

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015-699111

technisch rapport 5 kustvoorspelling

kustverdediging na 1990

technisch rapport 5 kustvoorspelling

voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090

samensteller: M.J.F. Stive

bijdragen: A.J. Kuik
C. Louisse
A. Prakken
H.D. Rakhorst
P. Roelse
P. v. Vessem

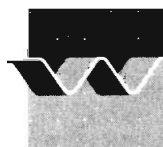


rijkswaterstaat

W.T. Bakker
M. Dijkman
J.A. de Vroeg

 **TU Delft**

W.D. Eysink
G. Hartsuiker
J.A. Roelvink
M.J.F. Stive



waterloopkundig laboratorium|wl

H 825
mei 1989

INHOUD

	blz.
SAMENVATTING.....	9
1. <u>INLEIDING</u>	25
1.1 Doel van de studie.....	25
1.2 Methode van aanpak.....	25
2. <u>GROOTSCHALIGE ONTWIKKELING VAN HET NEDERLANDSE KUSTSYSTEEM</u> ...	27
3. <u>EXTRAPOLATIE WAARGENOMEN ONTWIKKELING KUSTLIJN</u> (Fase 1).....	31
4. <u>FENOMENOLOGISCHE KENNIS</u> (Fase 2).....	35
5. <u>KONCEPTUELE MODELLEN VOOR DE GROOTSCHALIGE KUSTONTWIK-</u> <u>KELING</u> (Fase 3).....	41
5.1 Inleiding.....	41
5.2 De gesloten Hollandse kust: conceptueel model.....	41
5.3 De Waddenzee en de Zeeuwse delta: conceptueel model.....	44
5.4 Kwantificering van de conceptuele modellen.....	44
6. <u>TWEE-LIJN MODELLERING ONTWIKKELING HOLLANDSE KUSTLIJN</u> <u>(Fase 3)</u>	49
7. <u>VOORSPELLING KUSTLIJNONTWIKKELING</u>	53
7.1 Model voor de ontwikkeling van de Nederlandse kust (Fase 3)..	53
7.2 Grootschalige ontwikkeling.....	56
7.3 Gedetailleerde ontwikkeling.....	59
8. <u>EVALUATIE EN KONKLUSIES</u>	63
8.1 Inleiding.....	63
8.2 Evaluatie.....	63
8.3 Konklusies.....	66
APPENDIX A: Kustvoorspelling per cel volgens scenario Av	
B: Kustvoorspelling per cel volgens scenario Bv	
C: Kustvoorspelling per cel volgens scenario Cv	
D: Kustvoorspelling per cel volgens scenario Ao	
E: Kustvoorspelling per cel volgens scenario Bo	
F: Kustvoorspelling per cel volgens scenario Co	

KADER

Dit rapport is een onderdeel van de studie die rond de discussienota "Kustverdediging na 1990" is uitgevoerd. Deze studie heeft in 1988 en 1989 plaatsgevonden. Hierin wordt een aantal alternatieve mogelijkheden ten aanzien van kustverdedigingsbeleid onderzocht en worden deze mogelijkheden naast elkaar gepresenteerd.

De beleidsanalytische studie vereist kennis over een groot aantal, soms nogal uiteenlopende aspecten van kustverdediging(sbeleid): kustgedrag, veiligheid van de duinenkust, voorspelling van kustgedrag, gebruiksfuncties in het duingebied en hoe deze te beoordelen, welke maatregelen zijn zinvol, etc. Al deze onderwerpen zijn in onderbouwende studies aan de orde gekomen en gerapporteerd in Technische Rapporten.

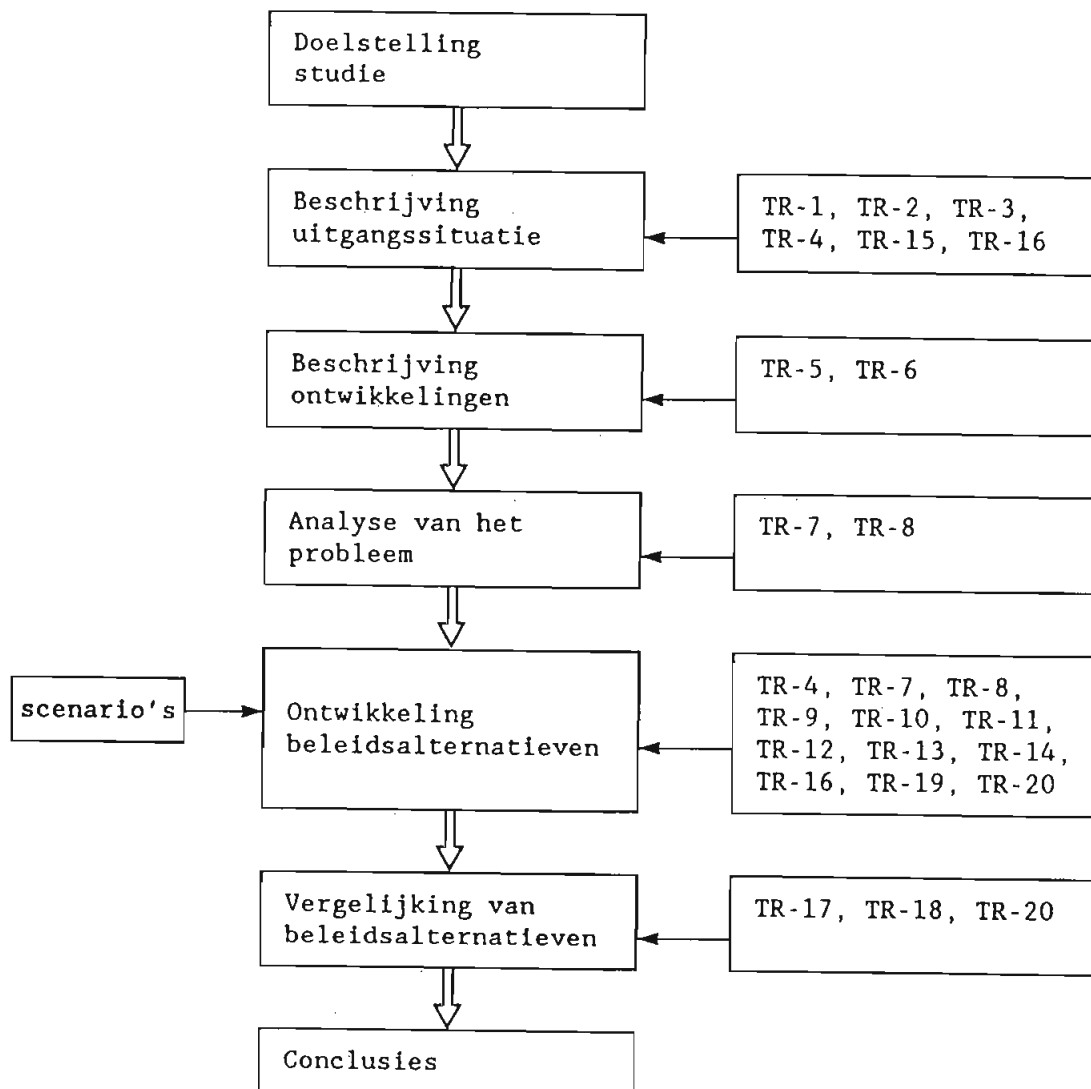
Het onderhavige rapport bevat de technische onderbouwing van één van de aspecten van de beleidsanalytische studie.

In onderstaand overzicht is een opsomming gegeven van alle Technische Rapporten die in dit kader zijn verschenen.

- TR-0 Overzicht technische onderbouwing discussienota Kustverdediging
 Samenvatting en conclusies van de uitgevoerde projecten.
- TR-1 Zandsysteem kust;
 een morfologische karakterisering
- TR-2 Toestand kust 1990;
 kusttypering en kustligging
- TR-3 Kustonderhoud;
 kosten van basisonderhoud
- TR-4 Inventarisatie duinfuncties;
- TR-5 Kustvoorspelling;
 voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090
- TR-6 Zeespiegelrijzing;
 hydro-meteo scenario's
- TR-7 Duinen als waterkering;
 invloed van kustgedrag op veiligheid
- TR-8 Gebruiksfuncties in de duinen;
 invloed van kustgedrag op duinfuncties
- TR-9 Inventarisatie functies onderwateroever;
 interactie met kustverdediging
- TR-10 Zeezandwinning;
 invloed op kustgedrag; een verkenning
- TR-11 Strand- en duinsuppleties;
 effectiviteit en kosten
- TR-12 Strandhoofden en paalrijen;
 evaluatie werking
- TR-13 Grote civiele werken;
 invloed op kustgedrag
- TR-14 Onderwateroeversuppleties;
 een alternatieve kustverdedigingsmethode
- TR-15 Monitoring kustgedrag;
 huidige situatie en toekomstbeeld
- TR-16 Harde kustverdediging;
 zeedijken, havengebieden en strandmuren als waterkering
- TR-17 Systeemanalytisch model;
 beschrijving computermodel

- TR-18 Berekeningsresultaten beleidsalternatieven;
detailresultaten van computermodel
- TR-19 Innovatie van kustverdediging
inspelen op het kustsysteem
- TR-20 Zeewaartse kustverdediging
een globale analyse van enkele mogelijkheden

De onderbouwende studies bestrijken het brede scala van onderwerpen die met de beleidsanalytische studie van de kustverdediging samenhangt. De relatie met deze studie komt tot uitdrukking door bij de verschillende stappen aan te geven waar deze door een technisch rapport ondersteund worden. Dit is in onderstaand schema aangegeven.



SAMENVATTING

DOEL VAN DE STUDIE

Het beoogde resultaat van deze studie is een voorspelling te geven van de ligging van de kustlijn in 1990, 1995, 2000, 2010, 2020, 2050 en 2090. Niet alleen het verlangde onderscheidend vermogen in de tijd is groot, ook het verlangde ruimtelijk oplossend vermogen is hoog: van de orde één kilometer. Deze vraagstelling is vooral bepaald door de eisen die de beleidsanalyse stelt; zij is niet ingegeven door de mogelijkheden die de technische kennis van het kustgedrag biedt. De technische haalbaarheid van de voorspelling wordt enigszins vergroot omdat bij de voorspelling van de kustligging er in eerste aanleg van kan worden uitgegaan dat het huidige kustbeheer wordt voortgezet, dat er geen grote civieltechnische ingrepen worden uitgevoerd, en dat de huidige stijgingssnelheid van de zeespiegel gehandhaafd blijft. Naast deze "basisvoorspelling" dienen ook voorspellingen te worden gedaan voor scenario's met hogere stijgingssnelheden van de zeespiegel en ongunstiger meteorologische omstandigheden. De voorspellingen dienen te worden gebaseerd op een optimale combinatie van de fenomenologische kennis en de huidige fysische proceskennis.

METHODE VAN AANPAK

Om in een vroeg stadium resultaten te kunnen geven ten behoeve van een eerste beleidsanalytische uitwerking, is de studie gefaseerd aangepakt, zodanig dat de eerste fase reeds resulteerde in een voorspelling van de ontwikkeling van de kustlijn met de gewenste oplossing in tijd en ruimte.

In twee daaropvolgende fasen zijn de voorspellingen verbeterd en verder onderbouwd. Alle drie fasen zijn gebaseerd op een extrapolatie van de waargenomen ontwikkelingen van het Nederlandse kuststelsel. In Fase 1 is dit rechttoe- rechtaan gedaan door extrapolatie van de lineaire trend, gebaseerd op de tijdreeksen van de kustpositie gemiddeld over morfologisch uniforme segmenten. In de volgende fase (Fase 2) zijn de voorspellingen gedetailleerd in ruimte en tijd en gekorrigeerd voor trendveranderingen en (quasi-)periodieke effecten door gebruik te maken van fenomenologische kennis. De definitieve extrapolatie is uiteindelijk mede gebaseerd op en onderbouwd via een uiteenraffing en kwantificering van de onderliggende fysische processen (Fase 3). Op grond van fysische proceskennis zijn hiervoor zg. conceptuele modellen voor de ontwikkeling van het Nederlandse kuststelsel voorgesteld. Het uiteindelijke voorspelresultaat is gebaseerd op een integratie van de resultaten van de drie fasen.

GROOTSCHALIGE ONTWIKKELING VAN HET NEDERLANDSE KUSTSTELSEL

De Nederlandse kust met haar estuaria en het Waddengebied heeft zich in een sedimentrijke omgeving in de loop van vele eeuwen vrijelijk ("autonoom") kunnen ontwikkelen. Sinds omstreeks 1000 j.n.C begint de mens -eerst marginaal- in het stelsel in te grijpen. Maar, sinds een eeuw is de invloed van menselijke ingrepen duidelijk sterker geworden. In deze periode zijn belangrijke zeehavens tot ontwikkeling gekomen, grote afsluitingswerken uitgevoerd, duinkusten en zeedijken versterkt (Deltawet). Gerelateerd aan deze ontwikkelingen zijn de winning van zand uit de estuaria en de Waddenzee, en het verdiepiings- en onder-

houdsbaggerwerk in de haventoegangsgeulen. Een bijzondere vorm van sedimentverlies vindt plaats in het Waddengebied als gevolg van bodemdaling door gaswinning.

De door menselijke activiteiten verzette hoeveelheden sediment worden in Tabel 1 samengevat. Als we deze hoeveelheden vergelijken met de huidige balanscijfers (Figuur 1) dan blijkt, dat de menselijke ingrepen niet klein zijn ten opzichte van de autonome ontwikkelingen. Het blijkt dat op grotere tijd- en ruimteschaal gezien, de werken en activiteiten lokale verstoringen zijn binnen een dynamisch, autonoom quasi-evenwichtssysteem, dat zich nog veelal binnen onze tijdshorizon aanpast aan zich -door menselijke activiteiten geïnduceerde- wijzigende geometrische en/of hydraulische omstandigheden. Naast deze invloeden blijken er voortdurende effecten van de zeespiegelstijging te spelen.

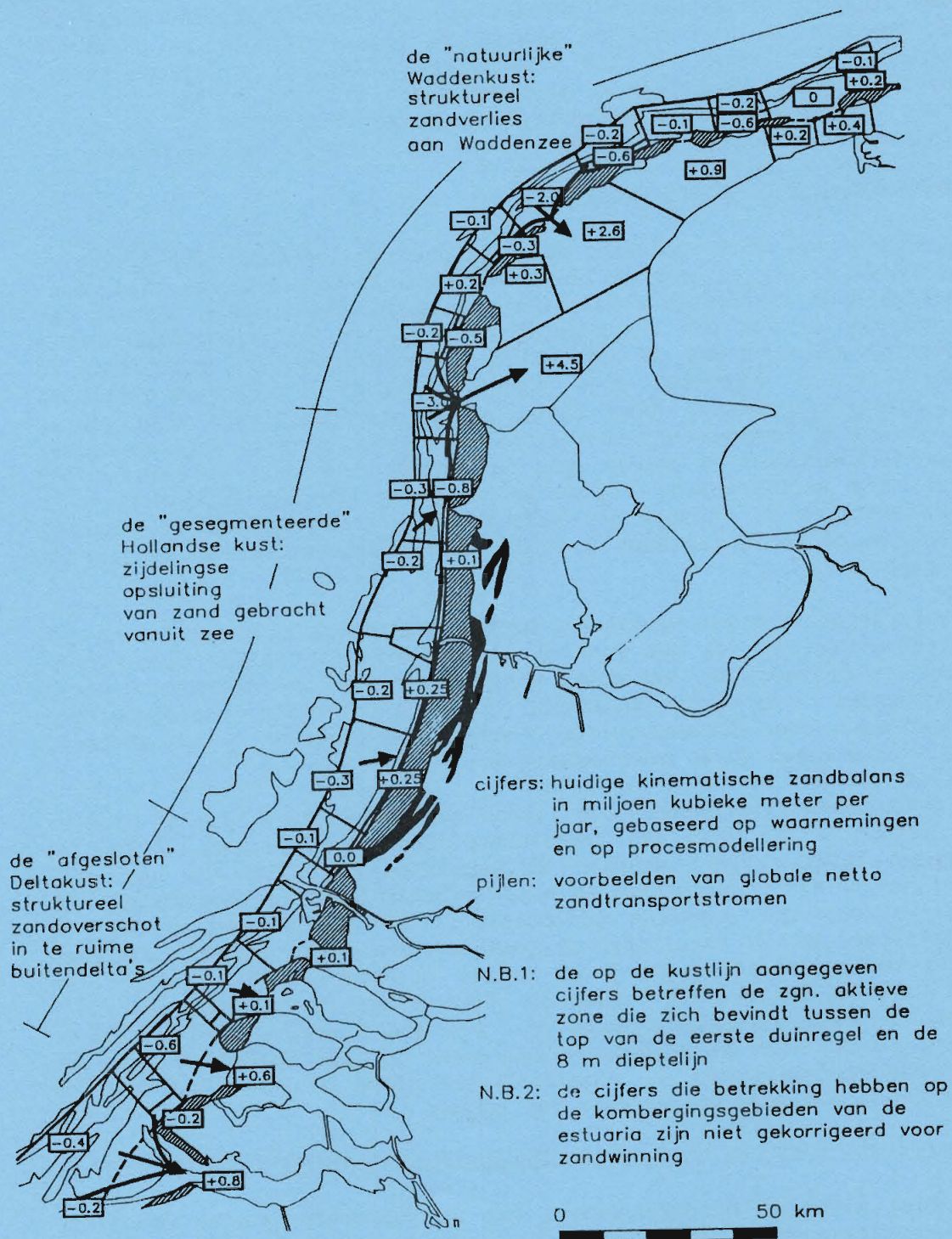
Lokatie	Onderhouds- baggeren	Zandwinning ¹⁾	Strandsuppleties
Eems-Dollard ²⁾	14-19	5-5,5	-
Waddenzee-oost	0,1	0,3	-
-west	0,3	3,6	0,5
Hollandse kust	2,5-6,5	1-2	0,5-1,5
Rotterdamse Waterweg ³⁾	20-25	1-2	1-2
Voordelta Grevelingen	0,1	-	0,7
Oosterschelde	-	-	-
Westerschelde ⁴⁾	26-36	4-5	0,1

- 1) inklusief suppletiezand
- 2) inklusief Duitse activiteiten
- 3) totale haven- en toegangsgeulensysteem
- 4) inklusief Belgische activiteiten

TABEL 1 Gemiddelde jaarlijkse sedimentstromen (miljoenen kubieke meter) door menselijke activiteiten in de laatste 10 à 15 jaar (NB: het onderhoudsbaggerwerk resulteert in de regel slechts in verplaatsingen binnen het kustsysteem)

EXTRAPOLATIE WAARGENOMEN ONTWIKKELING KUSTLIJN (FASE 1)

Het bovengegeven uitgangspunt is, dat op grotere tijd- en ruimteschaal gezien (langer dan 10 jaar, groter dan 10 km) wordt verondersteld, dat het Nederlandse kustsysteem zich min of meer autonoom ontwikkelt. Eveneens wordt er vanuit gegaan, dat de trend in de autonome ontwikkeling duidelijk blijkt uit de bestaande gegevens van de kustlijnligging over de laatste 140 jaar, en uit meer globale observaties over de laatste 2000 jaar. Op grond hiervan wordt verondersteld, dat een extrapolatie van het meer grootschalige kustgedrag -bij ongewijzigde grootschalige hydraulische en geometrische kondities- over de komende 100 jaar realistisch is. In Fase 1 is daarom een rechttoe-rechtaan extrapolatie uitgevoerd via lineaire regressie van de tijdreeksen van de kustpositie (de "bliksemgrafieken"). Eventuele aanwezige (quasi-) periodieke fluktuaties zijn in rekening gebracht door het zg. voorspellingsinterval te bepalen.



Figuur 1 Huidige zandbalans van het Nederlandse kuststelsysteem

De extrapolaties zijn uitgevoerd na middeling van de kustlijnligging over segmenten, die zo zijn gekozen dat er over het segment sprake is van een min of meer uniform gedrag. In totaal zijn er 56 segmenten gekozen. Met behulp van het voorspellingsinterval kon worden aangegeven binnen welke marges de voorspellingen zich zullen bevinden. Dit heeft geleid tot een zogenaamde "ongunstige" voorspelling, d.w.z. de minst gunstige onder- of bovengrens van de voorspellingsresultaten.

FENOMENOLOGISCHE KENNIS (FASE 2)

In Fase 2 van de studie zijn de resultaten van de voorspelling van de kustontwikkeling volgens de lineaire regressie in ruimte en tijd gedetailleerd en gekorrigeerd daar waar een gegrond vermoeden bestaat dat er sprake is van een verandering of breuk in de trend. Daarbij is rekening gehouden met de ruimtelijke samenhang van het kustgedrag in langsrichting. Daarnaast zijn (quasi-) periodieke effecten expliciet in rekening gebracht. Deze niet-lineaire voorspellingen zijn vooral gebaseerd op fenomenologische kennis, die onder meer is opgebouwd door naar verklaringen te zoeken voor het kustgedrag zoals de laatste 140 jaar zijn geobserveerd. Bij de beschrijving van het kustgedrag zijn ook betrokken de onlangs ter beschikking gekomen sedimentbalansgegevens van de Hollandse kust over de waarnemingsperiode van de laatste 21 jaar.

Verklaringen voor het kustgedrag hebben geleid tot de konstatering dat effecten die een rol van meer of minder betekenis spelen zijn: kromming van de kustlijn, zandvraag of zandoverschot van delta en kombergingsgebied van een estuarium, (quasi-)periodieke kustbewegingen geïnitieerd door deltabewegingen, menselijke ingrepen, windtransport, resistente lagen in de onderwateroever.

De gehanteerde voorspelmethoden lopen qua methodiek enigszins uiteen. De methodiek varieert van trendschattingen op basis van kortere en langere tijdperioden, waaraan de geschatte periodiciteit van verschijnselen (ook langer dan de observatie-periode) is toegevoegd, tot puur statistisch bepaalde periodiciteit van de verschijnselen. De presentatie van de resultaten is geuniformeerd. Het resultaat van Fase 2 is een voorspelling met groot detail in ruimte en tijd; voor elke cel (elke kilometer, zie Figuur 2) langs de kust is op zeven voorspelmomenten de kustligging aangegeven. Dit grote detail werd weliswaar nodig geacht voor de beleidsanalyse, maar het zal duidelijk zijn dat de nauwkeurigheid van de voorspellingen sterk afneemt, naarmate de voorspeltijdstippen verder voor ons liggen.

KONCEPTUELE MODELLEN VOOR DE GROOTSCHALIGE KUSTONTWIKKELING (FASE 3)

In Fase 3 is de huidige kennis van de kustmorfologische processen geïnventariseerd en is nagegaan hoe deze kennis kan worden gebruikt voor de voorspellingen. Met fysisch-theoretische en fysisch-empirische modelconcepten zijn een tweetal conceptuele modellen opgesteld. Onder een conceptueel model wordt verstaan een samenhangende beschrijving van fysische processen die de ontwikkeling van het kuststelsel bepalen. Met een conceptuele model moet het mogelijk zijn niet alleen het huidige gedrag van het kuststelsel te begrijpen, maar ook dat van het verleden te rekonstrueren en dat van de toekomst te voorspellen.

Er wordt van uitgegaan dat het Nederlandse kustsysteem opgedeeld kan worden in drie hoofdsystemen, die weliswaar onderling samenhangen omdat ze elkaars randvoorwaarden bepalen, maar die wat de onderliggende fysische processen betreft als autonoom gezien kunnen worden. De hoofdsystemen zijn (zie Figuur 2):

- de Hollandse kust;
- de Waddeneilanden en de Waddenzee;
- de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden en delta.

Deze hoofdsystemen zijn in twee categorieën in te delen, t.w. de categorie gesloten kust en de categorie door estuaria onderbroken kust. Voor beide categorieën is een conceptueel model opgesteld, waarbij is voortgeborduurd op de resultaten behaald in de eerste fase van het projekt "Kustgenese". De conceptuele modellen hebben betrekking op de grootschalige (tijdschaal > 10 jaar, ruimteschaal > 10 km) ontwikkeling van een hoofdsysteem in het totale Nederlandse kustsysteem.

De gesloten Hollandse kust: conceptueel model

In essentie beschrijft het conceptuele model voor de gesloten kust niet alleen de ontwikkeling van de kustlijn, maar ook die van het kustprofiel op dieper water. Het gaat hierbij om de over enkele jaren en over een grotere kustlengte gemiddelde ligging en profielvorm. Verder wordt de gesloten kust gedefinieerd als een kust waarlangs de autonome fysische processen slechts langzaam variëren.

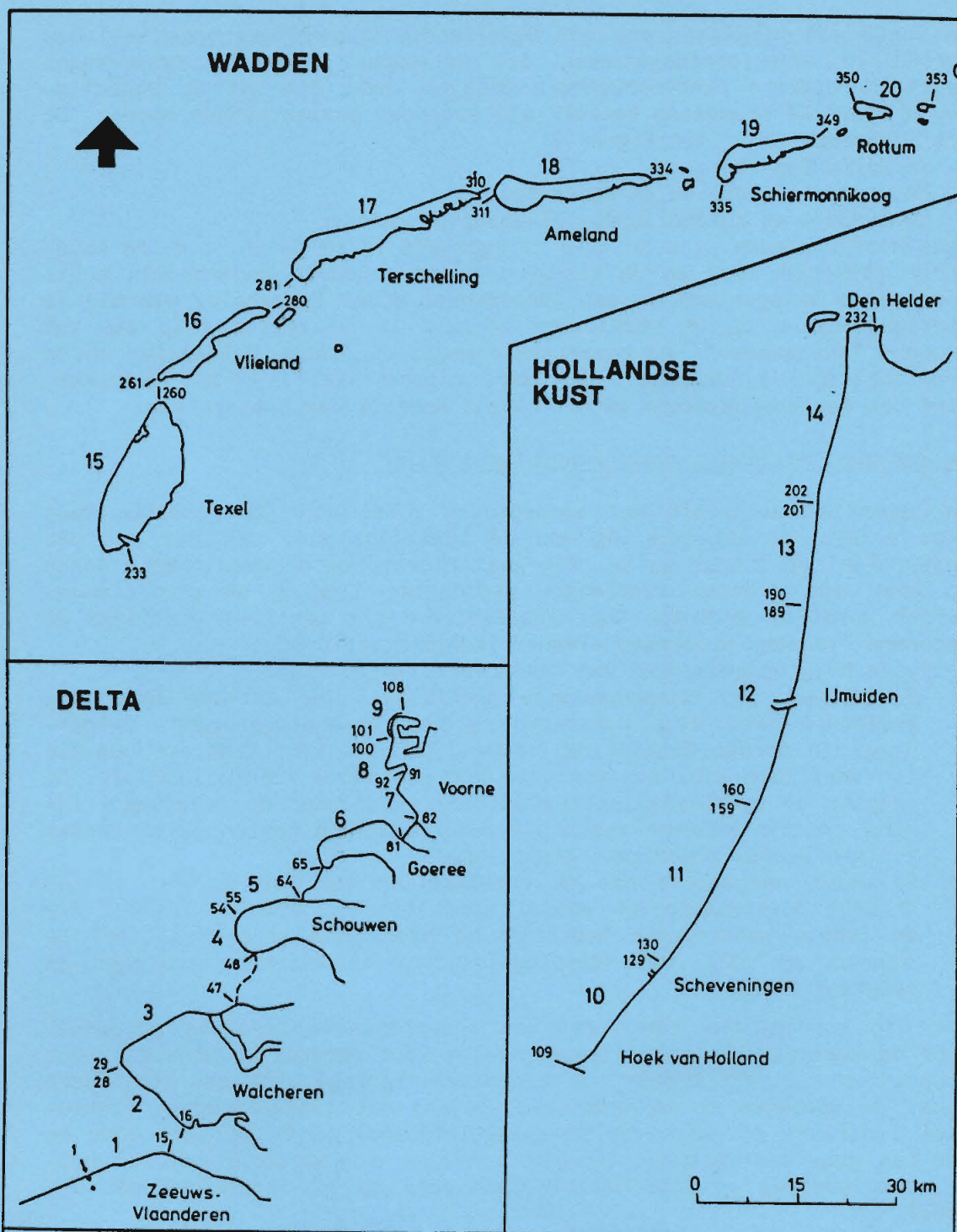
De fysische grondgedachten van het model zijn:

- 1) Er bestaat een hoogdynamische profieldeel (de actieve zône) die gemiddeld over zijn dynamische gedrag (brandingsruggen, duinafslag) in eerste benadering vormvast is en zijn relatieve positie (in verticale zin) ten opzichte van gemiddeld zeenivo behoudt. De respons op hydrodynamische kondities, waaronder de zeespiegelrijzing, is min of meer instantaan; morfologisch gezien is er sprake van een sterke dynamische koppeling.
- 2) Er wordt aangenomen dat de ontwikkeling van het profiel van de diepere onderwateroever vooral wordt bepaald door de invloed die de lokale waterdiepte heeft op de hydrodynamische kondities. De respons op bijv. de zeespiegelrijzing is daardoor indirekt en relatief traag.

Met dit conceptuele model zijn de onderliggende fysische processen voor de kustontwikkeling uiteengerafeld; kort samengevat zijn dit: het Bruuneeffekt (direkt effect van zeespiegelrijzing), het dwarstransport vanaf de zeebodem en de onderzeese oever, het langstransport (inkluisief indirekte effecten van zeespiegelrijzing) in de actieve zône en verlies door duinvorming. De grootschalige extrapolatie van de kustlijnontwikkeling is uiteindelijk gebaseerd op en onderbouwd met dit model.

De Waddenkust en -zee en de Zeeuwse delta: conceptueel model

De karakteristieke vormen van estuaria die dynamisch gezien in evenwicht zijn, zijn het resultaat van een evenwicht tussen de erosieve capaciteit van de het estuarium in- en uittrekkende stromingen en de neiging tot sedimentatie van door de stroming getransporteerd sediment. Min of meer onafhankelijke randvoorwaarden aan het systeem worden gevormd door de getijvarianties op zee en door de geometrie en bodemeigenschappen van het achterland. De morfologische processen in



Figuur 2 Indeling van de Nederlandse kustlijn in 20 sectoren en 353 cellen (respektievelijk kleinste en grootste onderscheidend vermogen voor de Beleidsanalyse)

deze gebieden zijn complex (vergelijk bijv. de geometrie van een Waddengebied en de Zeeuwse delta).

Ondanks de complexiteit van de morfologische processen blijkt dat er op grotere tijd- en ruimteschaal gezien (quasi-)evenwichtsrelaties bestaan voor estuaria. Zo zijn er relaties vastgesteld tussen verschillende geometrische grootheden en het getijvolume (als maat voor de hydraulische energie). Deze relaties, met name de inhoudsrelaties voor de kom en de buitendelta, kunnen gebruikt worden om de gevolgen voor de netto sedimentbewegingen te schatten als het dynamische evenwicht wordt verstoord. In dit verband kunnen de volgende, het evenwicht verstorende effecten, genoemd worden:

- relatieve zeespiegelrijzing;
- verlanding of afslag langs de randen van het kombergingsgebied;
- zandwinning in de vloedkom of buitendelta;
- afsluitingswerken;
- bodemdaling door gaswinning.

Kwantificering van de conceptuele modellen

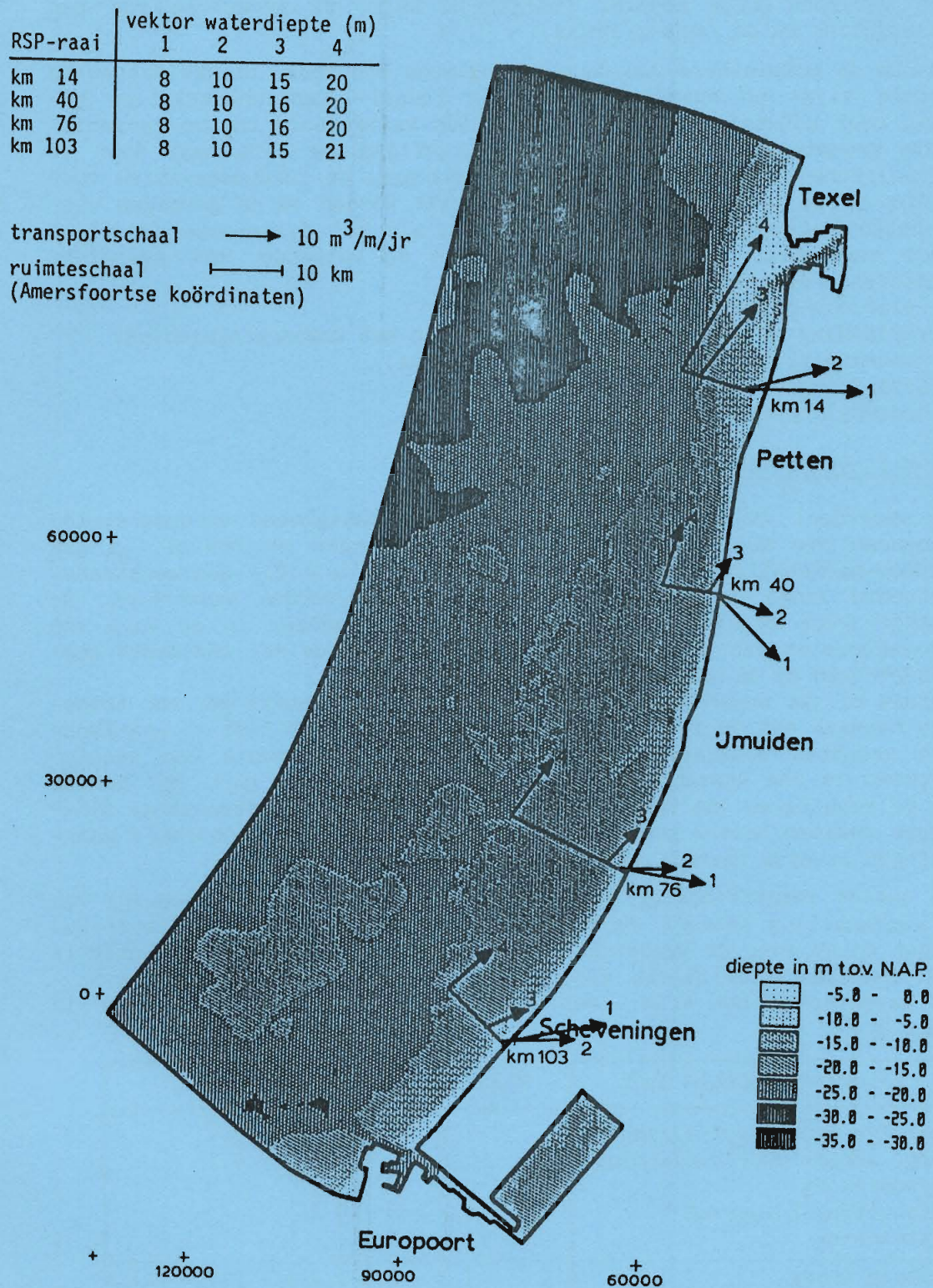
Als onderdeel van de kwantificering van de maatgevend veronderstelde processen die met de conceptuele modellen worden beschreven, is een fysisch-mathematisch model gebouwd waarmee het initiële sedimenttransportbeeld langs de gehele Hollandse kust kan worden beschreven. De belangrijkste resultaten kunnen gepresenteerd worden in de vorm van een vektorplot van de netto (over het jaar gemiddelde) sedimenttransport-stromen op de onderzeese oever (Figuur 3).

Hieruit blijkt onder andere dat er een netto kustwaarts gericht transport bestaat aan de voet van de actieve zône met een niet verwaarloosbare grootte. Gemiddeld resulteert dit bij afwezigheid van overige effecten in een kustaangroei van ongeveer 0,5 m per jaar. Met behulp van de resultaten van het conceptuele model is een grootschalige dynamische sedimentbalans opgesteld. Verifikatie aan de beschikbare waarnemingen leverde bevredigende resultaten op.

Een tweede kwantificering die een rol speelt bij de onderbouwing van de voorspelling betreft de kwantificering van de netto sedimentbewegingen in en rond de Waddenzee. Voor verschillende voorspelmomenten is voor twee karakteristieke vloedkommen van de westelijke Waddenzee - het Marsdiep en het Vlie - een schatting van de zandvraag gegeven in Tabel 2.

zandvraag bepaald door	MARSDIEP	VLIE
huidige zeespiegelrijzing	1,2	1,1
opp. afname door verlanding	0,8	0,7
zandwinning	0,5	0,8
afsluiting Zuiderzee	1,1 → 0,7 → 0	-
gaswinning	-	0 → 0,1 → 0
totale vraag	3,6 → 3,2 → 2,5	2,6 → 2,7 → 2,6
extra vraag bij zeespiegelrijzing van 0,6 m/eeuw	0 → 0,6 → 2,8	0 → 0,5 → 2,6

TABEL 2 Opbouw van de toekomstige (1990+2000+2100) netto zandvraag van de vloedkommen Marsdiep en Vlie (in miljoenen kubieke meters per jaar)



Figuur 3 Netto sedimenttransporten op de onderzeese oever van de Hollandse kust

Tenslotte speelt ook de kwantificering van de netto sedimentbewegingen in en rond de Zeeuwse delta een rol bij de onderbouwing van de voorspelling. Gebaseerd op het conceptuele model voor quasi-evenwicht in een estuarium is in Tabel 3 de volgende totaalbalans voor de Westerschelde en Oosterschelde gegeven:

zandvraag bepaald door:	WESTERSCHELDE	OOSTERSCHELDE
huidige zeespiegelrijzing	0,5	0,6
opp. afname door verlanding	0	0
zandwinning	1,6	0
afsluitingswerken/baggeren	-1,3 + -1 + 0	-3,5 + -2,8 + -0,4
totale vraag	0,8 + 1,1 + 2,1	-2,9 + -2,4 + +0,2
extra vraag bij zeespiegelrijzing van 0,6 m/eeuw	0 + 0,4 + 1,7	0

TABEL 3 Opbouw van de toekomstige (1990+2000+2100) netto zandvraag van de Westerschelde en de Oosterschelde (in miljoenen kubieke meters per jaar)

Opgemerkt dient te worden dat de zandvraag of het overschot initieel is geschat uit het verschil van de aktuele situatie en de quasi-evenwichts- situatie. De snelheid waarmee het systeem in werkelijkheid reageert om tot evenwicht te komen is uiteindelijk bepalend voor bijvoorbeeld het verlies van zand (Walcheren, Texel) of de winst (Goeree) aan zand van de aangrenzende kustdelen. Voor de tijdschaal van dit relaxatieproces zijn schattingen gemaakt, zodat de zandvraag als functie van de tijd kon worden afgeleid.

TWEE-LIJN MODELLERING ONTWIKKELING HOLLANDSE KUSTLIJN (FASE 3)

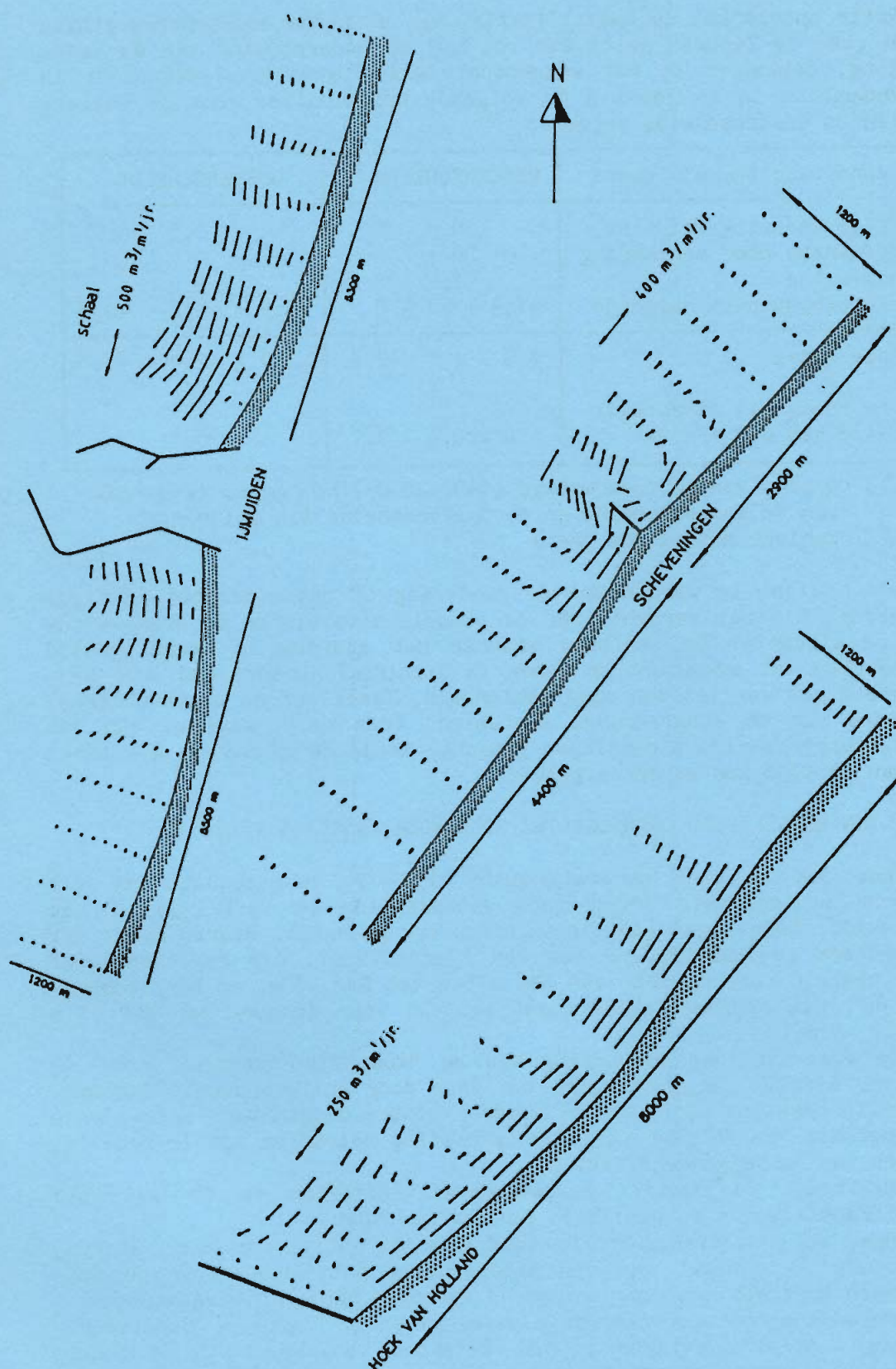
Teneinde ook op meer gedetailleerde tijd- en ruimteschaal een via fysische proceskennis onderbouwde voorspelling te verkrijgen is de zogenaamde "twee-lijn" modelleringstechniek gebruikt. Hierin wordt het kustsysteem geschematiseerd tot een "strandlijn", die representatief wordt gesteld voor de zone van NAP +15 m tot NAP -1 m, en een "vooroe-verlijn", die representatief wordt gesteld voor de zone van NAP -1 m tot NAP -5 m.

Bij de gebruikelijke toepassing van de "kustlijn"-techniek wordt in principe slechts langstransport van zand door golfgedreven brandingsstroom in rekening gebracht. Bijzondere uitbreidingen voor deze studie ten opzichte van de gebruikelijke toepassing betreffen het in rekening brengen van de volgende effecten:

- refraktie-, diffraktie- en afschermingseffecten op de heersende golfkondities in de nabijheid van havenhoofden;
- langs- en dwarstransport van zand door de getijstromingen, waarbij gebruik is gemaakt van een grootschalig getijmodel voor de Hollandse kust met een hoog oplossend vermogen nabij de havenhoofden.

De berekende zandtransporten zijn weergegeven in Figuur 4. Behalve bij de haven van Scheveningen is het berekende transport in de gehele beschouwde kustzone praktisch evenwijdig aan de kust gericht.

De brandingsstroomtransporten zijn berekend op grond van het golfklimaat. De nauwkeurigheid van de uitkomsten wordt negatief beïnvloed



Figuur 4 Resultaten getijtransportberekeningen bij de havens langs de Hollandse kust

door het ontbreken van essentiële gegevens, zoals golfrichtingsinformatie.

De snelheid waarmee de kust reageert op een instationaire situatie wordt in de kustlijn modelleringstechniek bepaald aan de hand van zogenaamde kustkonstanten. Deze werden volgens twee onafhankelijke methoden bepaald (uit golfgegevens en uit de ligging van de strand- en vooroeverlijn over de afgelopen 15 jaar).

Tenslotte is het eindmodel -waarmee de kustligging wordt berekend- gekalibreerd aan de hand van de gegevens uit het JARKUS-bestand over de laatste 15 jaar. Met het gekalibreerde model zijn voorspellingen voor de komende 30 jaar gemaakt in het gebied van Hoek van Holland tot Callantsoog. De resultaten van deze studie zijn geïntegreerd in de uiteindelijke voorspellingen.

GROOTSCHALIG MODEL VOOR DE ONTWIKKELING VAN DE NEDERLANDSE KUST

Met behulp van de twee conceptuele modellen is voor ieder van de drie eerder gedefinieerde hoofdsystemen binnen het Nederlandse kuststelsel een ontwikkelingsmodel opgesteld. Voor de beschrijving van de ontwikkeling van de gesloten Hollandse kust en van die kustdelen van de Wadden-, de Zeeuwse en de Zuid-Hollandse eilanden die buiten het directe invloedsgebied van de estuariummonding liggen is hierbij gebruik gemaakt van het conceptuele model voor de uniforme kust. Voor de beschrijving van de ontwikkeling van de estuaria zelf -inklusief de monding en buitendelta- is gebruik gemaakt van het conceptuele estuariummodel.

Om tot een integraal model voor de ontwikkeling van het Nederlandse kuststelsel te komen moest een relatie gelegd worden tussen de hoofdsystemen. Op dit punt ontbreekt het aan voldoende proceskennis en waarnemingsmateriaal om tot een wetenschappelijk goed onderbouwde beschrijving te komen. Op grond van de huidige proceskennis is gekomen tot een koppeling van de hoofdsystemen die consistent is met het beschikbare waarnemingsmateriaal, t.w. de kustlijnveranderingen en de sedimentbalansgegevens.

Een belangrijke veronderstelling die moest worden gedaan betreft de relatie tussen de zandvraag van het estuariumstelsel binnen de kustlijn en de zandtoelevering van de buitendelta en aangrenzende kustdelen en zeebodem. Hiervoor is een model aangenomen met als hoofdkenmerk dat de buitendelta instantaan als zandbuffer kan fungeren maar dat uiteindelijk de aangrenzende kust en zeebodem zand toelevert in overeenstemming met de aldaar door hydraulische (golven, getij, windstroming) en geometrische (strandprofiel, strandhoofden, weringen) kondities bepaalde transportcapaciteit.

In deze studie is de toeleveringscapaciteit van de aangrenzende kustdelen gerepresenteerd middels de gradiënt in het netto langstransport. Het zijn vooral de mechanismen achter deze langstransportgradiënt die de verschillende kustsecties zich van elkaar doen onderscheiden. De ontwikkeling van de kustlijn zelf is verder volledig beschreven door gebruik te maken van het conceptuele model voor de uniforme kust, waarbij dus de invloed van de estuaria zit opgesloten in de netto langstransportgradiënt.

Bij de toepassingen van het conceptuele model op de ontwikkeling van een kustsektie wordt onderscheid gemaakt in drie categorieën kustsekties:

1. de autonoom bepaalde, uniforme kustsektie: hierbij wordt de ontwikkeling uitsluitend bepaald door processen zoals die zouden optreden als de sectie oneindig lang zou zijn, dus zonder invloed van lange havenmonden of processen in naast gelegen kustsekties, buitendelta's of estuariummondingen;
2. de quasi-autonoom bepaalde, uniforme kustsektie: hierbij wordt de ontwikkeling bepaald als bij de eerste categorie met uitzondering van de langstransportgradiënten in de actieve zône. Die gradiënten worden beïnvloed (via gedeeltelijke of volledige blokkering van het langstransport) door havendammen;
3. de niet-autonoom bepaalde, uniforme kustsektie: hierbij wordt de ontwikkeling mede bepaald onder invloed van nabij gelegen estuariummondingen. Deze invloed wordt uitgedrukt in langstransportgradiënten, die een orde groter zijn dan voor de autonoom bepaalde kustsekties.

Met betrekking tot de eerste twee categorieën kustsekties is voor de schattingen van de kwantitatieve procesbijdragen gebruik gemaakt van de kwantificering van de sedimenttransporten langs de Hollandse kust. Voor de laatste categorie volgen deze per definitie niet uit deze kwantificering, en moest deels teruggevallen worden op kalibratie aan de hand van de waargenomen ontwikkeling.

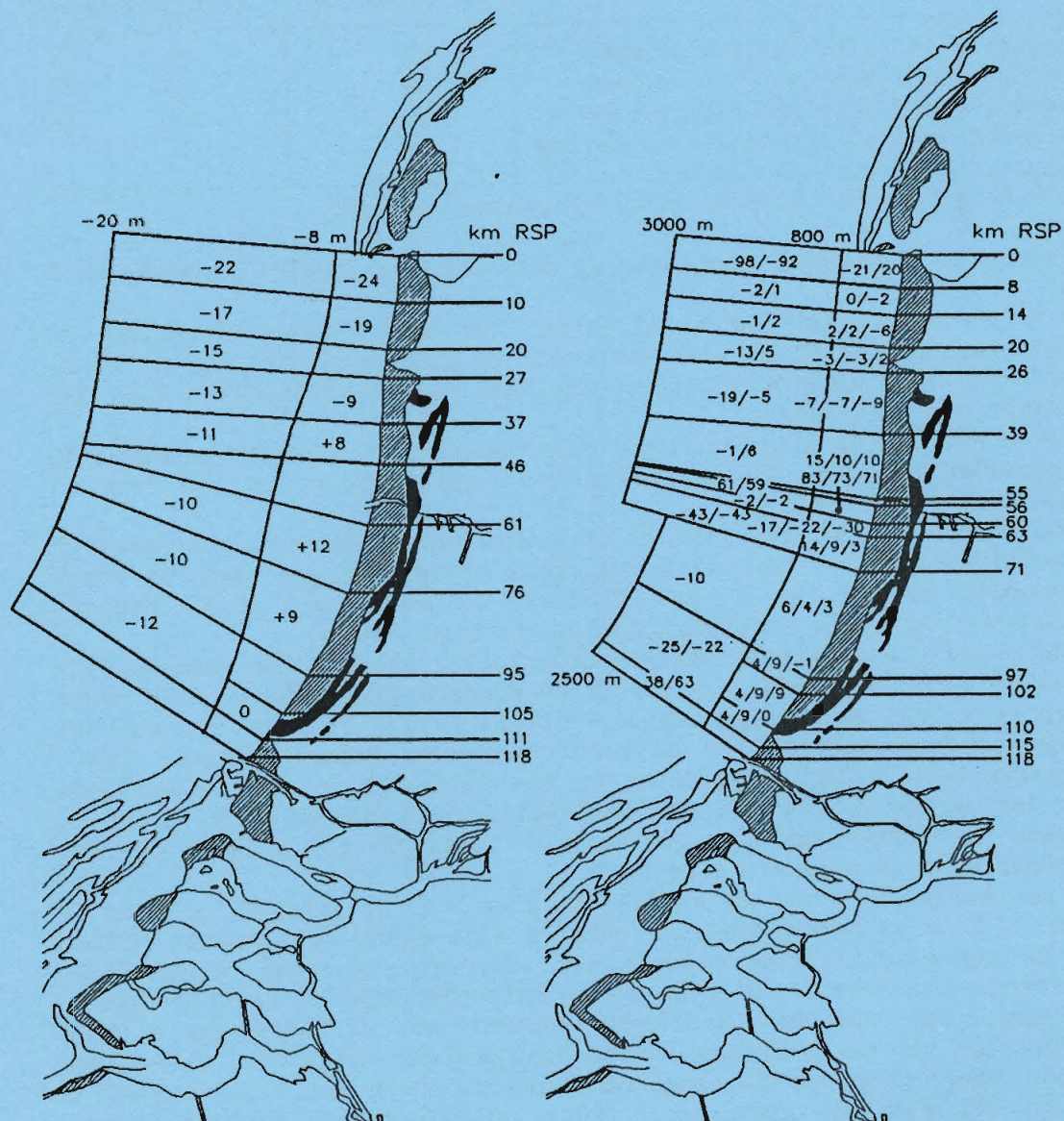
VOORSPELLING GROOTSCHALIGE KUSTLIJNONTWIKKELING

Met het ontwikkelingsmodel voor de kust is eerst een rekonstruktie gemaakt van de ontwikkeling van de kustlijn sinds circa 1850. Deze rekonstruktie heeft betrekking op de ontwikkeling van de kust- en dieptelijnen gemiddeld gezien over in langsrichting min of meer uniforme kustsekties. Eén van de resultaten van de rekonstruktie betreft de vergelijking met de waargenomen sedimentbalans voor de Hollandse kust. De globale overeenkomst (zie Figuur 5) tussen de waargenomen sedimentbalansgegevens en de deels voorspelde en deels gerekonstrueerde sedimentbalans kan - gelet op de nauwkeurigheid van de lodingscijfers - bevredigend genoemd worden.

De ook op andere aspecten bereikte globale overeenstemming tussen waarnemingen en rekonstruktie over grotere tijd- en ruimteschaal gezien leidt tot de voorzichtige konklusie dat het conceptuele model gebruikt kan worden voor voorspellingen. Echter, het door estuariummondingen beïnvloed gedrag van aangrenzende kustsekties wordt wellicht kwalitatief begrepen, maar kan niet echt gebaseerd worden op te kwantificeren processen.

De voorspelling van de grootschalige ontwikkeling van de kustlijn is uitgevoerd voor verschillende scenario's van hydraulische randvoorwaarden enerzijds (3 hydro-meteo scenario's) en van procesgedrag anderzijds (2 procesgedragsscenario's). De matrix van zes scenario's is als volgt:

inhoudsveranderingen in $\text{m}^3/\text{m}/\text{jr}$



kombinatie van voorspelling en
rekonstruktie met het
konceptuele model voor
uniforme kustsekties

x/y/z:
waarnemingen volgens Jarkus- en
doorlodingenbestand van 1965-1985;
x: verschil 1965-1985
y: lineaire trend '65-'70-'75-'80-'85
z: geschatte trend '70-'75-'80-'85

Figuur 5 Vergelijking van waargenomen en gemodelleerde sediment-
balans van de Hollandse kust

	verwacht procesgedrag	ongunstig procesgedrag
zeespiegelrijzing van 0,2 m/eeuw	Av	Ao
zeespiegelrijzing van 0,6 m/eeuw	Bv	Bo
zeespiegelrijzing van 0,85 m/eeuw & windsterkte- en richtingsverandering	Cv	Co

TABEL 4 Scenario's voor de kustliggingsvoorspelling

Scenario Av (gemiddeld procesgedrag met een zeespiegelrijzingssnelheid van

0,2 m per eeuw) kan beschouwd worden als het scenario waaronder de recente kustontwikkeling zich afspeelt. De uitgangspunten bij de voorspellingen voor de grootschalige ontwikkeling van de kustlijn voor dit scenario zijn als volgt:

- de trend van de grootschalige ontwikkeling zal voor de voornamelijk autonoom bepaalde kustsecties globaal gelijk zijn aan die over de periode vanaf 1850;
- de trend van de grootschalige ontwikkeling zal voor de voornamelijk quasi- autonoom bepaalde kustsecties bepaald worden door de randvoorwaarden die door de geometrie van de havendammen en het baggeronderhoudswerk in de toegangseulen gesteld worden;
- de trend van de grootschalige ontwikkeling zal voor de voornamelijk niet- autonoom bepaalde kustsecties waarschijnlijk (maar niet zeker op grond van de huidige kennis) globaal gelijk zijn aan die van het langjarig gemiddelde over de kustlijnwaarnemingsperiode vanaf 1850.

Op grond van deze uitgangspunten is een voorspelling gemaakt -geldend voor het scenario Av, die per kustsectie is weergegeven in Tabel 5. Hieraan is toegevoegd de additionele kustlijnverplaatsing die zal optreden voor de scenario's Bv en Cv.

Bij de voorspelling van de kustlijnligging voor de scenario's Bv en Cv wordt bij de autonoom bepaalde secties allereerst het direkte effect van de zeespiegelrijzing middels het -overigens geringe- Bruuneeffekt in rekening gebracht. Bij de niet- autonoom bepaalde secties wordt hiernaast ook nog het indirekte effect van de zeespiegelrijzing (vergroting van de zandvraag in het nabijgelegen estuarium) meegenomen in een vergroting van de langstransportgradiënten met respectievelijk 10% en 20% voor een zeespiegelrijzing van 0,6 m/eeuw respectievelijk 0,85 m/eeuw.

Tenslotte wordt voor het scenario Cv (d.i. inclusief verandering in wind-, getij-, en golfklimaat) bij alle secties aangenomen dat door de verandering van het golf- en getijklimaat de langstransportgradiënten en de dwarstransportgradiënten 20% ongunstiger worden.

Naast bovengegeven voorspelling van de kustlijnligging is een voorspelling gemaakt voor een scenario's Ao, Bo en Co (ongunstig procesgedrag; waarbij ongunstig staat voor een systematisch andere trend dan geschat). Hierbij is voor alle secties aangenomen dat de systematische onnauwkeurigheid in de transportschattingen leidt tot 20% ongunstiger langstransportgradiënten en dwarstransportgradiënten. Hiermee wordt een indruk verkregen van de nauwkeurigheid die moet worden toegekend aan de kustlijnvoorspelling volgens de scenario's gebaseerd op het verwachte procesgedrag.

			rijzingssnelheid van de zeespiegel		
			0,2 m/eeuw	0,6 m/eeuw	0,85 m/eeuw & wind
celno.	celno. uniforme deel	kustlijnverpl. (m/jr)	extra verpl.* (m/jr)	extra verpl.* (m/jr)	
1- 15	Zeeuws Vlaanderen	(-)	-1,1	-0,4	-1,1
16- 47	Walcheren	33-41	-1,1	-0,4	-1,1
48- 64	Schouwen	54- 59	1,5	-0,3	-0,8
65- 81	Goeree	68- 76	-0,7	-0,3	-0,9
82 -91	Voorne	(-)	-0,7	-0,3	-0,9
109-125	HvH-Scheveningen	116-122	-0,1	-0,2	-0,4
129-151	Sch-Noordwijk	132-151	0,3	-0,2	-0,5
152-170	Noordwijk-IJmuiden	152-163	0,4	-0,2	-0,5
172-190	IJmuiden-Egmond	181-190	0,2	-0,2	-0,4
191-201	Egmond-Groet	191-200	-0,5	-0,2	-0,7
207-216	Petten-Gr Keeten	210-216	-0,9	-0,2	-0,9
217-226	Gr Keeten-Den Helder	217-226	-1,1	-0,3	-1,0
233-260	Texel	242-257	-1,6	-0,5	-1,6
261-280	Vlieland	266-270	-1,9	-0,6	-1,9
281-310	Terschelling	291-298	-1,9	-0,6	-1,9
311-334	Ameland	320-328	-2,2	-0,6	-2,0
335-349	Schiermonnikoog	337-340	3,9	-1,1	-2,6

* extra verplaatsing t.o.v. kustlijnverplaatsing scenario Av

TABEL 5 Voorspelling van de gemiddelde kustlijnverplaatsing van uniforme kustsekties volgens de scenario's Av, Bv en Cv.

VOORSPELLING GEDETAILLEERDE KUSTLIJNONTWIKKELING

Op de bovenbeschreven schaal kon tot een integratie gekomen worden van de resultaten uit Fase 1,2 en 3. Hierbij is -op grond van alle beschikbare feiten- tot een keuze gekomen welke voorspelling moest worden gehanteerd voor de "basisvoorspelling" (scenario Av). De voorspellingen voor de overige scenario's zijn uitsluitend gebaseerd op de fase 3 resultaten, waarbij de voornaamste overweging is dat hierbij een doorzichtige, consistente methodiek is gebruikt (overigens op zich ook een "best guess"). Echter, het ruimtelijke en temporeel oplossend vermogen is onvoldoende voor de beleidsanalyse. Daarom is voor een gedetailleerde voorspelling uitgegaan van de gedetailleerde, vooral fenomenologische voorspellingen van fase 2, die overigens alleen voor de huidige stijging van de zeespiegel zijn uitgevoerd. De wijze nu waarop de resultaten zijn geïntegreerd is globaal als volgt geweest. Voor de betreffende kustsekties wordt de over elke beschouwde periode ruimte- en tijdgemiddelde trend gekorrigeerd met de nominale verschilwaarde ten opzichte van de ruimtgemiddelde trend over 1990-2090 volgens Fase 3. De uit Fase 2 voorspelde ruimtelijke en tijdsvariaties blijven ten opzichte van deze trends ongewijzigd. Voor de aansluitingen met de naastgelegen niet-gesloten kustsekties is dezelfde nominale verschilwaarde gehanteerd.

KONKLUSIES

De gepresenteerde kustvoorspellingsmethode is voornamelijk gebaseerd op recente kennis van onderliggende fysische processen van kustsystemen in het algemeen en dat van het Nederlandse kuststelsel in het bijzonder. Deze kennis stelt ons niet in staat met voldoende nauwkeurigheid een voorspelling te doen op de meest gedetailleerde (reken-)

schaal die verlangd wordt voor de beleidsanalyse. Op kortere termijn en/of op grotere tijd- en ruimte schaal (> 10 jaar, > 10 km) lijkt dit wel haalbaar, met name als uitgegaan wordt van het hydro-meteo scenario gelijk aan de huidige kondities. De resultaten van de voorspelling zijn vermeld in Tabel 5 en -in meer detail- in een Appendix bij het rapport. Om de effecten van de onnauwkeurigheid van de gedetailleerde voorspelling op de beleidsanalytische resultaten te kunnen afschatten zijn ook ongunstige onder- en bovengrenzen vastgesteld. Naast deze voorspellingen heeft deze exercitie geleid tot een beter zicht op de feitelijke lakunes in de huidige kennis over de kustontwikkeling. De resultaten van deze studie kunnen derhalve zeker gebruikt worden als richtinggevend voor nadere studies in het kader van het projekt Kustgenese.

1. INLEIDING

1.1 Doel van de studie

Het beoogde resultaat van de studies, die in dit Technisch Rapport (TR5) worden beschreven, is een voorspelling te geven van de ligging van de kustlijn in 1990, 1995, 2000, 2010, 2020, 2050 en 2090. Niet alleen het verlangde onderscheidend vermogen in de tijd is groot, ook het verlangde ruimtelijk oplossend vermogen is hoog: van de orde één kilometer.

Deze vraagstelling is vooral bepaald door de eisen die de beleidsanalyse stelt; zij is niet ingegeven door de mogelijkheden die de technische kennis van het kustgedrag biedt. De technische haalbaarheid van de voorspelling wordt enigszins vergroot, omdat bij de voorspelling van de kustligging er in eerste aanleg van kan worden uitgegaan dat het huidige kustbeheer wordt voortgezet, dat er geen grote civieltechnische ingrepen worden uitgevoerd, en dat de huidige stijgingssnelheid van de zeespiegel gehandhaafd blijft. Naast deze "basisvoorspelling" dienen ook voorspellingen te worden gedaan voor scenario's met hogere stijgingssnelheden van de zeespiegel en ongunstiger meteorologische omstandigheden. De voorspellingen dienen te worden gebaseerd op een optimale combinatie van de fenomenologische kennis en de huidige fysische proceskennis.

1.2 Methode van aanpak

Om al in een vroeg stadium resultaten te kunnen geven ten behoeve van een eerste beleidsanalytische uitwerking, is de studie gefaseerd aangepakt, zodanig dat de eerste fase reeds resulteerde in een voorspelling van de ontwikkeling van de kustlijn met de gewenste oplossing in tijd en ruimte.

In twee daaropvolgende fasen zijn de voorspellingen verbeterd en waar mogelijk onderbouwd. Alle drie fasen zijn gebaseerd op een extrapolatie van de waar-genomen ontwikkelingen van het Nederlandse kuststelsel. In Fase 1 is dit rechttoe-rechtaan gedaan door extrapolatie van de lineaire trend, gebaseerd op de individuele tijdreeksen van de kustpositie gemiddeld over morfologisch uni-forme segmenten. In de volgende fase (Fase 2) zijn de voorspellingen gedetailleerd in ruimte en tijd en gekorrigeerd voor trendveranderingen en (quasi-)periodieke effecten door gebruik te maken van fenomenologische kennis. De definitieve extrapolatie is uiteindelijk mede gebaseerd op en onderbouwd via een uiteenrafeling en kwantificering van de onderliggende fysische processen (Fase 3). Op grond van bestaande fysische proceskennis zijn hiervoor zg. conceptuele modellen voorgesteld waarmee de ontwikkeling van een gesloten kust zoals die van Holland en de ontwikkeling van estuaria als die van de Waddenzee of van het Deltagebied kunnen worden beschreven. Teneinde ook op meer gedetailleerde tijd- en ruimteschaal een via fysische proceskennis onderbouwde voorspelling te verkrijgen, is voor de Hollandse kust ook de zogenaamde "twee-lijn" modellerings-techniek gebruikt. Het uiteindelijke voorspelresultaat is gebaseerd op een integratie van de resultaten van de drie fasen.

Dit Technisch Rapport 5 beschrijft in beknopte vorm de voornaamste resultaten uit de verschillende fasen van de Kustvoorspellingsstudie. Elke fase op zich is beschreven middels rapporten, die beschikbaar zijn als onderbouwende Deelrapporten. Een overzicht is als volgt:

- Fase 1 Deelrapport 1 : Een eerste benadering van de voorspelling van de kustverplaatsing 1990-2090; beschrijving methode en resultaten Fase 1
- Fase 2 Deelrapport 2.1: Prognose kustontwikkeling Zeeland 1990-2090; beschrijving methode en resultaten Fase 2
- Fase 2 Deelrapport 2.2: Prognose ligging kustlijn Voorne en Goeree 1990-2090; beschrijving methode en resultaten Fase 2
- Fase 2 Deelrapport 2.3: De kust van Noord-Holland en Texel - Ontwikkeling en voorspelling; beschrijving methode en resultaten Fase 2
- Fase 2 Deelrapport 2.4: Kustlijnvoorspelling Friese Waddeneilanden 1990-2090; beschrijving methode en resultaten Fase 2
- Fase 3 Deelrapport 3.1: Voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090 Fase 3; dynamisch model van Nederlandse kustsysteem
- Fase 3 Deelrapport 3.2: Voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090 Fase 3; twee-lijn model van de Hollandse kust
- Fase 3 Deelrapport 3.3: Voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090 Fase 3; getijstromingsmodel voor de Hollandse kust
- Fase 3 Deelrapport 3.4: Voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090 Fase 3; initiëel sedimenttransportmodel voor de Hollandse kust

2. GROOTSCHALIGE ONTWIKKELING VAN HET NEDERLANDSE KUSTSYSTEEM

De Nederlandse kust met haar estuaria en het Waddengebied heeft zich in een sedimentrijke omgeving in de loop van vele eeuwen vrijelijk ("autonoom") kunnen ontwikkelen. Het na de laatste ijstijd aanwezige landschap (de Pleistocene topografie) en de daarop inwerkende natuurkrachten, zoals rivierafvoeren, golf- en stroomkondities op zee en de relatieve zeespiegelrijzing waren grotendeels bepalend voor de ontwikkeling. De dynamiek tussen topografie, sediment en waterbeweging leidde tot een opvallende periode van de vorming van een uiteindelijk vrijwel gesloten Hollandse kust die aanvankelijk de monding en buitendelta van het Almere estuarium in een Pleistoceen dal vormde. Zo'n 3000 kalenderjaar geleden bereikte deze gesloten Hollandse strandwalenkust zijn verste uitbouw in westelijke richting, en is sindsdien met meer en minder regelmaat teruggeschreden. De zuidelijke estuaria bestaan min of meer continu, maar ondergaan aanzienlijke wijzigingen in geometrie en grootte. De Waddenzee is eerst ontstaan aan het begin van onze jaartelling; de relatief sterk terugschrijdende noordelijke kust werd in de periode 0-1000 j.n.C met regelmaat doorbroken en rond 1500 j.n.C bereikt de Waddenzee zijn grootste omvang. In de estuaria en het Waddengebied veranderen de belangrijkste kenmerken slechts geleidelijk op een geologische tijdschaal. In detail en soms op grote schaal traden en treden er echter regelmatig veranderingen op door het meanderen en migreren van geulen en door doorbraken vanuit zee als gevolg van de zeespiegelstijging, al dan niet in combinatie met extreme stormen.

Sinds omstreeks 1000 j.n.C begint de mens in het systeem in te grijpen. In eerste instantie beperkt zich dat tot marginale ingrepen (bescherming van kwelders en schorren, stimuleren van landaanwas en duinvorming), die hebben geleid tot een voornamelijk lokale invloed zonder dat de dynamiek van het grootschalige systeem wezenlijk werd beïnvloed. Echter, sinds een eeuw is deze invloed duidelijk sterker geworden, als gevolg van de ontwikkeling in kennis en techniek.

Lokatie	Onderhouds- baggeren	Zandwinning ¹⁾	Strandsuppleties
Eems-Dollard ²⁾	14-19	5-5,5	-
Waddenzee-oost	0,1	0,3	-
-west	0,3	3,6	0,5
Hollandse kust	2,5-6,5	1-2	0,5-1,5
Rotterdamse Waterweg ³⁾	20-25	1-2	1-2
Voordelta Grevelingen	0,1	-	0,7
Oosterschelde	-	-	-
Westerschelde ⁴⁾	26-36	4-5	0,1

1) inclusief suppletiezand

2) inclusief Duitse activiteiten

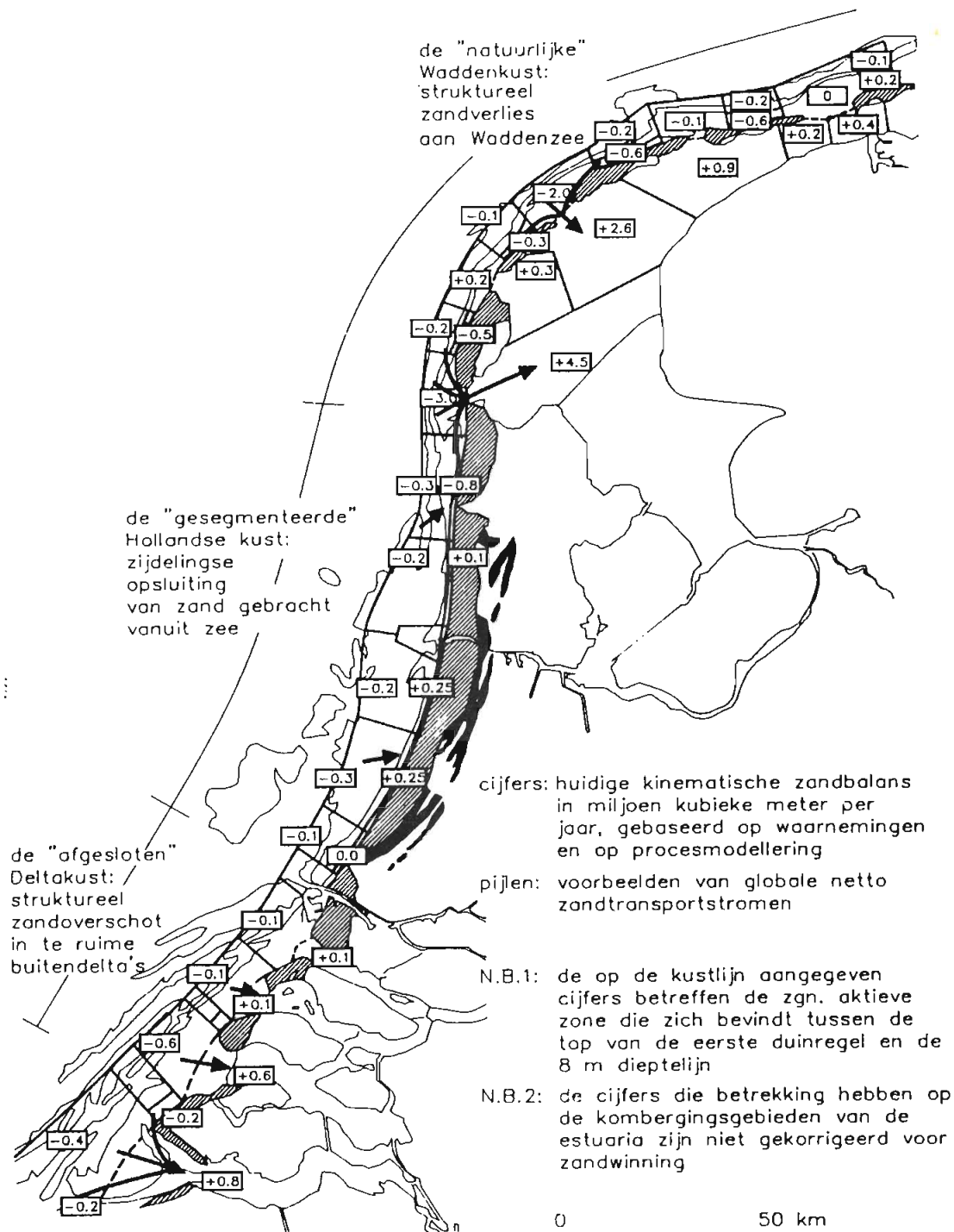
3) totale haven- en toegangsgeulensysteem

4) inclusief Belgische activiteiten

TABEL 1 Gemiddelde jaarlijkse sedimentstromen (miljoen kubieke meter) door menselijke activiteiten in de laatste 10 à 15 jaar.

In deze periode zijn belangrijke zeehavens tot ontwikkeling gekomen, grote afsluitingswerken uitgevoerd, duinkusten en zeedijken versterkt (Deltawet). Gerelateerd aan deze ontwikkelingen zijn de winning van zand uit de estuaria en de Waddenzee, en het verdiepings- en onderhoudsbaggerwerk in de haventoegangsgeulen. Een bijzondere vorm van sedimentverlies vindt plaats in het Waddengebied als gevolg van bodemdaling door gaswinning.

Deze door menselijke activiteiten verzette hoeveelheden sediment worden in Tabel 1 samengevat. Hierbij moet worden opgemerkt dat het onderhoudsbaggerwerk in de regel resulteert in verplaatsingen binnen het grootschalige kustsysteem. Als we deze hoeveelheden vergelijken met de huidige balanscijfers (Figuur 1) dan blijkt, dat de menselijke ingrepen niet klein zijn ten opzichte van de autonome ontwikkelingen. Het blijkt dat op grotere tijd- en ruimteschaal gezien, de werken en activiteiten verstoringen zijn binnen een dynamisch, autonoom quasi-evenwichtssysteem, dat zich nog veelal binnen onze tijdshorizon aanpast aan zich -door menselijke activiteiten geïnduceerde- wijzigende geometrische en/of hydraulische omstandigheden. Naast deze invloeden blijken er voortdurende effecten van de zeespiegelrijzing te spelen.



Figuur 1 Huidige zandbalans van het Nederlandse kuststelsysteem

3. EXTRAPOLATIE WAARGENOMEN ONTWIKKELING KUSTLIJN (Fase 1)

Het bovengegeven uitgangspunt is, dat op grotere tijd- en ruimteschaal gezien (langer dan 10 jaar, groter dan 10 km) wordt verondersteld, dat het Nederlandse kuststelsel zich min of meer autonoom ontwikkelt. Eveneens wordt er vanuit gegaan, dat de trend in de autonome ontwikkeling duidelijk blijkt uit de bestaande gegevens van de kustlijnligning over de laatste 140 jaar, en uit meer globale observaties over de laatste 2000 jaar. Op grond hiervan wordt verondersteld, dat een extrapolatie van het meer grootschalige kustgedrag -bij ongewijzigde grootschalige hydraulische en geometrische kondities- over de komende 100 jaar op grond van de beschikbare waarnemingen realistisch is. In Fase 1 is daarom een rechttoe-rechtaan trendextrapolatie uitgevoerd, via lineaire regressie van de individuele tijdreeksen van de kustpositie (de "bliksemgrafieken"), veronderstellende dat lokale en tijdelijke verstoringen van het autonome proces zich door de lengte van de waarnemingsreeks wel uitmiddelen of van ondergeschikt belang zijn. Eventueel aanwezige (quasi-) periodieke fluktuaties zijn in rekening gebracht door het zg. voorspellings- interval te bepalen.

De extrapolaties zijn uitgevoerd na middeling van de kustlijnligning over segmenten, die -met als oogmerk de beleidsanalyse- zo zijn gekozen dat er binnen het segment sprake is van een min of meer uniform gedrag. In totaal zijn er 56 segmenten gekozen. In de regel zijn er metingen beschikbaar van de positie van de duinvoet, de hoogwaterlijn en de laagwaterlijn vanaf 1843 toen de zogenoemde rijksstrandpalen zijn geplaatst om de kilometer langs de gehele kust. Deze RSP-lijn fungeert nog steeds als referentie van de jaarlijkse kustmetingen. Het uit het oogpunt van kustmonitoring unieke bestand van deze metingen is gebruikt om de verplaatsingen van de kustlijn te rekonstrueren en te voorspellen, waarbij is aangenomen dat de laagwaterlijn representatief is voor de kustlijn. De ontwikkeling van de laagwaterlijn kan beschouwd worden als meest karakteristiek voor de ontwikkeling van het gehele kustprofiel.

Naast de kortdurende fluktuaties met hun min of meer toevallige karakter (stormen, meetfouten) is er daarnaast vooral sprake van:

- de grootschalige autonome trend, waarin eventueel trendbreuken als gevolg van menselijke activiteiten (civiele werken, suppleties)
- periodieke of quasi-periodieke verschijnselen, die zich veelal uiten in in ruimte en tijd verplaatsende kustlijnbewegingen (o.a. de "zandgolven").

De trend in de kustontwikkeling is bepaald door van de gegeven tijdreeks (en gemiddeld over de segmenten) een lineaire regressie te berekenen. Het belang van periodieke en toevallige fluktuaties is onderzocht door het zogenaamde voorspellingsinterval te bepalen, dat gezien kan worden als een betrouwbaarheidsinterval, inclusief het effect van niet-deterministische storingseffekten.

Het feit dat via een lineaire trend is geëxtrapoleerd moet met de nodige zorgvuldigheid beschouwd worden. Een in werkelijkheid niet-lineaire trend, trendbreuken en periodieke verschijnselen zullen de betrouwbaarheid van de voorspelling beïnvloeden. Uit analyse van de resultaten blijkt, dat in het algemeen geen betrouwbare voorspellingen kunnen worden verkregen, indien het gewenste oplossend vermogen van de orde 10 jaar en enkele kilometers is.

Wel kan op grond van de resultaten aangegeven worden binnen welke marges de voorspellingen op deze meer gedetailleerde schaal zich zullen bevinden. Dit heeft geleid tot een zogenaamde "ongunstige" voorspelling, d.w.z. de minst gunstige onder- of bovengrens van de voorspellingsresultaten. Enig inzicht in de betrouwbaarheid kan als volgt worden verkregen.

Uit een beschouwing van de voorspellingsresultaten volgt dat de 56 segmenten over twee categorieën zijn te verdelen. Gegeven de toegepaste voorspelmethode, kan van de segmenten uit de eerste categorie -onder bepaalde aannamen- de voorspelling als betrouwbaar gezien; van deze segmenten is nl:

- het absolute verschil in de verplaatsing 1990-2000 van de gemiddelde voorspelling kleiner dan 30 meter,
- de standaard deviatie van de residuen kleiner dan 50 meter..

De segmenten die niet aan deze criteria voldoen behoren tot de tweede categorie.

In Tabel 2 is te zien dat 22 van de 51 segmenten tot de eerste categorie behoren. Dit komt overeen met 52% van het totaal aantal kilometers kustlengte dat in Fase 1 beschouwd wordt (dit is nog inclusief harde weringen en strandvlakten). Wanneer wordt aangenomen dat de geobserveerde trend van de kustontwikkeling in de toekomst niet verandert, dan zal gezien de boven gegeven criteria de kans dat de werkelijke kustontwikkeling van deze segmenten afwijkt van de voorspelde klein zijn.

Van de overige 29 segmenten kan de betrouwbaarheid van de voorspellingen moeilijk worden vastgesteld. Wel worden trendbreuken en periodieke fluktuaties, die in de totale meetreeks aanwezig zijn, meegewogen in de ongunstige voorspelling. De kans dat de werkelijke kustontwikkeling anders verloopt dan de voorspelde is groter dan die van de segmenten uit de eerste categorie.

	kategorie	segmenten	aantal
Delta	I	1.3 1.5 2.1 2.2 2.3 2.4 3.3 4.2 5.1 7.1 7.2	11
	II	1.1 1.4 4.1 5.2 6.1 6.2 6.3	7
Holland	I	10.11 11.1 12.1 12.4 13.1 14.1 14.2	7
	II	10.12 12.2 12.3 14.3	4
Wadden	I	15.2 16.2 16.3 17.3	4
	II	15.1 15.3 15.4 16.1 17.1 17.2 17.4 17.5 18.1 18.2 18.3 18.4 18.5 19.1 19.2 19.3 20.1 20.2	18

TABEL 2 Verdeling van de segmenten in twee klassen, afhankelijk van het absolute verschil in de verplaatsing 1990-2000 van de gemiddelde voorspelling en de berekende standaard-deviatie van de residuen

Opmerkenwaard zijn de geringe verplaatsingen in Noord- en Zuid-Holland in vergelijking tot de Zeeuwse Delta- en de Waddeneilanden. De grootste verplaatsingen langs de Hollandse kust worden veroorzaakt door de aanwezige havenhoofden (Hoek van Holland en IJmuiden) en de aanleg van het Strandplan Hoek van Holland. Het blijkt dat periodieke en toevallige fluktuaties langs de Hollandse kust relatief minder groot zijn. Het omgekeerde geldt voor de Delta- en Waddeneilanden.

Een verdere beschrijving van de methode, de resultaten en achtergronden is gegeven in Deelrapport 1, het eerste in de serie TR 5 onderbouwende rapporten.

4. FENOMENOLOGISCHE KENNIS (Fase 2)

In de bovenbeschreven Fase 1 is min of meer bewust geen rekening gehouden met de ruimtelijke samenhang tussen de ontwikkeling van de verschillende kustdelen in langsrichting. Verder is er geen aandacht besteed aan het optreden van trendveranderingen of trendbreuken, en aan (quasi-)periodieke effecten. In Fase 2 van de studie zijn de resultaten van de voorspelling van de kustontwikkeling volgens de lineaire regressie in ruimte en tijd daar gedetailleerd en gekorri-geerd, waar een gegrond vermoeden bestaat, dat er sprake is van een verandering of breuk in de trend, rekening houdend met de ruimtelijke samenhang van het kustgedrag in langsrichting. Daarnaast zijn expliciet in rekening gebracht (quasi-)periodieke effecten. Deze niet-lineaire voorspellingen zijn vooral gebaseerd op fenomenologische kennis, die onder meer is opgebouwd door naar verklaringen te zoeken voor het kustgedrag zoals de laatste 140 jaar zijn geobserveerd. Bij de observatie van het kustgedrag zijn ook betrokken de onlangs ter beschikking gekomen sedimentbalansgegevens over de laatste waarnemingsperiode van 21 jaar, waarmee de kustlijnontwikkeling gekoppeld kan worden aan het gedrag van het kustprofiel tot 3000 m uit de kust.

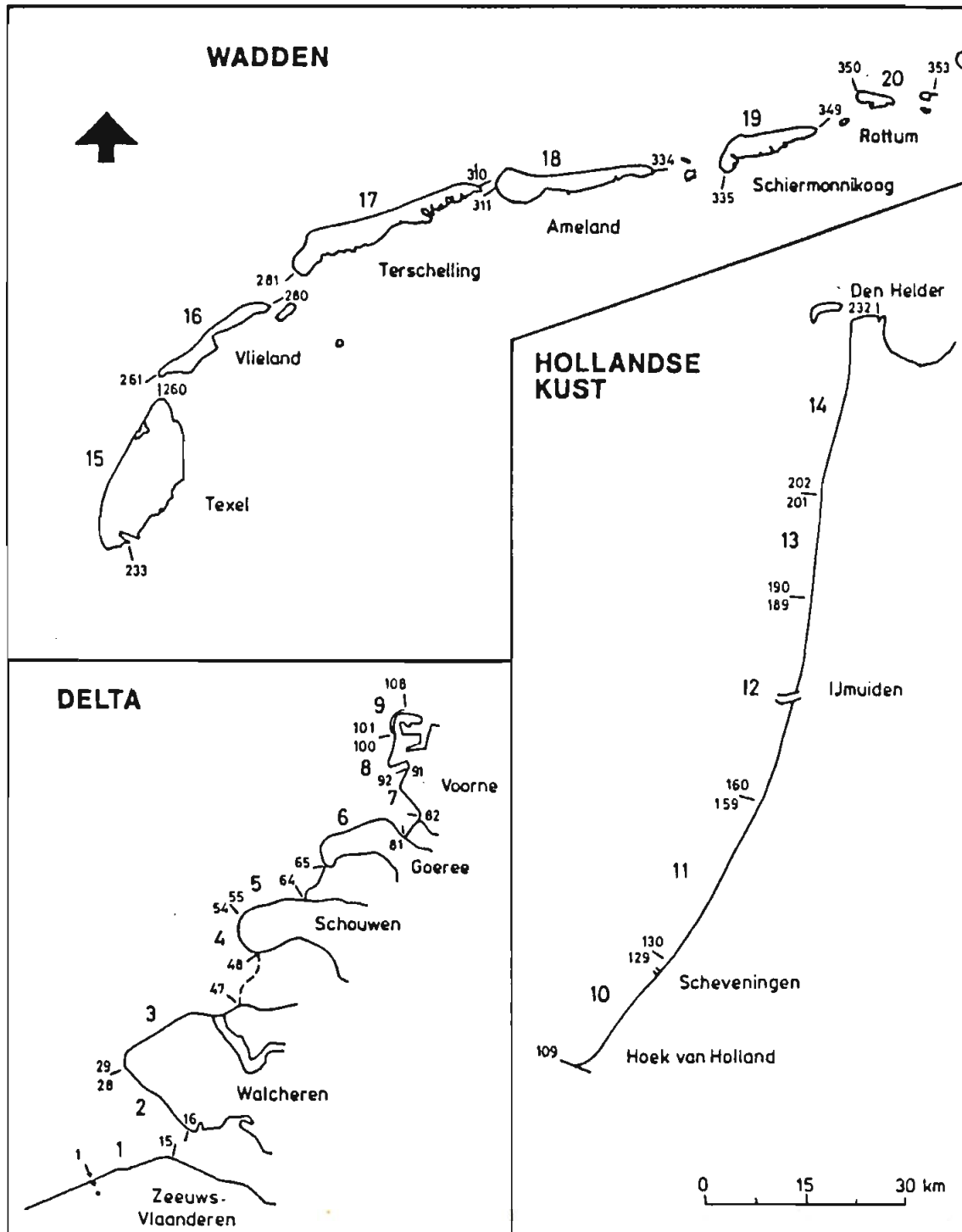
Verklaringen voor het kustgedrag hebben geleid tot de konstatering, dat de volgende effecten in ieder geval een rol van meer of minder betekenis spelen:

- Gekromde kustlijn: brandingsstroomgedreven langstransport veroorzaakt strekking van een holle kust;
- Relatie kombergingsgebied van estuaria en aangrenzende kust: zandvraag van het kombergingsgebied is ten dele oorzaak van kustverlies;
- (Quasi-)periodieke verschijnselen: vooral in estuariumdelta's treden periodieke bewegingen van geulen en platen op (door astronomische cycli of door morfologische processen geregeerd?) die verheelingen en zandgolven geven;
- Menselijke ingrepen: vooral lokaal verstoren havenhoofden, strandhoofden/palenrijen, dijken, boulevards, suppleties en duinverplaatsingen de "autonome" kustontwikkeling;
- Eolisch transport: plaatselijk (boulevards) en vaak tijdelijk (beheersgestimuleerd) kan door windtransport extra "verlies" optreden;
- Resistente lagen in onderzeese oever: het blootkomen van oudere, geologische lagen met erosiebestendiger sediment in sterk erosieve kustgebieden zoals bij Callantsoog en Walcheren kan het autonome kustgedrag beïnvloeden.

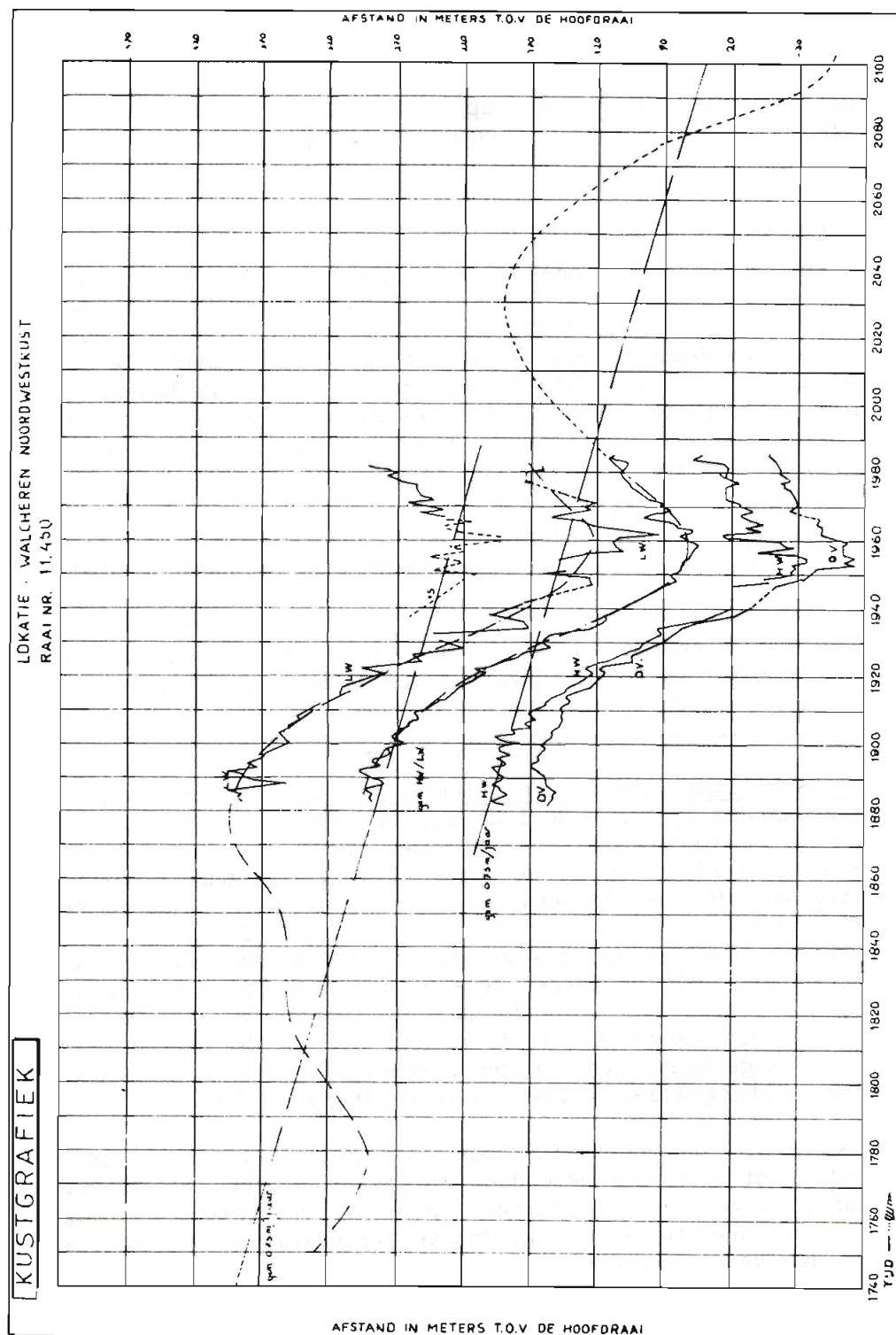
De voorspelmethoden voor de verschillende kustdelen die gehanteerd zijn kunnen als volgt kort worden beschreven (zie Figuur 2 voor kustindeling):

Zeeuws Vlaanderen, Walcheren en Schouwen: de voorspellingen zijn gebaseerd op handmatige extrapolatie van een grootschalige trend en periodieke zandgolfverschijnselen, waarbij de ruimtelijke samenhang in kustlangsrichting is meegenomen. Bij het schatten van de trend is rekening gehouden met de periodieke zandgolven, waarvan de periode van de zelfde orde kan zijn als de waarnemingsperiode (zie voorbeeld van Figuur 3). Bij het schatten van de zandgolfbewegingen is de fenomenologische kennis over natuurlijke en door menselijke activiteiten beïnvloede geul- en plaatbewegingen in de delta gebruikt. Een verdere

beschrijving van de methode, de resultaten en achtergronden is gegeven in Deelrapport 2.1.



FIGUUR 2 Indeling van de Nederlandse kustlijn in 20 sectoren en 353 cellen (respektievelijk kleinste en grootste onderscheidend vermogen voor de Beleidsanalyse)



Figuur 3 Trend- en zandgolfeffektschatting voor Noordwestkust Walcheren

Goeree en Voorne: de voorspellingen zijn voornamelijk gebaseerd op een extrapolatie van de lineaire trend in de bliksemgrafieken. Hiervoor zijn alleen de metingen gebruikt uit de periode na de afsluiting van het Haringvliet (1970) en het Brouwershavense Gat (1971). Er is tevens rekening gehouden met uitgevoerde suppleties. Een verdere beschrijving van de methode, de resultaten en achtergronden is gegeven in Deelrapport 2.2.

Zuid Holland: de voorspellingen zijn gebaseerd op de resultaten van de extrapolatie uit Fase 1.

Noord Holland: de voorspellingen zijn gebaseerd op handmatige extrapolatie van een grootschalige trend (observaties vanaf 1843) waarop korte en lang periodieke verschijnselen zijn gesuperponeerd, waarbij de ruimtelijke samenhang in kustlangsrichting is meegenomen. De periodieke fluktuaties zijn gerelateerd aan de effecten van havenhoofden van IJmuiden, de harde zeeweringen, resistentie van de onderzeese oever en strandhoofden. Een verdere beschrijving van de methode, de resultaten en achtergronden is gegeven in Deelrapport 2.3.

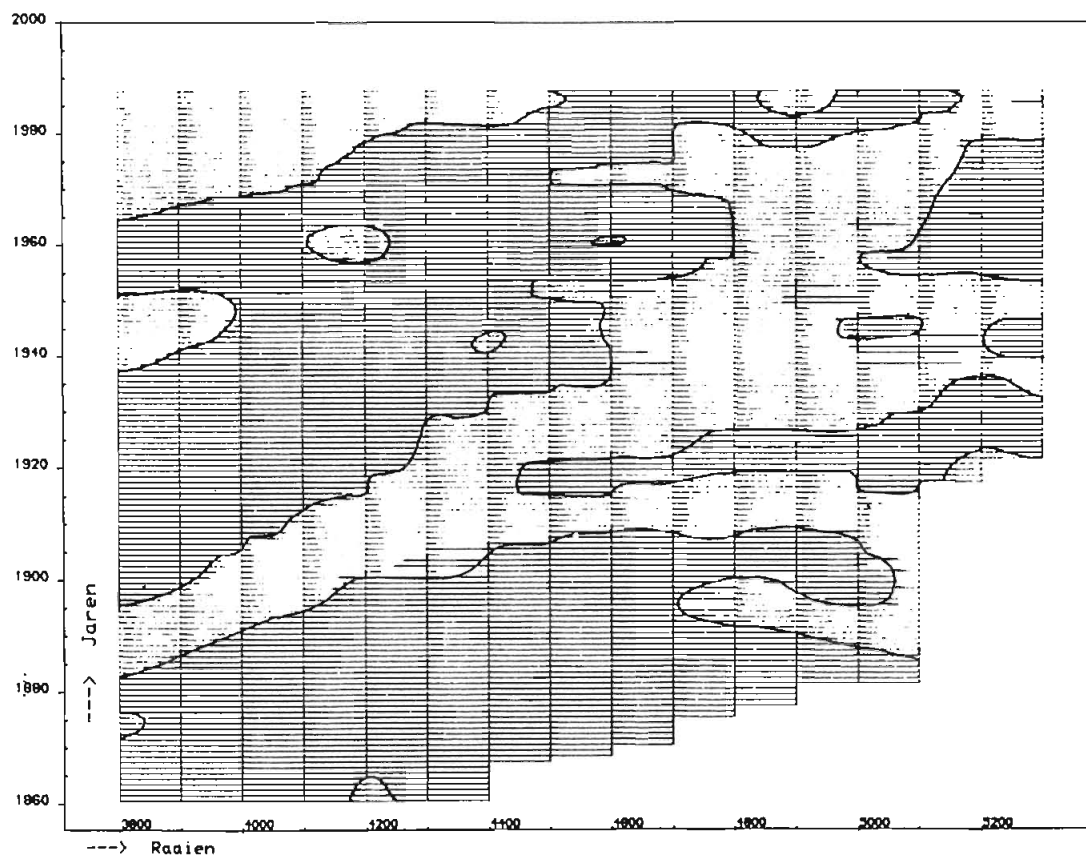
Texel: de voorspellingen zijn gebaseerd op handmatige extrapolatie van een grootschalige trend (observaties vanaf 1843) waarop korte en lang periodieke verschijnselen zijn gesuperponeerd, waarbij de ruimtelijke samenhang in kustlangsrichting is meegenomen. De periodieke fluktuaties zijn gerelateerd aan het gedrag van platen en geulen in de buitendelta van het Marsdiep zoals dit bekend is over de laatste honderden jaren. Verder is rekening gehouden met de suppleties van 1984-1985. Een verdere beschrijving van de methode, de resultaten en achtergronden is gegeven in Deelrapport 2.3.

Vlieland, Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog: hier zijn de voorspellingen gebaseerd op een numerieke statistische evaluatie en extrapolatie van de geobserveerde kustlijn (141 jaar), die het gemiddelde is van de laagwaterlijn en de hoogwaterlijn (zie Figuur 4 voor een representatie van de kustlijnontwikkeling van Vlieland). De techniek gaat ervan uit dat tot in derde en soms vierde orde sprake is van deterministische fluktuaties, die geëxtrapoleerd kunnen worden. Naast uiteraard trendvoorspelling levert deze methode ook voorspellingen van fluktuaties met periode van orde 10 jaar en langer. De voorspelwaarde ligt vooral in het aangeven van de marges die in de voorspellingen moeten worden aangenomen. Een verdere beschrijving van de methode, de resultaten en achtergronden is gegeven in Deelrapport 2.4.

Zoals blijkt lopen de voorspelmethode die gehanteerd zijn voor de verschillende kustdelen qua methodiek enigszins uiteen. De methodiek varieert namelijk van trendschattingen op basis van kortere en langere tijdperioden, waaraan toegevoegd geschatte periodiciteit van processen (ook langer dan de observatieperiode) of puur statistische bepaalde periodiciteit van processen. De presentatie van de resultaten is geuniformeerd. Het resultaat van Fase 2 is een voorspelling met groot detail in ruimte en tijd: voor elke cel (elke kilometer; zie Figuur 2 voor de celindeling) langs de kust op zeven voorspelmomenten. Dit grote detail was weliswaar een eis van de beleidsanalyse, maar het zal duidelijk zijn dat de nauwkeurigheid van de ruimtelijke details in de voorspellingen sterk afneemt naarmate de voorspelperiode lang wordt ten opzichte van veronderstelde fluktuaties in de kustlijnontwikkeling.

Vlieland verplaatsingssnelheid gemeten M-lijn 5x5x1 Filter

— > 0 m
— < 0 m



Figuur 4 Ruimtelijke samenhang van de voor- en achteruitgang van de kustlijn van Vlieland

5. KONCEPTUELE MODELLEN VOOR DE GROOTSCHALIGE KUSTONTWIKKELING (Fase 3)

5.1 Inleiding

Om ook via fysische proceskennis een onderbouwing aan de voorspelling van de kustlijn te kunnen geven is in Fase 3 de huidige kennis van de kustmorfologische processen geïnventariseerd en beoordeeld op zijn toepasbaarheid voor dit doel. Dit heeft via integratie en aktualisering van fysisch-theoretische en fysisch-empirische modelconcepten geleid tot een tweetal conceptuele modellen, één voor de ontwikkeling van een uniforme kustsektie en één voor de ontwikkeling van een estuarium. Met behulp van deze conceptuele modellen is een kwantitatief model voor de grootschalige Nederlandse kustontwikkeling gekonstrueerd. In deelrapport 3.1 wordt op deze modellen in detail ingegaan.

Onder een conceptueel model wordt verstaan een samenhangende, consistente beschrijving van fysische processen die de ontwikkeling van het kust- of estuariumstelsel bepalen. Onder samenhangend en consistent wordt ook verstaan, dat het een dynamische procesbeschrijving betreft, die zich leent voor toepassing op min of meer algemene situaties, ook ingeval van zich wijzigende hydraulische of geometrisch randvoorwaarden. Met behulp van het conceptuele model moet het dus mogelijk zijn niet alleen het huidige gedrag van het stelsel te begrijpen, maar ook dat van het verleden te rekonstrueren en dat van de toekomst te voorspellen.

Er wordt van uitgegaan dat het Nederlandse kuststelsel opgedeeld kan worden in drie hoofdsystemen, die onderling samenhangen in de zin dat ze elkaars randvoorwaarden bepalen, maar de onderliggende fysische processen kunnen als autonoom gezien worden. Het betreft:

- de Hollandse kust;
- de Waddeneilanden en de Waddenzee;
- de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden en delta.

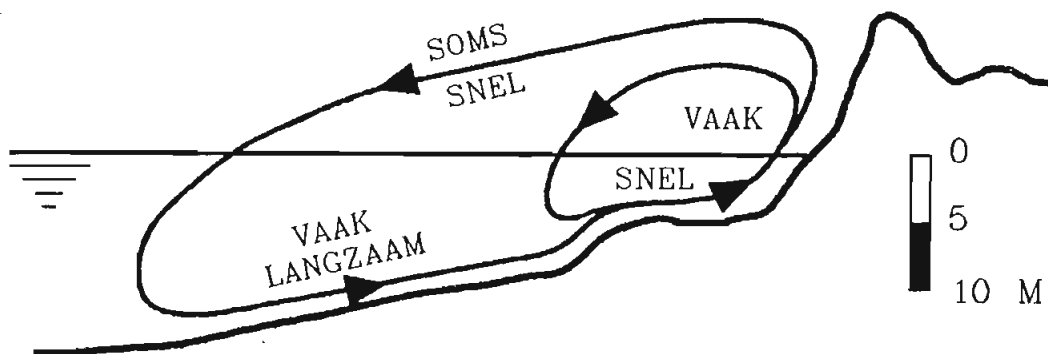
Deze hoofdsystemen zijn in twee categorieën in te delen, t.w. de categorie gesloten kust (hoofdzakelijk geringe procesvariaties in langsrichting) en de categorie door estuaria onderbroken kust (hoofdzakelijk grote procesvariaties in langsrichting). De modellering van deze hoofdsystemen met behulp van de conceptuele modellen komt in hoofdstuk 7 aan de orde. Hier volgt een beschrijving van de conceptuele modellen. De formulering van deze modellen kan gezien worden als een voortborduring op de resultaten die in de eerste fase van het project "Kustgenese" zijn behaald (Kustgenese, 1987).

5.2 De gesloten Hollandse kust: conceptueel model

In essentie beschrijft het conceptuele model voor de gesloten kust niet alleen de ontwikkeling van de kustlijn, maar ook die van het kustprofiel tot aan de zeebodem toe. Het gaat hierbij om de, over enkele jaren en over een grotere kustlengte gemiddelde, ligging en profielvorm. Verder wordt de gesloten kust gedefinieerd als een kust waarlangs autonome fysische processen slechts langzaam variëren.

De fysische grondgedachten van het model zijn (zie ook Figuur 5):

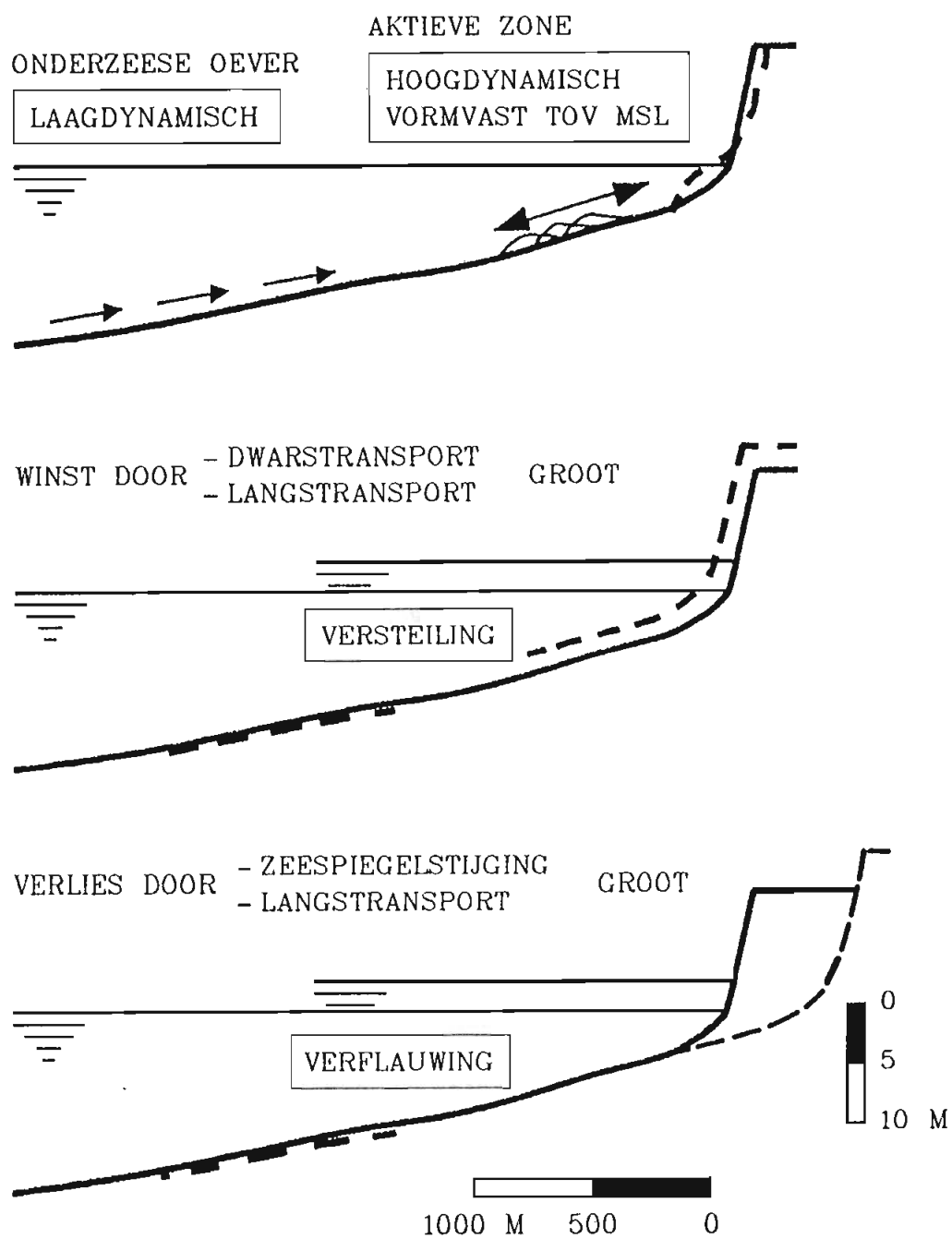
- 1) Er bestaat een hoogdynamische profieldeel (de actieve zône) die gemiddeld over zijn dynamische gedrag (brandingsruggen, duinafslag) in eerste benadering vormvast is en zijn relatieve positie (in verticale zin) ten opzichte van gemiddeld zeenivo behoudt. De respons op hydrodynamische kondities, waaronder de zeespiegelrijzing, is min of meer instantaan; morfologisch gezien is er sprake van een sterke dynamische koppeling.
- 2) Er wordt aangenomen dat de ontwikkeling van het profiel van de diepere onderwateroever vooral wordt bepaald door de invloed die de lokale waterdiepte heeft op de hydrodynamische kondities. De respons op bv. de zeespiegelrijzing is hiermede indirekt en relatief traag. Morfologisch gezien is er sprake van een verwaarloosbare koppeling in ruimtelijke zin.



ZEEBODEM ONDERZEESE OEVER AKTIEVE ZONE (SHELF) (SHOREFACE)

FIGUUR 5 Dynamische processen op het kustprofiel

Naast de bovenaangegeven respons op de zeespiegelrijzing - waar voor de actieve zône in zekere zin de "Bruunregel" (kustachteruitgang bepaald door behoud van zandhoeveelheid en t.o.v. gemiddeld zeenivo vormvast evenwichtsprofiel) is aangehouden - spelen zowel dwars - als langstransport een rol van betekenis. Voor de situatie van de Hollandse kust geldt dat het dwarstransport zowel op ondiep als op dieper water voornamelijk bepaald wordt door de golfinvloed. Het langstransport op dieper water is getijstroming bepaald met de golven als opwoeler, terwijl het langstransport in de brandingszone voornamelijk door de golfwerking wordt bepaald. De ontwikkeling van een deel van het profiel of van een dieptelijn in de zin van voor- of achteruitgang wordt bepaald door de som van deze effecten, waarbij deze effecten qua orde-grootte met elkaar vergelijkbaar zijn (zie Figuur 6 voor een overzicht van de principe ontwikkelingen). De grootschalige extrapolatie van de kustlijnontwikkeling is uiteindelijk gebaseerd op en onderbouwd via deze uiteenrafeling van de onderliggende fysische processen; kort samengevat zijn dit: het Bruunefekt (direkt effect van zeespiegelrijzing), het dwarstransport vanaf de zeebodem en de onderwateroever, het langstransport (inklusief indirekte effecten van zeespiegelrijzing) in de actieve zône en verlies door duinvorming.



Figuur 6 Principe ontwikkelingen van het kustprofiel bij zeespiegelrijzing

5.3 De Waddenzee en de Zeeuwse delta: conceptueel model

De karakteristieke vormen van estuaria die dynamisch gezien in evenwicht zijn, zijn het resultaat van een evenwicht tussen de erosieve capaciteit van de het estuarium in- en uittredende stromingen en de neiging tot sedimentatie van door de stroming getransporteerd sediment. Min of meer onafhankelijke randvoorwaarden aan het systeem worden gevormd door de getijvariaties op zee en door de geometrie en bodemeigenschappen van het achterland. De morfologische processen in deze gebieden zijn complex (vergelijk bijv. de geometrie van een Waddengebied en de Zeeuwse delta), en veranderen voortdurend op kleine tijdschaal (per getij, storm) en op geologische tijdschaal.

Ondanks de complexiteit van de morfologische processen blijkt dat er op grotere tijd- en ruimteschaal gezien (quasi-)evenwichtsrelaties bestaan voor estuaria in het algemeen tussen geometrische grootheden (kominhoud, geulafmetingen, buitendelta-omvang) van een estuarium en het getijvolume als maat voor de hydraulische energie. Ook blijken relaties te bestaan tussen het gemiddeld zeespiegelnivo en het nivo van de platen, en tussen de afmetingen van de vloedkom en het plaatoppervlak. Deze relaties, met name de inhoudsrelaties voor de kom en de buitendelta, kunnen gebruikt worden om de gevolgen voor de netto sedimentbewegingen te schatten als het dynamische evenwicht wordt verstoord. In dit verband kunnen de volgende, het evenwicht verstorende effecten, genoemd worden:

- relatieve zeespiegelrijzing;
- verlanding of afslag langs de randen van het kombergingsgebied;
- zandwinning in de vloedkom of buitendelta;
- afsluitingswerken;
- bodemdaling door gaswinning.

5.4 Kwantificering van de conceptuele modellen

Als onderdeel van de kwantificering van de processen die met de conceptuele modellen worden beschreven, is een fysisch-mathematisch model gebouwd waarmee het initiële sedimenttransportbeeld langs de gehele Hollandse kust kan worden beschreven (zie Deelrapport 3.4 voor een gedetailleerde beschrijving). De twee hoofdgroepen van beschouwde hydrodynamische processen zijn getijde-geïnduceerde en golven-geïnduceerde stromingen, waarbij de interactie en combinatie van beide een rol speelt. Onderdelen hierin zijn

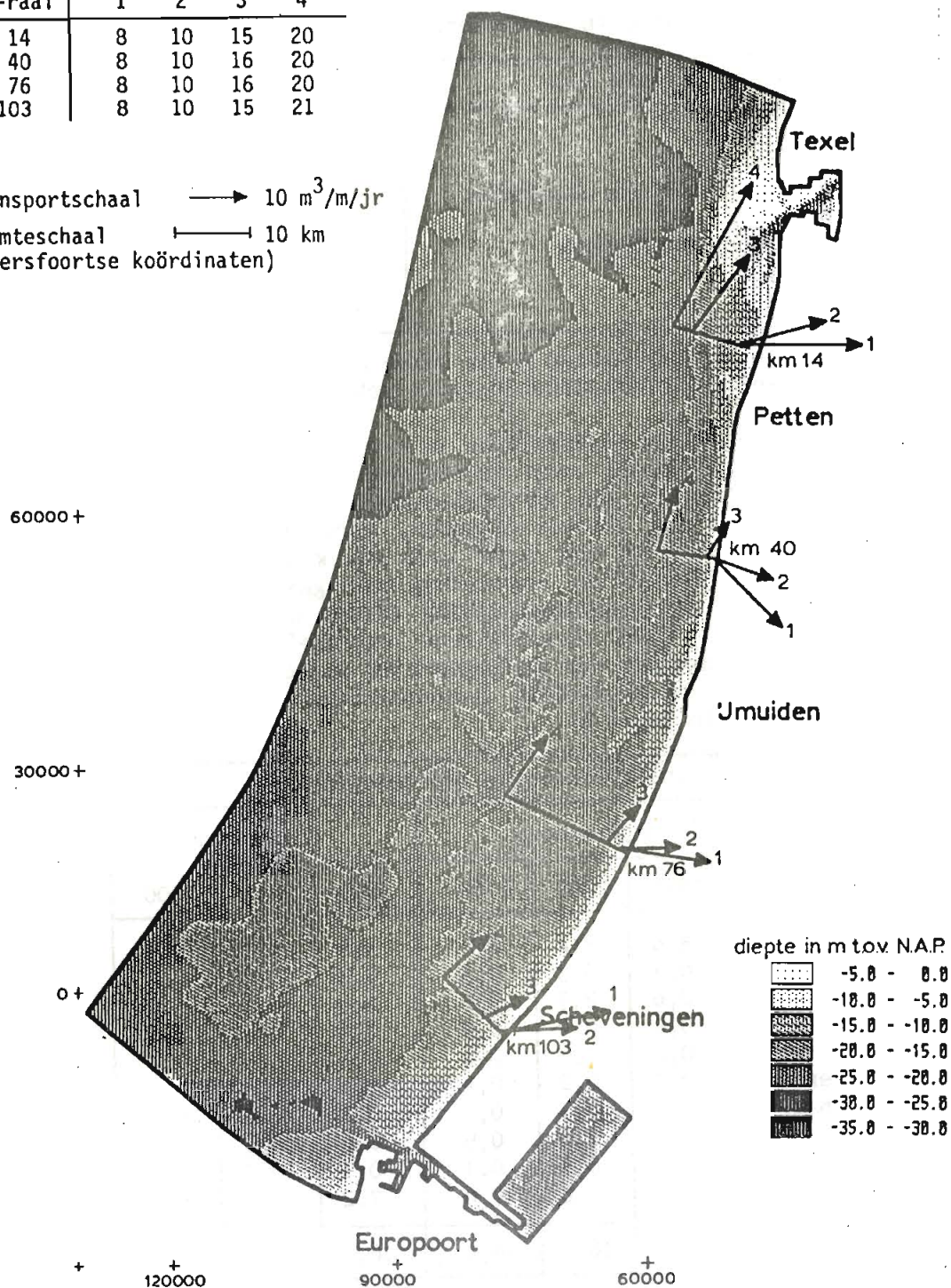
- koppeling tussen golfvoortplanting, vertikaal en horizontaal getij,
- koppeling tussen golfkondities, golfvoortplanting en stormopzet,
- langdurige reststromingen,
- golfgedreven stromingen in golfvoortplantingsrichting,
- golfgedreven stromingen in kustlangsrichting.

De belangrijkste resultaten kunnen gepresenteerd worden in de vorm van een vektorplot van de netto (over het jaar gemiddelde) sedimenttransportstromen op de onderzeese oever (Figuur 7). Hieruit blijkt onder andere dat er een netto kustwaarts gericht transport bestaat aan de voet van de actieve zône met een niet verwaarloosbare grootte en gradiënt. Gemiddeld resulteert dit bij afwezigheid van overige effecten in een kustaangroei van ongeveer 0,5 m per jaar.

De resultaten van dit model zijn gebruikt in het grootschalige, dynamische kustlijnontwikkelings model (zie verderop onder Hoofdstuk 7 Voorspelling kustlijnontwikkeling).

RSP-raai	vektor waterdiepte (m)			
	1	2	3	4
km 14	8	10	15	20
km 40	8	10	16	20
km 76	8	10	16	20
km 103	8	10	15	21

transportschaal $\longrightarrow$ 10 m³/m/jr
 ruimteschaal $\longleftarrow$ 10 km
 (Amersfoortse coördinaten)



Figuur 7 Netto sedimenttransporten op de onderzeese oever van de Hollandse kust

Een tweede kwantificering die een rol speelt bij de onderbouwing van de voorspelling betreft de kwantificering van de netto sedimentbewegingen in en rond de Waddenzee. Gebaseerd op het conceptuele model voor quasi-evenwicht in een estuarium kon de totaalbalans van Tabel 3 voor de huidige situatie in de Waddenzee worden opgesteld.

zandvraag bepaald door	
zeespiegelrijzing	4,8
gaswinning	0,3
afsluiting Zuiderzee en Lauwerszee	1,1
zandwinning	6,3
opp. afname door verlanding	3,5
totale vraag	16

TABEL 3 Opbouw van de huidige netto zandvraag van de Waddenzee (in miljoenen kubieke meters per jaar)

In de toekomst zet het natuurlijke proces van verlanding zich waarschijnlijk voort, hoewel een versnelde zeespiegelrijzing dit kan reduceren. De effecten van de afsluitingen van de Zuiderzee en de Lauwerszee zullen nog sterker afnemen, terwijl gezien het huidige beleid de zandwinning op een lager nivo zal komen te liggen. Daarentegen zullen de effecten van bodemaling door gaswinning merkbaar gaan worden en zal ook de zeespiegelrijzing effect hebben op de zandvraag van de Waddenzee. Voor verschillende voorspelmomenten is voor de verschillende vloedkommen van de Westelijke en de Oostelijke Waddenzee een schatting van de zandvraag, onderscheiden naar de verschillende effecten, gegeven in Tabel 4.

Vloedkom	Totale zandvraag bij zeespiegelrijzing van					
	0,2 m/eeuw			0,6 m/eeuw		
	1990	2000	2100	1990	2000	2100
Marsdiep	3,6	3,2	2,5	3,6	3,8	5,3
Eijerlandse Gat	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,9
Vlie	2,6	2,7	2,6	2,6	3,2	5,2
Borndiep	0,9	0,9	0,9	0,9	1,2	2,2
Pinkegat	0,2	1,3	0,2	0,2	1,3	0,4
Zoutkamperlaag	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,9
Eilanderbalg	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3
Lauwers	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	1,1
Schild	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3
Westereems	7,2	7,6	7,0	7,2	8,1	9,0
Totaal	16,0	16,9	14,6	16,0	19,1	25,6

TABEL 4 Opbouw van de toekomstige (1990 + 2000 + 2100) netto zandvraag van de vloedkommen van de Waddenzee (in miljoenen kubieke meters per jaar)

De bovenstaande voorspellingen zijn betrokken bij de kwantificering van de kustachteruitgang van de Waddeneilanden en de kop van Noordhol-

land. Opgemerkt dient te worden dat de zandvraag initieel is geschat uit het verschil van de aktuele situatie en de quasi-evenwichtssituatie. De snelheid waarmee het systeem in werkelijkheid reageert om tot evenwicht te komen is uiteindelijk bepalend voor bijvoorbeeld het verlies aan zand van de aangrenzende kustdelen. Voor de tijdschaal van dit relaxatieproces zijn schattingen gemaakt, zodat een zandvraag als functie van de tijd kon worden afgeleid.

Tenslotte speelt ook de kwantificering van de netto sedimentbewegingen in en rond de Zeeuwse delta een rol bij de onderbouwing van de voorspelling. Gebaseerd op het conceptuele model voor quasi-evenwicht in een estuarium is de totaalbalans volgens Tabel 5 voor de huidige situatie in de Zeeuwse Delta opgesteld.

Vloedkom	Totale zandvraag bij zeespiegelrijzing van					
	0,2 m/eeuw			0,6 m/eeuw		
	1990	2000	2100	1990	2000	2100
Westerschelde	0,5à1,2	1,0à1,7	2,0à2,7	0,5à1,2	1,3à2,0	3,7à4,4
Veerse Gat	0	0	0	0	0	0
Oosterschelde	-(1,4à4,4)	-(1,1à3,4)	0,2	-(1,4à4,4)	-(1,4à3,4)	0,2
Grevelingen	-(1,7à2,4)	-(1,4à2)	-0,6	-(1,7à2,4)	-(1,4à2)	-0,6
Haringvliet	-(1,6à2,9)	-(1,4à2,1)	-0,3	-(1,6à2,9)	-(1,4à2,1)	-0,3
Brouwershavense Gat	0	0	0	0	0	0
R'damse Waterweg	1 à 2	1 à 2	1 à 2	1 à 2	1 à 2	1 à 2
Totaal	- 8,2à-1,5	- 5,5à-0,2	2,3à4,0	- 8,2à-1,5	- 5,2à0,1	4,1à5,7

TABEL 5 Opbouw van de toekomstige (1990 + 2000 + 2100) netto zandvraag van het Deltagebied (in miljoenen kubieke meters per jaar)

Ook deze voorspellingen zijn betrokken bij de kwantificering van de kust-achteruitgang van de Delta-eilanden, en ook hier geldt dat de zandvraag en het zandoverschot de verschillen geven van de aktuele situatie en de quasi-evenwichtssituatie. De snelheid waarmee het systeem in werkelijkheid reageert om tot evenwicht te komen is uiteindelijk bepalend voor bijvoorbeeld het verlies (Walcheren) of de winst (Schouwen) aan zand van de aangrenzende kustdelen. Voor de tijdschaal van dit relaxatieproces zijn schattingen gemaakt.

6. TWEE-LIJN MODELLERING ONTWIKKELING HOLLANDSE KUSTLIJN (Fase 3)

Teneinde ook op meer gedetailleerde tijd- en ruimteschaal een via fysische proceskennis onderbouwde voorspelling te verkrijgen is de zogenaamde "twee-lijn" modelleringstechniek gebruikt (zie Deelrapport 3.2 voor een meer gedetailleerde beschrijving van methode, resultaten en achtergronden). Hierin wordt het kustsysteem geschematiseerd tot een "strandlijn", die representatief wordt gesteld voor de zone van NAP +15 m tot NAP -1 m, en een "vooroeverlijn", die representatief wordt gesteld voor de zone van NAP -1 m tot NAP -5 m.

Bij de gebruikelijke toepassing van de "kustlijn"-techniek wordt in principe slechts langstransport van zand door golfgedreven brandingsstroom in rekening gebracht. Bijzondere uitbreidingen voor deze studie ten opzichte van de gebruikelijke toepassing betreffen het in rekening brengen van de volgende effecten:

- refractie-, diffractie- en afschermingseffecten op de heersende golfkondities in de nabijheid van havenhoofden; de laatstgenoemde effecten geven een naar de hoofden gericht transport;
- langs- en dwarstransport van zand door de getijstromingen; er is gebruik gemaakt van een grootschalig getijmodel voor de Hollandse kust (zie Deelrapport 3.3) met een hoog oplossend vermogen nabij de havenhoofden.

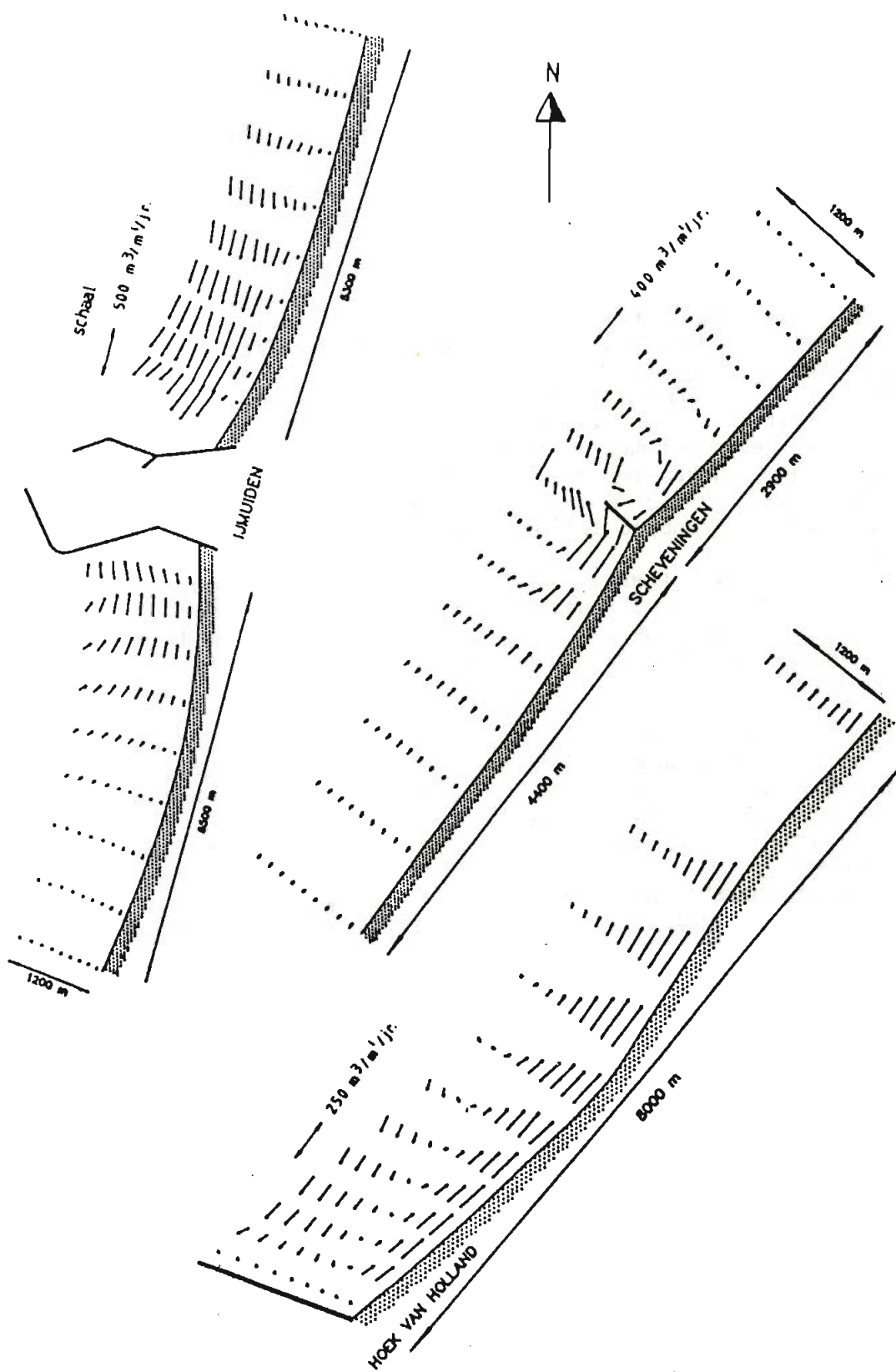
De in de beschouwde kustzone gevonden zandtransporten onderscheiden in getijtransport en golftransport (brandingsstroomtransport) zijn getoond in Figuur 8. Behalve bij de haven van Scheveningen is het gevonden transport in de gehele beschouwde kustzone praktisch evenwijdig aan de kust gericht.

Beperkingen van de beschreven modelleringstechniek zijn:

- interacties tussen getij- en brandingsstroom worden verwaarloosd;
- dwarstransporten door de NAP -5 m lijn en over de duintop worden niet expliciet in rekening gebracht;
- diffractie bij de havens wordt sterk geschematiseerd in rekening gebracht;
- het brandingsstroomtransport ter plaatse van de havendammen wordt nul verondersteld, hoewel de brandingsstroming in zeewaartse richting als een rip-current afbuigt.

Aangenomen wordt namelijk dat het door de brandingsstroom getransporteerde zand reeds voor de NAP -5 m lijn bezinkt, en zodoende geen verband heeft met de stroomkontractieput. Een uitzondering vormt het transport bij de relatief korte havendammen van Scheveningen: hier is een verlies aangenomen dat mede is bepaald op grond van het onderhoudsbaggerwerk in de haventoeegangseul.

Volgens de voor de kustlijntechniek gebruikelijke methode zijn de brandingsstroomtransporten berekend op grond van het golfklimaat. Sommatie van de berekeningen over alle kondities levert een jaarlijks resulterend transport. Voor deze berekeningen is gebruik gemaakt van een recent golfklimaat, waarvan de uitkomsten vergeleken zijn met eerdere berekeningen op basis van vroegere golfgegevens. De verschillen zijn in hoofdzaak het gevolg van verschillende aannamen voor de niet gemeten grootheden: vroeger betrof dit een onvolledig beeld ten aanzien van de golfhoogteverdeling en bij het recente klimaat betreft dit het ontbreken van metingen van de golfrichting. Dit laatste is een belangrijke lakune. De nauwkeurigheid van de uitkomsten wordt derhalve negatief beïnvloed door het ontbreken van gegevens. De uit de golfge-



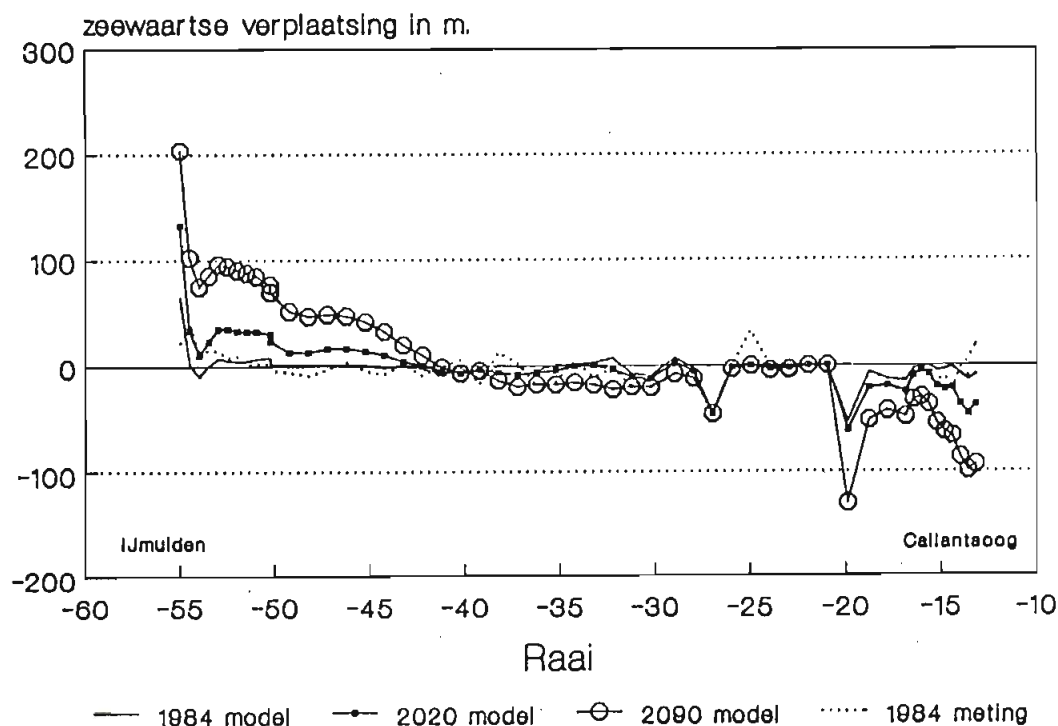
Figuur 8 Resultaten getijtransportberekeningen bij de havens langs de Hollandse kust

gevens bepaalde brandingsstroomtransporten zijn - gegeven de onnauwkeurigheid van de golfgegevens - aangepast aan de zand- kuberingscijfers.

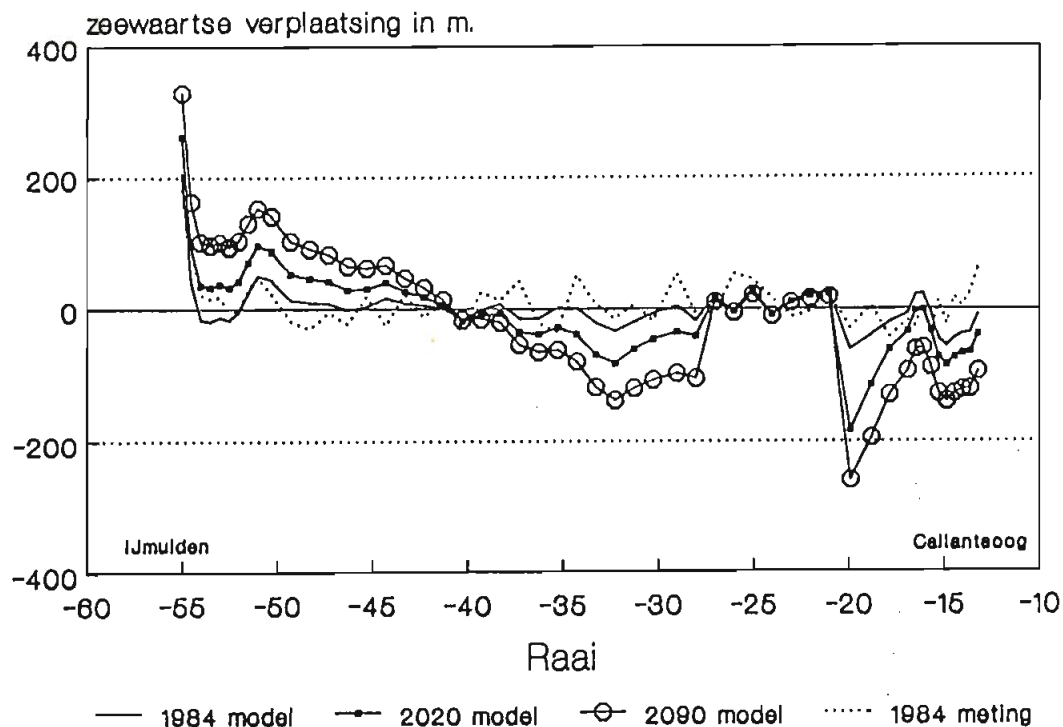
De snelheid waarmee de kust reageert op een instationaire situatie wordt in de kustlijn modelleringstechniek bepaald aan de hand van zogenaamde kustkonstanten die in het model moeten worden ingevoerd. Deze werden volgens twee onafhankelijke methoden bepaald, namelijk uit golfgegevens en uit de geobserveerde ligging van de strand- en voor-oeverlijn over de afgelopen 15 jaar. Hierna vond op grond van ervaring en kennis omtrent de nauwkeurigheid van elk van de methoden een afwijking plaats.

Tenslotte is het eindmodel - waarmee de kustligging wordt berekend - gekalibreerd aan de hand van de gegevens uit het JARKUS-bestand aangaande de gedetailleerde kustligging over de laatste 15 jaar. Met het gekalibreerde model zijn voorspellingen over de komende 30 jaar gemaakt in het beschouwde gebied Hoek van Holland tot Callantsoog (zie Figuur 9 voor de resultaten in het gebied IJmuiden-Callantsoog). De wijze waarop deze resultaten zijn geïntegreerd met de eerdere fasen komt in Hoofdstuk 7 aan de orde.

**CALLANTSOOG - IJMUIDEN
STRANDLIJN**
verplaatsingen tov de situatie in 1973



**CALLANTSOOG - IJMUIDEN
VOOROEVERLIJN**
verplaatsingen tov de situatie in 1973



Figuur 9 Resultaten "twee-lijn"-kustontwikkelingsberekeningen
Callantsoog-IJmuiden

7. VOORSPELLING KUSTLIJNONTWIKKELING

7.1 Model voor de ontwikkeling van de Nederlandse kust (Fase 3)

Met behulp van de twee conceptuele modellen kon voor ieder van de drie eerder gedefinieerde hoofdsystemen binnen het Nederlandse kustsysteem een ontwikkelingsmodel worden opgesteld (zie Deelrapport 3.1). Het gaat hierbij om de ontwikkeling van de gesloten Hollandse kust en om die kustdelen van de Wadden-, de Zeeuwse en de Zuid-Hollandse eilanden, die buiten de direkt invloedsgebied van de estuariummonding liggen. Gebruik is gemaakt van het conceptuele model voor de uniforme kust, en van het conceptuele estuariummodel voor de ontwikkeling van de estuaria, inclusief de monding en buitendelta.

Om tot een integraal model voor de ontwikkeling van het Nederlandse kustsysteem te komen moest een relatie gelegd worden tussen de hoofdsystemen. Eerder is reeds gesteld dat de fysische processen binnen de hoofdsystemen op zich autonoom zijn, maar de hoofdsystemen leggen randvoorwaarden aan elkaar op. Precies op dit punt ontbreekt het aan voldoende proceskennis en waarnemingsmateriaal om tot een wetenschappelijk goed onderbouwde beschrijving te komen. Op grond van de huidige proceskennis is gekomen tot een koppeling van de hoofdsystemen die echter wel consistent is met het beschikbare waarnemingsmateriaal, t.w. de kustlijnveranderingen en de sedimentbalansgegevens.

Met betrekking tot de koppeling van de hoofdsystemen is het volgende verondersteld (zie ook Figuur 10 voor een kwalifikatie van het procesgedrag):

- de ontwikkeling van de estuaria binnen de kustlijn wordt gestuurd door de praktisch onafhankelijke randvoorwaarden van het getijvolume, de relatieve zeespiegelrijzing en de natuurlijke verlanding; in de regel resulteert dit in een zandvraag;
- de zandvraag van een estuarium vormt een min of meer onafhankelijke randvoorwaarde voor de buitendelta van het estuarium, de aangrenzende zeebodem en de aangrenzende kustdelen;
- de buitendelta, de aangrenzende zeebodem en de aangrenzende kustdelen vormen een dynamisch morfologisch systeem dat als geheel gezien netto sedimenttransport toelaat ten gunste van het estuarium;
- deze netto transporten zijn een fraktie (enkele procenten) van de bruto transportstromen (in- en uitgaand), en deze fraktie wordt bepaald door de relatieve overdiepte van het binnendelta getijdesysteem;
- de bijdrage van de aangrenzende zeebodem en de aangrenzende kustdelen aan het netto-sedimenttransport wordt beperkt door de transportkapaciteit onder de daar heersende hydraulische (golven, getij, windstroming) en geometrische (strandhoofden, weringen, bestorringen) kondities;
- de bijdrage van de buitendelta aan het netto sedimenttransport vormt de instantane sluitpost tussen de sedimentvraag van het estuarium en het aanbod van de aangrenzende zeebodem en kustdelen;
- op langere termijn streeft het morfologische systeem naar een toelevering van sediment uit de aangrenzende zeebodem en kustdelen (waarbij de ruimtelijke schaal van de orde tweemaal de getijpadlengte bedraagt) en past de buitendelta zich aan in vorm en volume aan het min of meer onafhankelijke getijvolume.



Figuur 10 Procesgedrag van de deelsystemen

Gegeven de beschreven koppeling tussen de hoofdsystemen is de ontwikkeling van het Nederlandse kustsysteem als volgt aangepakt. Eerst is vastgesteld welke zandvraag de estuaria voor het gebied binnen de kustlijn opleggen. Als aan deze zandvraag niet beantwoord kan worden door een aanzienlijk zandoverschot in de buitendelta (d.i. in de regel niet het geval voor de Waddenkust, terwijl voor de afgesloten Zeeuwse estuaria er wel sprake is van zandoverschot in de buitendelta's) dan betekent dit dat op langere termijn (orde vele dekaden) de aangrenzende zeebodem en kustdelen het sediment zullen leveren. De mate waarin het sediment wordt toegeleverd kan worden geschat uit de huidige toelevering, omdat verondersteld wordt deze slechts in de marge kan veranderen door de beperkte transportkapaciteit (bijv. 20% toename bij een verdubbeling van de zandvraag). Om aan de instantane vraag te voldoen wordt op korte termijn de buitendelta wordt (tijdschaal een dekade).

In deze studie is de toeleveringskapaciteit van de aangrenzende kustdelen gerepresenteerd middels de netto langstransportgradiënt. Het is vooral het onderscheid tussen de mechanismen achter deze langstransportgradiënt die verschillende kustsekties zich van elkaar doen onderscheiden. De ontwikkeling van de kustlijn zelf wordt nu verder volledig beschreven door gebruik te maken van het conceptuele model voor de uniforme kust, waarbij dus de invloed van de estuaria zit opgesloten in de netto langstransportgradiënt.

Uit de definiëring van het conceptuele model voor de uniforme kust volgt dat de toepasbaarheid beperkt is tot kusttrajekten die niet overheerst worden door ruimtelijk twee-dimensionale processen (variaties in twee horizontale richtingen). Dit betekent dat het model niet toepasbaar is voor kusttrajekten in de direkte nabijheid van de havenmondingen en in de direkte nabijheid van estuariummondingen (zeg binnen enkele kilometers). Verder is er sprake van kusttrajekten die voor wat betreft hun onderliggende trend in de kustlijnligging voldoen aan de gegeven definitie, maar waarbij bovenop de trend sprake is van min of meer periodieke fluktuaties. Deze fluktuaties kunnen bijvoorbeeld het gevolg zijn van systematische bewegingen in een estuariummonding, die resulteren in zich langs de kust verplaatsende verstoringen ("zandgolven"). Modelleren van deze fluktuaties is niet mogelijk met dit model.

Bij de toepassingen van het conceptuele model op de ontwikkeling van een kustsektie kan onderscheid gemaakt worden in drie categorieën kustsekties (zie ook Figuur 10):

1. de autonoom bepaalde, uniforme kustsektie: hierbij wordt de ontwikkeling uitsluitend bepaald door processen zoals die zouden optreden als de sectie oneindig lang zou zijn, dus zonder invloed van lange havenmonden of processen in naast gelegen kustsekties, buitendelta's of estuariummondingen;
2. de quasi-autonoom bepaalde, uniforme kustsektie: hierbij wordt de ontwikkeling bepaald als bij de eerste categorie met uitzondering van de langstransportgradiënten in de actieve zône. De gradiënten worden beïnvloed (via gedeeltelijke of volledige blokkering van het langstransport) door havendammen;
3. de niet-autonoom bepaalde, uniforme kustsektie: hierbij wordt de ontwikkeling mede bepaald onder invloed van nabij gelegen estuariummondingen. Deze invloed wordt uitgedrukt in langstransportgradiën-

ten, die een orde groter zijn dan voor de autonoom bepaalde kustsekties.

Bij de uitwerking van de ontwikkeling van de kustlijnligging van de kustsekties worden de effecten in rekening gebracht die reeds eerder zijn aangeduid:

- Bruuneeffekt: profielaanpassing in verticale richting door zeespiegelnivoverandering;
- dwarstransport: netto sedimenttransport vanaf de shoreface, bepaald door het offshore golfklimaat;
- langstransportgradiënten: verschillen in het over de actieve zône geïntegreerde langstransport aan de randen van de sectie; in de autonoom bepaalde situatie worden deze transporten primair bepaald door het golfklimaat en secundair door het getij; in de quasi-autonoom bepaalde situatie worden randvoorwaarden aan de langstransportgradiënten opgelegd door de geometrie van de havendammen; in de niet-autonoom bepaalde situatie bestaat het gerede vermoeden dat deze transporten worden bepaald door de bruto-transportkapaciteit van het estuarium intredende stroming en speelt de eventuele "zandvraag" van het estuarium een rol;
- duinvorming: netto transportverlies over de top van de eerste duinregel (TEDR).

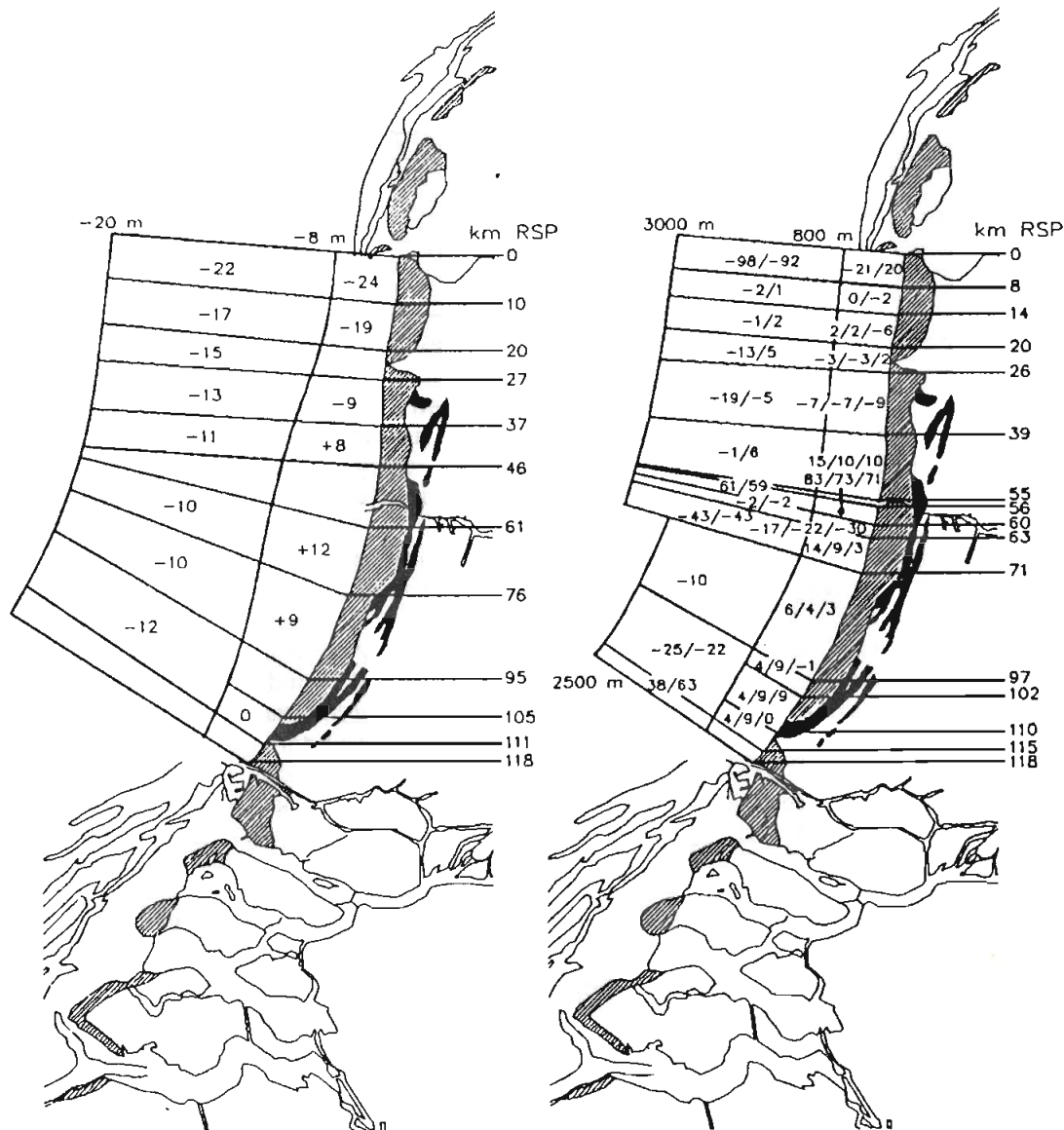
Met betrekking tot de eerste twee categorieën kustsekties kan voor de schattingen van de kwantitatieve procesbijdragen gebruik gemaakt worden van de kwantificering van de sedimenttransporten langs de Hollandse kust. Voor de laatste categorie volgen deze per definitie niet uit deze kwantificering, en moest teruggevallen worden op kalibratie aan de hand van de waargenomen ontwikkeling.

7.2 Grootschalige ontwikkeling

Gebaseerd op het ontwikkelingsmodel is eerst een rekonstruktie gemaakt van de ontwikkeling van de kustlijn sinds circa 1850. Deze rekonstruktie heeft betrekking op de ontwikkeling van de kust- en dieptelijnen gemiddeld gezien over in langsrichting min of meer uniforme kustsekties. Één van de resultaten van de rekonstruktie betreft de vergelijking met de waargenomen sedimentbalans voor de Hollandse kust (deze gegevens kunnen - ook internationaal gezien - uniek genoemd worden). De globale overeenkomst (zie Figuur 11) tussen de waargenomen, kinematische (= bewegingen beschouwend van objekt zonder onderliggende proceskrachten) sedimentbalans en de deels voorspelde en deels gerekonstrueerde, dynamische (= bewegingen beschouwend van objekt met onderliggende proceskrachten) sedimentbalans kan - gelet op de nauwkeurigheid van de lodingscijfers - bevredigend genoemd worden.

De ook op andere aspecten bereikte globale overeenstemming tussen waarnemingen en rekonstruktie over grotere tijd- en ruimteschaal gezien leidt tot de voorzichtige konklusie dat de onderliggende fysische processen (Bruuneeffekt, dwarstransporten, langstransporten) juist zijn gekwantificeerd, en derhalve gebruikt kunnen worden voor voorspellingen. Echter, het door estuariummondingen beïnvloed gedrag van de niet-autonome kustsekties wordt wellicht begrepen, maar kan niet echt gebaseerd worden op goed bekende (te kwantificeren) processen.

inhoudsveranderingen in $\text{m}^3/\text{m}/\text{jr}$



kombinatie van voorspelling en rekonstruktie met het conceptuele model voor uniforme kustsekties

x/y/z:
 waarnemingen volgens Jarkus- en doorlodingenbestand van 1965-1985;
 x: verschil 1965-1985
 y: lineaire trend '65-'70-'75-'80-'85
 z: geschatte trend '70-'75-'80-'85

Figuur 11 Vergelijking van waargenomen en gemodelleerde sedimentbalans van de Hollandse kust

De voorspelling van de grootschalige ontwikkeling van de kustlijn is uitgevoerd voor verschillende scenario's van hydraulische randvoorwaarden enerzijds (3 hydro-meteo scenario's) en van procesgedrag anderzijds (2 procesgedragscenario's). De matrix van zes scenario's is als volgt:

	verwacht procesgedrag	ongunstig procesgedrag
zeespiegelrijzing van 0,2 m/eeuw	Av	Ao
zeespiegelrijzing van 0,6 m/eeuw	Bv	Bo
zeespiegelrijzing van 0,85 m/eeuw & windsterkte- en richtingsverandering	Cv	Co

TABEL 6 Scenario's voor de kustliggingsvoorspelling

Scenario Av (gemiddeld procesgedrag met een zeespiegelrijzingsnelheid van 0,2 m per eeuw) kan beschouwd worden als het scenario waaronder de recente kustontwikkeling zich afspeelt. De uitgangspunten bij de voorspellingen voor de grootschalige ontwikkeling van de kustlijn voor dit scenario zijn als volgt:

- de trend van de grootschalige ontwikkeling zal voor de voornamelijk autonoom bepaalde kustsekties globaal gelijk zijn aan die over de periode vanaf 1850;
- de trend van de grootschalige ontwikkeling zal voor de voornamelijk quasi-autonoom bepaalde kustsekties bepaald worden door de randvoorwaarden die door de geometrie van de havendammen en het baggeronderhoudswerk in de toegangsgeulen gesteld worden;
- de trend van de grootschalige ontwikkeling zal voor de voornamelijk niet-autonoom bepaalde kustsekties waarschijnlijk (maar niet zeker op grond van de huidige kennis) globaal gelijk zijn aan die van het langjarig gemiddelde over de kustlijnwaarnemingsperiode vanaf 1850.

Van de verschillende fasen (Fase 1, 2 of 3) is dat voorspellingsresultaat -geldend voor het scenario Av- gekozen waarvan de uitgangspunten het dichtste de bovengenoemde benaderen. Per kustsektie zijn de resultaten weergegeven in Tabel 7. Hieraan is toegevoegd de additionele kustlijnverplaatsing die zal optreden voor de scenario's Bv en Cv.

De voorspellingen volgens de scenario's Bv en Cv zijn uitsluitend gebaseerd op de Fase 3 resultaten, waarbij de voornaamste overweging is dat hierbij een doorzichtige, consistente methodiek is gebruikt (overigens op zich ook een "best" guess" ten aanzien van het verwachte procesgedrag). Bij de autonoom bepaalde sekties is allereerst het direkte effect van de zeespiegelrijzing middels het Bruunefekt in rekening gebracht. Bij de niet-autonoom bepaalde sekties is hiernaast ook nog het indirekte effect van de zeespiegelrijzing (vergroting van de zandvraag in het nabijgelegen estuarium) meegenomen in een vergroting van de langstransportgradiënten met respektievelijk 10% en 20% voor een zeespiegelrijzing van 0,6 m/eeuw respektievelijk 0,85 m/eeuw. Tenslotte is voor het scenario Cv (d.i. inklusief verandering in wind-, getij-, en golfklimaat) bij alle sekties aangenomen dat door de verandering van het golf- en getijklimaat de langstransportgradiënten en de dwarstransportgradiënten 20% ongunstiger worden.

		rijzingssnelheid van de zeespiegel		
		0,2 m/eeuw	0,6 m/eeuw	0,85 m/eeuw & wind
celno.	celno. uniforme deel	kustlijnverpl. (m/jr)	extra verpl.* (m/jr)	extra verpl.* (m/jr)
1- 15	Zeeuws Vlaanderen	(-)	-1,1	-0,4
16- 47	Walcheren	33-41	-1,1	-0,4
48- 64	Schouwen	54- 59	1,5	-0,3
65- 81	Goeree	68- 76	-0,7	-0,3
82 -91	Voorne	(-)	-0,7	-0,3
109-125	HvH-Scheveningen	116-122	-0,1	-0,2
129-151	Sch-Noordwijk	132-151	0,3	-0,2
152-170	Noordwijk-IJmuiden	152-163	0,4	-0,2
172-190	IJmuiden-Egmond	181-190	0,2	-0,2
191-201	Egmond-Groet	191-200	-0,5	-0,2
207-216	Petten-Gr Keeten	210-216	-0,9	-0,2
217-226	Gr Keeten-Den Helder	217-226	-1,1	-0,3
233-260	Texel	242-257	-1,6	-0,5
261-280	Vlieland	266-270	-1,9	-0,6
281-310	Terschelling	291-298	-1,9	-0,6
311-334	Ameland	320-328	-2,2	-0,6
335-349	Schiermonnikoog	337-340	3,9	-1,1

* extra verplaatsing t.o.v. kustlijnverplaatsing scenario Av

TABEL 7 Voorspelling van de verwachte kustlijnverplaatsing van uniforme kustsekties volgens de scenario's Av, Bv en Cv

Naast bovengegeven voorspelling van de kustlijnligging is een voorspelling gemaakt voor de scenario's Ao, Bo en Co (ongunstig procesgedrag; waarbij ongunstig staat voor een systematisch andere trend dan geschat). Hierbij is voor alle sekties aangenomen dat de systematische onnauwkeurigheid in de transportschattingen leidt tot 20% ongunstiger langstransportgradiënten en dwarstransportgradiënten met een overschrijdingskans van 10%. Hiermee wordt dus een indruk verkregen van de nauwkeurigheid (i.c. van het 90% eenzijdig betrouwbaarheids-interval) die moet worden toegekend aan de kustlijnvoorspelling volgens het scenario gebaseerd op het verwachte procesgedrag. Een overzicht van de kustlijnverplaatsingen voor het ongunstig scenario staat in Tabel 8.

7.3 Gedetailleerde ontwikkeling

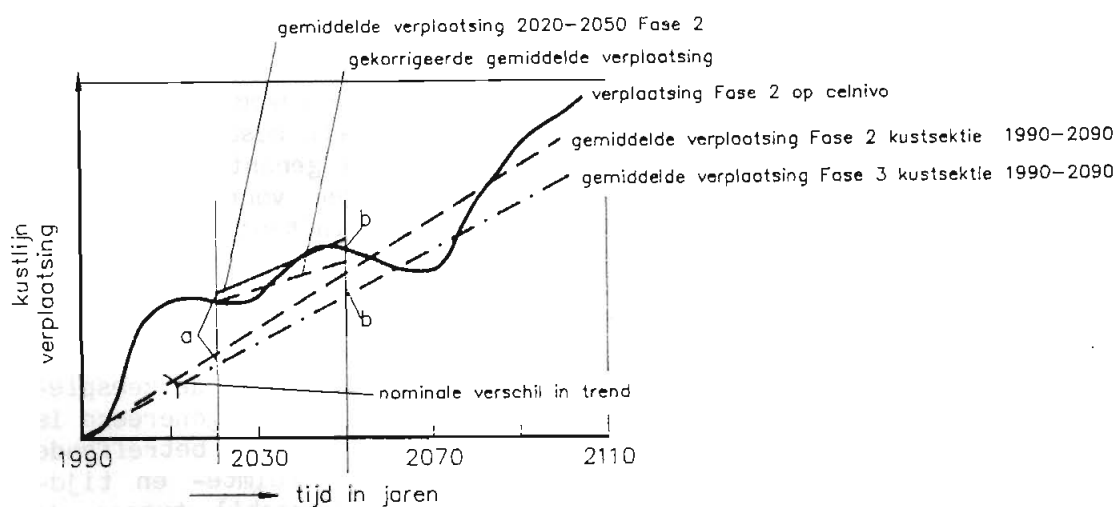
Op de bovenbeschreven schaal kon tot een integratie gekomen worden van de resultaten uit Fase 1,2 en 3. Hierbij is - zoals beschreven - tot een keuze gekomen welke voorspelling moest worden gehanteerd voor de basisvoorspelling (scenario Av). De voorspellingen voor de overige scenario's zijn uit consistentie-overwegingen uitsluitend gebaseerd op de Fase 3 resultaten. Echter, het ruimtelijke en temporeel oplossend vermogen van de grootschalige voorspellingen is onvoldoende voor de beleidsanalyse. Daarom is voor nadere detaillering van de voorspelling uitgegaan van de gedetailleerde, vooral fenomenologische voorspellingen van Fase 2, die alleen voor de huidige stijging van de zeespiegel zijn uitgevoerd. De wijze waarop de resultaten zijn gegenereerd is globaal als volgt geweest (zie ook Figuur 12). Voor de betreffende kustsekties wordt de over elke beschouwde periode ruimte- en tijd-gemiddelde trend gekorrigeerd met het nominale verschil tussen de ruimtegemiddelde trends over 1990-2090 van Fase 2 en 3. De uit Fase 2 voorspelde ruimtelijke en tijdsvariatiën blijven ten opzichte van de Fase 2 trend over 1990-2090 ongewijzigd. Voor aansluitingen met de naastgelegen niet-uniforme kustsekties is dezelfde nominale verschilwaarde gehanteerd.

			rijzingssnelheid van de zeespiegel		
			0,2 m/eeuw	0,6 m/eeuw	0,85 m/eeuw & wind
celno.		celno. uniforme deel	extra verpl.* (m/jr)	extra verpl.* (m/jr)	extra verpl.* (m/jr)
1- 15	Zeeuws Vlaanderen	(-)	-0,5	-0,9	-1,7
16- 47	Walcheren	33- 41	-0,5	-0,9	-1,7
48- 64	Schouwen	54 - 59	-0,3	-0,6	-1,0
65- 81	Goeree	68- 76	-0,3	-0,6	-1,2
82- 91	Voorne	(-)	-0,3	-0,6	-1,2
109-125	HvH-Scheveningen	116-122	-0,2	-0,4	-0,7
129-151	Sch-Noordwijk	132-151	-0,1	-0,3	-0,5
152-170	Noordwijk-IJmuiden	152-163	-0,1	-0,3	-0,6
172-190	IJmuiden-Egmond	181-190	-0,1	-0,3	-0,5
190-201	Egmond-Groet	191-200	-0,3	-0,5	-1,0
207-216	Petten-Gr Keeten	210-216	-0,4	-0,6	-1,3
217-226	Gr Keeten-Den Helder	217-226	-0,4	-0,7	-1,5
233-260	Texel	242-257	-0,6	-1,4	-2,4
261-280	Vlieland	266-270	-0,7	-1,3	-2,7
281-310	Terschelling	291-298	-0,7	-1,4	-2,8
311-334	Ameland	320-328	-0,7	-1,4	-2,9
335-349	Schiermonnikoog	337-340	-0,9	-1,9	-3,2

* extra verplaatsing t.o.v. kustlijnverplaatsing scenario Av

TABEL 8 Voorspelling van de gemiddelde kustlijnverplaatsing van uniforme kustsecties volgens de ongunstige scenario's Ao, Bo en Co.

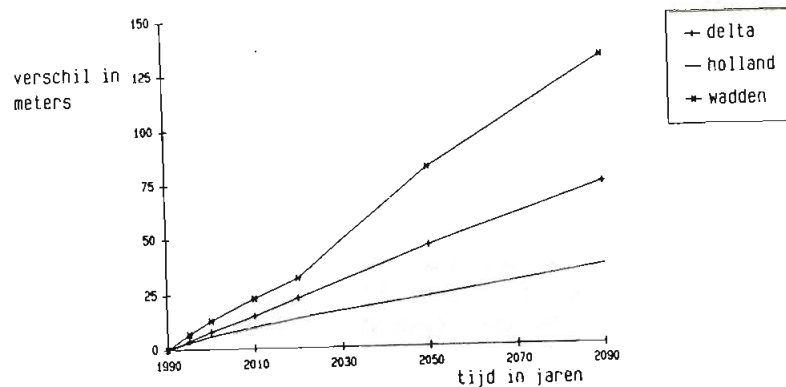
Een overzicht van de resulterende kustlijningligging op de verschillende voorspelmomenten per cel en voor de zes verschillende scenario's is gegeven in Appendix A...F. Een visualisering van de duinvoetverplaatsing van 1990 tot 2020 volgens scenario Av is gegeven in de Figuren A.1...15 in Appendix A.



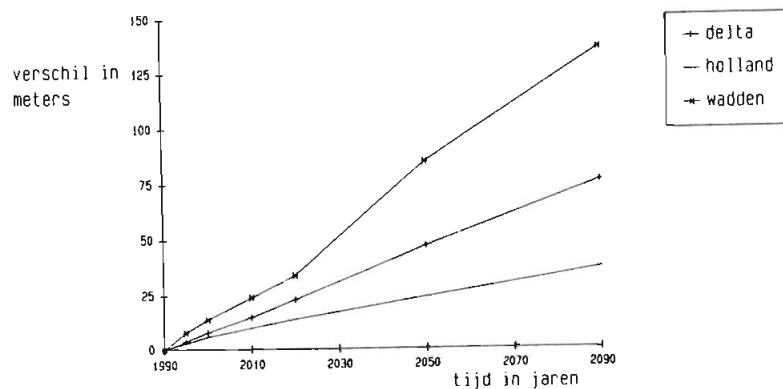
FIGUUR 12 Trendcorrectie van de kustlijnverplaatsing

Zoals vermeld geven de voorspellingen volgens de "ongunstige" scenario's een indruk van de nauwkeurigheid van de voorspellingen volgens de "verwachte" scenario's. Een visualisering van deze nauwkeurigheid is gegeven in Figuur 13. Hierin is gemiddeld over de drie regio's Delta, Hollandse kust en Waddenkust het verschil tussen de verwachte en de ongunstige voorspelling als functie van de tijd gegeven (alleen cellen met een duinenkust zijn beschouwd). De verschillen kunnen geïnterpreteerd worden als het 90% eenzijdig betrouwbaarheidsinterval van de verwachte voorspelling. Het blijkt dat de verschillen vrijwel lineair toenemen in de tijd, en dat de verschillen voor de Hollandse kust het geringst en voor de Waddenkust het grootst zijn. Dit is zoals verwacht, omdat de verschillen voornamelijk bepaald worden door de in Fase 3 gehanteerde methodiek om de ongunstige voorspellingen te genereren. Deze methodiek gaat namelijk uit van een in de tijd konstante, relatieve nauwkeurigheid van in de tijd konstante transportgradiënten.

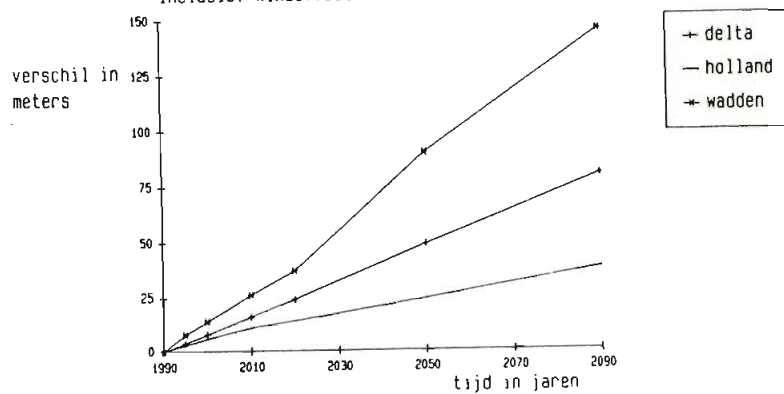
Gemiddeld verschil tussen gemiddelde en ongunstige voorspelling
zeespiegelstijging: 20 cm/eeuw



Gemiddeld verschil tussen gemiddelde en ongunstige voorspelling
zeespiegelstijging: 60 cm/eeuw



Gemiddeld verschil tussen gemiddelde en ongunstige voorspelling
zeespiegelstijging: 85 cm/eeuw
inclusief windeffect



Figuur 13

8. EVALUATIE EN KONKLUSIES

8.1 Inleiding

De kustontwikkeling, zoals die tot uiting komt in de bewegingen van de kustlijn en de eerste duinregel, kan beschouwd worden als een superpositie van de volgende principe-bewegingen:

- grootschalige kustlijnbewegingen (ruimtelijke schaal 10 tot 100 km, tijdschaal vele dekaden) als gevolg van structurele netto gradiënten in het dwarstransport en het langstransport bij de balans over de actieve zône. Hierbij is sprake van een belangrijk onderscheid in zich autonoom ontwikkelende kustvakken, die behoren tot de gesloten kust, en zich niet-autonoom ontwikkelende kustvakken, die behoren tot de onderbroken kust;
- middelschalige, cyclische kustlijnbewegingen (ruimtelijke schaal 1 tot 10 km, tijdschaal vele jaren) als gevolg van (quasi-)periodieke bewegingen in estuariummondingen of als gevolg van geometrisch bepaalde respons op hydraulische kondities;
- middelschalige, uitdempende bewegingen van kustlijn en onderwaterdelta's (ruimtelijke schaal 1 tot 10 km, tijdschaal vele jaren) als gevolg van menselijke ingrepen, als havens, zeeweringen, afsluitingen e.d.;
- kleinschalige, fluktuerende kustlijnbewegingen (ruimtelijke schaal variërend van 100 m tot enkele km's, tijdschaal stormen tot seizoenen) als gevolg van fluktuaties in de hydraulische kondities leidend tot bijv. duinafslag en als gevolg van fluktuaties in de kleinschalige bodemgeometrie (brandingsruggen, geulen) leidend tot lokale erosie of afslag; deze fluktuaties zijn ten opzichte van de grootschalige trend in de regel van tijdelijke aard.

In de onderhavige studie zijn alleen de grootschalige en de middelschalige kustlijnbewegingen beschouwd.

8.2 Evaluatie

Voor de verschillende onderscheiden typen van kustontwikkeling respectievelijk kustachteruitgang kan de huidige kennis als volgt gekarakteriseerd en geëvalueerd worden:

Grootschalige kustlijnbeweging:

Via de kennis gemobiliseerd middels het projekt Kustgenese is tot een grootschalig conceptueel model van het Nederlandse kustsysteem gekomen. De beschouwde morfologische eenheden waarover in dit model wordt geïntegreerd zijn bijvoorbeeld de actieve kustzône en de shoreface van uniforme kustsekties (orde 10 km lang), of de buitendelta en het kombergingsgebied van een zeegat. De sedimenttransportstromen tussen en de resulterende morfologische veranderingen van deze eenheden zijn gemodelleerd. De resultaten van dit model lijken niet in tegenspraak met de waarnemingen van het verre (1000-den jaren), het minder verre (100-den jaren) en het meer recente (10-tallen jaren) verleden. Echter, het model moet eerder beschouwd worden als een intern consistent raamwerk van fysische processen, dan als een op onderdelen geverifieerd fysisch procesmodel. Het model bevat verschillende procesonder-

delen waarvan in ieder geval de kwantificering onvoldoende is onderbouwd en gevalideerd, en waarvan in sommige gevallen zelfs wetenschappelijke twijfels bestaan ten aanzien van de kwalitatieve procesbeschrijving. Extrapolatie van de kustontwikkeling over de komende 100 jaar middels dit model kan als realistisch beoordeeld worden gezien de validatie en kalibratie van het model over een veel langere periode, maar de betrouwbaarheid van de resultaten neemt sterk af naarmate de voorspelperiode toeneemt. De voornaamste onderzoeksvragen - onderscheiden naar de onderbroken vs. gesloten kust - zijn als volgt te formuleren.

Voor de gesloten kust:

1. Wat is de morfodynamiek van de shoreface, vooral in relatie tot het proces van sedimentuitwisseling tussen de shoreface en de actieve zône?
2. Hoe groot is de vormvastheid van de actieve zone, en wat zijn de oorzaken en gevolgen van afwijking van dit gedrag?

En voor de onderbroken kust:

3. Wat is het integraal dynamisch gedrag van de deelsystemen binnen-delta/kombergingsgebied, buitendelta, aangrenzende kuststrook en aangrenzende zeebodem, vooral in relatie tot de mate van autonomie in hun ontwikkeling (volgend c.q. sturend)?
4. Welke zijn de sedimenttransportmechanismen in de gegeven (niet-stationaire) situatie tussen de deelsystemen?

Middelschalige, cyclische kustlijnbewegingen:

De kennis van de **oorzaken** van cyclische kustlijnbewegingen in ruimte en/of tijd is vooralsnog fenomenologisch/empirisch van aard: het is bekend dat er een (quasi-)periodiciteit te onderkennen is in geul- en plaatbewegingen in estuariummondingen, maar de voorspelling/modellerings van de onderliggende processen staat in de kinderschoenen. De schaal van de fysische processen valt binnen die welke in de Nederlandse school van hydro-/morfodynamici en fysisch geographen op een internationaal gewaardeerd nivo wordt bestudeerd. Maar de diepgang van de kennis en vooral de ervaring met het toepassen van de kennis moet als onvoldoende voor het doen van voorspellingen geklassificeerd worden. De door topografie c.q. kustgeometrie geïnduceerde cyclische bewegingen vallen naar vermoed wordt vooral in de klasse verschijnselen waarbij er sprake is van interactie met laagfrequente waterbeweging van perioden die typisch inliggen tussen die van de windgolven en de getijdegolven. In Nederland is de kennis van deze verschijnselen relatief beperkt, en internationaal gezien onder een kritisch nivo.

De **gevolgen** van deze (quasi-)periodieke bewegingen voor de kustlijn-bewegingen in de kustvakken grenzend aan estuariummondingen zijn tot nog toe met meer en minder succes aangepakt volgens de traditionele kustlijntechniek. Deze techniek is vooral gebaseerd op aandrijving van het langstransport door golven, maar verbeteringen van de techniek door via statistische methoden gebruik te maken van metingen zoals het Jarkus-bestand zijn reeds toegepast in het kader van TR 5 (Deelrapport 3.2). De sterke schematisering van de kustontwikkelingsprocessen die middels de kustlijntechniek worden beschreven biedt weinig ruimte voor een meer volledige benadering; de schaal waarop de processen zich afspelen ligt wel binnen het bereik van de huidige kennis om hierin verbetering aan te brengen. Echter, het maken van voorspellingen op

een tijdschaal van 100 jaar, die veel langer is dan de schaal waarop de verschijnselen van deze categorie zich afspelen (10 jaar) behoort niet tot de huidige mogelijkheden. Dit is vooral gelegen in het feit dat de hierbedoelde kustlijntonwikkelingen sterk afhankelijk zijn van de randvoorwaarden; deze volgen in de regel niet uit de traditionele kustlijntechniek.

Middelschalige, uitdempende bewegingen van kustlijn en onderwater-
delta's:

De kennis van de oorzaak van structurele, maar uitdempende kustlijn-bewegingen in de nabijheid van konstrukties zoals bijv. havendammen is relatief groot. Veelal kunnen de gevolgen worden bepaald door gebruik te maken van de traditionele kustwaterbouwkundige technieken voor langsdrijf-effekten. De kennis van de oorzaak van structurele, uitdempende bewegingen in onderwaterdelta's door afsluitingen van estuarium-mondingen is in beperkte mate aanwezig. De gevolgen voor de ontwikkeling zijn maar in relatief beperkte mate te voorspellen.

De schaal waarop de processen zich afspelen ligt binnen het bereik van de huidige kennis om hierin verbetering aan te brengen. Maar ook hier geldt - zij het in iets mindere mate - dat het maken van voorspellingen op een tijdschaal die veel langer is dan de tijdschaal behorend bij de verschijnselen in deze categorie (100 jaar versus 10 jaar) niet tot de huidige mogelijkheden behoort.

Kleinschalige, fluktuerende kustlijnbevingen:

Op de kleinste schaal is het de interactie tussen de lokale topografie en de lokale hydraulische condities die resulteert in korte termijn kustliggingsfluktuaties. De oorzaken van dit sterk lokale gedrag zijn wellicht tot op zekere hoogte bekend, maar de gevolgen kunnen in de regel niet deterministisch worden bepaald. De kleinschalige fluktuaties worden in de regel op min of meer probabilistische wijze geschat. Eén van de aspecten in dit verband betreft duinafslag. Hiervoor geldt dat met de in het kader van TAW ontwikkelde Leidraad een bovengrens aan de afslag bepaald kan worden, zodat de amplitude van de fluktuaties bekend verondersteld kan worden. Dit is vooral mogelijk geworden doordat veel onderzoek is gedaan naar de gevolgen van extreme hydraulische condities bij duinaanval. Naar de huidige inzichten kan deze benadering ook goed worden toegepast bij een voorspelling over vele dekaden.

Resulterende kustlijnbeving:

De resulterende kustlijnbeving kan beschouwd worden als een superpositie van de bewegingen op de bovengenoemde schalen. In dit verband moeten echter twee opmerkingen gemaakt worden. In de eerste plaats betreft dat de in de kustwaterbouwkundige wereld levende veronderstelling dat het haalbaar is om op de grote en de middenschaal deterministische voorspellingen te doen enkele dekaden vooruit. In de tweede plaats betreft dit de tot nog toe gehanteerde veronderstelling dat processen op de kleinere schalen verwaarloosbare interactie hebben met, dan wel geen initiators zijn van processen op de grotere schalen. Beide punten staan fundamenteel ter discussie.

8.3 Konklusies

De gepresenteerde kustvoorspellingsmethode is voornamelijk gebaseerd op de beschikbare, recente kennis van onderliggende fysische processen van kustsystemen in het algemeen en dat van het Nederlandse kustsyteem in het bijzonder. Een belangrijk draagvlak is hierbij geleverd door het multidisciplinaire projekt Kustgenese. De Diskussienota Kustverdediging vormde een goede aanleiding om de inmiddels vergaarde inzichten om te zetten in een integrale visie op de ontwikkelingen van het Nederlandse kustsyteem. Dit heeft geleid tot konkrete en praktische concepten, die gebruikt konden worden om een voorspelling te genereren van de kustlijnontwikkeling voor verschillende scenario's van exogene hydro-meteo kondities. De resultaten van de voorspelling zijn vermeld in Tabellen 7 en 8 en - in meer detail - in de Appendices A...F.

Uit een evaluatie van de kennis blijkt dat de voorspellingen op de meest gedetailleerde (de "reken"-)schaal die verlangd wordt voor de beleidsanalyse, niet met voldoende nauwkeurigheid konden worden uitgevoerd. Op de kortere termijn en op grotere tijd - en ruimteschaal (> 10 jaar en > 10 km) lijkt dit wel haalbaar, met name als uitgegaan wordt van het hydro- en meteoscenario gelijk aan de huidige kondities. Om de effecten van de onnauwkeurigheid van de gedetailleerde voorspelling op de beleidsanalytische resultaten te kunnen afschatten, zijn voorspellingen gedaan volgens een "ongunstig" scenario, waaruit een betrouwbaarheidsinterval kan worden geschat.

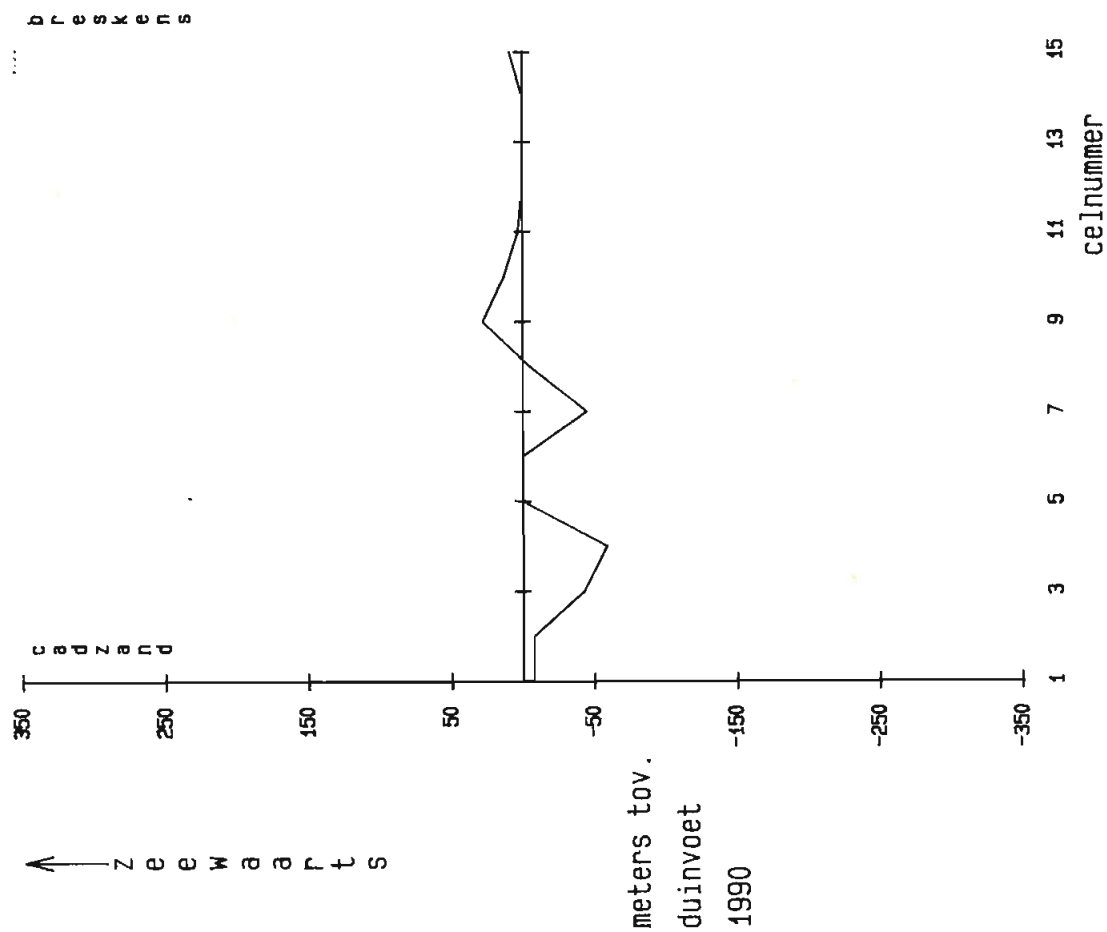
Naast de voorspelresulaten heeft deze exercitie geleid tot een oriëntatie op de vraag wat de feitelijke lakunes zijn in de huidige kennis over kustontwikkeling. De resultaten van deze studie kunnen derhalve gebruikt worden als richtinggevend voor het vervolg van het projekt Kustgenese.

APPENDIX A

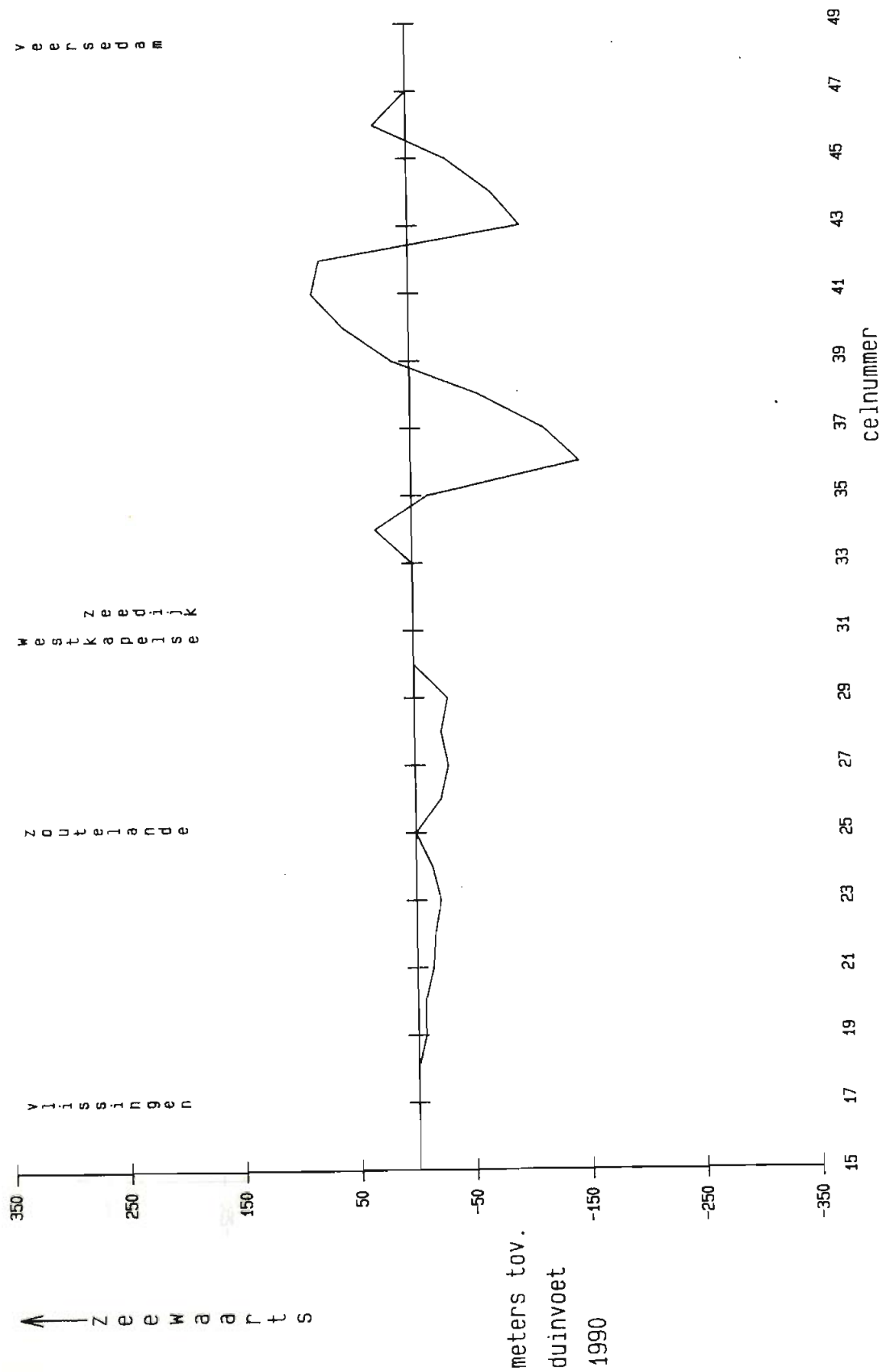
Positie kustlijn per cel (kolom 1) voor 7 voorspelmomenten
(kolommen 2 t/m 8) volgens de verwachte voorspelling en een
zeespiegelstijging van 20 cm/eeuw.

cel	1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090	1	59	-28	-15	-10	-9	-12	38	61	1	118	-60	-61	-62	-63	-65	-68	-74	1
1	-93	-97	-101	-104	-101	-85	-162	1	60	-72	-67	-57	-34	-27	-5	16	1	119	-55	-56	-57	-58	-60	-65	-73	1
2	-42	-50	-50	-50	-50	-50	-50	0	61	-90	-92	-94	-95	-88	-85	-75	1	120	-42	-42	-42	-42	-41	-56	-39	1
3	-93	-105	-115	-131	-136	-121	-125	1	62	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	1	121	-61	-60	-60	-59	-59	-56	-54	1
4	-138	-148	-161	-184	-197	-190	-181	1	63	-32	-32	-32	-32	-32	-32	-32	1	122	-93	-93	-94	-95	-96	-98	-102	1
5	-93	-93	-93	-93	-93	-93	-93	0	64	-56	-56	-56	-56	-56	-56	-56	1	123	-119	-118	-116	-113	-110	-99	-87	1
6	-206	-206	-206	-206	-206	-206	-206	0	65	-350	-365	-380	-410	-435	-480	-520	1	124	-73	-69	-64	-55	-46	-18	17	1
7	-155	-154	-158	-177	-200	-245	-198	1	66	-430	-475	-515	-550	-590	-660	-700	1	125	-77	-74	-71	-66	-60	-43	-21	1
8	-106	-105	-107	-111	-111	-111	-111	0	67	-350	-395	-440	-515	-570	-675	-730	1	126	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	0
9	-199	-193	-186	-175	-171	-200	-202	0	68	-210	-230	-250	-285	-330	-420	-530	1	127	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	0
10	-162	-162	-162	-158	-149	-156	-162	0	69	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	1	128	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	0
11	-72	-72	-71	-70	-69	-71	-72	0	70	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120	1	129	-92	-97	-104	-114	-126	-159	-205	1
12	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	0	71	-125	-125	-125	-125	-125	-125	-125	0	130	-88	-93	-98	-106	-116	-143	-180	1
13	-114	-114	-114	-114	-114	-114	-114	0	72	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	0	131	-33	-35	-38	-42	-47	-61	-80	1
14	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	0	73	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	132	30	31	30	31	31	32	33	1
15	-114	-111	-108	-105	-105	-111	-120	0	74	-25	-35	-40	-40	-40	-40	-40	1	133	35	37	38	41	44	52	63	1
16	-165	-165	-165	-165	-165	-165	-165	0	75	145	148	150	150	150	150	150	1	134	46	49	50	55	59	72	89	1
17	-223	-223	-223	-223	-223	-223	-223	0	76	370	380	390	410	430	490	570	1	135	70	73	74	79	83	96	113	1
18	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-44	0	77	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	1	136	62	64	66	72	76	91	110	1
19	-20	-21	-22	-25	-27	-28	-29	1	78	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	1	137	53	55	56	60	63	74	87	1
20	-22	-23	-25	-27	-29	-32	-40	1	79	50	50	50	50	50	50	50	1	138	28	29	30	33	34	41	50	1
21	-20	-21	-24	-28	-34	-44	-40	1	80	50	50	50	50	50	50	50	1	139	24	25	25	26	27	29	33	1
22	-91	-92	-94	-99	-107	-132	-138	1	81	0	0	0	0	0	0	0	0	140	28	29	29	31	32	36	41	1
23	-130	-133	-137	-144	-151	-173	-196	1	82	0	0	0	0	0	0	0	0	141	49	50	50	52	53	58	63	0
24	-128	-129	-130	-134	-142	-189	-214	1	83	-45	-45	-45	-45	-45	-45	-45	1	142	96	99	101	107	112	128	148	1
25	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	0	84	-78	-81	-83	-84	-85	-88	-93	1	143	74	76	78	83	87	101	118	1
26	-42	-39	-43	-53	-64	-92	-112	1	85	-98	-103	-108	-115	-121	-139	-163	1	144	68	70	71	76	79	90	105	1
27	-58	-62	-66	-77	-87	-125	-167	1	86	-139	-159	-179	-244	-299	-319	-319	1	145	46	48	49	52	54	62	73	1
28	-79	-78	-82	-92	-102	-131	-166	1	87	-337	-377	-417	-482	-537	-627	-657	1	146	25	27	28	31	34	42	53	1
29	-65	-70	-75	-83	-94	-122	-156	1	88	-169	-174	-179	-189	-199	-229	-269	1	147	27	29	29	32	35	42	52	1
30	8	8	8	8	8	8	8	0	89	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	1	148	30	31	32	34	36	42	50	1
31	5	5	5	5	5	5	5	0	90	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	1	149	47	48	48	51	52	57	64	1
32	6	6	6	6	6	6	6	0	91	18	18	18	18	18	18	18	1	150	37	39	39	42	43	49	57	1
33	-74	-74	-74	-74	-74	-74	-74	0	92	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	151	38	39	41	43	46	54	66	1
34	-78	-76	-74	-62	-46	-5	-108	1	93	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	152	38	42	45	49	53	66	84	1
35	-58	-69	-75	-79	-72	-35	-54	1	94	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	153	46	49	52	58	64	81	105	1
36	-14	-43	-72	-124	-160	-163	-122	1	95	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	154	62	65	68	74	80	97	121	1
37	-63	-70	-85	-124	-178	-258	-254	1	96	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	155	45	48	51	57	63	80	104	1
38	-55	-61	-68	-87	-115	-228	-299	1	97	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	156	49	50	51	53	55	60	68	1
39	-68	-62	-56	-50	-53	-140	-289	1	98	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	157	45	46	47	49	51	56	64	1
40	-4	10	22	41	53	28	-149	1	99	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	158	25	26	27	29	31	36	44	1
41	-19	2	18	47	65	78	-130	1	100	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	159	39	40	41	43	45	50	58	1
42	-91	-81	-69	-45	-14	48	-51	1	101	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	160	52	53	54	56	58	68	81	1
43	-11	-35	-59	-91	-108	-67	168	1	102	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	161	69	71	74	79	85	95	108	1
44	-16	-27	-41	-65	-88	-126	-85	1	103	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	162	66	67	73	75	77	87	100	1
45	-48	-51	-55	-66	-81	-108	-75	1	104	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	163	67	73	74	76	78	88	106	1
46	-39	-23	-11	-3	-10	-30	95	1	105	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	164	55	41	42	44	46	56	74	1
47	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	0	106	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	165	28	24	20	22	24	34	52	1
48	-70	-71	-75	-85	-97	-107	-132	1	107	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	166	19	25	31	38	45	55	73	1
49	-70	-80	-91	-105	-126	-196	-273	1	108	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	167	-12	4	15	32	34	44	62	1
50	-82	-99	-115	-143	-160	-220	-295	1	109	757	744	731	719	707	693	673	1	168	145	166	187	204	216	231	249	1
51	-130	-125	-122	-141	-190	-187	-285	1	110	421	422	423	425	427	434	442	1	169	286	337	378	410	432	447	465	1
52	-88	-116	-131	-131	-121	-241	-342	1	111	171	182	191	210	228	285	360	1	170	286	337	378	410	432	447	465	1
53	-54	-88	-124	-173	-200	-250	-320	1	112	72	78	83	93	103	135	177	1	171	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1
54	-95	-88	-84	-92	-139	-192	-287	1	113	-20	-19	-18	-16	-14	-7	-1	1	172	645	648	650	655	660	675	695	0
55	-112	-127	-128	-85	-21	-112	-88	1	114	-18	-16	-14	-10	-6	7	22	1	173	250	253	255	260	265	280	300	0
56	6	7	-1	-4	240	398	1	1	115	-15	-14	-12	-8	-4	9	24	1	174	80	83	85	90	95	110	130	1
57	-63	-12	48	119	130	331	509	1	116	-30	-30	-31	-33	-35	-39	-47	0	175	5	8	10	15	20	35	55	1
58	-53	-55	-58	-59	-44	51	148	1	117	-53	-53	-54	-54	-55	-56	-59	1	176	-52	-51	-51	-50	-49	-46	-42	1

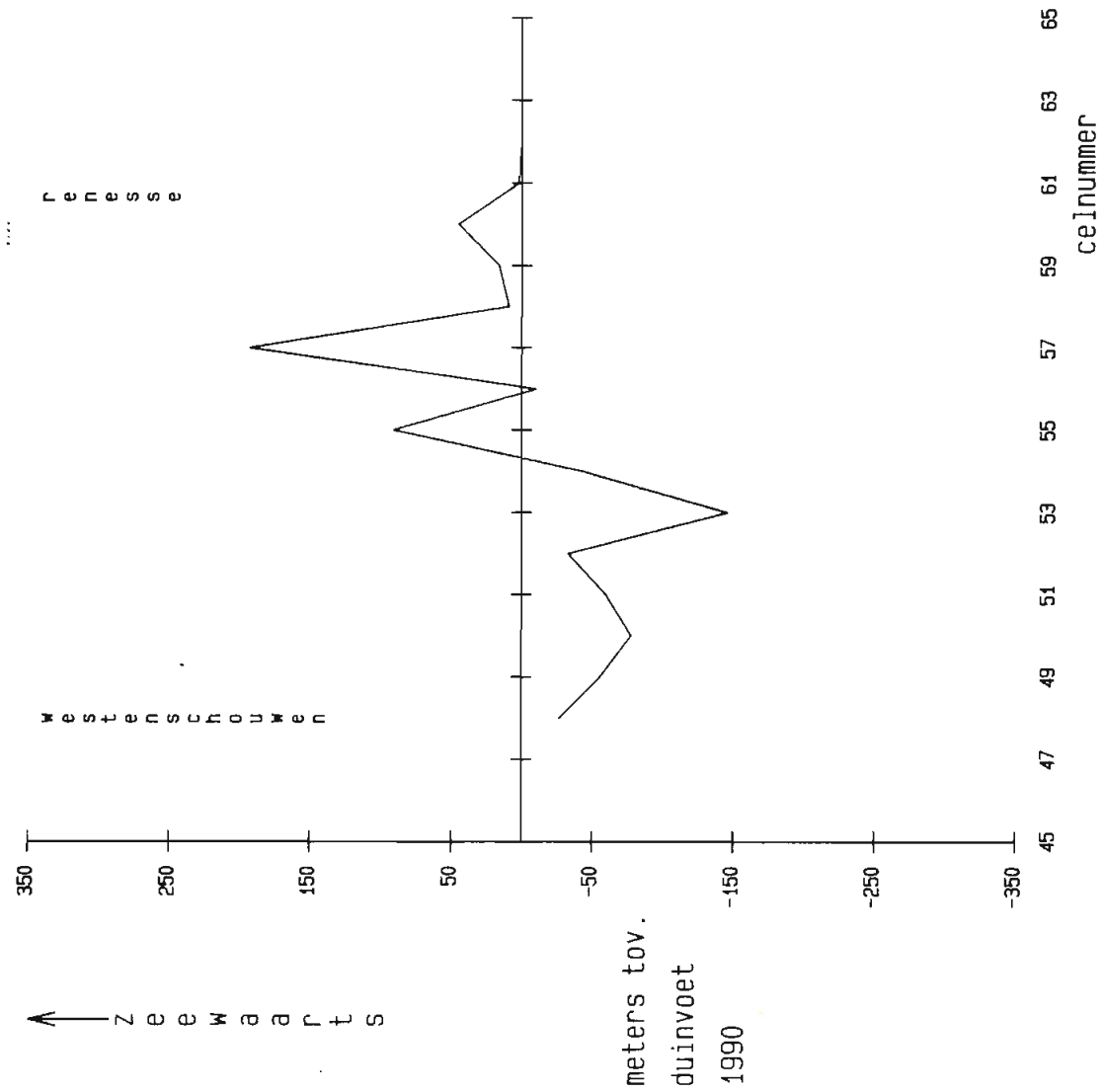
[illegible]



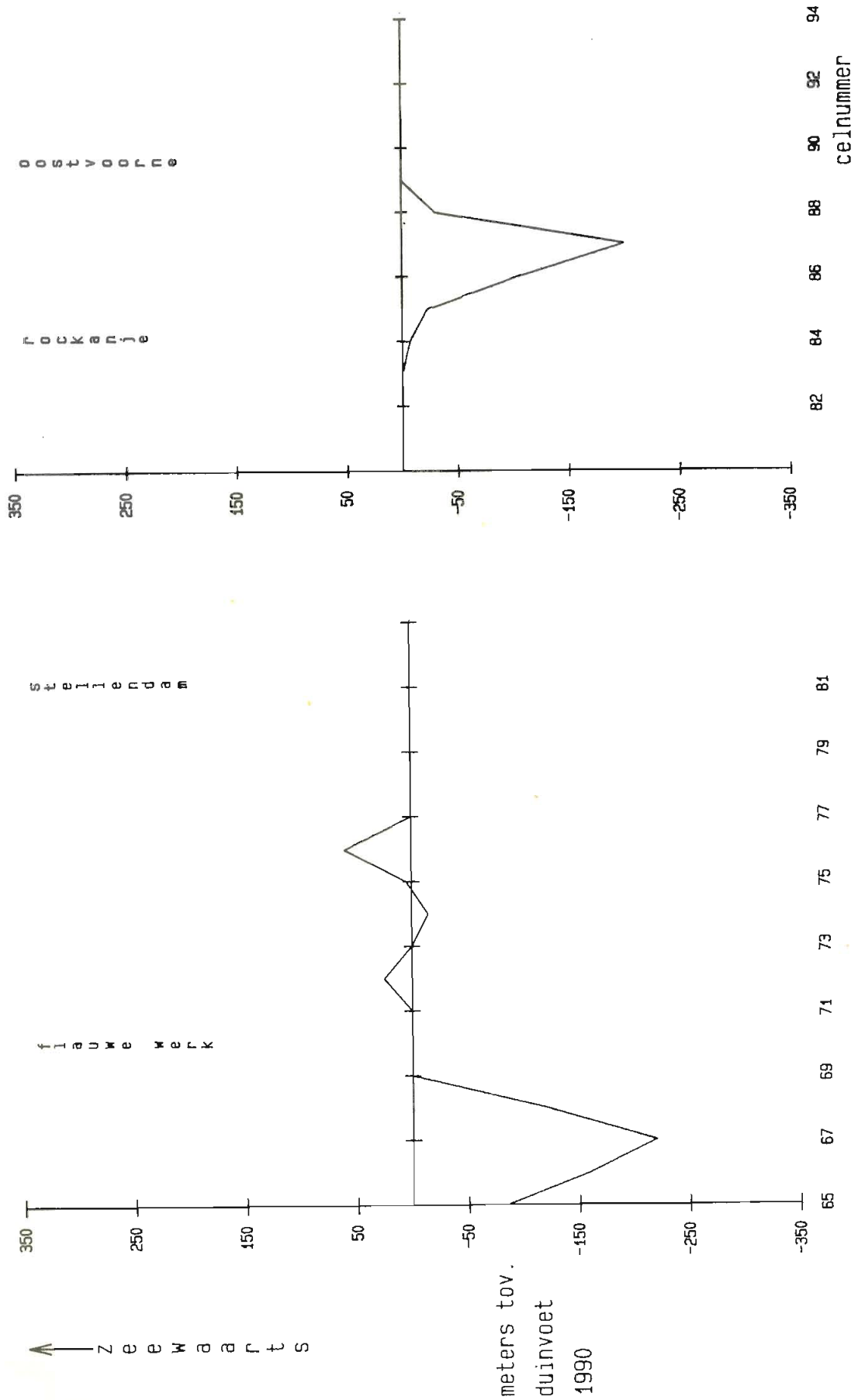
figuur A.1 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Zeeuws Vlaanderen.



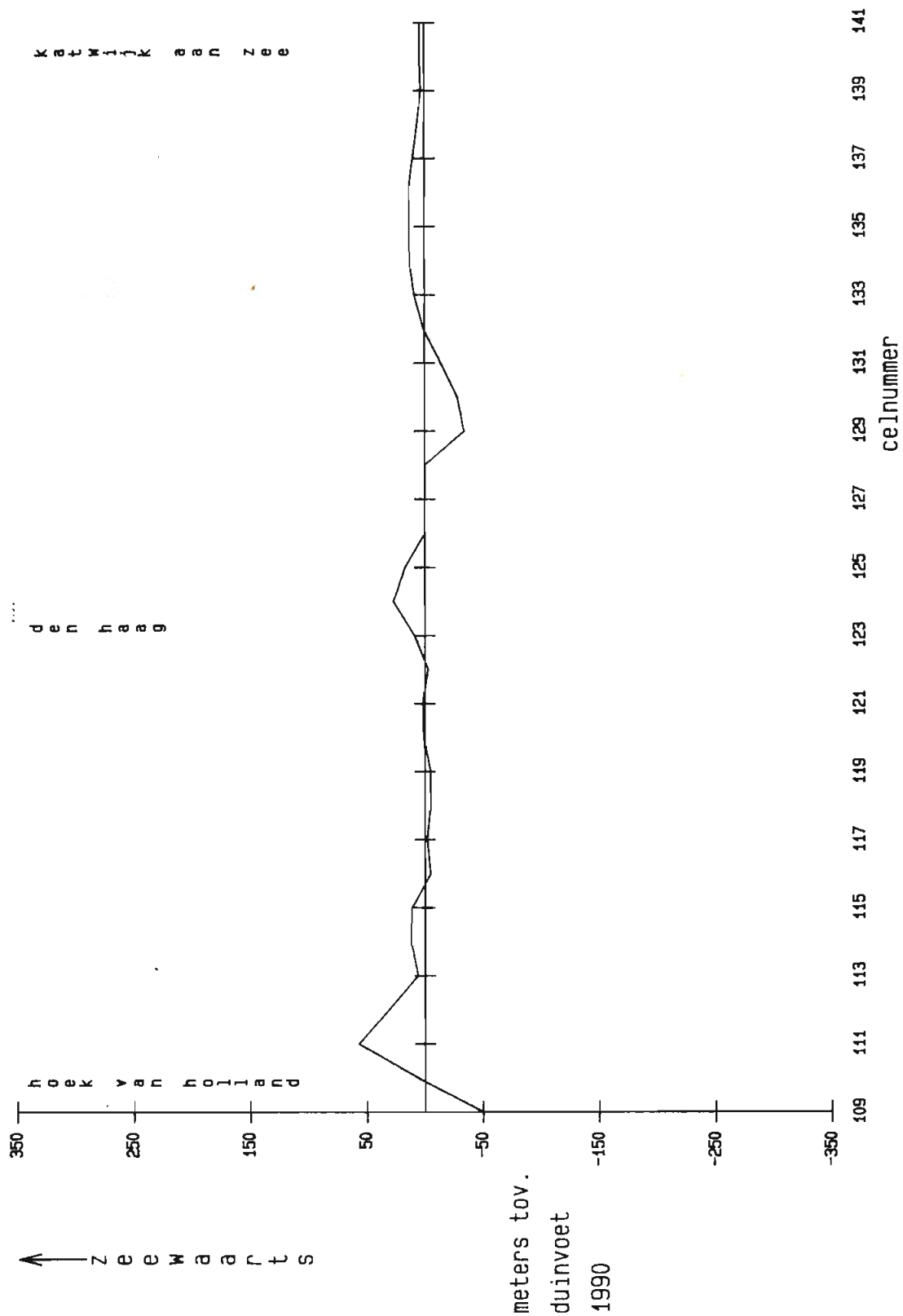
figuur A.2 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Walcheren.



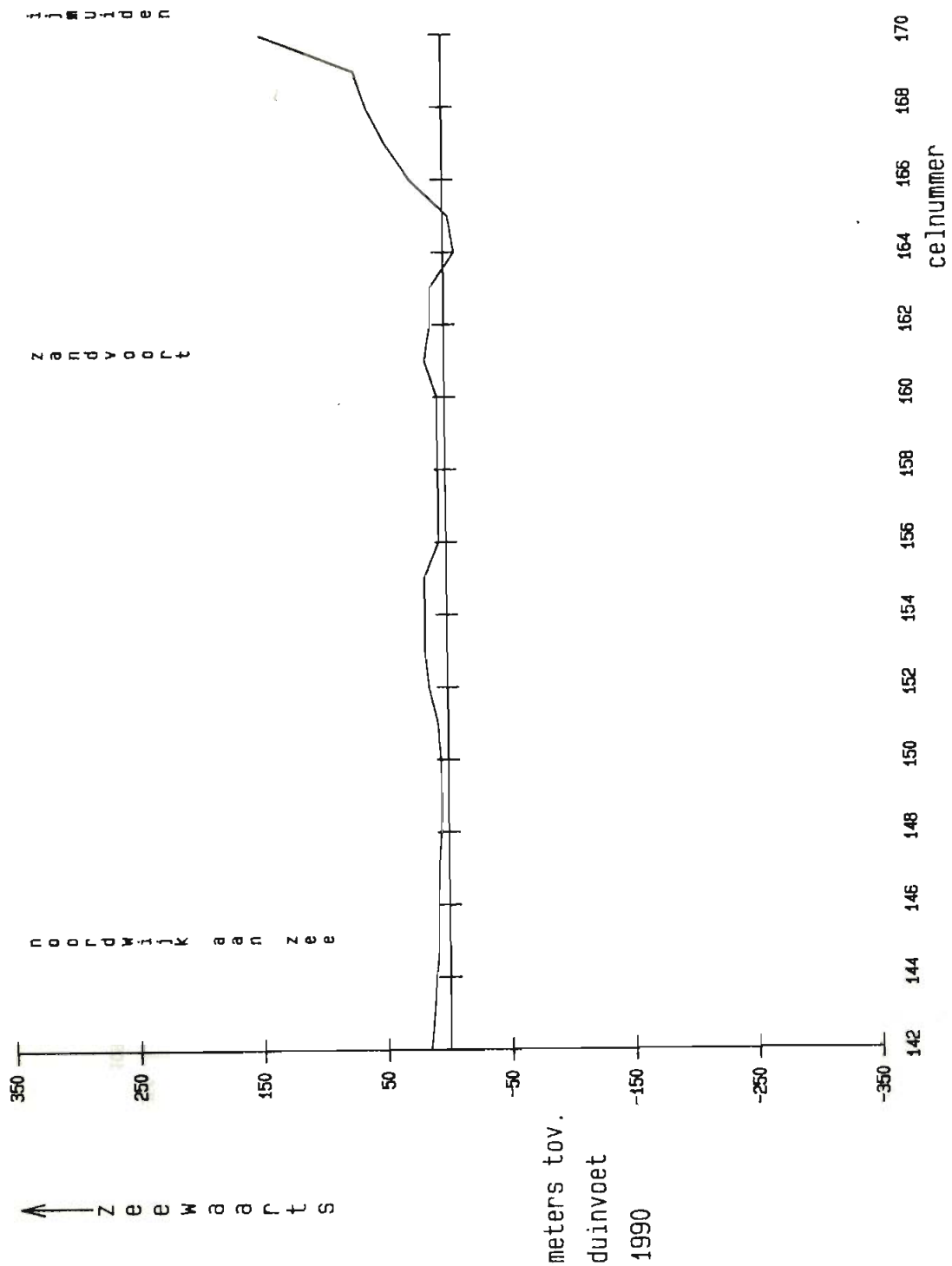
figuur A.3 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Schouwen.



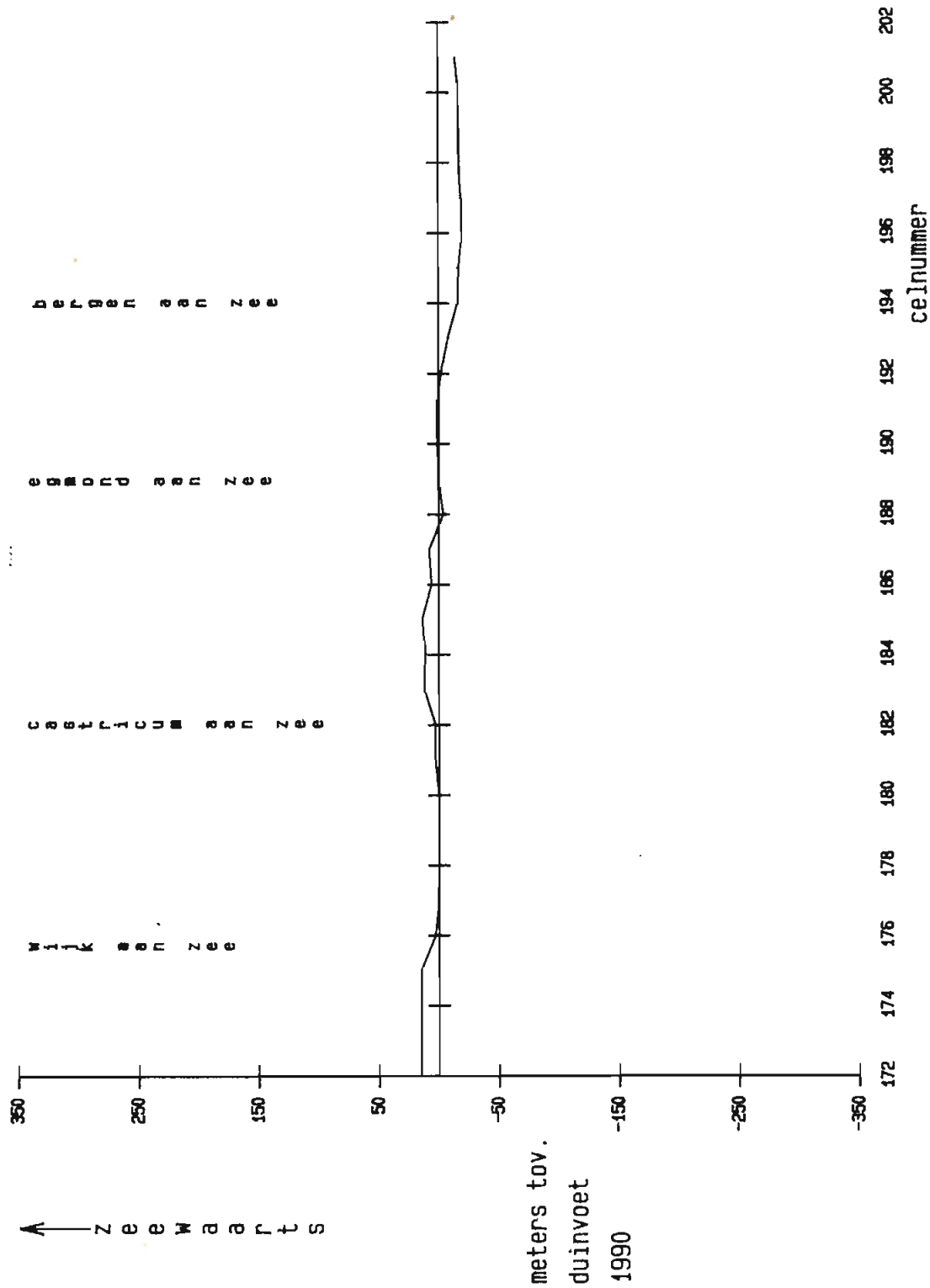
figuur A.4 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Goeree en Voorne.



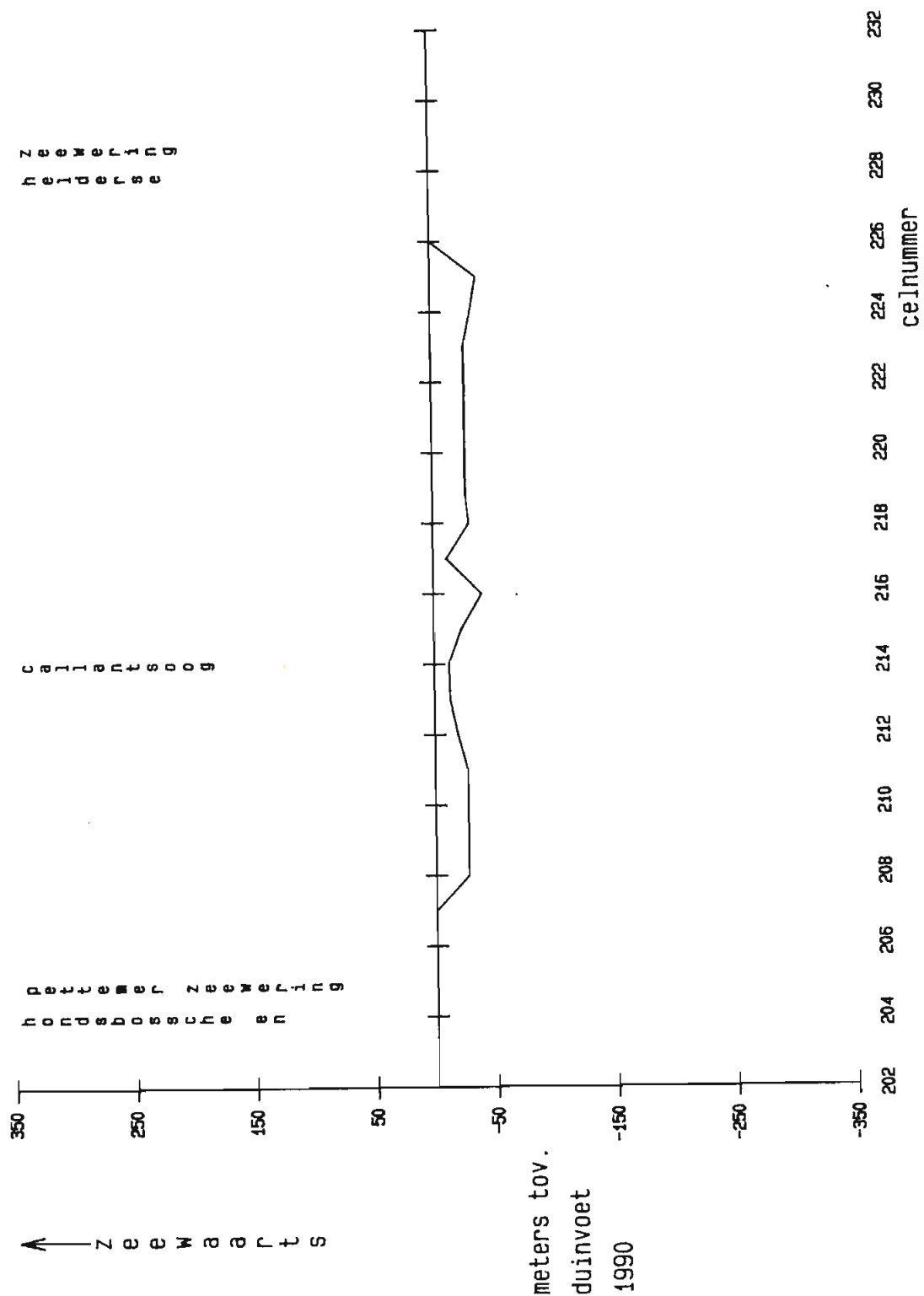
figuur A.5 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Delfland.



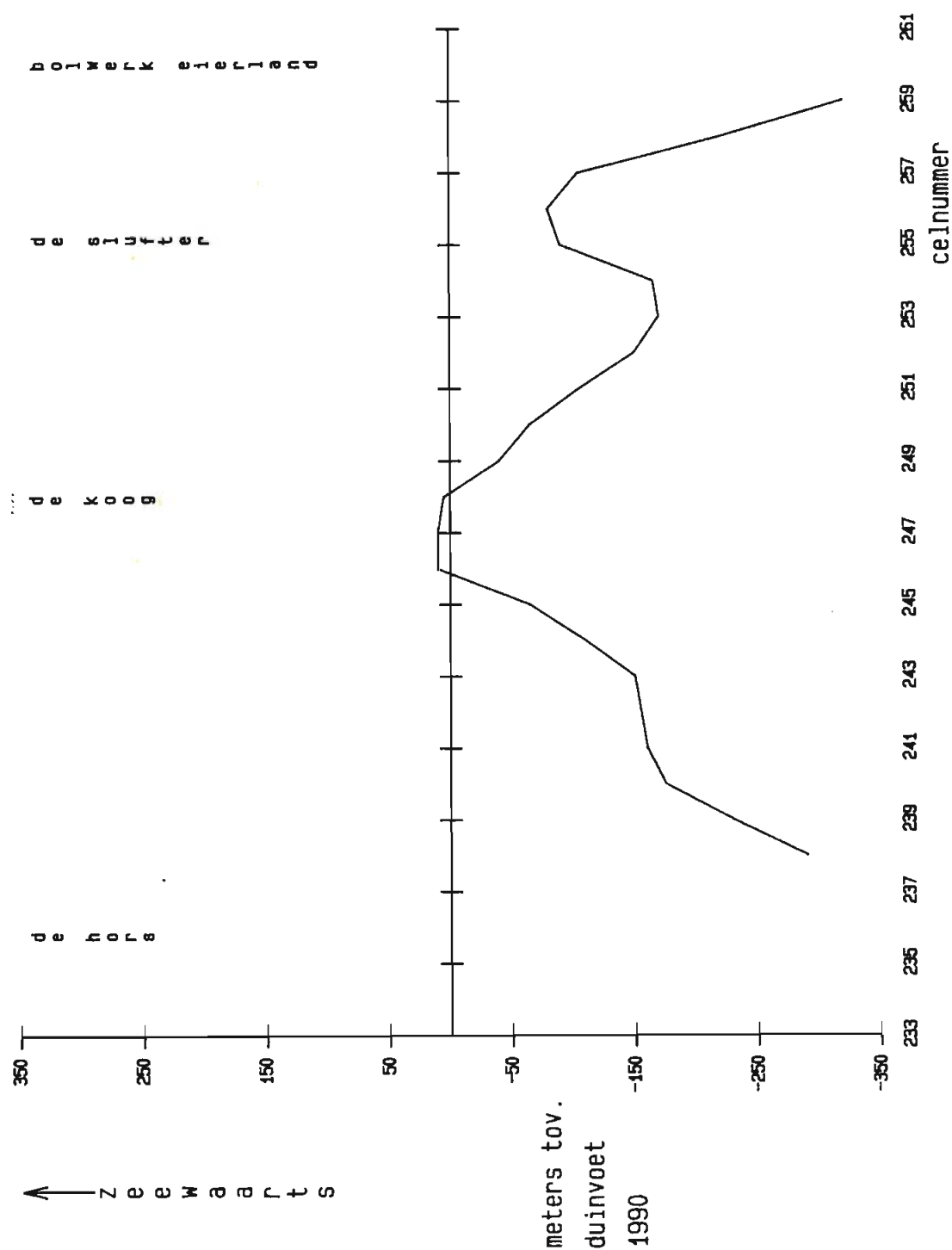
figuur A.6 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Rijnland.



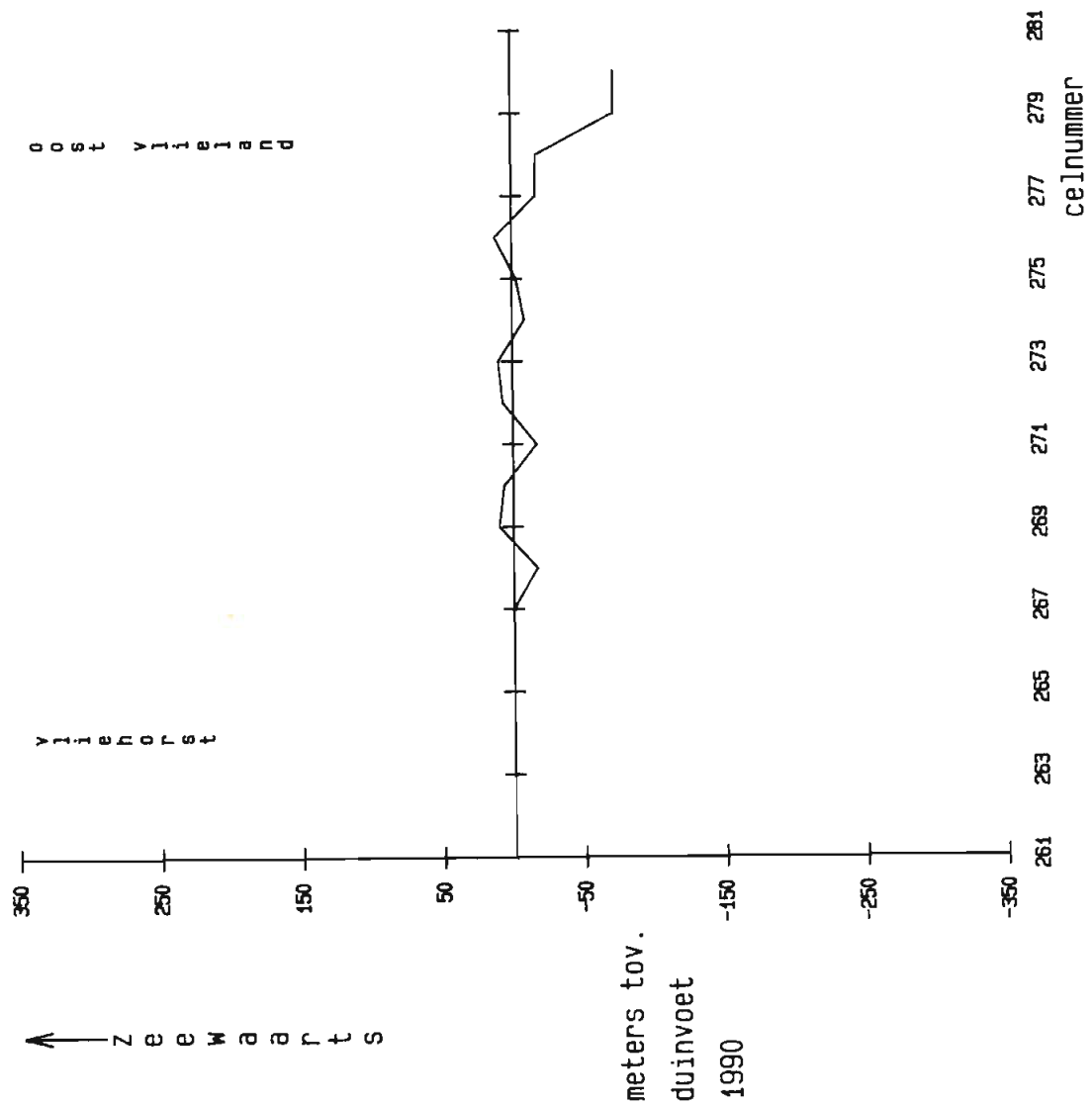
figuur A.7 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Noord-Holland (zuid).



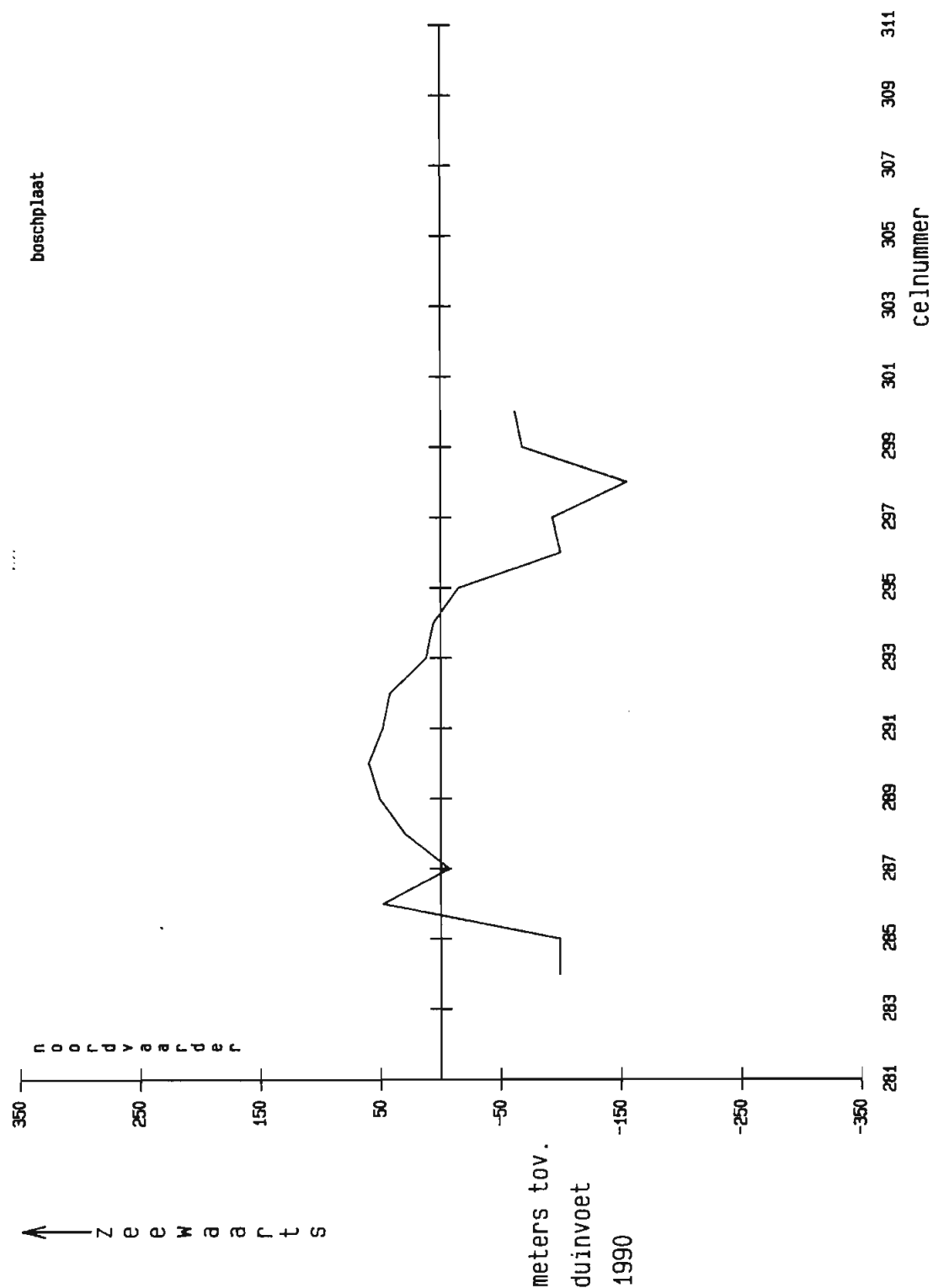
figuur A.8 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Noord-Holland (noord).



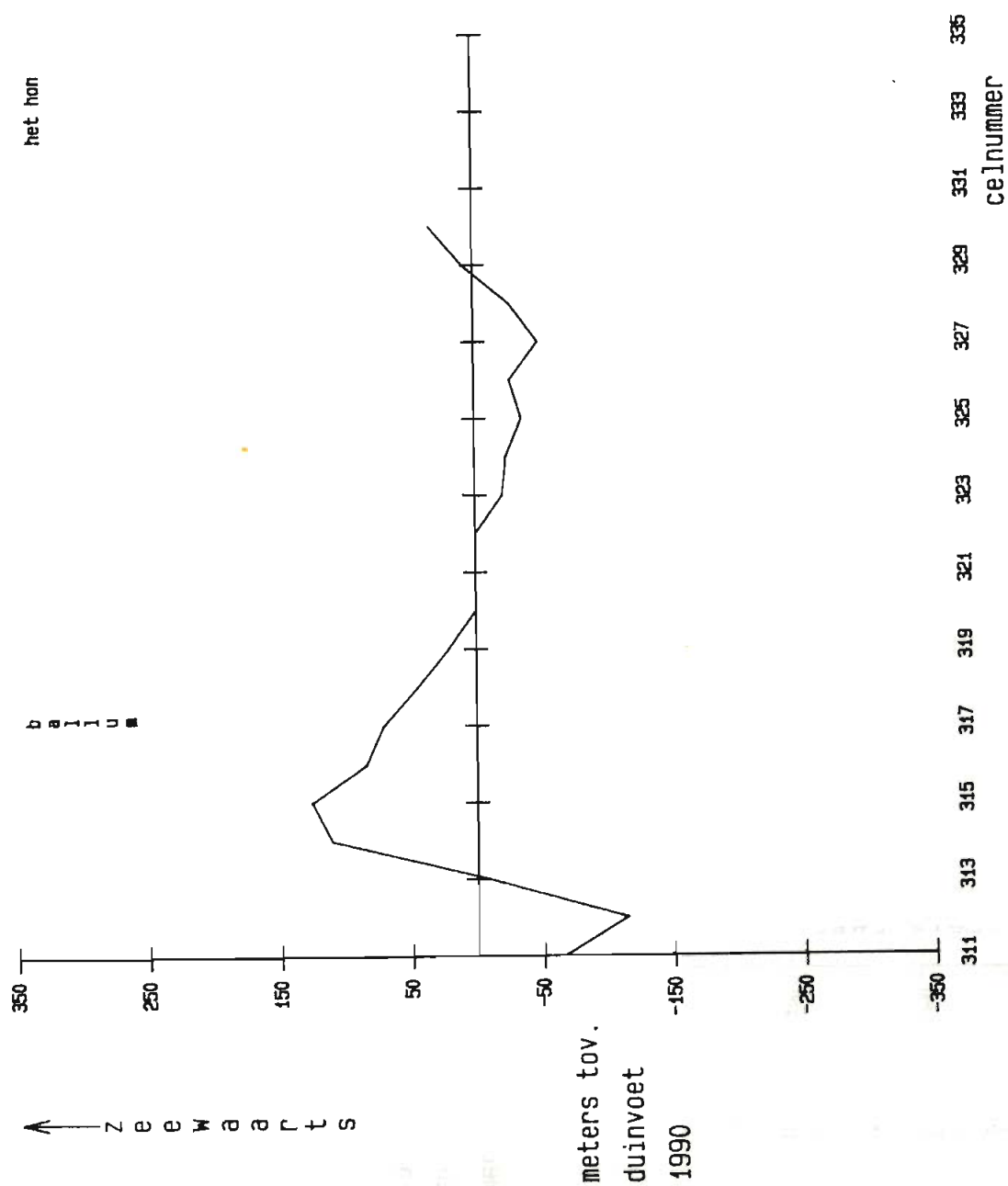
figuur A.9 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Texel.



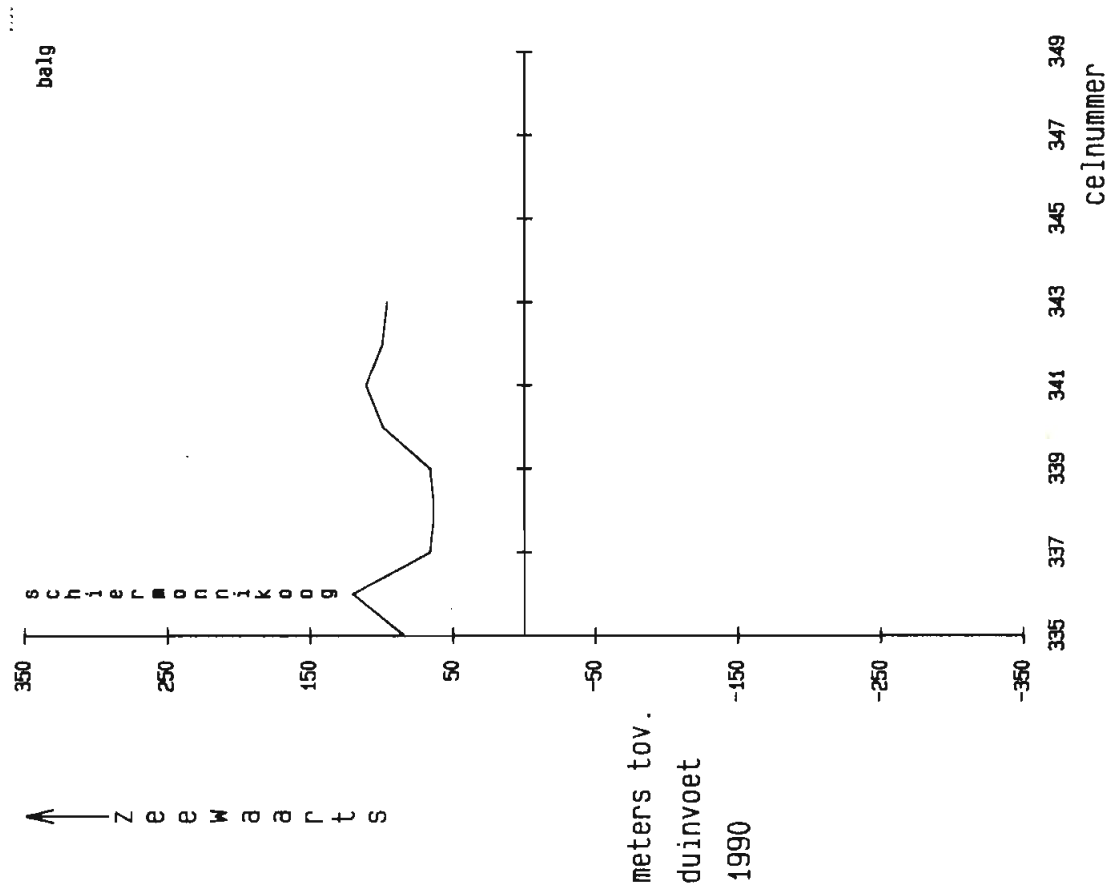
figuur A.10 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Vlieland.



figuur A.11 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Terschelling.



figuur A.12 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Ameland.



figuur A.13 Voorspelde verplaatsing van de duinvoet in 2020 ten opzichte van 1990 volgens scenario Av; Schiermonnikoog.

APPENDIX B

Positie kustlijn per cel (kolom 1) voor 7 voorspelmomenten
(kolommen 2 t/m 8) volgens de verwachte voorspelling en een
zeespiegelstijging van 60 cm/eeuw.

cel	1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090	59	-28	-16	-13	-15	-20	21	33	1	118	-60	-62	-64	-66	-70	-78	-90	1	
1	-93	-99	-105	-111	-112	-106	-197	1	60	-72	-68	-60	-40	-35	-22	-12	1	119	-55	-57	-59	-61	-65	-75	-89	1
2	-42	-50	-50	-50	-50	-50	-50	61	-90	-93	-97	-101	-96	-102	-103	1	120	-42	-43	-44	-45	-46	-50	-55	1	
3	-93	-107	-119	-138	-147	-142	-160	1	62	-11	-12	-14	-17	-19	-28	-39	1	121	-61	-61	-62	-64	-66	-70	1	
4	-138	-150	-165	-191	-208	-211	-216	1	63	-32	-33	-35	-38	-40	-49	-60	1	122	-93	-94	-96	-98	-101	-108	-118	1
5	-93	-93	-93	-93	-93	-93	-93	63	-32	-33	-35	-38	-40	-49	-60	1	123	-119	-119	-118	-116	-115	-109	-103	1	
6	-206	-206	-206	-206	-206	-206	-206	64	-56	-57	-59	-62	-64	-73	-84	1	123	-119	-119	-118	-116	-115	-109	-103	1	
7	-155	-156	-162	-184	-211	-266	-233	1	65	-350	-366	-383	-416	-443	-497	-548	1	124	-73	-70	-66	-58	-51	-28	1	
8	-106	-107	-111	-111	-111	-111	-111	0	67	-350	-396	-443	-521	-578	-692	-758	1	125	-77	-75	-73	-69	-65	-53	1	
9	-199	-195	-190	-182	-182	-202	-202	0	68	-210	-231	-253	-291	-338	-437	-558	1	126	-80	-80	-80	-80	-80	-80	0	
10	-162	-162	-162	-162	-160	-162	-162	0	69	-50	-51	-53	-56	-58	-67	-78	1	127	-50	-50	-50	-50	-50	-50	0	
11	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72	0	70	-120	-121	-123	-126	-128	-137	-148	1	128	-70	-70	-70	-70	-70	-70	0	
12	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	0	71	-125	-125	-125	-125	-125	-125	-125	0	129	-92	-98	-106	-119	-133	-172	1	
13	-114	-114	-114	-114	-114	-114	-114	0	72	-30	-30	-30	-26	-13	13	22	0	130	-88	-94	-100	-111	-123	-156	1	
14	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	0	73	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	131	-33	-36	-40	-47	-54	-74	1	
15	-114	-113	-112	-112	-116	-120	-120	0	74	-25	-36	-43	-46	-48	-57	-68	1	132	30	30	28	26	24	19	1	
16	-165	-165	-165	-165	-165	-165	-165	0	75	145	147	147	144	142	133	122	1	133	35	36	36	37	39	41	1	
17	-223	-223	-223	-223	-223	-223	-223	0	76	370	379	387	404	422	473	542	1	134	46	48	48	50	52	59	67	1
18	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-44	0	77	-10	-11	-13	-16	-18	-27	-38	1	135	70	72	72	74	76	83	91	1
19	-20	-23	-26	-32	-38	-49	-64	1	78	-25	-26	-28	-31	-33	-42	-53	1	136	62	63	64	67	69	78	88	1
20	-22	-25	-29	-34	-40	-53	-75	1	79	50	49	47	44	42	33	22	1	137	53	54	54	55	56	61	65	1
21	-20	-23	-28	-35	-45	-65	-75	1	80	50	49	47	44	42	33	22	1	138	28	28	28	27	27	28	28	1
22	-91	-94	-98	-106	-118	-153	-173	1	81	0	0	0	0	0	0	0	0	139	24	24	23	21	20	16	11	1
23	-130	-135	-141	-151	-162	-194	-231	1	82	0	-1	-3	-6	-8	-17	-28	1	140	28	28	27	26	25	23	19	1
24	-128	-131	-134	-141	-153	-210	-249	1	83	-45	-46	-48	-51	-53	-62	-73	1	141	49	49	48	47	46	45	41	0
25	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	0	84	-78	-82	-86	-90	-93	-105	-121	1	142	96	98	99	102	105	115	126	1
26	-42	-41	-47	-60	-75	-113	-147	1	85	-98	-104	-111	-121	-129	-156	-191	1	143	74	75	76	78	80	88	96	1
27	-58	-64	-70	-84	-98	-146	-202	1	86	-139	-160	-182	-215	-252	-316	-347	1	144	68	69	69	71	72	77	83	1
28	-79	-80	-86	-99	-113	-152	-201	1	87	-337	-378	-420	-488	-545	-644	-685	1	145	46	47	47	47	47	49	51	1
29	-65	-72	-79	-90	-105	-143	-191	1	88	-169	-175	-182	-195	-207	-246	-297	1	146	25	26	26	26	27	29	31	1
30	8	8	8	8	8	8	8	0	89	-68	-69	-71	-74	-76	-85	-96	1	147	27	28	27	27	28	29	30	1
31	5	5	5	5	5	5	5	0	90	-40	-41	-43	-46	-48	-57	-68	1	148	30	30	30	29	29	29	28	1
32	6	6	6	6	6	6	6	0	91	18	17	15	12	10	1	-10	1	149	47	47	46	46	45	44	42	1
33	-74	-74	-74	-74	-74	-74	-74	0	92	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	150	37	38	37	37	36	36	35	1
34	-78	-78	-78	-69	-57	-26	-143	1	93	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	151	38	38	38	39	39	41	43	1
35	-58	-71	-79	-86	-83	-56	-89	1	94	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	152	38	41	42	44	46	52	60	1
36	-14	-45	-76	-139	-171	-184	-157	1	95	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	153	46	48	50	53	57	67	81	1
37	-63	-72	-89	-131	-189	-279	-289	1	96	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	154	62	64	66	69	73	83	97	1
38	-55	-63	-72	-94	-126	-249	-334	1	97	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	155	45	47	49	52	56	66	80	1
39	-68	-64	-60	-57	-64	-161	-184	1	98	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	156	49	49	49	48	48	46	44	1
40	-4	8	19	34	43	7	-184	1	99	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	157	45	45	45	44	44	42	40	1
41	-19	0	15	40	55	57	-165	1	100	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	158	25	25	25	24	24	22	20	1
42	-91	-83	-73	-52	-25	27	-86	1	101	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	159	39	39	39	38	38	36	34	1
43	-11	-37	-63	-98	-119	-88	133	1	102	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	160	52	52	52	51	51	54	57	1
44	-16	-29	-45	-72	-99	-147	-120	1	103	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	161	69	70	72	74	78	81	84	1
45	-48	-53	-59	-73	-92	-129	-110	1	104	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	162	66	66	71	70	70	73	76	1
46	-39	-25	-14	-10	-20	-51	60	1	105	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	163	67	72	72	71	71	74	82	1
47	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	0	106	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	164	55	40	40	39	39	42	50	1
48	-70	-72	-78	-91	-105	-124	-160	1	107	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	165	28	19	24	29	33	38	41	1
49	-70	-81	-94	-111	-134	-213	-301	1	108	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	166	19	24	29	33	38	41	49	1
50	-82	-100	-118	-149	-168	-237	-323	1	109	757	743	730	716	703	683	657	1	167	-12	3	13	27	27	30	38	1
51	-130	-126	-125	-147	-198	-204	-313	1	110	421	421	422	422	423	424	426	1	168	24	44	64	78	81	89	1	
52	-88	-117	-134	-137	-129	-258	-370	1	111	171	181	190	207	224	275	344	1	169	145	165	185	199	209	217	225	1
53	-54	-89	-127	-179	-208	-267	-348	1	112	72	77	82	90	99	125	161	1	170	286	336	376	405	425	433	441	1
54	-95	-89	-87	-98	-147	-209	-315	1	113	-20	-20	-20	-19	-19	-17	-15	1	171	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0
55	-112	-128	-131	-91	-29	-129	-116	1	114	-18																

177	40	-41	-42	-43	-45	-50	-57	1	236	470	528	585	680	775	1061	1441	0	295	-250	-251	-261	-272	-284	-317	-362	1
178	39	-40	-41	-42	-44	-49	-56	1	237	360	323	300	253	200	116	411	0	296	-333	-354	-374	-415	-452	-525	-651	1
179	27	-28	-29	-30	-32	-37	-44	1	238	2	-30	-68	-183	-303	-347	-197	1	297	-346	-365	-383	-420	-458	-568	-716	1
180	23	-24	-25	-26	-28	-33	-40	1	239	-2	-44	-82	-162	-247	-181	-151	1	298	-340	-357	-380	-448	-514	-611	-760	1
181	10	-10	-11	-11	-12	-14	-17	1	240	-82	-119	-152	-212	-272	-51	-121	1	299	-371	-388	-399	-421	-458	-588	-782	1
182	6	6	5	5	5	2	-1	1	241	-60	-97	-130	-180	-235	-104	-89	1	300	-278	-295	-308	-330	-359	-494	-668	1
183	13	-12	-11	-8	-6	1	10	1	242	-70	-102	-135	-195	-240	-14	-94	1	301	-159	-163	-168	-200	-279	-434	-650	0
184	32	-31	-30	-28	-26	-21	-14	1	243	-40	-67	-95	-150	-205	-239	-69	1	302	-155	-158	-167	-211	-292	-434	-659	0
185	18	-17	-15	-12	-9	-1	10	1	244	5	-17	-40	-80	-120	-164	16	1	303	-125	-143	-181	-275	-328	-455	-700	0
186	47	-47	-47	-46	-46	-45	-44	1	245	26	19	11	-19	-54	-128	32	1	304	-115	-175	-255	-391	-465	-571	-790	0
187	8	-8	-7	-6	-5	-3	0	1	246	79	82	84	89	74	30	125	1	305	-112	-176	-234	-266	-263	-453	-534	0
188	-27	-29	-30	-33	-36	-46	-59	1	247	174	172	169	169	169	145	151	1	306	-224	-259	-276	-323	-450	-542	-679	0
189	-12	-13	-14	-15	-17	-22	-29	1	248	191	189	191	196	181	152	192	1	307	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
190	-50	-50	-51	-53	-55	-61	-69	1	249	198	191	188	166	143	99	189	1	308	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
191	-83	-81	-82	-85	-88	-96	-108	1	250	210	178	160	145	130	76	36	1	309	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
192	-103	-105	-106	-109	-112	-122	-134	1	251	226	209	191	146	106	22	-53	1	310	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
193	-113	-116	-118	-123	-128	-144	-164	1	252	192	170	147	87	27	-87	-237	1	311	-180	-194	-208	-237	-265	-350	-464	1
194	-117	-121	-125	-132	-140	-163	-193	1	253	70	48	15	-45	-115	-244	-439	1	312	-60	-82	-104	-149	-193	-326	-504	1
195	-128	-133	-136	-144	-152	-177	-209	1	254	7	-15	-38	-108	-173	-382	-642	1	313	-240	-235	-231	-221	-212	-184	-146	1
196	-155	-160	-164	-173	-182	-210	-246	1	255	143	121	103	73	38	-56	-191	1	314	350	365	381	411	442	534	656	1
197	-197	-171	-176	-180	-197	-223	-257	1	256	135	118	100	70	40	-34	-154	1	315	540	558	576	611	647	754	896	1
198	-168	-173	-176	-184	-192	-217	-249	1	257	108	81	58	23	-12	-101	-226	1	316	240	251	262	283	305	370	456	1
199	-199	-204	-207	-215	-223	-248	-280	1	258	111	69	26	-54	-124	-253	-428	1	317	24	33	42	58	76	128	196	1
200	-217	-222	-225	-233	-241	-266	-298	1	259	161	99	36	-74	-174	-423	-728	1	318	-110	-105	-101	-93	-84	-58	-24	1
201	-70	-74	-77	-84	-91	-113	-141	1	260	49	22	0	0	0	0	0	0	319	-180	-179	-179	-179	-178	-176	-174	1
202	20	20	20	20	20	20	20	0	261	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	320	-240	-243	-246	-253	-259	-278	-304	1
203	20	20	20	20	20	20	20	0	262	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	321	-230	-233	-243	-249	-268	-294	-304	1
204	20	20	20	20	20	20	20	0	263	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	322	-240	-243	-246	-253	-259	-278	-304	1
205	20	20	20	20	20	20	20	0	264	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	323	-250	-257	-263	-277	-290	-330	-384	1
206	0	0	0	0	0	0	0	0	265	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	324	-250	-257	-264	-279	-293	-336	-394	1
207	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	0	266	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	325	-240	-249	-258	-277	-295	-350	-424	1
208	-176	-182	-187	-199	-210	-244	-289	1	267	-80	-83	-86	-92	-98	-116	-140	1	326	-240	-247	-255	-271	-286	-332	-394	1
209	-184	-190	-195	-207	-218	-252	-297	1	268	-130	-135	-142	-153	-165	-200	-246	1	327	-219	-237	-251	-275	-287	-320	-448	1
210	-191	-197	-202	-214	-225	-259	-304	1	269	-122	-123	-124	-124	-130	-199	-332	1	328	-212	-237	-257	-269	-287	-300	-408	1
211	-164	-170	-175	-187	-198	-232	-277	1	270	-63	-67	-68	-70	-75	-144	-198	1	329	-257	-263	-265	-265	-268	-360	-401	1
212	-108	-112	-116	-126	-134	-161	-196	1	271	-64	-68	-73	-84	-99	-157	-203	1	330	-276	-279	-278	-267	-262	-361	-381	1
213	-43	-46	-49	-57	-63	-84	-111	1	272	-27	-34	-37	-39	-38	-65	-129	1	331	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
214	-46	-49	-52	-59	-65	-84	-109	1	273	-36	-43	-47	-48	-44	-61	-125	1	332	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
215	-81	-86	-91	-101	-111	-140	-179	1	274	-4	-4	-6	-16	-31	-7	-17	1	333	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
216	-117	-135	-141	-152	-164	-198	-243	1	275	98	129	122	52	77	97	259	1	334	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
217	-204	-192	-199	-211	-223	-261	-310	1	276	0	-1	7	-7	-6	-42	-28	1	335	300	309	317	335	352	404	473	1
218	-207	-213	-220	-233	-245	-284	-335	1	277	-13	-20	-29	-59	-48	-98	-97	1	336	-50	-35	-21	9	38	126	243	1
219	-215	-221	-227	-239	-250	-286	-335	1	278	-60	-59	-60	-73	-96	-123	-186	1	337	90	96	101	113	124	158	203	1
220	-197	-203	-209	-221	-232	-268	-315	1	279	-53	-60	-73	-111	-144	-198	-287	1	338	50	55	60	71	81	112	153	1
221	-182	-188	-194	-206	-217	-253	-300	1	280	-15	-22	-35	-73	-106	-160	-249	1	339	50	56	61	73	84	118	163	1
222	-142	-148	-154	-166	-177	-213	-260	1	281	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	340	-20	-1	2	25	47	114	203	1
223	-157	-163	-169	-181	-192	-228	-275	1	282	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	341	-30	-17	-4	23	49	128	233	1
224	-174	-181	-188	-202	-215	-257	-312	1	283	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	342	-20	-1	2	25	47	114	203	1
225	-144	-151	-160	-175	-190	-211	-297	1	284	440	421	401	362	322	205	48	1	343	-30	-19	-9	13	34	98	183	1
226	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	1	285	460	441	421	382	342	225	68	1	344	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
227	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	286	220	225	230	240	249	279	318	1	345	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
228	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	287	420	433	345	370	394	569	668	1	346	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
229	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	288	540	542	544	548	551	563	578	1	347	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
230	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	289	230	235	241	252	262	295	338	1	348	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
231	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	290	120	127	134	148	161	203	258	1	349	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
232	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	291	20	25	30	40	49	79	118	1	350	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
233	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	292	-70	-66	-62	-54	-47	-23	8	1	351	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
234	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	293	-110	-111	-112	-114	-117	-123	-132	1	352	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0
235	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	0	294	-170	-172	-174	-178	-183	-195	-212	1	353	-9999	-9999						

APPENDIX C

Positie kustlijn per cel (kolom 1) voor 7 voorspelmomenten (kolommen 2 t/m 8) volgens de verwachte voorspelling en een zeespiegelstijging van 85 cm/eeuw inclusief verandering windsterkte en windrichting.

cel	1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090	59	-28	-19	-18	-25	-35	-9	-17	1	118	-60	-63	-66	-72	-78	-95	-119	1
1	-93	-102	-112	-126	-134	-150	-271	60	-72	-71	-65	-50	-50	-52	-62	1	119	-55	-58	-61	-67	-73	-92	-118	1
2	-42	-50	-50	-50	-50	-50	-50	61	-90	-96	-102	-111	-111	-132	-153	1	120	-42	-44	-46	-51	-54	-67	-84	1
3	-93	-110	-126	-153	-169	-186	-234	62	-11	-15	-19	-27	-34	-58	-89	1	121	-61	-62	-64	-68	-72	-83	-99	1
4	-138	-153	-172	-206	-230	-255	-290	63	-32	-36	-40	-48	-55	-79	-110	1	122	-93	-95	-98	-104	-109	-125	-147	1
5	-93	-93	-93	-93	-93	-93	-93	64	-56	-60	-64	-72	-79	-103	-134	1	123	-119	-120	-120	-122	-123	-126	-132	1
6	-206	-206	-206	-206	-206	-206	-206	65	-350	-369	-389	-427	-461	-532	-606	1	124	-73	-71	-68	-64	-59	-45	-28	1
7	-155	-159	-169	-199	-233	-310	-307	66	-430	-479	-524	-567	-616	-712	-786	1	125	-77	-76	-75	-75	-73	-70	-66	1
8	-106	-111	-111	-111	-111	-111	-111	67	-350	-399	-449	-532	-596	-727	-816	1	126	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	0
9	-199	-198	-197	-197	-202	-202	-202	68	-210	-234	-259	-302	-356	-472	-616	1	127	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	0
10	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	69	-50	-54	-59	-67	-76	-102	-136	1	128	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	0
11	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72	70	-120	-124	-129	-137	-146	-172	-206	1	129	-92	-100	-108	-124	-140	-187	-251	1
12	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	71	-125	-125	-125	-125	-125	-125	-125	1	130	-88	-96	-102	-116	-130	-171	-226	1
13	-114	-114	-114	-114	-114	-114	-114	72	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	1	131	-33	-38	-42	-52	-61	-89	-126	1
14	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	73	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	132	30	28	26	21	17	4	-13	1
15	-114	-116	-119	-120	-120	-120	-120	74	-25	-39	-49	-57	-66	-92	-126	1	133	35	34	34	31	30	24	17	1
16	-165	-165	-165	-165	-165	-165	-165	75	145	144	141	133	124	98	64	1	134	46	46	46	45	45	44	43	1
17	-223	-223	-223	-223	-223	-223	-223	76	370	376	381	393	404	438	484	1	135	70	70	70	69	69	68	67	1
18	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-44	77	-10	-14	-19	-27	-36	-62	-96	1	136	62	61	62	62	62	63	64	1
19	-20	-26	-33	-47	-60	-93	-138	78	-25	-29	-34	-42	-51	-77	-111	1	137	53	52	52	50	49	46	41	1
20	-22	-28	-36	-49	-62	-97	-149	79	50	46	41	33	24	-2	-36	1	138	28	26	26	23	20	13	4	1
21	-20	-26	-35	-50	-67	-109	-149	80	50	46	41	33	24	-2	-36	1	139	24	22	21	16	13	1	-13	1
22	-91	-97	-105	-121	-140	-197	-247	81	0	0	0	0	0	0	0	0	140	28	26	25	21	18	8	-5	1
23	-130	-138	-148	-166	-184	-238	-305	82	0	-4	-9	-17	-26	-52	-86	1	141	49	47	46	42	39	30	17	0
24	-128	-134	-141	-156	-175	-254	-323	83	-45	-49	-54	-62	-71	-97	-131	1	142	96	96	97	97	98	100	102	1
25	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	84	-78	-85	-92	-101	-111	-140	-179	1	143	74	73	74	73	73	73	72	1
26	-42	-44	-54	-75	-97	-157	-221	85	-98	-107	-117	-132	-147	-191	-249	1	144	68	67	67	66	65	62	59	1
27	-58	-67	-77	-99	-120	-190	-276	86	-139	-163	-188	-226	-270	-351	-405	1	145	46	45	45	42	40	34	27	1
28	-79	-83	-93	-114	-135	-196	-275	87	-337	-381	-426	-499	-563	-679	-743	1	146	25	24	24	21	20	14	7	1
29	-65	-75	-86	-105	-127	-187	-265	88	-169	-178	-188	-206	-225	-281	-355	1	147	27	26	25	22	21	14	6	1
30	8	8	8	8	8	8	8	89	-68	-72	-77	-85	-94	-120	-154	1	148	30	28	28	24	22	14	4	1
31	5	5	5	5	5	5	5	90	-40	-44	-49	-57	-66	-92	-126	1	149	47	45	44	41	38	29	18	1
32	6	6	6	6	6	6	6	91	18	14	9	1	-8	-34	-68	1	150	37	36	35	32	29	21	11	1
33	-74	-74	-74	-74	-74	-74	-74	92	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	151	38	37	36	34	32	26	19	1
34	-78	-81	-85	-84	-79	-70	-217	93	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	152	38	40	40	39	39	37	35	1
35	-58	-74	-86	-101	-105	-100	-163	94	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	153	46	47	47	48	49	52	56	1
36	-14	-48	-83	-154	-193	-228	-231	95	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	154	62	63	63	64	65	68	72	1
37	-63	-75	-96	-146	-211	-323	-363	96	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	155	45	46	46	47	48	51	55	1
38	-55	-66	-79	-109	-148	-293	-408	97	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	156	49	48	46	43	40	31	19	1
39	-68	-67	-67	-72	-86	-205	-398	98	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	157	45	44	42	39	36	27	15	1
40	-4	5	11	19	20	-37	-258	99	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	158	25	24	22	19	16	7	-5	1
41	-19	-3	7	25	32	13	-239	100	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	159	39	38	36	33	30	21	9	1
42	-91	-86	-80	-67	-47	-17	-160	101	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	160	52	51	49	46	43	39	32	1
43	-11	-40	-70	-113	-141	-132	59	102	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	161	69	69	69	69	70	66	59	1
44	-16	-32	-52	-87	-121	-191	-194	103	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	162	66	65	68	65	62	58	51	1
45	-48	-56	-66	-88	-114	-173	-184	104	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	163	67	71	69	66	63	59	57	1
46	-39	-28	-22	-25	-43	-95	-14	105	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	164	55	39	37	34	31	27	25	1
47	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	106	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	165	28	22	15	12	9	5	3	1
48	-70	-75	-83	-101	-120	-154	-210	107	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	166	19	23	26	28	30	26	24	1
49	-70	-84	-99	-121	-149	-243	-351	108	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	167	-12	2	10	22	19	15	13	1
50	-82	-103	-123	-159	-183	-267	-373	109	757	742	727	710	694	666	628	1	168	24	43	61	73	70	66	64	1
51	-130	-129	-130	-157	-213	-234	-363	110	421	420	419	416	414	407	397	1	169	145	164	182	194	201	202	200	1
52	-88	-120	-139	-147	-144	-288	-420	111	171	180	187	201	215	258	315	1	170	286	335	373	400	417	418	416	1
53	-54	-92	-132	-189	-223	-297	-398	112	72	76	79	84	90	108	132	1	171	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1
54	-95	-92	-92	-108	-162	-239	-365	113	-20	-21	-22	-25	-27	-34	-44	1	172	645	646	646	647	648	652	656	0
55	-112	-131	-136	-101	-44	-159	-166	114	-18	-18	-18	-19	-19	-20	-23	1	173	250	251	251	252	253	257	261	0
56	6	3	3	-9	-40	-27	193	115	-15	-16															

-40	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																																																																			
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255																																																																																																																																																	

APPENDIX D

Positie kustlijn per cel (kolom 1) voor 7 voorspelmomenten
(kolommen 2 t/m 8) volgens de ongunstige voorspelling en een
zeespiegelstijging van 20 cm/eeuw.

cel	1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090	59	-28	-20	-19	-28	-41	-20	-22	1	118	-60	-62	-64	-67	-71	-81	-95
1	-93	-100	-109	-121	-125	-137	-239	60	-72	-70	-63	-49	-47	-34	-44	1	119	-55	-57	-59	-63	-67	-78	-94
2	-42	-50	-50	-50	-50	-50	-50	61	-90	-95	-100	-107	-104	-119	-136	1	120	-42	-43	-44	-46	-48	-53	-61
3	-93	-108	-123	-148	-160	-172	-202	62	-11	-14	-16	-20	-26	-40	-54	1	121	-61	-62	-63	-64	-66	-69	-75
4	-138	-151	-169	-201	-221	-241	-258	63	-32	-35	-37	-41	-47	-61	-75	1	122	-93	-95	-97	-100	-103	-111	-124
5	-93	-93	-93	-93	-93	-93	-93	64	-56	-59	-61	-65	-71	-85	-99	1	123	-73	-71	-69	-66	-64	-58	-52
6	-206	-206	-206	-206	-206	-206	-206	65	-367	-367	-383	-416	-444	-518	-620	1	124	-80	-80	-80	-74	-73	-69	-66
7	-155	-157	-167	-195	-227	-300	-279	66	-430	-477	-523	-586	-629	-743	-810	1	125	-77	-76	-75	-74	-73	-69	-66
8	-106	-108	-111	-111	-111	-111	-111	67	-350	-397	-443	-521	-584	-728	-850	1	126	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
9	-199	-196	-194	-191	-195	-202	-202	68	-210	-232	-253	-291	-339	-448	-620	1	127	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50
10	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	69	-50	-55	-60	-70	-80	-110	-150	1	128	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70
11	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72	70	-120	-123	-126	-132	-138	-156	-180	1	129	-92	-92	-92	-92	-92	-92	-92
12	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	71	-125	-125	-125	-125	-125	-125	-125	0	130	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
13	-114	-114	-114	-114	-114	-114	-114	72	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	0	131	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33
14	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	73	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	132	30	30	29	29	28	25	21
15	-114	-114	-114	-118	-120	-120	-120	74	-25	-40	-48	-66	-84	-113	-130	1	133	35	36	37	39	40	45	52
16	-165	-165	-165	-165	-165	-165	-165	75	145	144	142	139	136	127	115	1	134	46	47	48	52	55	65	78
17	-223	-223	-223	-223	-223	-223	-223	76	370	379	387	404	416	442	440	1	135	70	72	73	77	80	89	101
18	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-44	77	-10	-12	-13	-16	-19	-28	-40	1	136	62	63	65	70	73	85	100
19	-20	-25	-30	-40	-49	-74	-99	78	-25	-27	-28	-31	-34	-43	-55	1	137	53	54	55	58	60	67	76
20	-22	-27	-33	-42	-51	-78	-110	79	50	49	47	44	41	32	20	1	138	28	28	29	31	34	35	39
21	-20	-25	-31	-43	-56	-86	-115	80	50	49	47	44	41	32	20	1	139	24	24	24	24	24	23	22
22	-91	-96	-102	-114	-129	-178	-208	81	0	0	0	0	0	0	0	0	140	28	28	28	29	29	29	30
23	-130	-137	-145	-159	-173	-219	-266	82	0	-2	-3	-6	-9	-18	-30	1	141	49	49	49	50	50	51	52
24	-128	-133	-138	-149	-164	-235	-284	83	-45	-47	-48	-51	-54	-63	-75	1	142	96	98	100	105	109	121	137
25	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	84	-78	-83	-86	-90	-94	-106	-123	1	143	74	75	77	81	84	95	108
26	-42	-43	-51	-68	-86	-138	-182	85	-98	-105	-111	-121	-130	-157	-193	1	144	68	69	70	74	76	84	94
27	-58	-66	-74	-92	-109	-171	-237	86	-139	-161	-182	-215	-253	-317	-349	1	145	46	46	47	49	50	55	61
28	-79	-82	-90	-107	-124	-177	-236	87	-337	-379	-420	-488	-551	-655	-707	1	146	25	26	27	29	31	35	43
29	-65	-73	-82	-97	-115	-167	-225	88	-169	-176	-182	-195	-208	-247	-299	1	147	27	27	27	29	31	35	41
30	8	8	8	8	8	8	8	89	-68	-70	-71	-74	-77	-86	-98	1	148	30	30	31	32	33	36	39
31	5	5	5	5	5	5	5	90	-40	-42	-43	-46	-49	-58	-70	1	149	47	47	47	49	49	51	54
32	6	6	6	6	6	6	6	91	18	17	15	12	9	0	-12	1	150	37	37	37	39	39	42	46
33	-74	-74	-74	-74	-74	-74	-74	92	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	151	38	38	40	41	43	48	55
34	-78	-80	-82	-84	-77	-67	-195	93	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	152	38	41	44	47	51	61	75
35	-58	-81	-97	-103	-103	-88	-133	94	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	153	46	49	51	56	61	76	96
36	-14	-45	-77	-142	-174	-192	-176	95	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	154	62	65	67	72	77	92	112
37	-63	-75	-95	-145	-208	-304	-342	96	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	155	45	48	50	55	60	75	95
38	-55	-66	-79	-108	-145	-289	-387	97	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	156	45	45	50	51	52	55	55
39	-68	-67	-66	-71	-83	-201	-377	98	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	157	45	46	46	47	48	51	55
40	-4	5	12	20	23	-33	-229	99	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	158	25	26	27	28	31	35	35
41	-19	-3	8	26	35	17	-218	100	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	159	39	40	40	41	42	45	49
42	-91	-85	-85	-66	-43	4	-137	101	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	160	52	53	53	54	55	58	62
43	-11	-40	-68	-111	-137	-126	82	102	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	161	69	70	71	72	80	89	101
44	-16	-32	-51	-85	-115	-185	-171	103	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	162	66	67	68	69	77	86	101
45	-48	-56	-65	-86	-110	-167	-161	104	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	163	67	68	68	69	77	86	101
46	-39	-25	-16	-15	-32	-82	-70	105	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	164	55	56	56	57	69	77	86
47	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	106	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	165	28	28	28	28	33	36	40
48	-70	-74	-81	-96	-115	-142	-186	107	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	166	19	18	15	10	11	11	19
49	-70	-86	-102	-127	-160	-266	-369	108	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	167	-12	-12	-6	0	1	9	23
50	-82	-105	-126	-166	-195	-288	-393	109	757	742	727	712	696	670	632	1	168	24	35	45	46	47	50	54
51	-130	-131	-133	-163	-223	-255	-383	110	421	421	420	419	418	416	409	1	169	145	166	176	177	178	191	195
52	-88	-122	-142	-153	-223	-309	-439	111	171	181	189	206	222	273	340	1	170	286	317	337	338	339	342	346
53	-54	-95	-138	-201	-243	-335	-441	112	72	77	81	89	97	123	156	1	171	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
54	-95	-95	-98	-119	-180	-273	-402	113	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	1	172	645	645	644	643	642	639	635
55	-112	-133	-138	-107	-52	-174	-206	114	-18	-17	-16	-14	-13	-6	1	1	173	250	250	249	248	247	244	240
56	6	-4	-19	-59	-57	79	230	115	-15	-15	-14	-12	-10	-4	3	1	174	80	83	84	88	92	94	90
57	-63	-21	32	86	79	230	366	116	-30	-32	-34	-38	-42	-53	-69	0	175	5	5	7	9	11	17	25
58	-53	-60	-67	-78	-73	-7	64	117	-53	-54	-56	-58	-61	-69	-81	1	176	-52	-53	-53	-54	-55	-63	-72

177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

APPENDIX E

Positie kustlijn per cel (kolom 1) voor 7 voorspelmomenten
(kolommen 2 t/m 8) volgens de ongunstige voorspelling en een
zeespiegelstijging van 60 cm/eeuw.

...

...

...

cel	1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090	59	-28	-21	-22	-34	-48	-36	-48	-36	-48	1	118	-60	-63	-66	-70	-76	-91	-111	1
1	-93	-102	-113	-128	-137	-160	-277	60	-72	-71	-66	-55	-54	-50	-54	-50	-54	1	119	-55	-58	-61	-66	-72	-88	-110	1
2	-42	-50	-50	-50	-50	-50	-50	61	-90	-96	-103	-113	-111	-135	-162	-135	-162	1	120	-42	-44	-46	-49	-53	-63	-77	1
3	-93	-110	-127	-155	-172	-195	-240	62	-11	-15	-19	-26	-33	-56	-80	-56	-80	1	121	-61	-63	-65	-67	-71	-79	-91	1
4	-138	-153	-173	-208	-233	-264	-296	63	-32	-36	-40	-47	-54	-77	-101	-77	-101	1	122	-93	-96	-99	-103	-108	-121	-140	1
5	-93	-93	-93	-93	-93	-93	-93	64	-56	-60	-64	-71	-78	-101	-125	-101	-125	1	123	-119	-122	-125	-132	-140	-164	-200	1
6	-206	-206	-206	-206	-206	-206	-206	65	-350	-368	-386	-422	-453	-537	-651	-537	-651	1	124	-73	-72	-71	-69	-69	-68	-88	1
7	-155	-159	-171	-202	-239	-323	-317	66	-430	-478	-526	-592	-638	-762	-841	-762	-841	1	125	-77	-77	-77	-77	-78	-79	-82	1
8	-106	-110	-111	-111	-111	-111	-111	67	-350	-398	-446	-527	-593	-747	-881	-593	-747	1	126	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	0
9	-199	-198	-198	-198	-202	-202	-202	68	-210	-233	-256	-297	-348	-467	-651	-467	-651	1	127	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	0
10	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	69	-50	-56	-63	-76	-89	-129	-181	-129	-181	1	128	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	0
11	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72	70	-120	-124	-129	-138	-147	-175	-211	-175	-211	1	129	-92	-100	-109	-125	-143	-194	-266	1
12	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	71	-125	-125	-125	-125	-125	-125	-125	-125	-125	0	130	-88	-96	-105	-122	-141	-196	-273	1
13	-114	-114	-114	-114	-114	-114	-114	72	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	0	131	-33	-37	-41	-50	-58	-81	-114	1
14	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	73	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	132	30	29	27	24	21	12	-1	1
15	-114	-116	-118	-120	-120	-120	-120	74	-25	-41	-51	-72	-93	-132	-161	-132	-161	1	133	35	35	35	34	33	32	30	1
16	-165	-165	-165	-165	-165	-165	-165	75	145	142	139	133	127	108	84	127	108	1	134	46	46	46	44	43	52	56	1
17	-223	-223	-223	-223	-223	-223	-223	76	370	377	384	398	407	423	409	423	409	1	135	70	71	71	72	73	76	79	1
18	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-44	77	-10	-13	-16	-22	-28	-47	-71	-28	-47	1	136	62	62	63	65	66	72	78	1
19	-20	-29	-34	-47	-61	-97	-137	78	-25	-28	-31	-37	-43	-62	-86	-43	-62	1	137	53	53	53	53	53	54	54	1
20	-22	-29	-37	-49	-63	-101	-148	79	50	47	44	38	32	13	-11	32	13	1	138	28	27	27	26	24	22	17	1
21	-20	-27	-35	-50	-68	-109	-153	80	50	47	44	38	32	13	-11	32	13	1	139	24	23	22	22	24	17	10	0
22	-91	-98	-106	-121	-141	-201	-246	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	28	27	26	24	22	16	8	1
23	-130	-139	-149	-166	-185	-242	-304	82	0	-3	-6	-12	-18	-37	-61	-18	-37	1	141	49	48	47	45	43	38	30	0
24	-128	-135	-142	-156	-176	-258	-322	83	-45	-48	-51	-57	-63	-82	-106	-63	-82	1	142	96	97	98	100	102	108	115	1
25	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	84	-78	-84	-89	-96	-103	-125	-154	-103	-125	1	143	74	74	75	76	77	82	86	1
26	-42	-45	-55	-75	-98	-161	-220	85	-98	-106	-114	-127	-139	-176	-224	-139	-176	1	144	68	68	68	69	69	71	72	1
27	-58	-68	-78	-99	-121	-194	-275	86	-139	-162	-185	-221	-262	-336	-380	-262	-336	1	145	46	45	45	44	43	42	39	1
28	-79	-84	-94	-114	-136	-200	-274	87	-337	-380	-423	-494	-560	-674	-738	-494	-560	1	146	25	25	25	24	24	23	21	1
29	-65	-75	-86	-104	-127	-190	-263	88	-169	-177	-185	-201	-217	-266	-330	-217	-266	1	147	27	26	25	24	24	22	19	1
30	8	8	8	8	8	8	8	89	-68	-71	-74	-80	-86	-105	-129	-86	-105	1	148	30	29	29	27	26	23	17	1
31	5	5	5	5	5	5	5	90	-40	-43	-46	-52	-58	-77	-101	-58	-77	1	149	47	46	45	44	42	38	32	1
32	6	6	6	6	6	6	6	91	18	15	12	6	0	-19	-43	15	12	1	150	37	36	35	34	32	29	24	1
33	-74	-74	-74	-74	-74	-74	-74	92	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	151	38	37	37	37	36	35	32	1
34	-78	-82	-86	-91	-89	-90	-233	93	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	152	38	40	41	42	43	46	51	1
35	-58	-83	-101	-113	-115	-111	-171	94	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	153	46	47	49	51	54	62	72	1
36	-14	-47	-81	-149	-186	-215	-214	95	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	154	62	63	65	67	70	78	88	1
37	-63	-77	-99	-152	-220	-327	-380	96	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	155	45	46	48	50	53	61	71	1
38	-55	-68	-83	-115	-157	-312	-425	97	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	156	49	48	48	46	45	41	35	1
39	-68	-69	-70	-78	-95	-224	-415	98	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	157	45	44	44	42	41	37	31	1
40	-4	3	8	13	11	-56	-267	99	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	158	25	24	24	22	21	17	11	1
41	-19	-5	4	19	23	-6	-256	100	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	159	39	38	38	36	35	31	25	1
42	-91	-87	-89	-73	-55	-19	-175	101	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	160	52	51	51	49	48	44	38	1
43	-11	-42	-72	-118	-149	-149	44	102	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	161	69	68	68	66	65	66	65	1
44	-16	-34	-55	-92	-127	-208	-209	103	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	162	66	65	65	63	62	63	62	1
45	-48	-58	-69	-93	-122	-190	-199	104	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	163	67	66	66	64	63	64	62	1
46	-39	-27	-20	-22	-44	-105	-108	105	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	164	55	54	54	54	48	34	28	1
47	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	106	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	165	28	17	7	5	4	5	9	1
48	-70	-75	-84	-102	-122	-158	-212	107	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	166	19	13	13	16	20	21	25	1
49	-70	-87	-105	-133	-167	-282	-395	108	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	167	-12	-13	-8	-5	-6	-5	-1	1
50	-82	-106	-129	-172	-202	-304	-419	109	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	168	24	33	43	41	40	36	30	1
51	-130	-132	-169	-230	-271	-409	-409	110	421	420	419	416	414	406	393	416	406	1	169	145	164	174	172	171	177	171	1
52	-88	-123	-145	-159	-162	-325	-465	111	171	180	188	203	218	263	324	218	263	1	170	286	315	335	333	332	328	322	1
53	-54	-96	-141	-207	-250	-351	-467	112	72	76	80	86	93	113	140	86	93	1	171	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1
54	-95	-96	-101	-125	-187	-289	-428	113	-20	-21	-22	-23	-25	-30	-36	-25	-30	1	172	645	644	642	640	637	629	618	0
55	-112	-134	-141	-113	-59	-190	-232	114	-18	-18	-18	-17	-18	-16	-15	-16	-15	1	173	250	249	247	245	242	234	223	0
56	6	-5	-22	-65	-64	121	227	115	-15	-16	-16	-15	-14	-13	-13	-14	-13	1	174	80	82	82	85	87	84	73	1
57	-63	-22	29	80	72	214	340	116	-30	-33	-36	-41	-47	-63	-85	-47	-63	0	175	5	6	5	6	6	7	8	1
58	-53	-61	-70	-84	-80	-23	38	117	-53	-55	-58	-61	-66	-79	-97	-66	-79	1	176	-52	-53	-55	-57				

APPENDIX F

Positie kustlijn per cel (kolom 1) voor 7 voorspelmomenten
(kolommen 2 t/m 8) volgens de ongunstige voorspelling en een
zeespiegelstijging van 85 cm/eeuw inclusief verandering wind-
sterkte en windrichting.

cel	1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090	1	59	-28	-23	-26	-42	-61	-61	-90	1	118	-60	-64	-68	-76	-84	-108	-140	1
1	-93	-107	-121	-145	-162	-211	-362	1	60	-72	-73	-70	-63	-67	-75	-112	1	119	-55	-59	-63	-72	-80	-105	-139	1
2	-42	-50	-50	-50	-50	-50	-50	0	61	-90	-98	-107	-121	-124	-160	-204	1	120	-42	-45	-48	-55	-61	-80	-106	1
3	-93	-115	-135	-172	-197	-246	-325	1	62	-11	-17	-23	-34	-46	-81	-122	1	121	-61	-64	-67	-73	-79	-96	-120	1
4	-138	-158	-181	-225	-258	-315	-381	1	63	-32	-38	-44	-55	-67	-102	-143	1	122	-93	-97	-101	-109	-116	-138	-169	1
5	-93	-93	-93	-93	-93	-93	-93	0	64	-56	-62	-68	-79	-91	-126	-167	1	123	-119	-123	-127	-138	-148	-181	-229	1
6	-206	-206	-206	-206	-206	-206	-206	0	65	-350	-371	-392	-435	-472	-574	-714	1	124	-73	-73	-73	-75	-77	-85	-97	1
7	-155	-164	-179	-219	-264	-374	-402	1	66	-430	-481	-532	-605	-657	-799	-904	1	125	-77	-78	-79	-83	-86	-96	-111	1
8	-106	-111	-111	-111	-111	-111	-111	0	67	-350	-401	-452	-540	-612	-784	-944	1	126	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	0
9	-199	-202	-202	-202	-202	-202	-202	0	68	-210	-236	-262	-310	-367	-504	-714	1	127	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	0
10	-162	-162	-162	-162	-162	-162	-162	0	69	-50	-59	-69	-89	-108	-166	-244	1	128	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	0
11	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72	0	70	-120	-127	-135	-151	-166	-212	-274	1	129	-92	-101	-111	-129	-149	-208	-288	1
12	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	0	71	-125	-125	-125	-125	-125	-125	-125	0	130	-88	-97	-107	-126	-147	-210	-295	1
13	-114	-114	-114	-114	-114	-114	-114	0	72	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	0	131	-33	-38	-43	-54	-64	-95	-136	1
14	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	0	73	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	0	132	30	28	25	20	15	-2	-23	1
15	-114	-120	-120	-120	-120	-120	-120	0	74	-25	-44	-57	-85	-112	-169	-224	1	133	35	34	33	30	27	18	8	1
16	-165	-165	-165	-165	-165	-165	-165	0	75	145	139	133	120	108	71	21	1	134	46	45	44	43	42	38	34	1
17	-223	-223	-223	-223	-223	-223	-223	0	76	370	374	378	385	388	386	346	1	135	70	70	69	68	67	62	57	1
18	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-44	0	77	-10	-16	-22	-35	-47	-84	-134	1	136	62	61	61	61	60	58	56	1
19	-22	-32	-42	-64	-86	-148	-222	1	78	-25	-31	-37	-50	-62	-99	-149	1	137	53	52	51	49	47	40	32	1
20	-22	-34	-45	-66	-88	-152	-233	1	79	50	44	38	25	13	-24	-74	1	138	28	26	25	22	18	8	-5	1
21	-20	-32	-43	-67	-93	-160	-238	1	80	50	44	38	25	13	-24	-74	1	139	24	22	20	15	11	-4	-22	1
22	-91	-103	-114	-138	-166	-252	-331	1	81	0	0	0	0	0	0	0	0	140	28	26	24	20	16	2	-14	1
23	-130	-144	-157	-183	-210	-293	-389	1	82	0	-6	-12	-25	-37	-74	-124	1	141	49	47	45	41	37	24	8	0
24	-128	-140	-150	-173	-201	-309	-407	1	83	-45	-51	-57	-70	-82	-119	-169	1	142	96	96	96	96	96	94	93	1
25	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	0	84	-78	-87	-95	-109	-122	-162	-217	1	143	74	73	73	72	71	68	64	1
26	-42	-50	-62	-92	-123	-212	-305	1	85	-98	-109	-120	-140	-158	-213	-287	1	144	68	67	66	65	63	57	50	1
27	-58	-73	-86	-116	-146	-245	-360	1	86	-139	-165	-191	-234	-281	-373	-443	1	145	46	44	43	40	37	28	17	1
28	-79	-89	-102	-131	-161	-251	-359	1	87	-337	-383	-429	-507	-579	-711	-801	1	146	25	24	23	20	18	9	-1	1
29	-65	-80	-94	-121	-152	-241	-348	1	88	-169	-180	-191	-214	-236	-303	-393	1	147	27	25	23	20	18	8	-3	1
30	8	8	8	8	8	8	8	0	89	-68	-74	-80	-93	-105	-142	-192	1	148	30	28	27	23	20	9	-5	1
31	5	5	5	5	5	5	5	0	90	-40	-46	-52	-65	-77	-114	-164	1	149	47	45	43	40	36	24	10	1
32	6	6	6	6	6	6	6	0	91	18	12	6	-7	-19	-56	-106	1	150	37	35	33	30	26	15	2	1
33	-74	-74	-74	-74	-74	-74	-74	0	92	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	151	38	36	35	32	30	21	10	1
34	-78	-87	-94	-108	-114	-141	-181	1	93	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	152	38	39	39	37	36	32	27	1
35	-58	-88	-109	-130	-140	-162	-256	1	94	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	153	46	46	46	46	46	47	48	1
36	-14	-52	-89	-166	-211	-266	-299	1	95	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	154	62	62	62	62	63	63	64	1
37	-63	-82	-107	-169	-245	-378	-465	1	96	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	155	45	45	45	45	46	46	47	1
38	-55	-73	-91	-132	-182	-263	-350	1	97	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	156	49	47	45	41	38	26	11	1
39	-68	-74	-78	-95	-120	-175	-250	1	98	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	157	45	43	41	37	34	22	7	1
40	-4	-2	0	-4	-14	-107	-352	1	99	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	158	25	23	21	17	14	2	-13	1
41	-19	-10	-4	2	-2	-57	-341	1	100	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	159	39	37	35	31	28	16	1	1
42	-91	-92	-97	-90	-80	-70	-260	1	101	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	160	52	50	48	44	41	29	14	1
43	-11	-47	-80	-135	-174	-200	-41	1	102	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	161	69	67	65	61	58	51	41	1
44	-16	-39	-63	-109	-152	-259	-294	1	103	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	162	66	64	62	58	55	48	38	1
45	-48	-63	-77	-110	-147	-241	-284	1	104	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	163	67	65	63	49	41	41	41	1
46	-39	-32	-28	-39	-69	-156	-193	1	105	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	164	55	53	53	40	34	19	7	1
47	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	0	106	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	165	28	16	14	0	-3	-10	-15	1
48	-70	-77	-88	-110	-135	-183	-254	1	107	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	166	19	15	10	11	13	6	1	1
49	-70	-89	-109	-141	-180	-307	-437	1	108	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	0	167	-12	-14	-11	-10	-13	-20	-25	1
50	-82	-108	-134	-177	-243	-329	-461	1	109	757	740	723	703	683	643	587	1	168	145	163	171	167	164	162	147	1
51	-130	-140	-140	-177	-243	-296	-451	1	110	421	419	416	410	405	389	364	1	169	286	314	332	328	325	313	298	1
52	-88	-125	-149	-167	-175	-350	-507	1	111	171	179	185	197	209	246	295	1	170	645	643	640	635	631	616	597	0
53	-54	-98	-145	-215	-263	-376	-509	1	112	72	75	77	80	84	96	111	1	171	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1
54	-95	-98	-105	-133	-200	-314	-470	1	113	-20	-22	-24	-29	-33	-47	-65	1	172	250	248	245	240	236	221	202	0
55	-112	-136	-145	-121	-72	-215	-274	1	114	-18	-19	-20	-23	-26	-33	-44	1	173	80	81	80	80	81	71	52	1
56	6	-24	-26	-73	-77	96	185	1	115	-15	-17	-18	-21	-23	-31	-42	1	174	5	5	5	3	1	0	-6	1
57	-63	-74	-74	-92	-92	-92	-92	1	116	-30	-34	-38	-47	-55	-80	-114	0	175	-52	-54	-57	-62	-66	-86	-110	1
58	-53	-63	-63	-93	-93	-93	-93	1	117	-53	-56	-60	-67	-74	-96	-126	1	176	-52	-54	-57	-62	-66	-86	-110	1

[illegible]