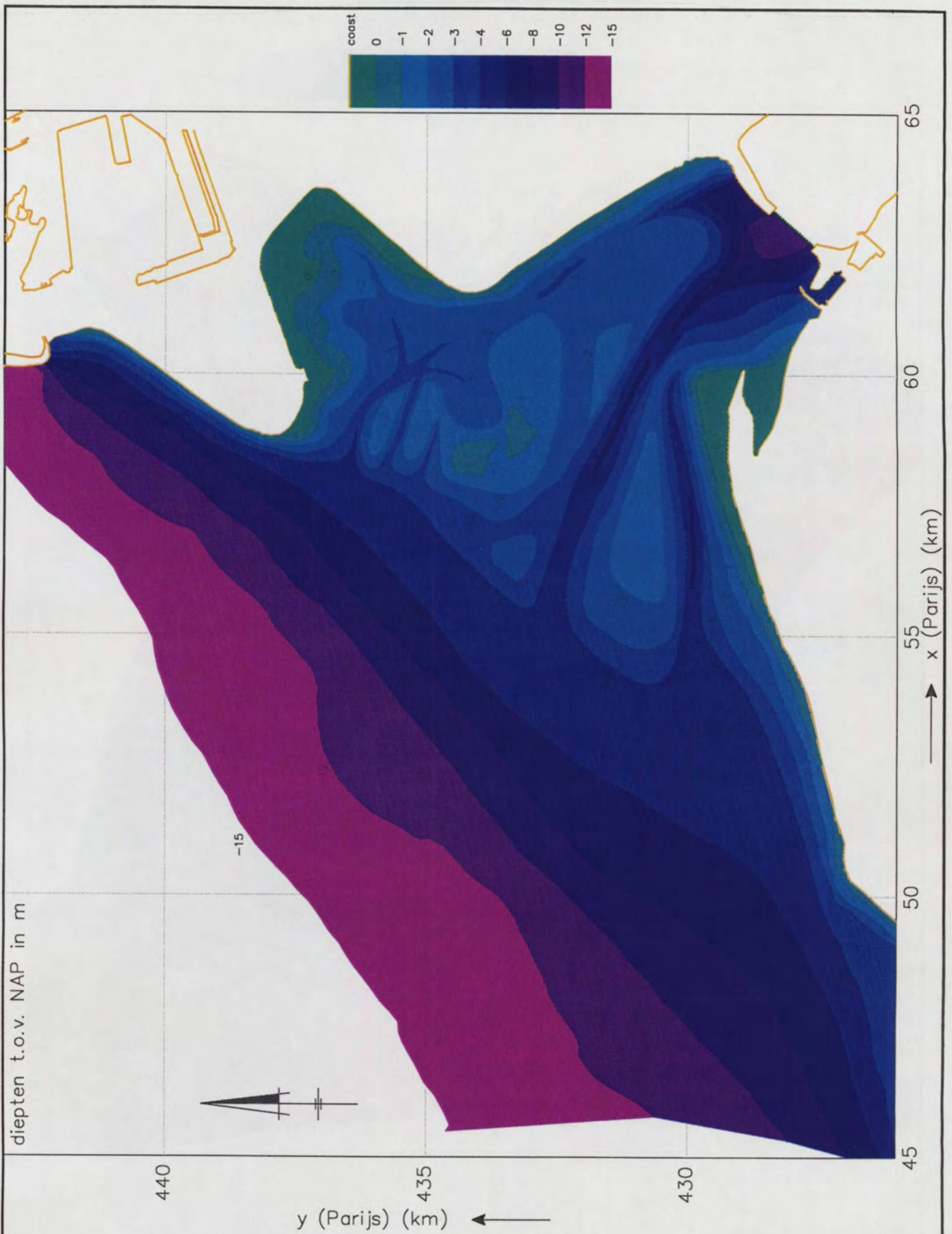
schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336



FIG. 3.4



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2020:
situatie met spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

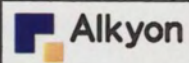


FIG. 4.1



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2050:
situatie met spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336


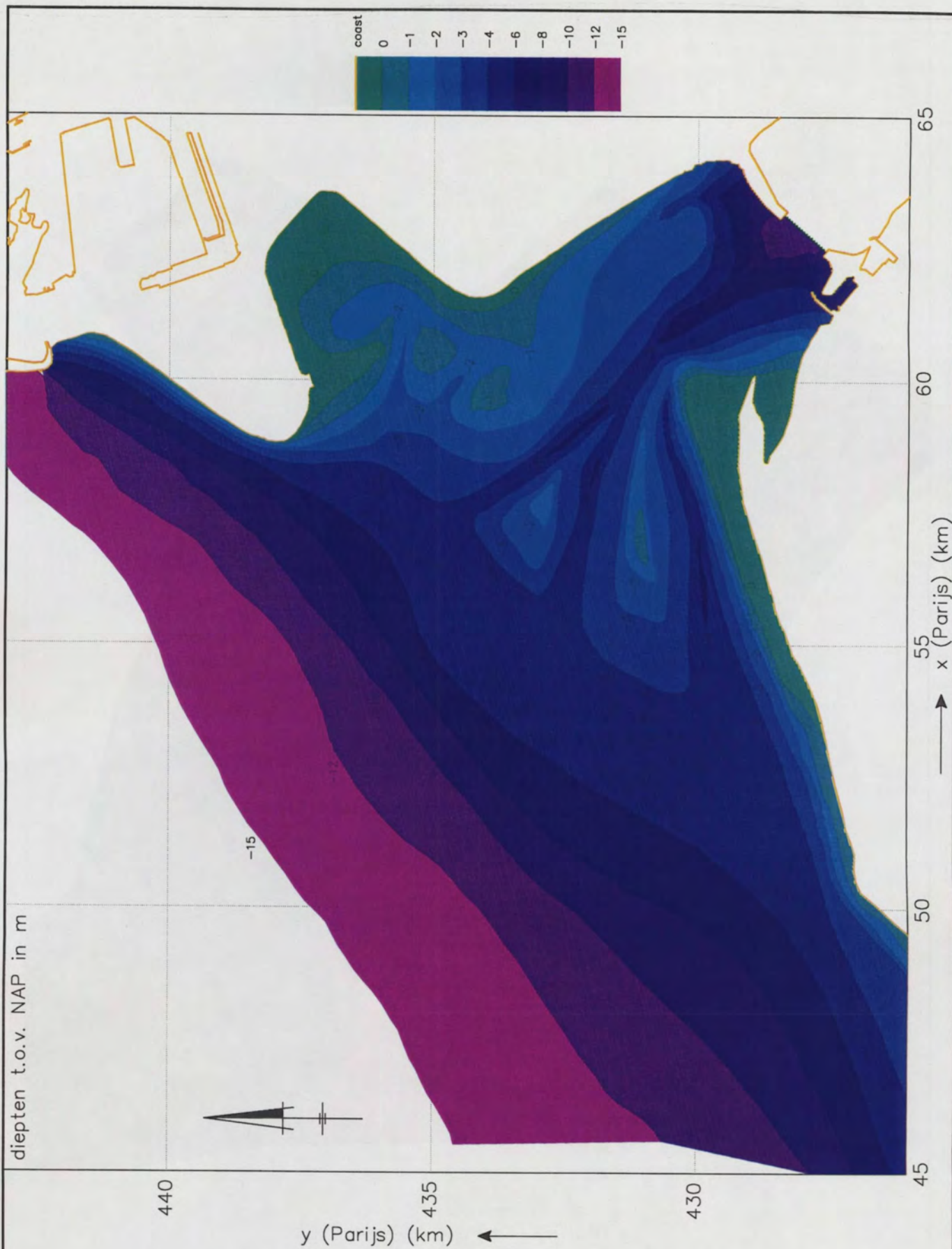
 Alkyon

FIG. 4.2



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2100:
situatie met spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336


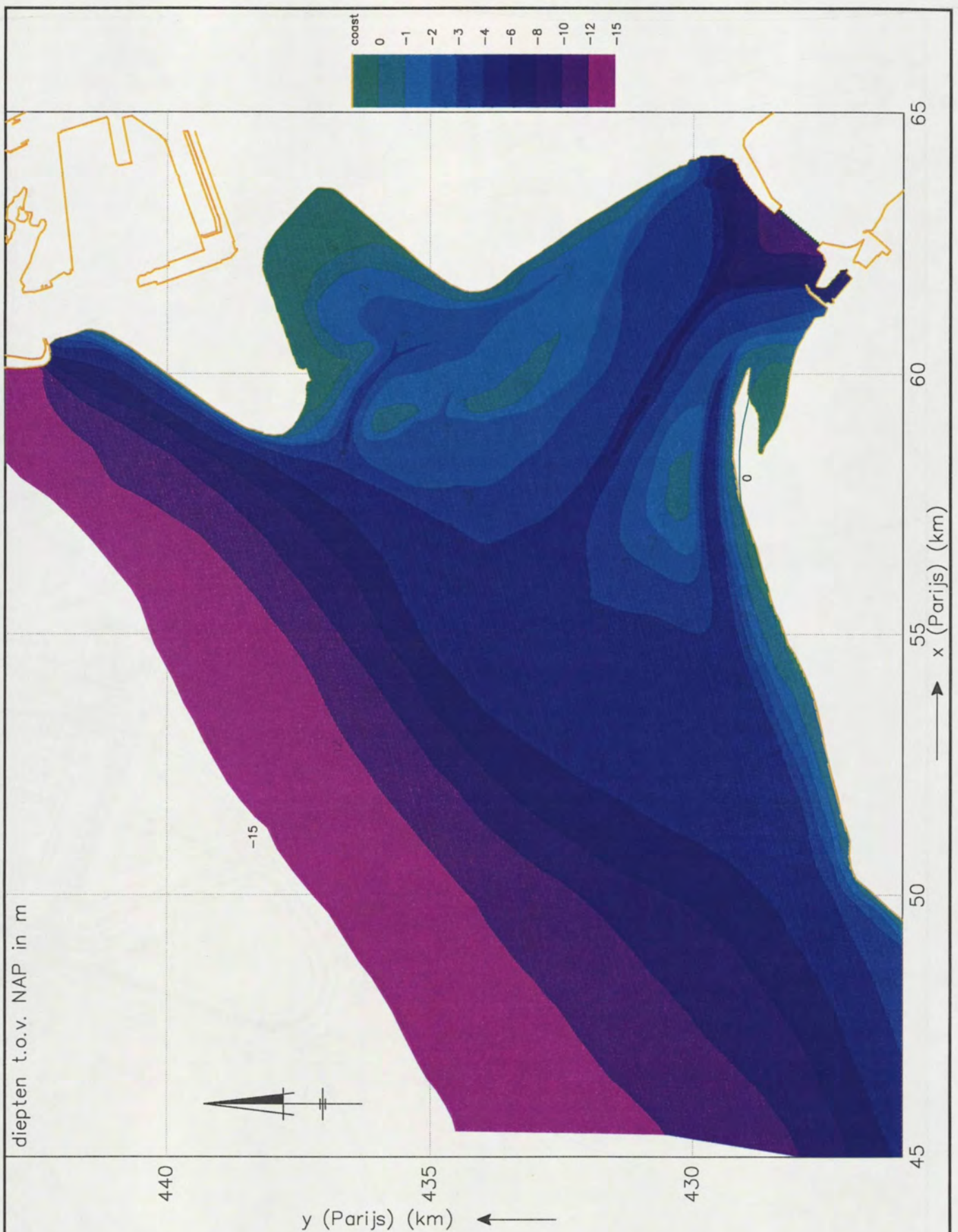
 Alkyon

FIG. 4.3



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Alternatieve toekomstvisie 2100:
 situatie met spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

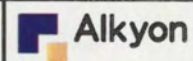
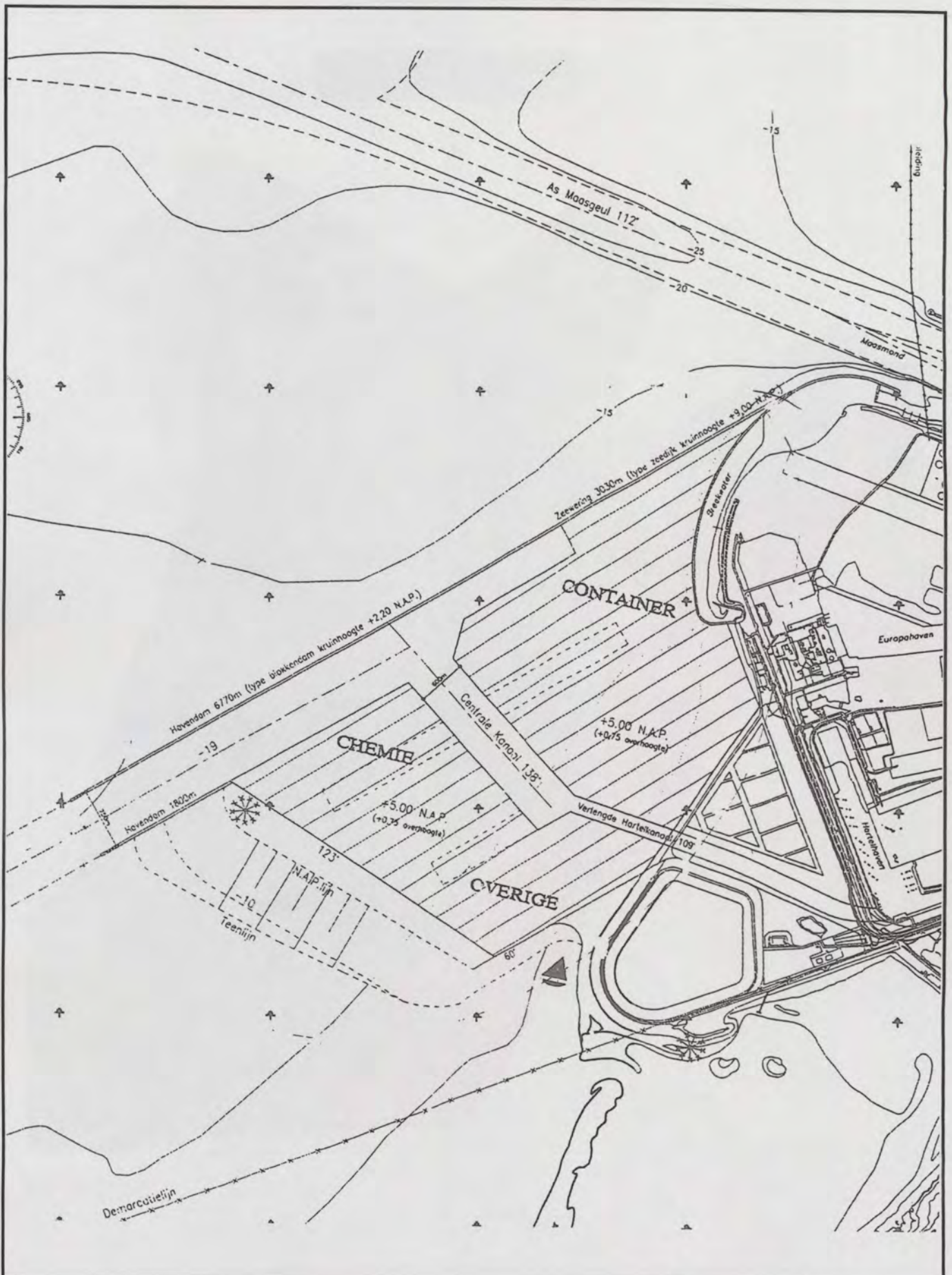


FIG. 4.4



Impressie van de zuid-variant MV2

schaal 1:62.500

Morfologie Haringvliet

A336

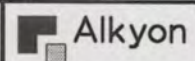
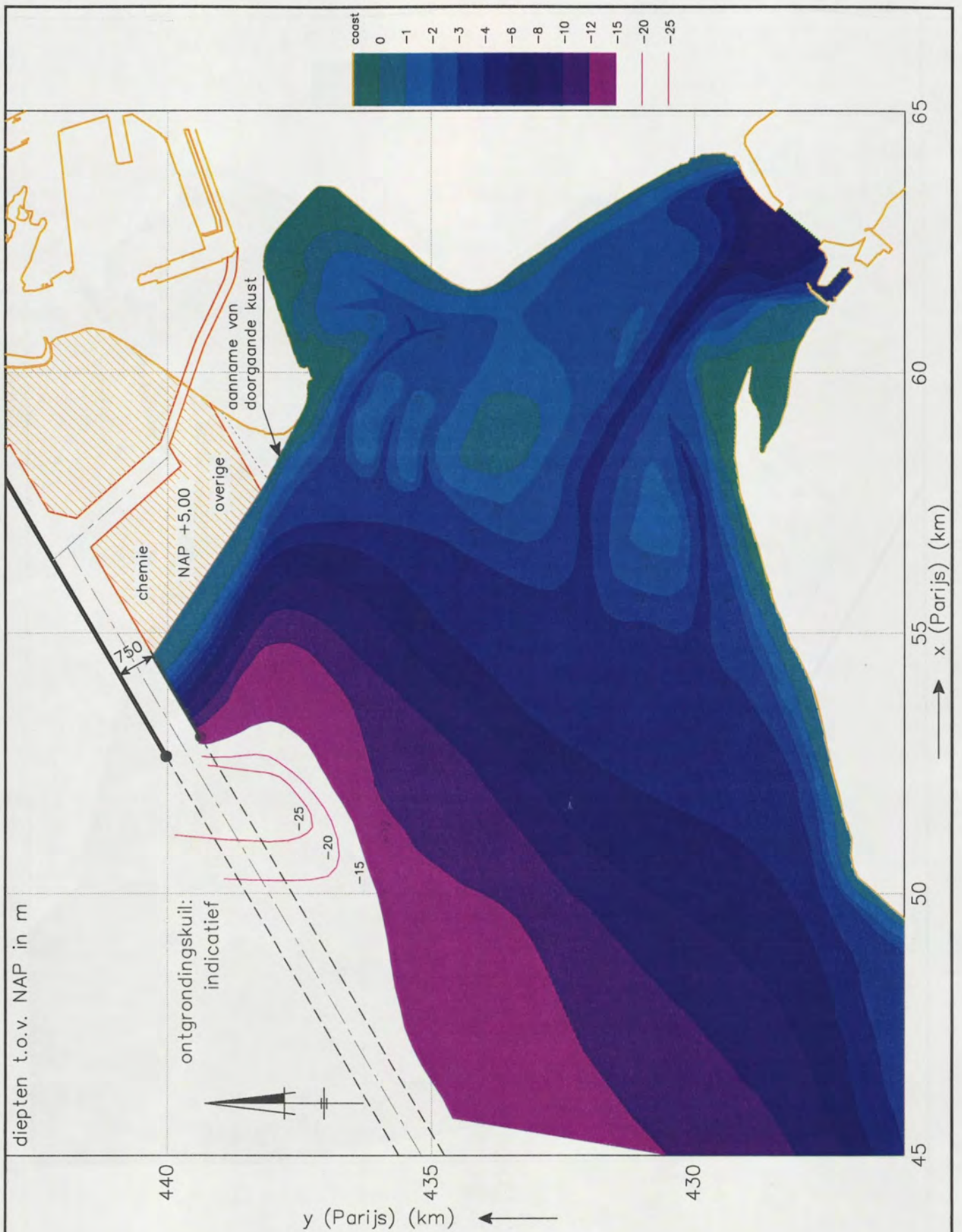


FIG. 5.1



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2020:
 situatie met zuid-variant van MV2
 en huidige spuiregime

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

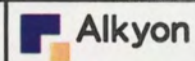
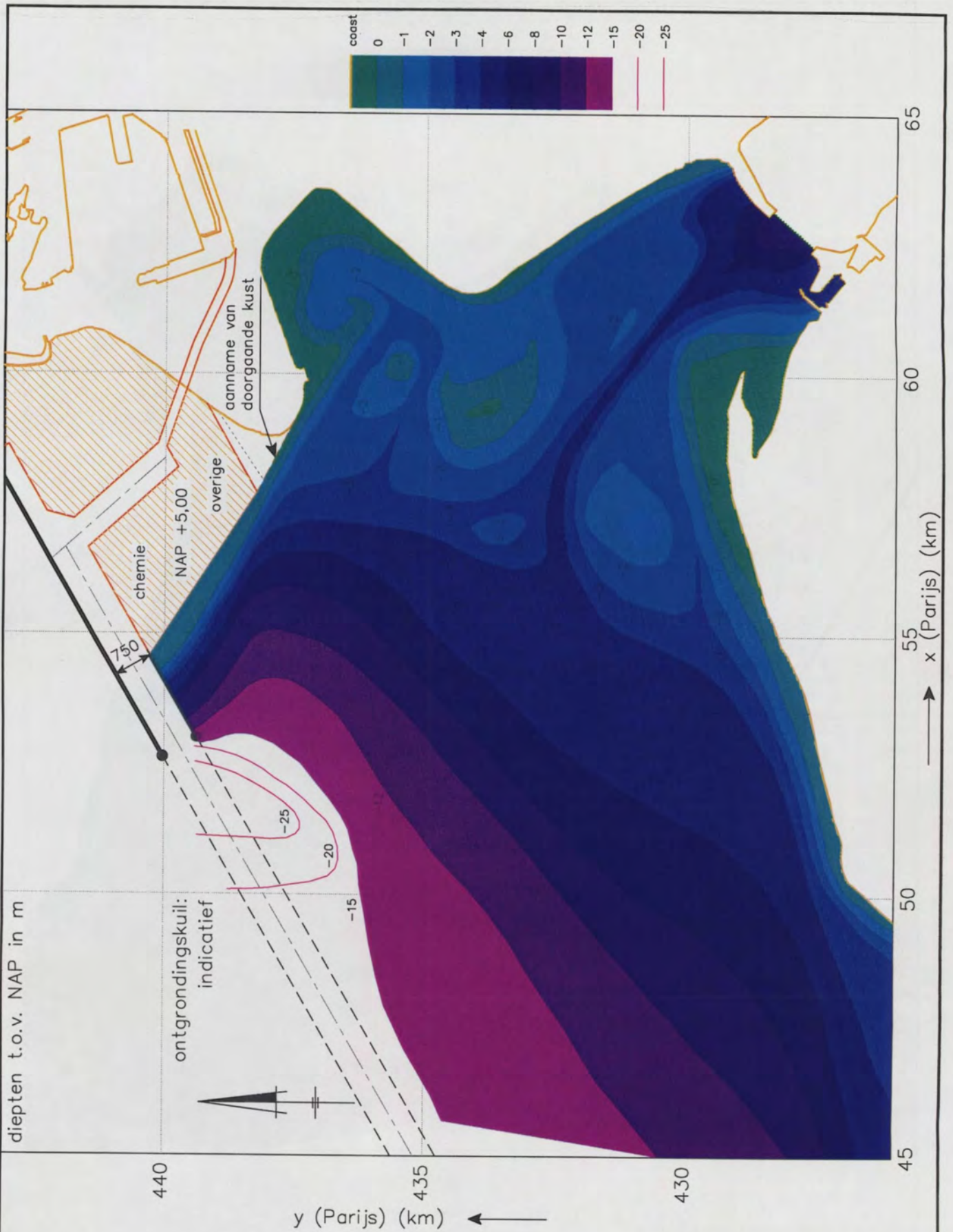


FIG. 5.2



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2050:
 situatie met zuid-variant van MV2
 en huidige spuiregime

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

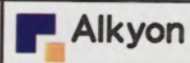
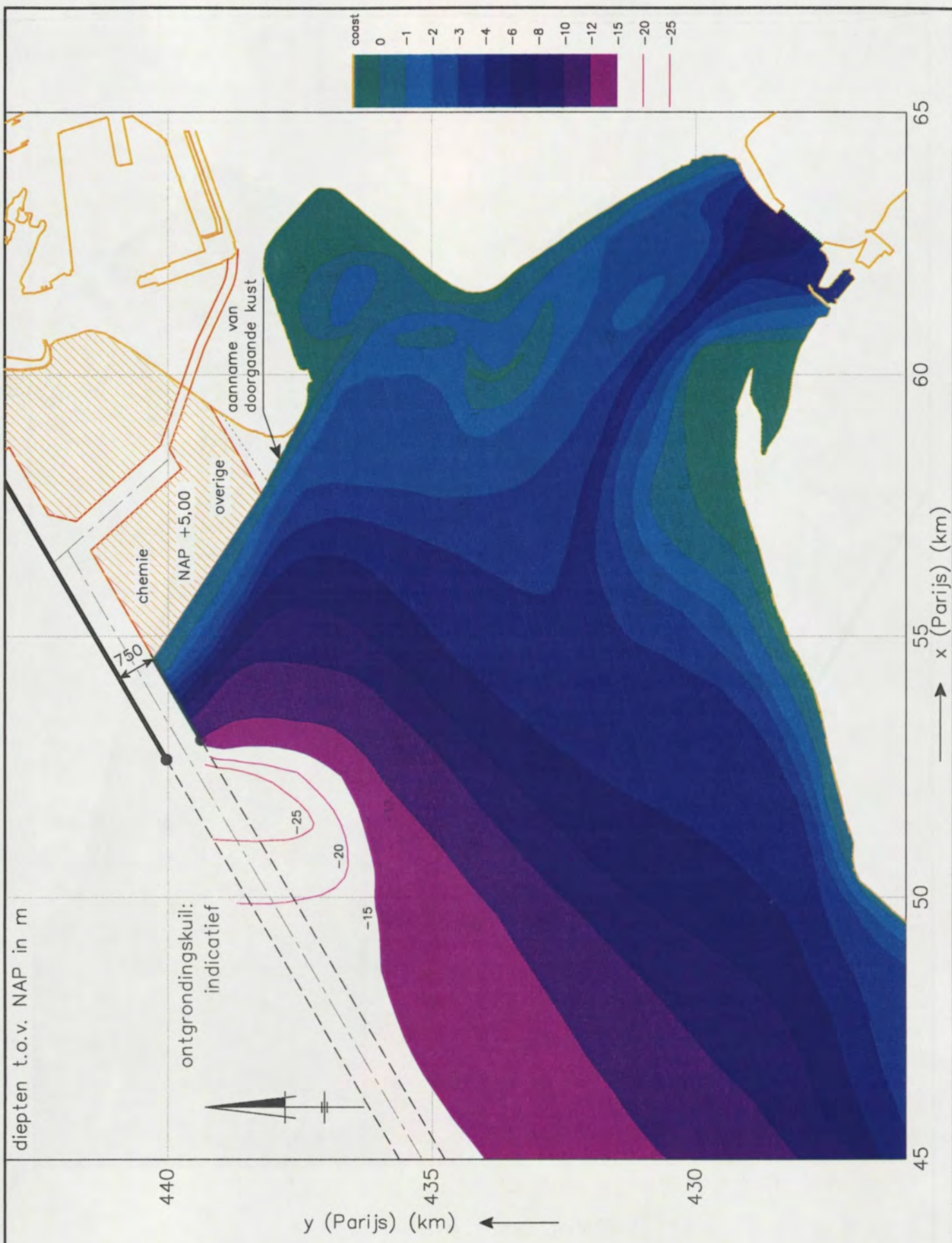


FIG. 5.3



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2100:
 situatie met zuid-variant van MV2
 en huidige spuiregime

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

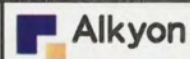
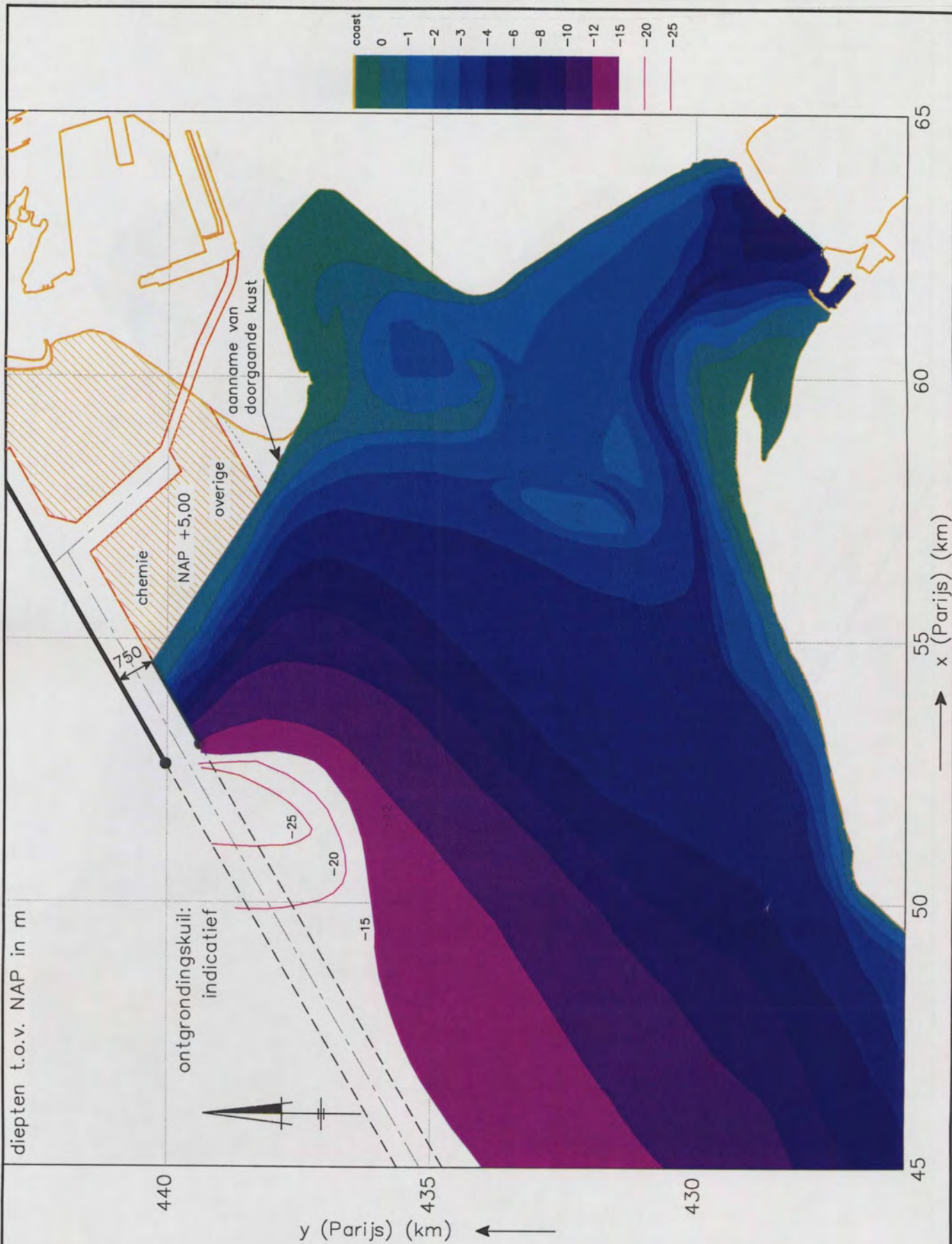


FIG. 5.4



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Alternatieve toekomstvisie 2100:
 situatie met zuid-variant van MV2
 en huidige spuiregime

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

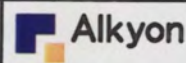
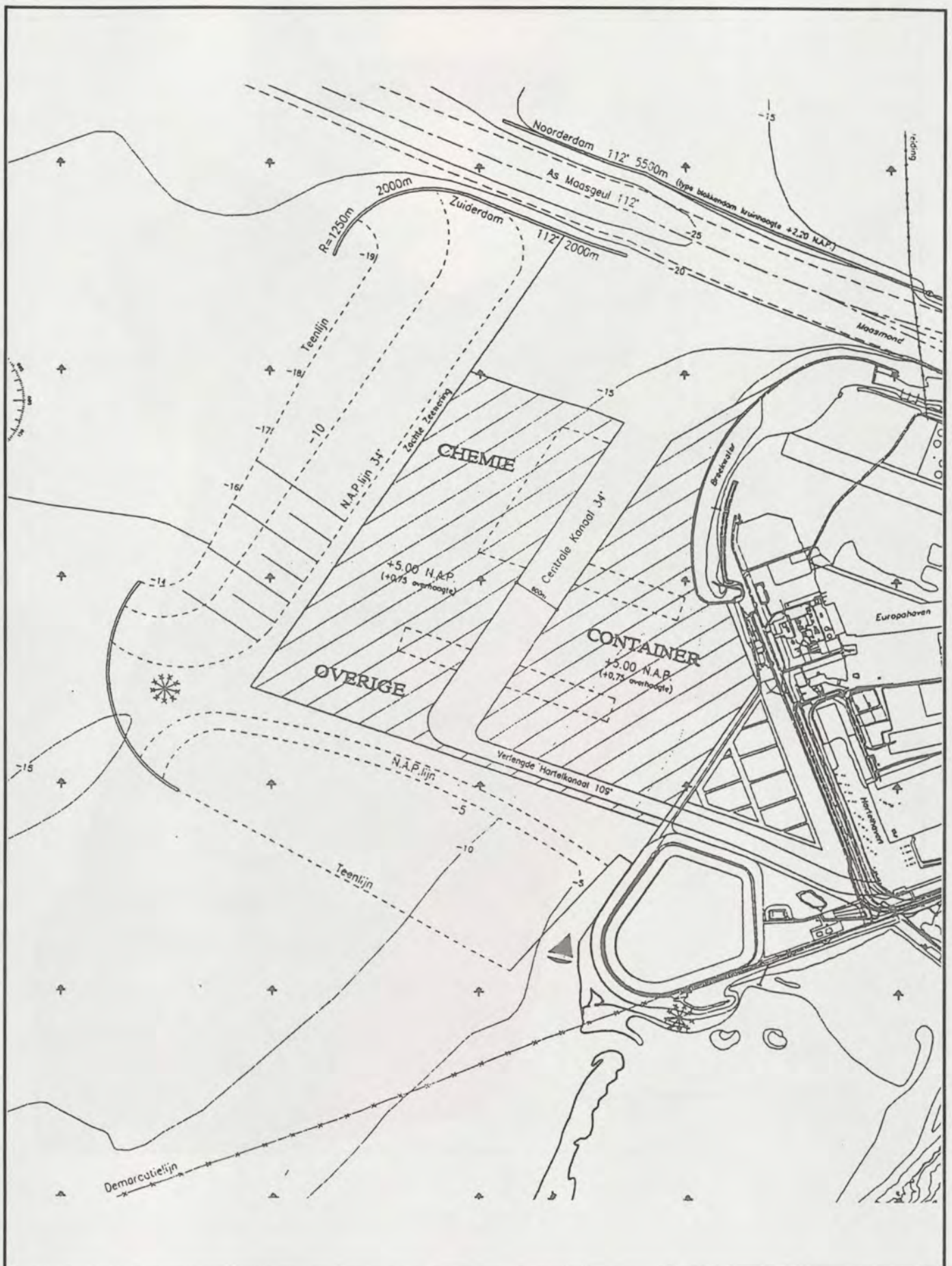
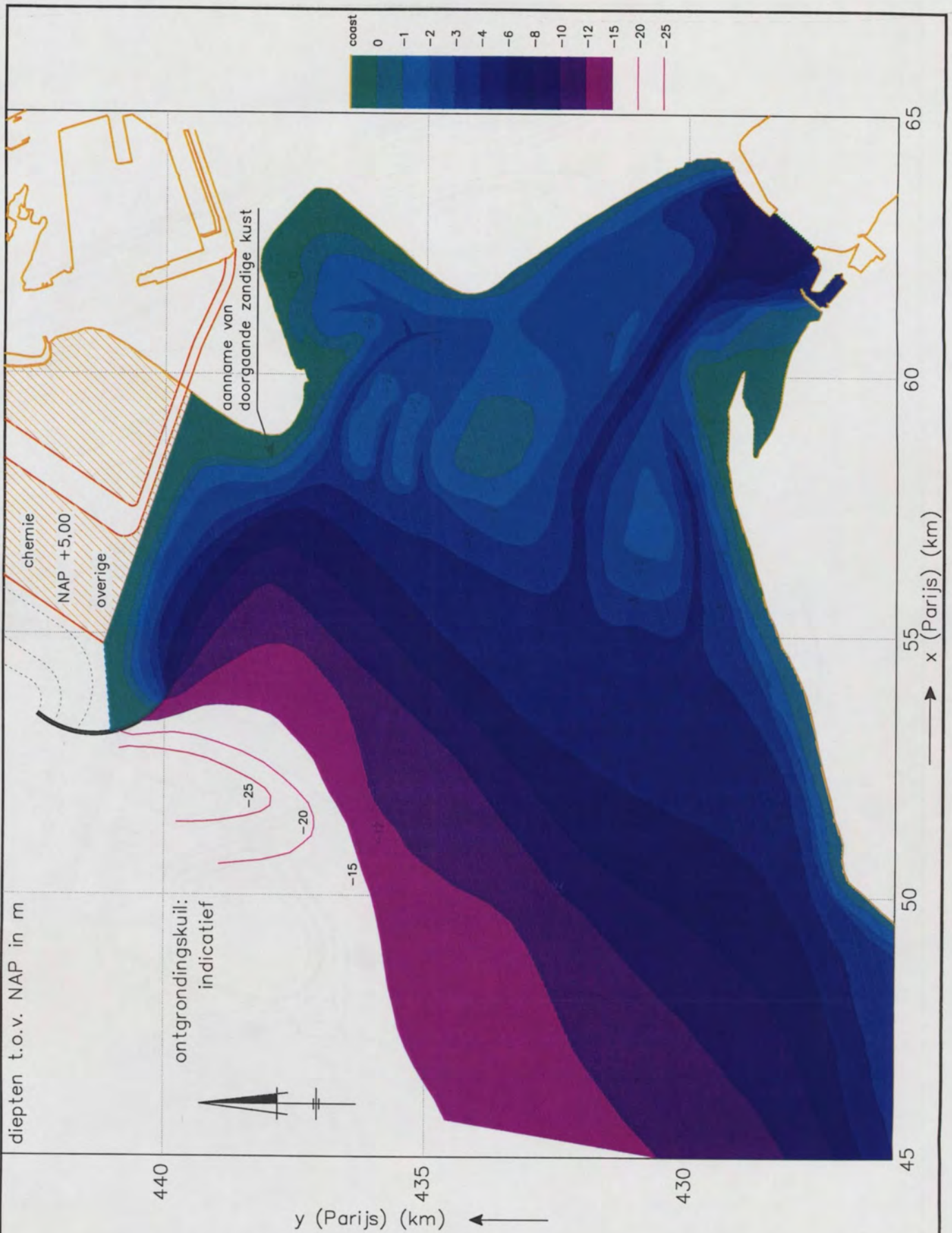


FIG. 5.5



Impressie van de noord-variant MV2

schaal 1:62.500



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2020:
 situatie met noord-variant van MV2
 en huidige spuiregime

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

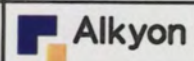
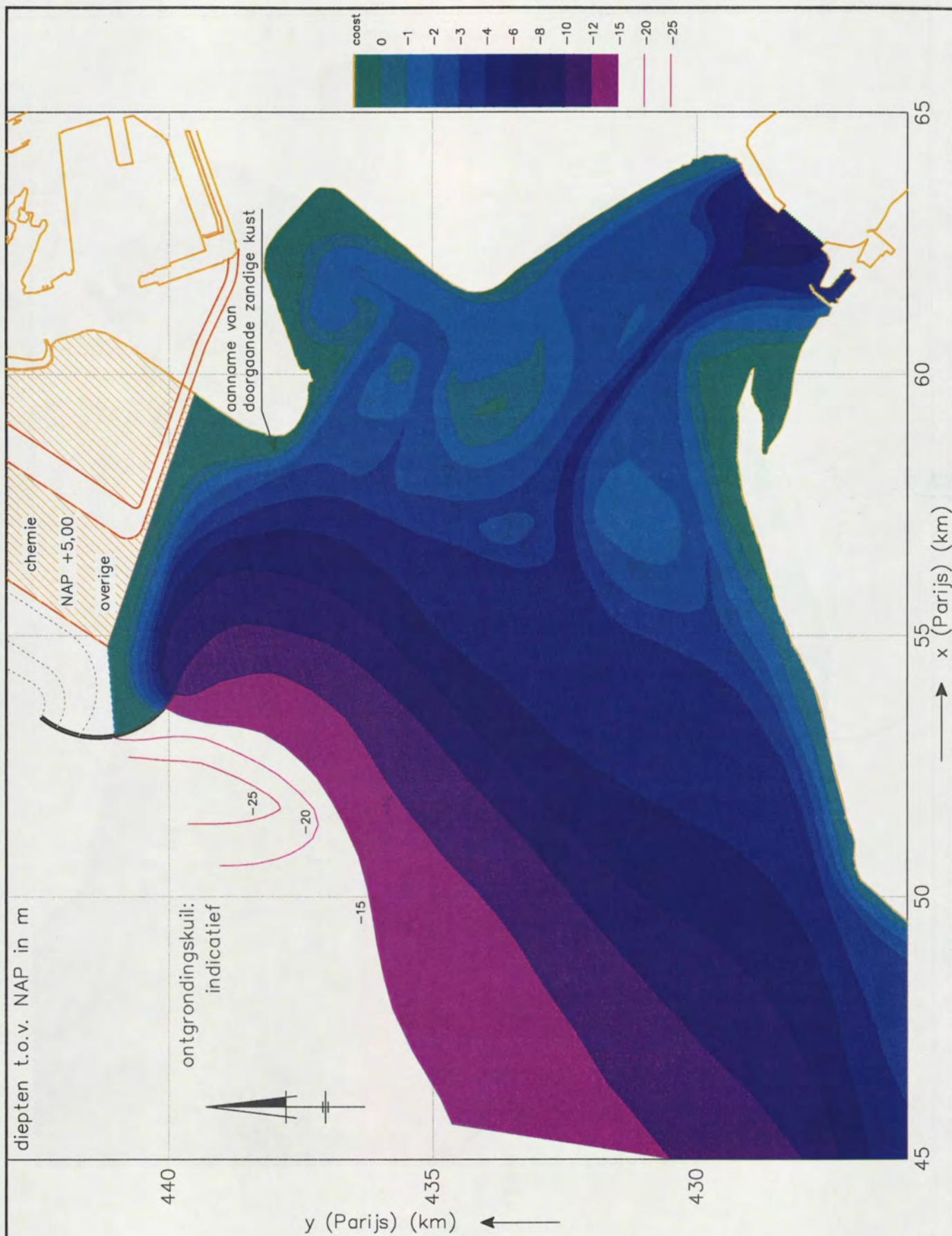


FIG. 6.2



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2050:
 situatie met noord-variant van MV2
 en huidige spuiregime

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

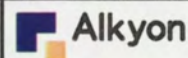
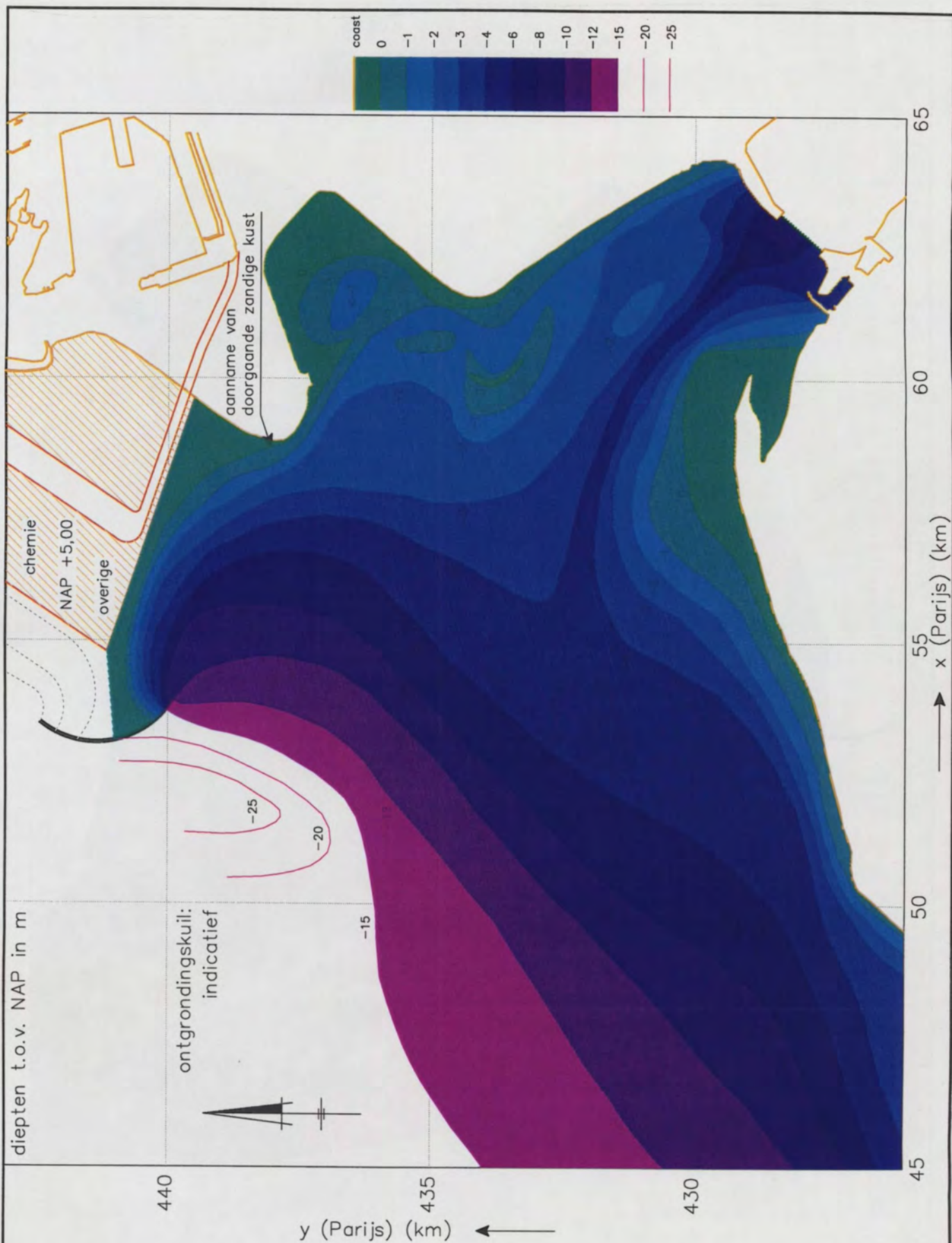


FIG. 6.3



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2100:
situatie met noord-variant van MV2
en huidige spuiregime

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336



FIG. 6.4



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Alternatieve toekomstvisie 2100:
 situatie met noord-variant van MV2
 en huidige spuiregime

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336


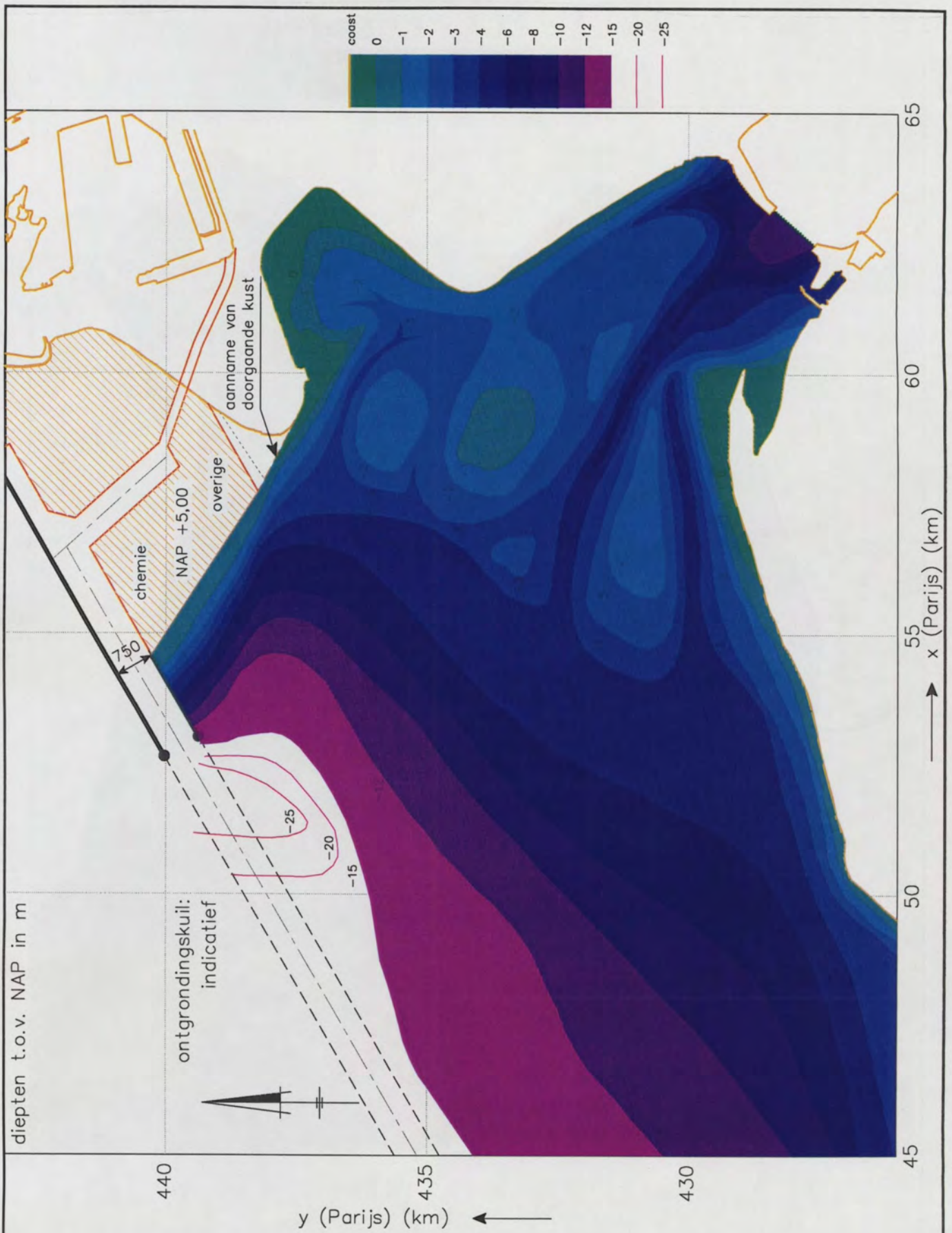
 Alkyon

FIG. 6.5



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2020:
situatie met zuid-variant van MV2
en spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

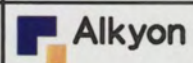
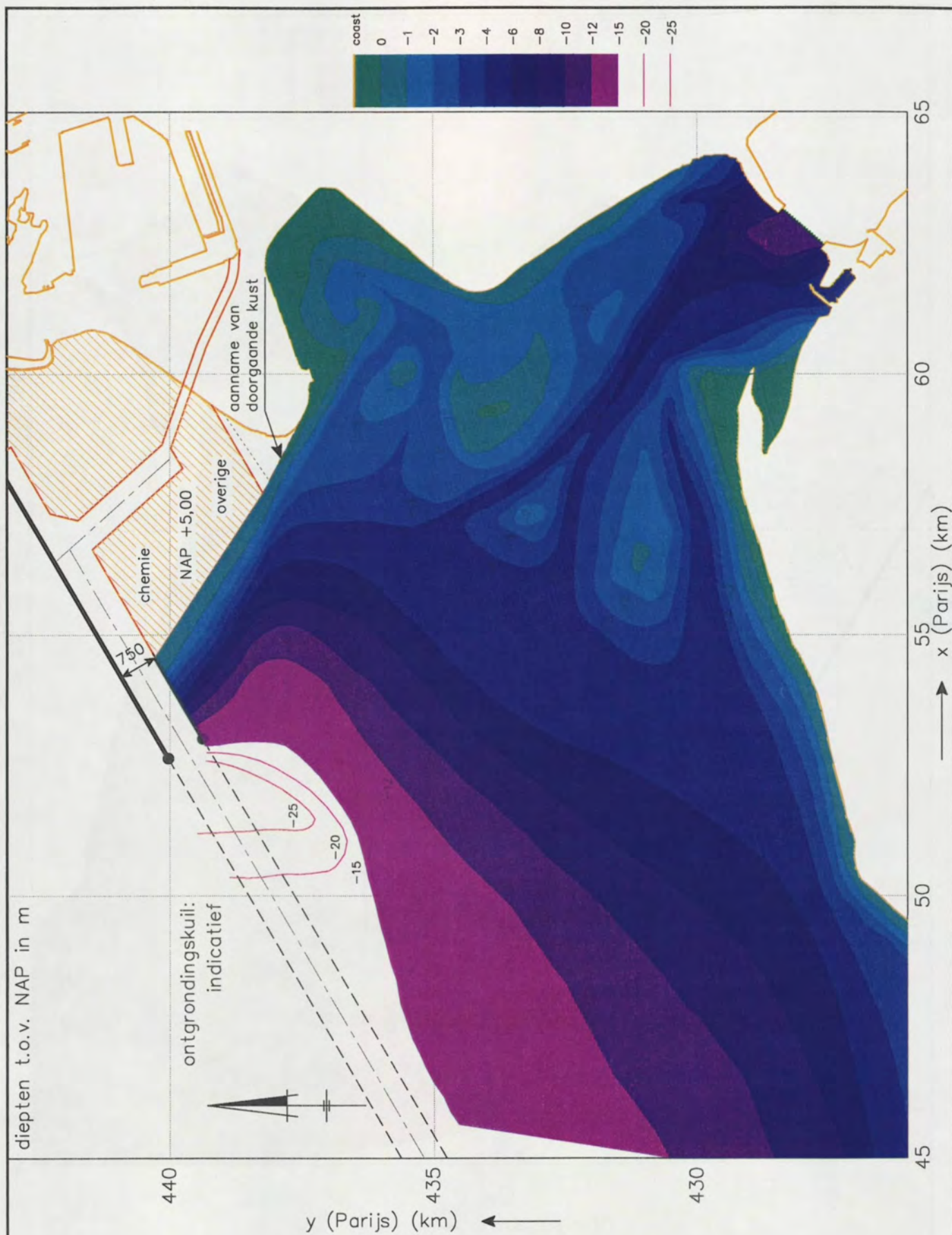


FIG. 7.1



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2050:
 situatie met zuid-variant van MV2
 en spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

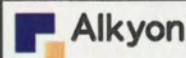
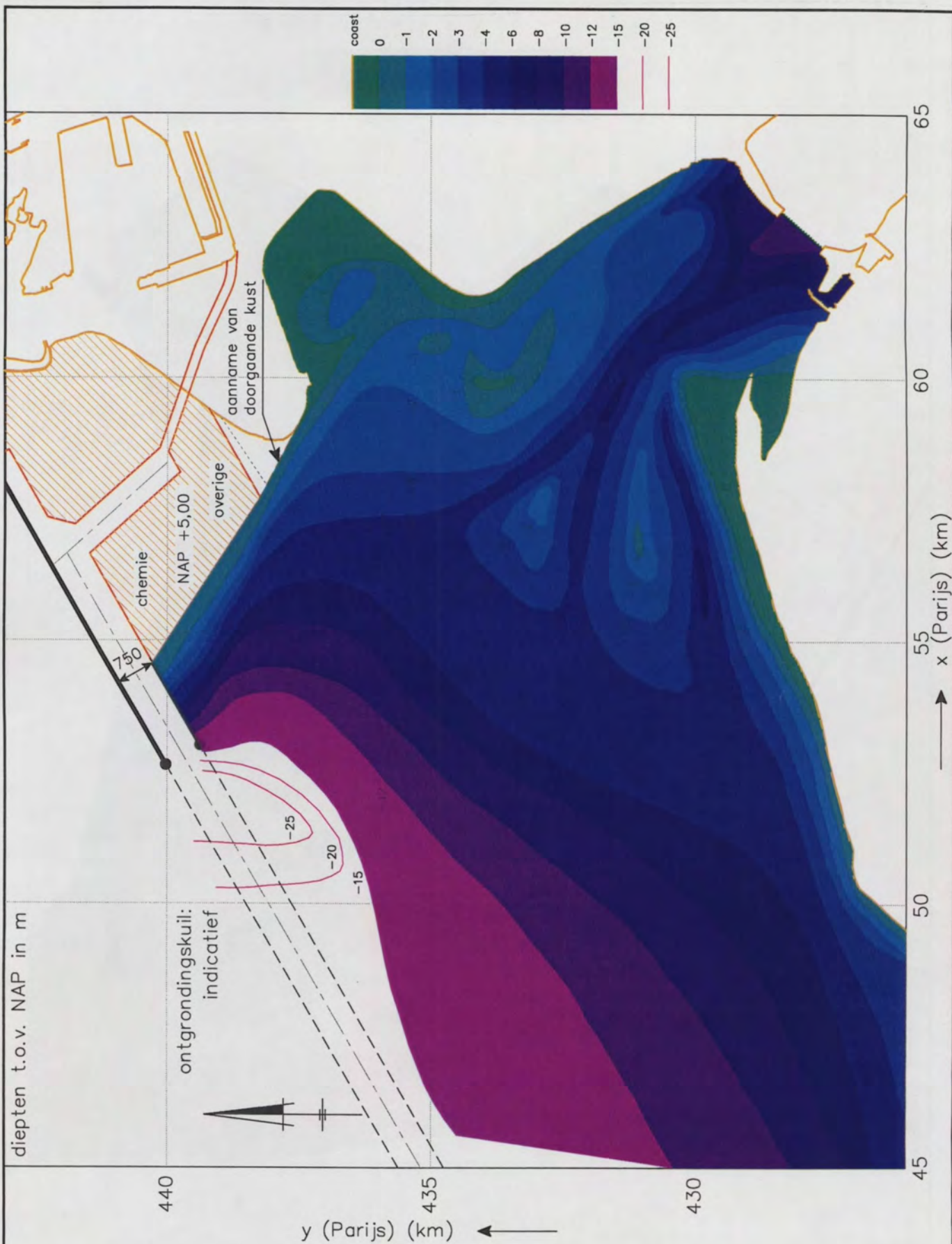


FIG. 7.2



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2100:
 situatie met zuid-variant van MV2
 en spuiregime Getemd Getij

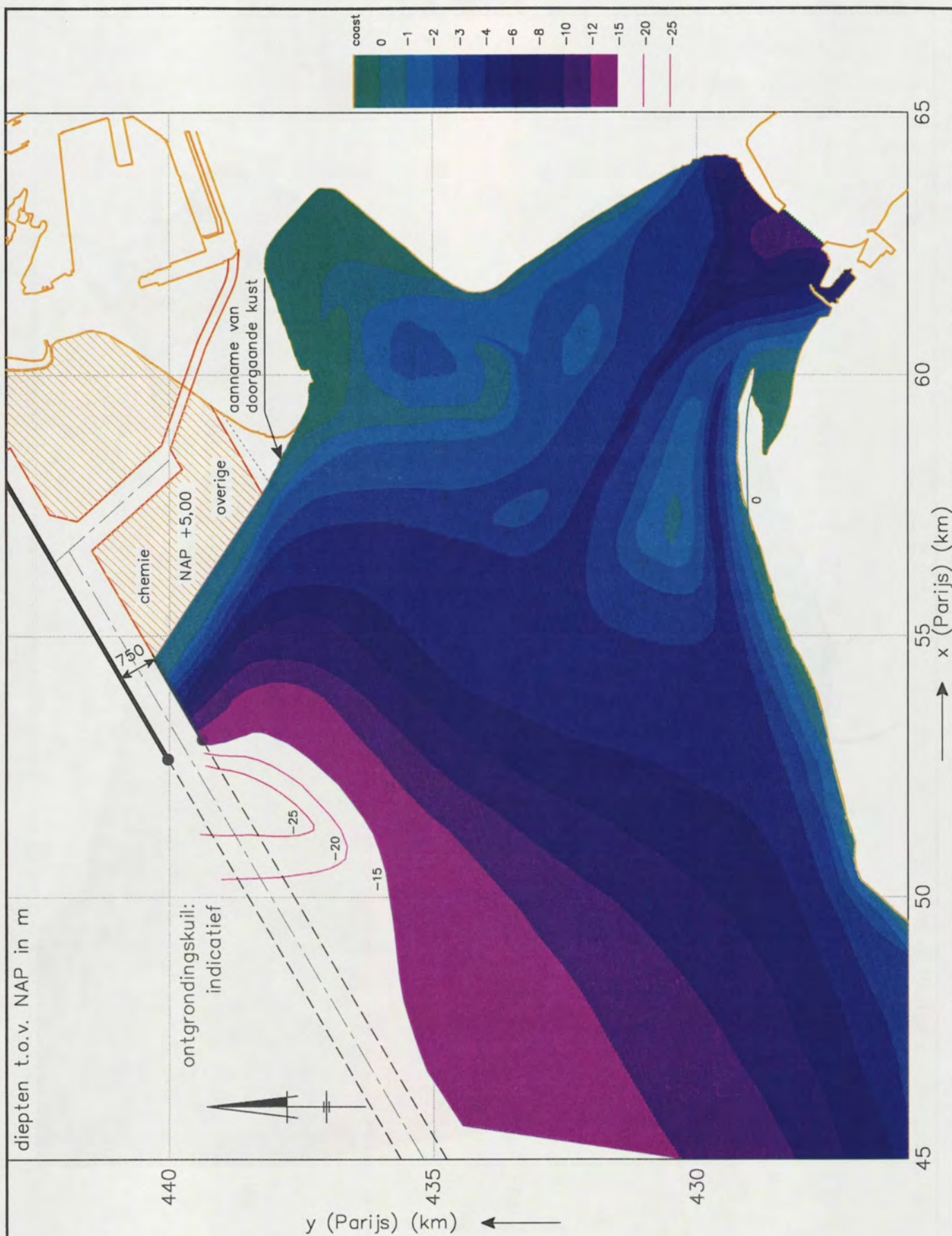
schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336



FIG. 7.3



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Alternatieve toekomstvisie 2100:
 situatie met zuid-variant van MV2
 en spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

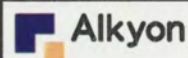
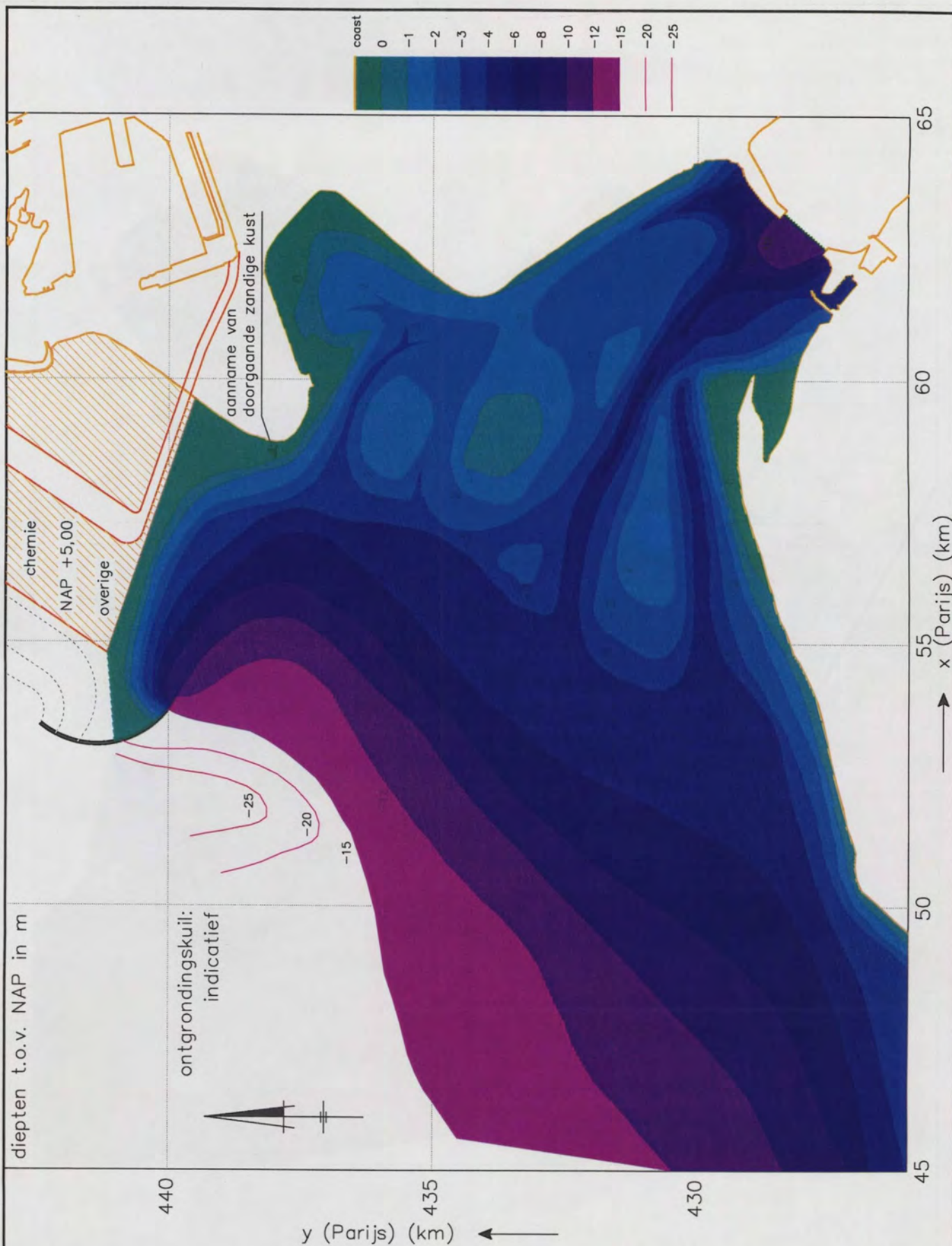


FIG. 7.4



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2020:
situatie met noord-variant van MV2
en spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

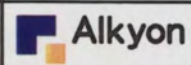
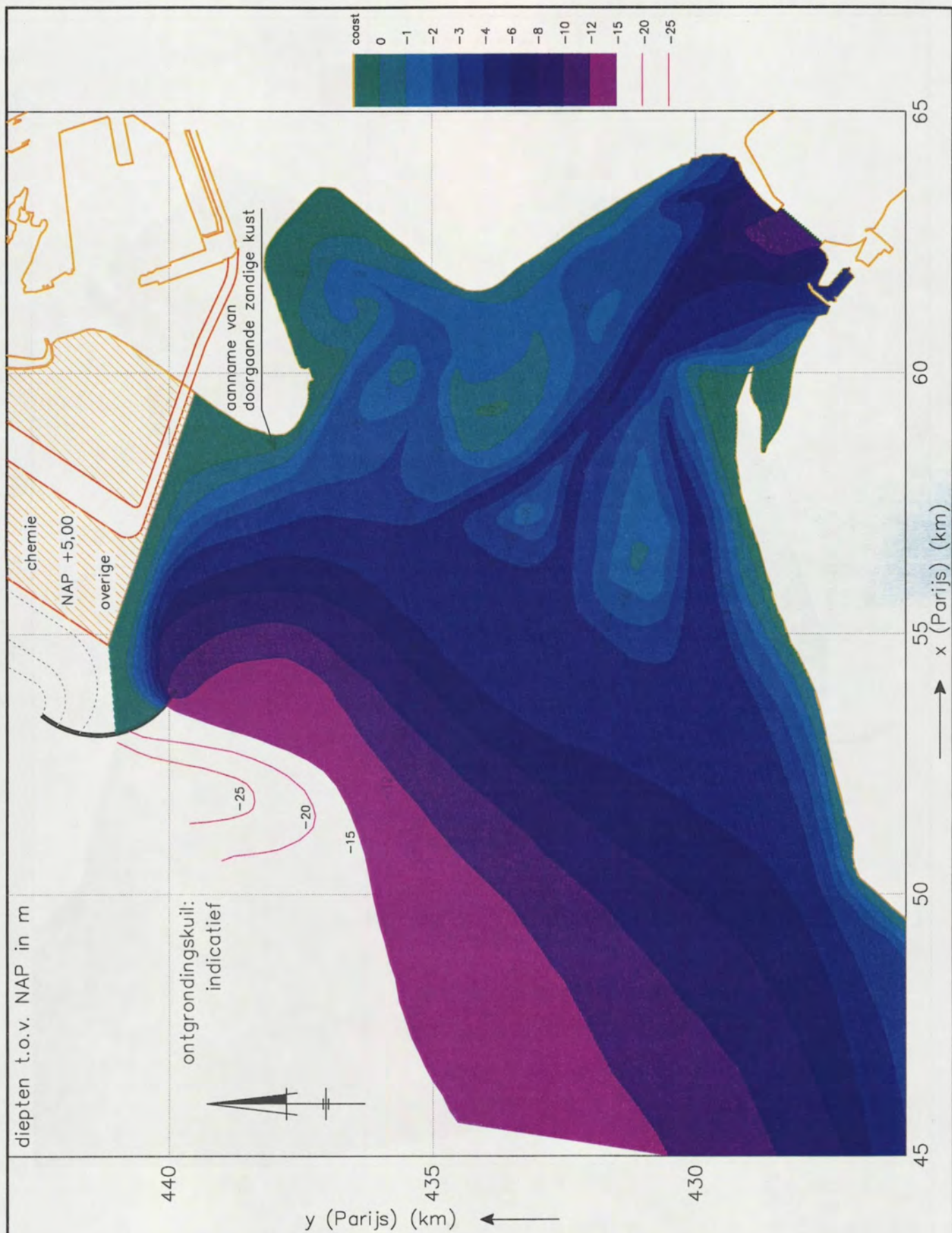


FIG. 8.1



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2050:
 situatie met noord-variant van MV2
 en spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

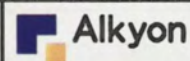
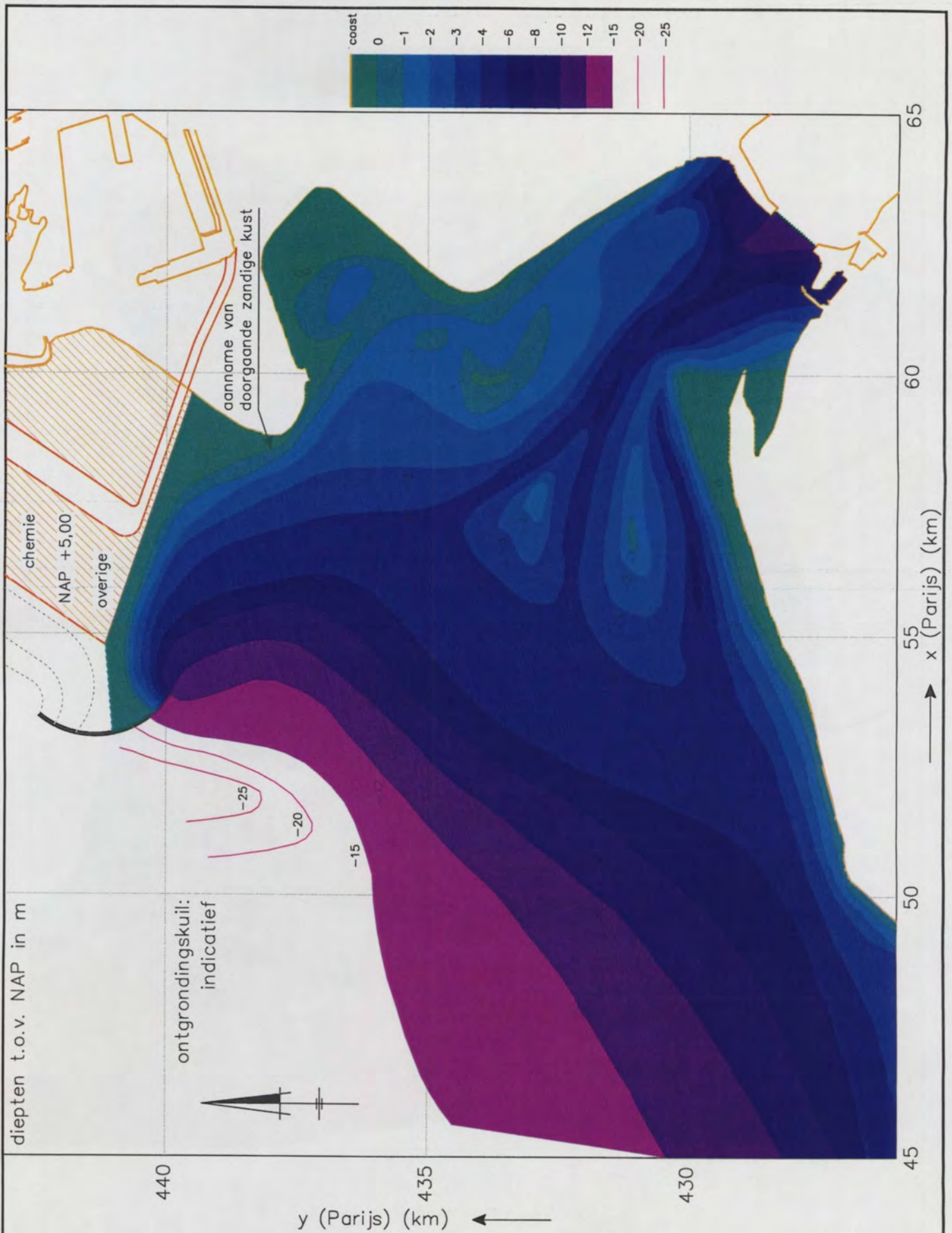


FIG. 8.2



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2100:
situatie met noord-variant van MV2
en spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

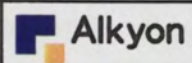


FIG. 8.3



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Alternatieve toekomstvisie 2100:
 situatie met noord-variant van MV2
 en spuiregime Getemd Getij

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

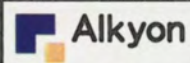
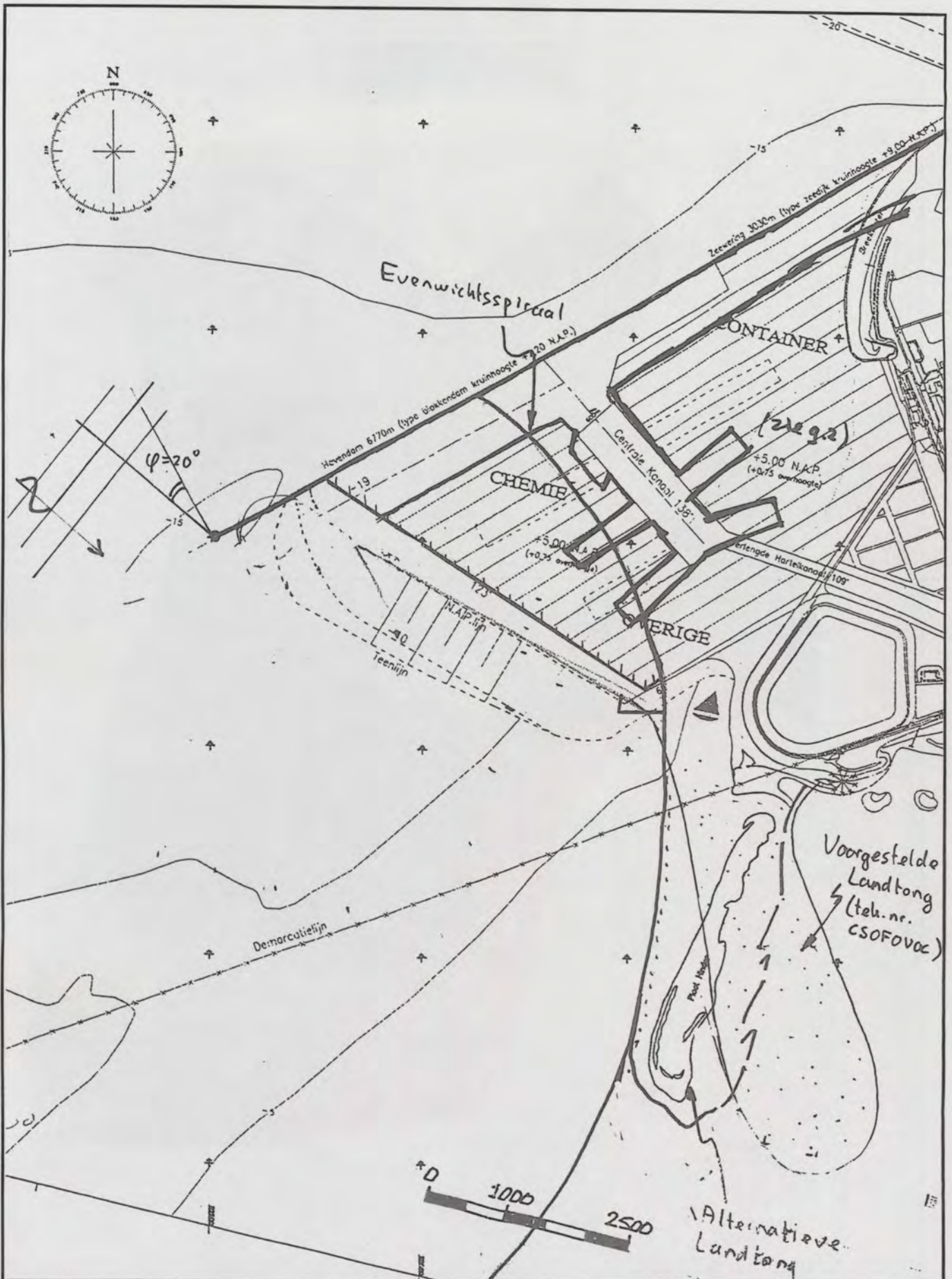


FIG. 8.4



Stabiliteit van de natuurvariant "Estuarium"

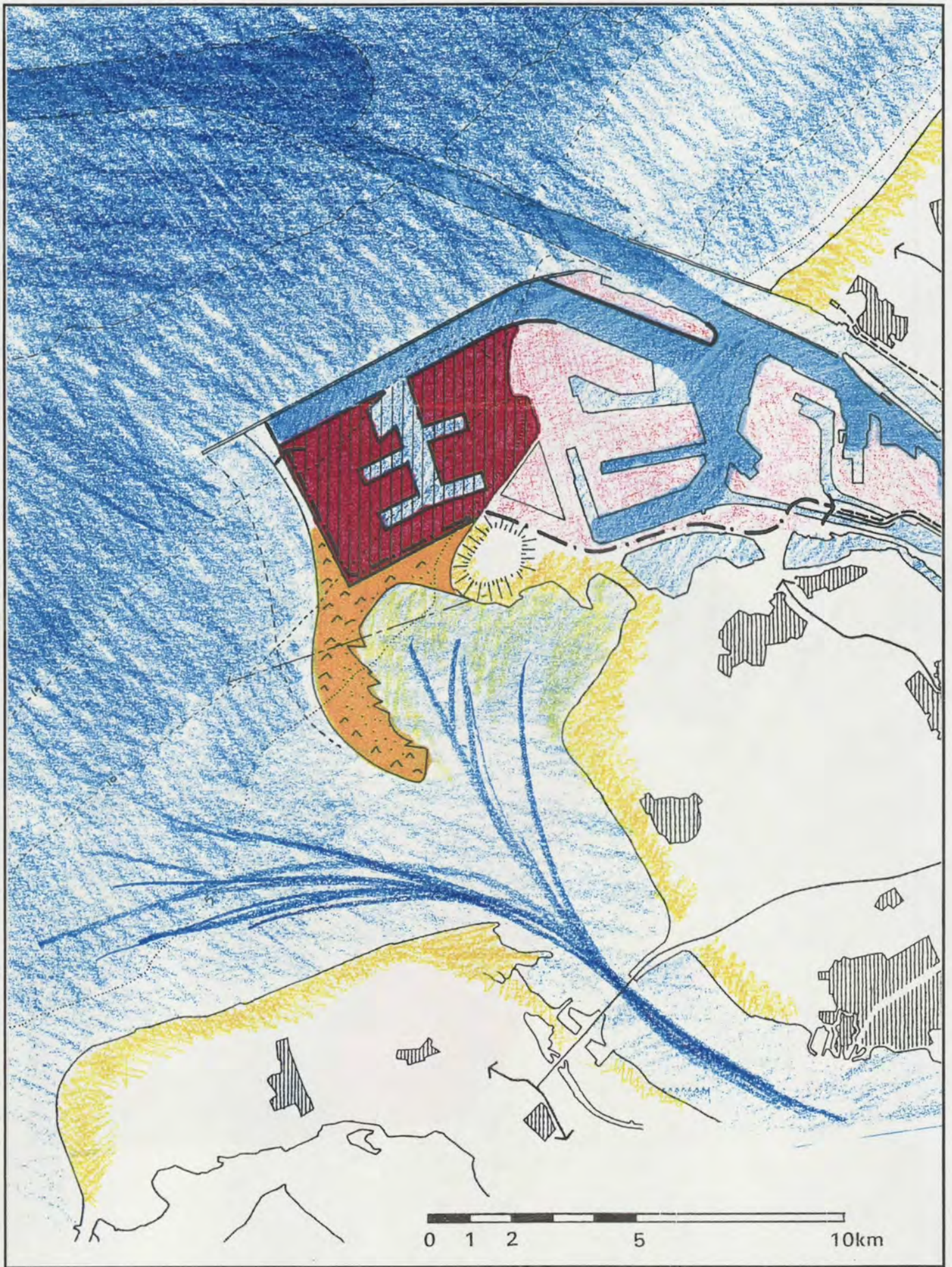
schaal 1:62.500

Morfologie Haringvliet

A336

Alkyon

FIG. 9.1



Artist impression van variant: "MV2-zuid/Estuarium"

schaal 1:125.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

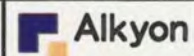
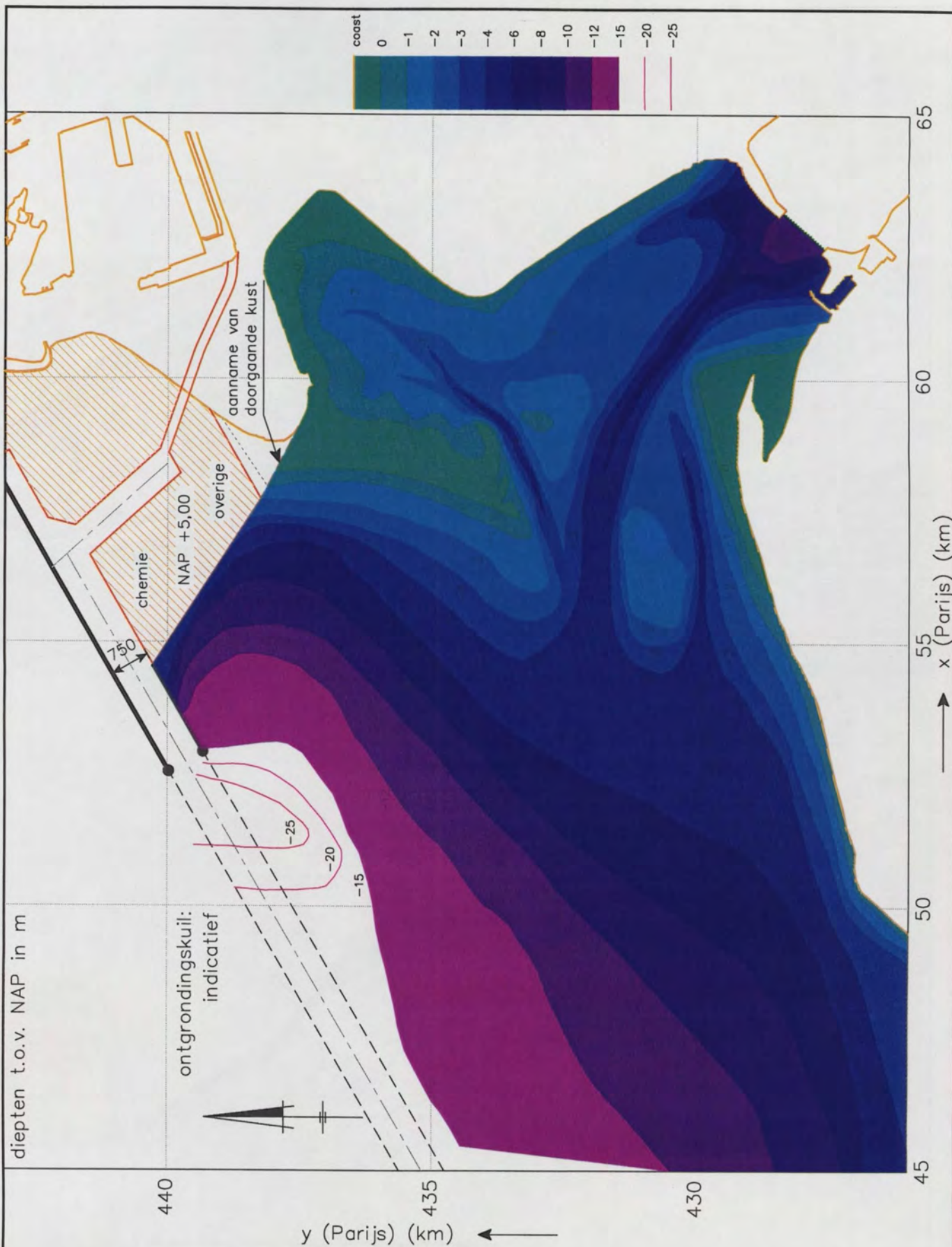


FIG. 9.2



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2020:
situatie met MV2-zuid
getemd getij en natuurvariant

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336


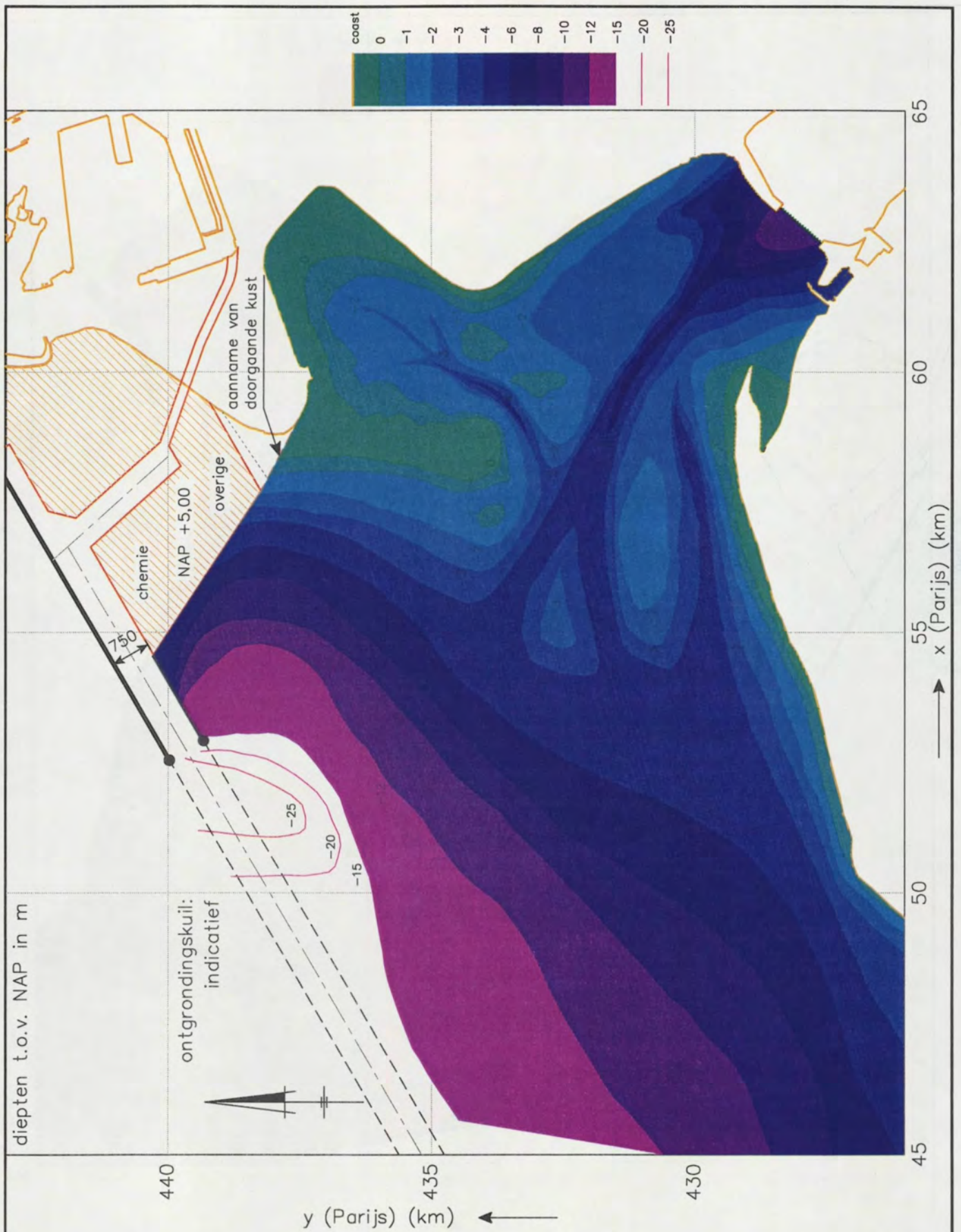
 Alkyon

FIG. 9.3



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2050:
situatie met MV2-zuid
getemd getij en natuurvariant

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336


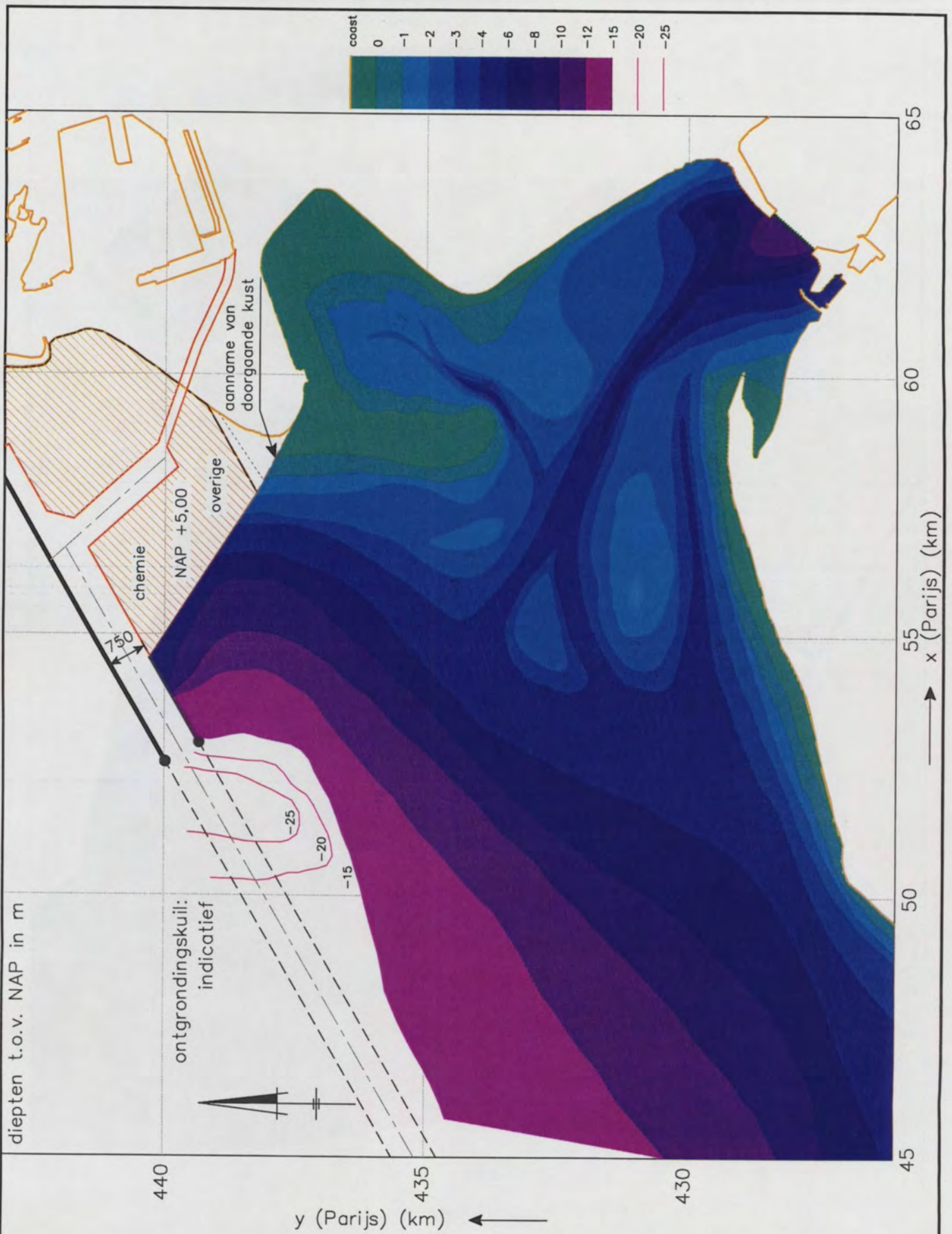
 Alkyon

FIG. 9.4



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2100:
 situatie met MV2-zuid
 getemd getij en natuurvariant

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

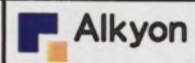


FIG. 9.5

BIJLAGE A: Overzicht van bestudeerde literatuur

In deze bijlage wordt een beknopt overzicht gegeven van de rapporten en studieverslagen die in het kader van de huidige studie zijn geconsulteerd. Het is niet de bedoeling geweest om een literatuurbespreking te maken. Evenmin worden er waardeoordelen gegeven aan elk van de rapporten en verslagen.

Van elk van de geconsulteerde rapporten en verslagen is vastgelegd op welke bladzijden verhandelingen worden gegeven over de volgende onderwerpen:

- A Waargenomen morfologische ontwikkelingen na de bouw van de Haringvlietdam (1970);
- B Beschrijving van de (abiotische) processen in de huidige situatie en/of de situatie in de periode 1970 - heden;
- C Doorkijk naar de toekomstige morfologie in de Haringvlietmond.

De verschillende rapporten geven veelal meer informatie of beschouwingen dan hetgeen in de bovenstaande drie categorieën kan worden gerubriceerd. Voor de huidige studie zijn de genoemde onderwerpen echter het meest relevant.

De onderstaande Tabel A.1 geeft een overzicht van:

- Kolom 1: de auteur(s) en het jaartal van het betreffende rapport of verslag. (Opmerking: de volledige referentie is opgenomen in de lijst met referenties);
- Kolom 2: Onderwerp overeenkomstig bovenstaande opsomming (A, B, of C);
- Kolom 3: Nummers van de bladzijden die over het betreffende onderwerp handelen;
- Kolom 4: Opmerkingen die proberen aan te geven welke "omvang" de verhandeling heeft (bijvoorbeeld: "summier", of "uitgebreid", of "veel gedetailleerde informatie").

Kolom 1: Referentie	Kolom 2: onderwerp	Kolom 3: Bladzijden	Kolom 4: Opmerkingen
Arends, A.A., maart 1997 (afstudeerverslag)	A	35 t/m 38	hypothesen; beperkt aantal morf. Eenheden (Brielse Gat en vóór Haringvlietdam) resultaten ASMITA (vrij grof)
	B	35 t/m 38	
	C	38 t/m 42	
	C	85 t/m 108	
Brouwer, H. e.a. 1998 (concept)	A	par. 2.2	globaal, beknopt, laatste eeuw kwalitatief, algemeen, overzicht huidig spui-beheer, geen mv2 sluizen max. open, geen mv2 indicatief, mv2 / sluis-varianten
	B	par. 3.1	
	C	par. 4.1	
	C	par. 4.2	
Eysink, W.D. 1990	C	Hfstk 6	
	A	9 t/m 12	gedetailleerd overzicht van ingrepen in Haringvliet huidig spui-beheer en open variant idem bodem over 50-100 jaar
	C	13 t/m 18	
C	Fig. 17 en 18		
Holland van, G. augustus 1997 (afstudeerverslag)	A	3-4 t/m 3-6	Samenvatting van Arends idem resultaten Delft-2D model
	B	3-4 t/m 3-6	
	B	9-11 t/m 9-14	



	B	10-7 t/m 10-18	modelresultaten sit. Getemd Getij
	C	3-6 t/m 3-8	samenvatting Arends
Looff de, A.P. januari 1994 (werkdocument)	A	3 t/m 8	accent op drempel in het Slijkgat
	B	8 t/m 11	idem
Roelvink, J.R. e.a. juni 1998 (concept)	A	hfstk 2	nieuwe bewerking 1989-1996
	B	hfstk 4	modelresultaten Delft-2D
Snijders, G. februari 1992 (werkdocument)	A	1 t/m 2	zeer kort. Ontwikkeling 3 drsn in het Bokkegat '84 - '91
Snijders, G., december 1995	A	3 t/m 9	Kort en bondig. Per morf. Element
	B	4 t/m 9	in de Haringvlietmond
Steijn, R.C. oktober 1996 (delen I en II)	A	12 t/m 14	kort over Voorne, Haringvliet en
	B	15	Goeree
	B	67 t/m 71	interpretatie modelresultaten
	C	17 en 18	hypothese invloed MV2
	C	53 en 54	5 jaar vooruit, modelresultaten ref. en situatie met MV2-zuid
	C	Figuur 5.41a	bodem Haringvliet 2000 referentie
	C	Figuur 5.47a	idem, met MV2-zuid
	C	Figuur 5.70a	idem, met MV2-noord
	C	60 t/m 62	5 jaar vooruit, modelresultaten met MV2-noord
	C	71 t/m 73	Doorkijk naar het jaar 2100
Steijn, R.C. november 1996 (deel V)	B	15 en 16	conclusies modelresultaten met ecoalt (MV2-zuid en -noord); kort
Steijn, R.C. augustus 1997	B	33 t/m 35	modelresultaten UNIBEST-TC ; NW-
	C	38 en 39	kust van Goeree
Steijn, R.C., november 1997	A	5 t/m 7	accent op Slijkgat
	B	9 t/m 16	per morf. element in Haringvlietmond
	C	52, 53, 56, 57	modelresultaten korte termijn
	C	67 t/m 70	idem variant Getemd Getij
Vessem van, P., november 1995	A	6 t/m 9	Accent op Slijkgat
	A	16 t/m 21	idem
Vessem van, P., april 1996	A	5 t/m 10	gebied tussen Slufterdam en NW-
	C	10 en 11	kust van Voorne idem



Vessem van, P., december 1996	A	3 t/m 8	accent op detailgebied zuidkant Slufterdam alleen de Kleine Slufter
	B	3 t/m 8	
	A en B	12 t/m 14	
Vessem van, P., 29 mei 1998 (concept)	A en B	hoofdstuk 3	incl. Verklaringen; uitgebreid evenwichtsrelaties; geen MV2 idem, wel met MV2
	B en C	hoofdstuk 4	
	B en C	hoofdstuk 6	
Walstra, D.J. e.a. december 1997	B	6 t/m 8	vooral Hollandse kust; op basis van andere rapporten weinig detail haringvliet; doorkijk naar 300 jaar. Korte samenvatting van modelresultaten. Delft-2dRAM bodem 2050 (huidig met ecoalt) idem, met MV2-zuid idem, met MV2-noord Asmita, weinig detail 300 jaar idem, MV2-noord
	C	86 t/m 88	
	C	Figuur 5.4	
	C	Figuur 5.6	
	C	Figuur 5.12	
	C	Figuur 6.22	
C	Figuur 6.24		



BIJLAGE B

Alternatief "extreme noord-variant"

BIJLAGE B: Alternatief "extreme noord-variant"

B.1 Inleiding

In deze bijlage wordt ingegaan op de vraag of er een noord-variant van MV2 denkbaar is die wezenlijk andere morfologische ontwikkelingen in het studiegebied geeft dan die in dit rapport zijn gepresenteerd (hoofdstukken 5 en 6). Deze vraag diende zich aan nadat was gebleken dat de bestudeerde MV2-varianten maar weinig onderscheidend vermogen hebben voor wat betreft hun lange termijn effect op de morfologie van de Haringvlietmond.

Een voorbeeld van een extreme noord-variant wordt gegeven in figuur B.1 (overgenomen uit Steijn, 1996a). Voor deze variant, hier aangeduid met "extreme noord-variant", is een toekomstvisie ontwikkeld voor het jaar 2100. Er is daarbij uitgegaan van het huidige spuibeheer voor de Haringvlietsluizen (LPH'84).

B.2 Kenmerkende ontwerpparameters

Van belang voor de morfologische ontwikkelingen van de Haringvlietmond zijn de volgende ontwerpparameters van MV2 (zie ook paragraaf 6.2):

- de maximale zeewaartse uitbouw van MV2 (dit is een maat voor de golfafscherming);
- de oriëntatie van de zuidflank van MV2 (dit is een maat voor de "trechtvorm" van het studiegebied);
- het type kustverdediging langs de zuidflank (dit is een maat voor de mogelijke zandvoeding van het studiegebied).

De meest zeewaartse "uitsteek" is de zuidpunt van de westflank, dat reikt tot 55,1 km ten opzichte van Parijs (figuur B.1). In de huidige situatie is de meest zeewaartse uitbouw de zuidwestpunt van de Slufter, die reikt tot ongeveer 58,8 km ten opzichte van Parijs. De zeewaartse uitbouw bedraagt dus ongeveer 3,7 km, hetgeen minder is dan de beide MV2-varianten die in dit rapport staan beschreven. Deze variant impliceert dus vooral een uitbouw in noordwestelijke richting, terwijl de andere varianten een duidelijk westwaartse uitbouw hebben.

Ook de oriëntatie van de NAP-lijn van de zuidflank wijkt duidelijk af: de normaal is nu gericht op ongeveer 245 °N, terwijl dit gemiddeld 210 °N bedroeg voor de in dit rapport gebruikte MV2-varianten.

Het gevolg van de minder zeewaartse extensie en de aanzienlijk andere oriëntatie van de zuidflank van deze MV2-variant, maakt dat de Haringvlietmond een veel "opener" karakter zal behouden. Hierop wordt in de volgende paragraaf teruggekomen.

Voor wat betreft het type kustverdediging langs de zuidflank, zijn we uitgegaan van een zandige kust dat in het geval van zandverliezen in stand zal worden gehouden met behulp van zandsuppleties. Omdat de invalshoek van de jaargemiddelde golfenergieflux de 45° benaderd zal er een groot zuidoostwaarts brandingstransport optreden. Het is niet uitgesloten dat dit de voor Nederlandse begrippen extreme waarde van 1 Mm³/jaar benaderd. Dit zal volledig met behulp van zandsuppleties moeten worden gecompens-

seerd, nog afgezien van zandverliezen als gevolg van profielverflauwing (zandverliezen in dwarsrichting).

B3 Effecten van de extreme noordvariant van MV2

Deze variant vormt een nieuw bolwerk aan de noordrand van het studiegebied. Hierdoor veranderen de jaargemiddelde golf- en stromingscondities en zullen ook de sedimenttransporten veranderen. Hieronder worden de *specifieke* effecten van deze extreme noordvariant besproken, voor zover ze afwijken van de effecten van de in dit rapport bestudeerde zuid- en noordvarianten van MV2 (paragraaf 5.2 en 6.2).

Effect op de waterstanden

In deze MV2-variant is vrijwel geen sprake meer van een toegenomen "trechtersvormig" getijbekken. Hierdoor is de opslinging kleiner. Geschat wordt dat bij gemiddeld getij het hoog water met maximaal 5 tot 10 cm toeneemt en het laag water met enkele cm's afneemt. Ook de opwaaiing bij zuidwester stormen zal beduidend minder zijn dan bij de zuid- en noord-varianten uit dit rapport.

Effect op het stroombeeld

Er zal minder sprake zijn van een stroombeeld dat bepaald wordt door in- en uitgaande stromingen (hoofdzakelijk west- en oostwaarts gericht). De kustparalelle getijstroming (van noord naar zuid en retour) zal in belangrijke mate, net als in de huidige situatie zonder MV2, het stroombeeld op de vooroever blijven bepalen.

Er blijft volgens Steijn (1996a) sprake van een resulterende rondstroming tegen de wijzers van de klok in, rondom de Hinderplaat. Desondanks zal deze rondstroming anders worden als gevolg van (kleine) verschuivingen in de getijfasen in het gebied.

Effect op het golfbeeld

De golfafscherming ten gevolge van deze variant is beduidend minder. Alleen de noordelijke golfrichtingen worden in zekere mate afgeschermd. Veel zal dit overigens niet uitmaken op de jaarlijkse zandtransporten in het studiegebied, omdat de noordelijke golfrichtingen hier slechts een bescheiden bijdrage aan leveren (Steijn, 1997a).

Effect op zandtransport

De zandtransporten in het gebied zullen veranderen als gevolg van aanpassingen in het stroombeeld en de golfcondities. Omdat deze veranderingen ten opzichte van de zuid- en noordvarianten uit dit rapport minder zijn, mag verwacht worden dat ook de veranderingen in de interne herverdeling van het zand binnen het studiegebied maar weinig zal verschillen met dat voor de autonome ontwikkeling.

De voeding van het noordelijke deel van de Haringvlietmond zal waarschijnlijk toenemen, als gevolg van een groter zandtransport in oostwaartse richting langs de zuidflank van MV2. Dit brandingsgedreven transport is zoveel groter door de oriëntatie van de zuidflank ten opzicht van het inkomende golfveld (hoek van bijna 40 - 55 graden: een hoek waarbij brandingstransporten maximaal zijn). Omdat ervan wordt uitgegaan dat zandverliezen worden gecompenseerd met zandsuppleties, waarbij het zand van

buiten het actieve systeem wordt onttrokken, betekent dit een nagenoeg constante zandbron richting Slufter. Over een periode van 100 jaar is dit mogelijk een totale zandbron van maar liefst 100 Mm³.

B.4 Morfologie van de Haringvlietmond in 2100 met een extreme noord-variant van MV2

Figuur B.2 toont een mogelijke morfologische situatie in het jaar 2100, met een extreme noord-variant voor MV2 en uitgaande van het huidige spui-beheer voor de Haringvlietsluizen. Uit deze figuur blijkt dat de verwachte morfologie in het zuidelijk deel van het studiegebied nagenoeg hetzelfde is als voor de huidige situatie (figuur 3.3). In het noordelijke deel van het studiegebied zijn er wel verschillen ten opzichte van de huidige situatie, alsmede op de vooroever. Hier zijn ook de grootste afwijkingen te verwachten ten opzichte van de zuid- en noord-varianten van MV2 uit hoofdstuk 5 en hoofdstuk 6. Kort samengevat komen deze verschillen op het volgende neer:

- Het noordelijke deel van de vooroever, beneden NAP -8 m, zal verdiepen als gevolg van de geleidelijk aantrekkende getijstrooming. In tegenstelling tot de zuid- en noordvarianten uit dit rapport, is hier niet sprake van een abrupte blokkade van de noordgaande vloedstroom. Als gevolg van de verdieping van de vooroever zal de onderhoudsbehoefte van de zuidflank van deze MV2-variant nog verder toenemen.

In de situatie zonder MV2-variant (hoofdstuk 3) bleek dat er maar weinig veranderde op de vooroever; bij de zuid- en noordvarianten uit deze studie bleek zelfs sprake van verondieping op de vooroever. Hier wijkt de extreme noordvariant van MV2 dus af. Het zand dat vrijkomt met de verdieping op de vooroever komt overigens niet ten goede aan het studiegebied; het wordt in zeewaartse richting verplaatst (richting Euro-Maasgeul).

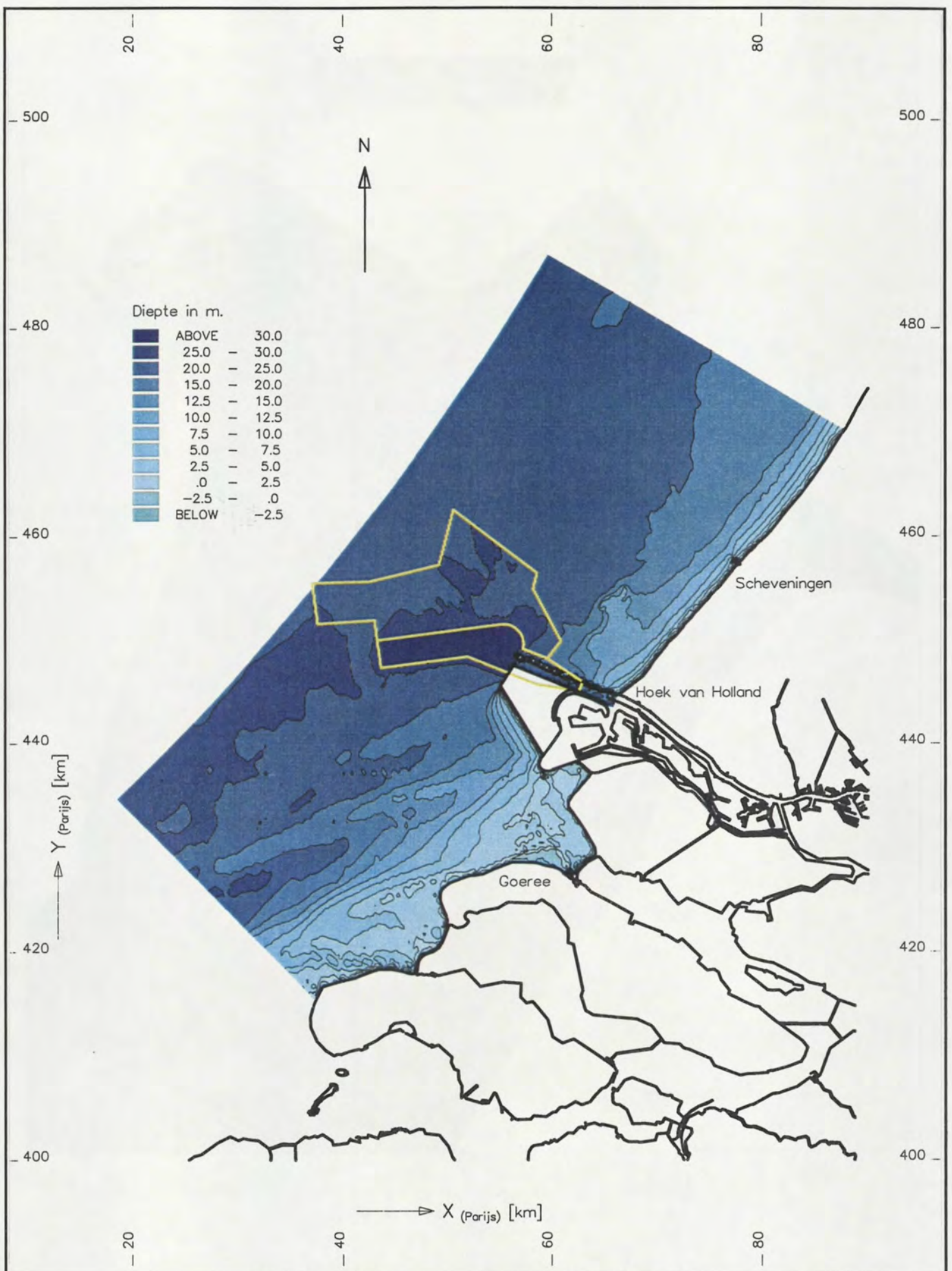
- De Hinderplaat en de andere toekomstige platen zullen een iets andere oriëntatie van hun zeewaartse dieptelijnen krijgen. Dit komt omdat de platen zich richten op de inkomende golven in relatie tot de hoeveelheid zand die richting de betreffende plaatsectie wordt getransporteerd (er is dan evenwicht tussen aanvoer en doorvoer van zand). Bij het relatief meer open karakter van de Haringvlietmond bij de extreme noordvariant, "hoort" een iets westelijker oriëntatie, vergelijkbaar met de huidige situatie.
- De verwachting is dat het zuidoostwaartse brandingstransport langs de zuidflank van de extreme noord-variant, aanzienlijk groter is dan dat van de zuid en noordvarianten uit dit rapport. De consequentie hiervan is dat er ook veel meer zandvoeding plaatsvindt van het gebied voor de NW-kust van Voorne (mogelijk 1 Mm³/jaar). Zolang de zandverliezen op de zuidflank van MV2 maar worden gecompenseerd met zandsuppleties, leidt dit tot de vorming van strandhaken die zich mogelijk uitstrekken van de Slufter tot Voorne. Dit is waarom in figuur B.2 de NAP -1 m dieptelijn van de Slufter doorloopt tot de kust van Voorne (iets ten noorden van de Groene Punt). Daarachter, dat wil zeggen voor de Brielsche Gatdam, kan een zeer ondiep slufferachtig gebied ontstaan. Ook is het niet uit te sluiten dat dit gebied snel (d.w.z. na 10-20 jaar) sterk verzandt door het grote aanbod van zand.
- Net als bij de zuid- en noordvariant van MV2 uit dit rapport, zal er zich een slufferachtig systeem ontstaan voor de Groene Punt. Er kan hooguit sprake zijn van een verder stadium van opvulling, vanwege de grotere zandtoevoer. Dit is waarom de

diepte van de geul (het "Nieuwe Hindergat") in figuur B.2 afwijkt van die in bijvoorbeeld figuur 3.3.

- De morfologische ontwikkelingen voor de kust van Goeree en voor de Haringvlietdam zijn waarschijnlijk niet veel anders dan bij de autonome ontwikkeling. Hier zijn vooral de spuidebieten door de Haringvlietsluizen bepalend. Mits deze "op niveau" blijven, kan zich een meer centraal gelegen geul ontwikkelen. Voor een nadere beschrijving van de morfologische ontwikkelingen in dit gebied wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

B.5 Samenvattend

De extreme noord-variant (figuur B.1) geeft aanleiding tot een iets andere morfologische ontwikkeling in het gebied dan de in dit rapport beschreven zuid- en noord-varianten. Erg spectaculair zijn de verschillen overigens niet. Het plaatoppervlak zal naar verwachting groter zijn, omdat er meer (kunstmatig aangebracht) zand vanaf de zuidflank van deze MV2-variant wordt aangevoerd. Dit geeft meer aanzanding in het gebied voor de Brielsche Gatdam en de NW-kust van Voorne. De extreme noord-variant van MV2 onderscheidt zich voorts van de andere varianten, door de ontwikkelingen op de vooroever. Vooral de vooroever van de zuidflank van deze MV2-variant (dat is het noordelijke deel van de vooroever van het studiegebied) zal verdiepen als gevolg van de geleidelijk aantrekkende noordgaande vloedstroom. De ontwikkelingen in het zuidelijk deel van het studiegebied, waaronder de ontwikkeling en de instandhouding van een centraal gelegen en na verloop van tijd zich krommende geul, wijken niet veel af van de autonome ontwikkeling.



Contouren van een extreme MV2 Noord-variant

Steijn, 1996

schaal 1: 500,000

Morfologie Haringvlietmond

A 336

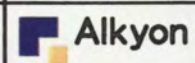
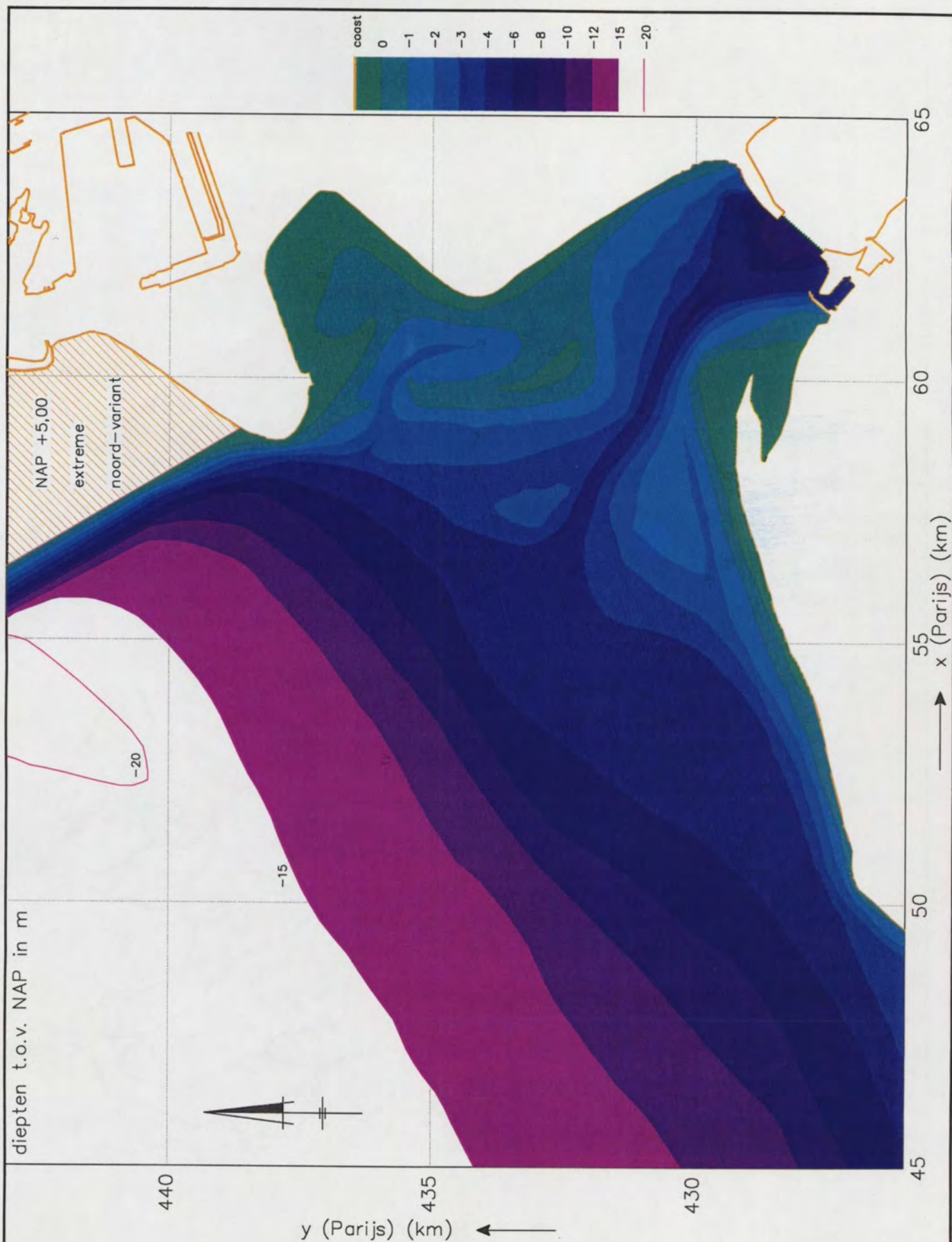


FIG. B.1



Vanwege de onzekerheden in de voorspelling van de toekomstige morfologie dient deze figuur "ter indicatie". Het minutieus opmeten van arealen wordt daarom afgeraden.

Toekomstvisie 2100:
 situatie met een extreme noord-variant van MV2
 en huidige spuiregime

schaal 1:100.000

Morfologie Haringvlietmond

A336

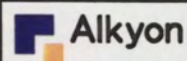


FIG. B.2



Samenwerkingsverband Maasvlakte 2 Varianten

Westerlaan 10

Postbus 6622

3002 AP ROTTERDAM-NL

Telefoon (010) 277 12 77

Telefax (010) 277 12 50