

Rijkswaterstaat
Directie Noord-Holland
afdeling ANP
postbus 3119
2001 DC Haarlem
tel: 023-188188

Deelrapport 2.3. van
Technisch Rapport 5
KUSTVOORSPELLING

Nota 88.ANP.014
De kust van Noord-Holland en Texel
ontwikkeling en voorspelling.
Beschrijving methode en resultaten
Fase 2

auteur : ir. H.D. Rakhorst
datum : januari 1989
bijlagen: 8

Inhoud

blz.

1. Samenvatting	5
2. Inleiding	6
2.1. Studiekader en opdracht	6
2.2. Methode van aanpak	6
3. Factoren die de kustontwikkeling beïnvloeden	8
3.1. Zandgolven	8
3.2. Verband tussen Waddenzee/estuaria en de kust	10
3.3. Gedrag van buitendelta's	13
3.4. Kromming kust	14
3.5. Eolisch transport	15
3.6. Resistente lagen	15
3.7. Zeespiegelrijzing en bodemdaling	15
3.8. Verandering in meteo-omstandigheden	18
3.9. Menselijke ingrepen	20
4. De kustontwikkeling	27
4.1. Algemeen	27
4.2. De ontwikkeling van de Noordhollandse kust	27
4.3. De ontwikkeling van de Texelse kust	36
4.4. Kuberingen kust Noord-Holland en Texel	42
4.5. Zandbalans	48
5. Voorspelling kustgedrag	58
5.1. Noord-Holland	58
5.2. Texel	58

Bijlagen

1. Situatie kust Noord-Holland.
2. Chronologisch overzicht 1843-1986 lijnen van g.l.w. - g.h.w. - d.v. en gemiddelde prognose t/m 2090, strandpale 57 t/m 71.
3. idem, strandpalen 26 t/m 55.
4. idem, strandpalen 0 t/m 21.
5. Situatie kust Texel.
6. Chronologisch overzicht lijnen van G.L.W., G.H.W. en D.V. 1820 - 1986 en gemiddelde prognose t/m 2090, strandpale 8 t/m 21 Texel.
7. idem, strandpalen 22 t/m 31 Texel.
8. Kustgedrag Texel.

Figuren

1. Cyclische periode van 70 tot 85 jaren voor 19 jarige gemiddelde van hoogwaterstanden te Cuxhaven.
2. Zandgolven Hollandse kust.
3. 18,6 jarige periode in getijverschil Vlissingen.
4. 4,4 jarige periode in gemiddelde waterstand.
5. Verband tussen inhoud en oppervlakte kombergingsgebieden Waddenzee.
6. Chronologisch verloop erosie/sedimentatie binnen- en buitendelta Zeegat van Texel.
7. Gemiddelde diepteverandering buitendelta Zeegat van Texel.
8. Verplaatsingssnelheid G.L.W.-lijn en D.V.-lijn van de hollandse kust.
9. Resistente lagen bij Callantsoog.
10. Kustvormen nabij een havenmond.
11. Werking strandhoofdenreeks.
12. Verplaatsing duinvoet tussen 1850 en 1950 volgens Edelman en de vergelijkbare "ongestoorde" verplaatsing (trend van vòòr 1870).
13. Kustligging Camperduin - Den Helder vanaf 1550.
14. Kustachteruitgang raai 38, Egmond aan Zee.
16. Situatie Egmond aan Zee vanaf 1686.
17. Kustachteruitgang hollandse kust tussen 1600 en 1950.
18. 9 resp. 4,5 jaarlijkse periodiciteit in ligging G.H.W.-lijn bij Hargen aan Zee.
19. Windrichting te Amsterdam 1700 - 1944, lopend 30-jaar gemiddelde (Labrijn).
20. Periode "van Straaten".
21. Vooroever Texel, aanzanding/erosie in cm; 1975 - 1985.
22. Raaiprofielen Texel km 11, 13, 17 en 18.
23. Chronologisch verloop dieptelijnen Texel.
24. Ver(on)dieping tussen 1958 en 1968 in m^{ms} omgeving havenmond IJmuiden.
25. Omgeving havenmond IJmuiden, sommatiekrommen van ver(on)dieping t.o.v. 1958.
26. Gedrag Molengat en Noordergat.

Literatuur

1. P. van Vessem, Een eerste benadering van de verplaatsing van de Nederlandse kustlijn in 1990-2000, 1990-2020 en 1990-2090; notitie GWAO-88-356; RWS - DGW/AOM, juni 1988.
2. ir. H.D. Rakhorst, De kust van Texel. Ontwikkeling en voorspelling; conceptnota 88.ANP.007; RWS - Dir. N.H.
3. ir. H.D. Rakhorst, De kust van Nederland. Ontwikkeling en voorspelling; concept.
4. H. Schoorl: Kustgenese-Kust genezen?; 7e uitgave kring van "vrienden van de Hondsbossche".
5. D. van Parreeren; Eemsomleiding; Effecten op stormvloedhoogten in het Eemsestuarium; RWS - Dir. Gr. MAD notitie 81-13.
6. ir. H.J. Verhagen: Zandgolven en Strandhoofden; Otar 1988-5, blz. 162 t/m 168.
7. ir. H.D. Rakhorst; Astronomische cycli in waterstanden; conceptnota 88.ANP.010; RWS - Dir. N.H.
8. ir. W.D. Eysink: Morfologie van de Waddenzee; gevolgen van zand- en schelpenwinning, Waterloopkundig Laboratorium; R1336; mei 1979.
9. M. de Boer e.a.; Erosie en sedimentatie in de buitendelta van het Zeegat van Texel en aangrenzende kuststroken 1925-1981; RWS - Dir. N.H., vestiging Hoorn; rapportage ANWX-88H201.
10. M. de Boer e.a.: Enige toelichting omtrent verschillen in uitkomsten tussen Rapport M12-1953 (RWS - Dir. Beneden-rivieren) en ANWX-88.H201 inzake buitendelta Zeegat van Texel; RWS - vestiging Hoorn; notitie ANWX-88.H203.
11. M. de Boer e.a.: Erosie en sedimentatie in de binnendelta van het Zeegat van Texel 1932-1982; RWS - Dir. N.H., vestiging Hoorn; rapportage ANWX-87H201.
12. M. de Boer e.a.; Erosie en sedimentatie in de binnendelta van het Zeegat van het Vlie 1933-1983; RWS - Dir. N.H. - vestiging Hoorn; rapportage ANWX-88.H204.
13. M. de Boer e.a.; Erosie en sedimentatie in de buitendelta van het zeegat van het Vlie 1933-1982; R.W.S.-dir. N.H. - vestiging Hoom; rapportage ANWX-86.H210.
14. ir. T. Edelman; Erosie en aanwas van het kustvak Den Helder - Hoek van Holland; nota W.W.K. 61.1; RWS - Dir. W. en W.
15. ir. H.D. Rakhorst; Onderzoek stabiele kustlijn km 13 Callantsoog; notitie 87ANP211; RWS - Dir. N.H.

16. W.P.M. de Ruyter; J.G. de Ronde e.a.:
Zeespiegelrijzing; RWS-DGW mei 1986.
17. M.J.F. Stive; J.A. Battjes; A model for offshore
sediment transport; Waterloopkundig laboratorium;
publication no. 340; April 1985.
18. Nolthenius; ir. R.P.J. Tutein, verslag over de in de
jaren 1880-1882 gedane waarnemingen omtrent den loop,
de snelheid enz. der stroomen in de Noordzee langs de
Nederlandsche kust.
19. H.H. Lamb; "Climate: Present, Past and Future,
climate history and the future"; vol. 2.; Methuen and
Co. Ltd; London, 1977.
20. W.T. Bakker, The influence of offshore transport on
the dynamica of a coast with a harbour mole;
studierapport WWK 69-2; RWS - Dir. W. en W.
21. W.T. Bakker, One aspect of the dynamics of a coast,
partly protected by a row of groynes; Studierapport
W.W.K 67-5, R.W.S.; dir. W.en W.
22. ing. K.M. Schalkers; Kustachteruitgang Noord-Holland
km 1-40 door de eeuwen; notitie WWKZ 84.H:225; RWS
adviesdienst Hoorn.
23. anoniem; De zeevering bij Egmond aan Zee; nota 72.4;
R.W.S., Studiedienst Hoorn.
24. ir. H.D. Rakhorst; Zandwinbeleid Westelijke
Waddenzee. conceptnota 87ANP003; RWS Dir. N.H.
25. ir. W.T. Bakker, ir. H.J. de Vroeg; Is de kust
veilig?; nota GWAO 88.017; RWS-DGW.
26. ir. S.J. Poel; Kustontwikkeling Noord-Holland
bezuiden IJmuiden; nota WWKZ-85.H003; RWS
adviesdienst Hoorn.
27. ir. H.D. Rakhorst; Voorspelling van de
kustontwikkeling bij Bloemendaal; conceptnota
88ANP013; RWS Dir. N.H.
28. J.M. Saarloos; Verdieping Zeegat van Texel; RWS
Dir. Benedenrivieren; 28-11-'43.
29. Jac. Haring; Inhouds- en diepteveranderingen van
Zeegat van Texel 1863-1933-1950; Studiedienst
rapportnr.12.1953, RWS Dir. Benedenrivieren.
30. drs. P. Brolsma; Zandbalans Zeegaten; notitie 79.H251
RWS Studiedienst Hoorn.
31. M. de Boer e.a.; Erosie en Sedimentatie in de
Westelijke Waddenzee; nota WWKZ-80H001; RWS
adviesdienst Hoorn.
32. ir. H.D. Rakhorst; Verdedigingsplannen Noordwestkust
Texel; nota WWKZ-81.H021; RWS adviesdienst Hoorn.
33. L.C. Rijzewijk e.a.; Overzichtskaarten zeegaten van
de Waddenzee; 1796-1985; verzameling 86.H208; RWS
Dir. N.H. vestiging Hoorn.

1. SAMENVATTING

De verschillende factoren, welke het kustgedrag bepalen, worden behandeld. Het kustgedrag van Noord-Holland en Texel wordt verklaard en een voorspelling van de kustontwikkeling tot 2090 bij ongewijzigde hydraulische condities wordt gegeven. Tevens zijn zandbalansen opgesteld.

Ondanks het voorkomen van (al of niet stationaire) zandgolven langs de noordhollandse kust mag voor de prognose van de kustontwikkeling, lineaire extrapolatie toegepast worden; alleen niet rond IJmuiden, waar de invloed van de uitbouw na de havenhoofden rond 2010 beëindigd zal zijn. De kust van Texel zal vanaf 2030 onder de invloed van de verhelving van de Noorderhaaks met Texel komen te staan.

2. INLEIDING

2.1. Studiekader en opdracht

In opdracht van de dienst Getijdewateren van de Rijkswaterstaat wordt door de regionale kustdirecties van Rijkswaterstaat een studie uitgevoerd met betrekking tot de voorspelling van de ontwikkeling van de Nederlandse kust voor de periode 1990-2090. Deze studie dient ter onderbouwing van de Nota Kustverdediging die in 1990 voor de eerste keer definitief moet verschijnen als uitvloeisel van de nieuwe Wet op de Waterkering.

Voor de voorspelling van de kustontwikkeling zijn drie fasen te onderscheiden. In Fase I is gebruik gemaakt van recht toe recht aan extrapolatie van de kustlijnligging, zoals bekend over de laatste 20 of 100 jaar (lit.1).

De onderhavige studie betreft Fase II voor het gebied van de provincie Noord-Holland, waarin de extrapolaties worden verfijnd met behulp van zowel regionale empirische als fysische kennis. Tevens wordt een uitbreiding gegeven naar volumina voor de kuststrook.

In Fase III wordt (door het W.L.) op grond van dynamische sedimentbalansoverwegingen een voorspelling gemaakt voor de kustlijnontwikkeling en wordt de invloed van zeespiegelrijzing en verandering van windklimaat op de kustlijnontwikkeling gegeven.

Fase II nota's worden voor de gebieden van de kustprovincies Zeeland, Zuid-Holland, Noord-Holland en Friesland afzonderlijk gemaakt. De resultaten Fasen I, II en III monden uit in het technische rapport "Kustvoorspelling", dat gezien kan worden als een van de onderbouwende nota's voor de Nota Kustverdediging. Met betrekking tot de voorspelling van de kustlijn zijn de volgende rapporten gemaakt:

Technisch Rapport 5 Kustvoorspelling; Voorspelling ontwikkeling kustlijn 1990-2090; Waterloopkundig Laboratorium H825, maart 1989.
Fase I:

- Deelrapport 1.1 : Een eerste benadering van de voorspelling van de kustverplaatsing 1990-2090; beschrijving methode en resultaten Fase 1; notitie: GWAO-88.356 ,P. van Vessem; R.W.S.-Dienst Getijdewateren, juni 1988
- Deelrapport 1.2 : Voorspelling sedimentverlies van de Nederlandse kust tot aan de jaren 2000, 2020, en 2090; notitie GWAO-88.341; J.H.M. de Ruig; juli 1988.

Fase II:

- Deelrapport 2.1 : Prognose kustontwikkeling Zeeland 1990-2090; beschrijving methode en resultaten Fase 2; nota GWWS-88.409; P.Roelse, J.W.Maranus; R.W.S.-DGW; okt.'88
- Deelrapport 2.2 : Prognose ligging kustlijn Voorne en Goeree 1990-2090; beschrijving methode en resultaten Fase 2; notitie ZHAN-89K.202; R.Nolten; jan 1989.
- Deelrapport 2.3 : De kust van Noord-Holland en Texel -

- Ontwikkeling en voorspelling;
 beschrijving methode en resultaten
 Fase 2; nota 88.ANP.014;
 ir.H.D.Rakhorst; R.W.S.-dir.NH, jan '89
- Deelrapport 2.4 : Kustlijnvoorspelling Friese Wadden-
 eilanden 1990-2090; beschrijving
 methode en resultaten Fase 2;
 Rapport ANW-88.44; ir.A.Prakken;
 R.W.S. dir.Fr., febr. '89.
- Fase III:
- Deelrapport 3.1 : Voorspelling ontwikkeling kustlijn
 1990-2090 Fase 3; dynamisch model
 van Nederlandse kustsysteem: M825
 deel IV: M.J.F.Stive; W.D.Eysink;
 W.L., maart '89.
- Deelrapport 3.2 : Voorspelling ontwikkeling kustlijn
 1990-2090 Fase 3; twee-lijn kustmodel-
 techniek voor de Hollandse kust;
 ir.W.T.Bakker, M.Dijkman; R.W.S.-DGW.
- Deelrapport 3.3 : Voorspelling ontwikkeling kustlijn
 1990-2090 Fase 3; getijstromingsmodel
 voor de Hollandse kust; M825;
 G.Hartsuiker, W.L.,
- Deelrapport 3.4 : Voorspelling ontwikkeling kustlijn
 1990-2090 Fase 3; initieel sediment-
 transportmodel voor de Hollandse kust;
 H825; J.A.Roelvink, M.J.F.Stive;
 W.H., nov. '88

2.2. Methode van aanpak.

Gekozen is voor een aanpak waarbij de oorzaken van (veranderingen in) het kustgedrag vastgesteld worden en bij iedere oorzaak het gevolg daarvan zichtbaar gemaakt wordt. Dit is een "black box" model, met de hydraulische processen in de "black box". Eerst worden hypothesen e.d. opgesteld en getoetst voor de oorzaken van de kustveranderingen. Het resultaat hiervan is een oorzaak-gevolg relatie.

Het onderzoek richt zich met name op die kustdelen waar een niet lineaire kustlijnontwikkeling wordt verwacht, met name door zandgolven (verhelings Noorderhaaks met Texel en menselijke ingrepen uitbouw havenhoofden IJmuiden).

In deze nota wordt op basis van de zgn. bliksemgrafieken de kustontwikkeling in het verleden gepresenteerd, alsmede de oorzaken hiervan en een gemiddelde als ook een pessimistische prognose 2090 van de kustontwikkeling. Tevens worden middels kuberingen zandbalansen gegeven.

Deze onderliggende nota is een (verbeterde) samenvatting van de conceptnota's "De kust van Texel, Ontwikkeling en voorspelling" (lit. [2]) en "De kustontwikkeling van Nederland. Ontwikkeling en voorspelling" (lit. [3]).

3. FACTOREN DIE DE KUSTONTWIKKELNG BEINVLOEDEN

De volgende factoren zullen worden behandeld:

- zandgolven (3.1)
- verband tussen wadden/estuaria en de kust (3.2)
- gedrag van buitendelta's (3.3)
- kromming kust (3.4)
- eolisch transport (duinvorming) (3.5)
- resistente lagen (3.6)
- zeespiegelrijzing, bodemdaling (3.7)
- verandering in meteo-omstandigheden (3.8)
- menselijke ingrepen (3.9)

3.1 Zandgolven

Alle natuurverschijnselen manifesteren zich als een trend of als een periodiek verschijnsel. Hierbij kan een trend gezien worden als een periodiek verschijnsel met een zeer grote periode. Door verschillende astronomische perioden zullen er natuurverschijnselen optreden met zeer verschillende tijdsperioden: van miljoenen jaren tot dagdelen. Voor het kustgedrag kunnen al deze periodiciteiten van belang zijn.

De volgende astronomische perioden zijn bekend:

108.000	jaar	perigeum aarde-zon
25.800	jaar	draaiing lentepunt
18,613	jaar	draaiing maanvlak/zonvlak
8,847	jaar	perigeum maan-aarde
1,16	jaar	rotatie draaiingsas aarde
1	jaar	rondgang aarde om zon
28	dagen	rondgang maan om aarde
1	dag	draaiing aarde

Grofweg vormen deze perioden en combinaties van deze perioden en gehele delen ervan de getijcomponenten.

Cyclische perioden van enkele eeuwen tot meer dan een jaar welke in aanmerking komen zijn:

samenvallen van 18,60; 8,85 en 1,16		
jaarlijkse periode =	186	jaar
samenvallen van 18,60 en 4,425		
jaarlijkse periode =	93	jaar
samenvallen van 9,30 en 4,425		
jaarlijkse periode =	93	jaar
periode van	18,6	jaar
periode van $1/2 \times 18,6$ jaar =	9,3	jaar
periode van	8,85	jaar
periode van $1/2 \times 8,85$ jaar =	4,43	jaar

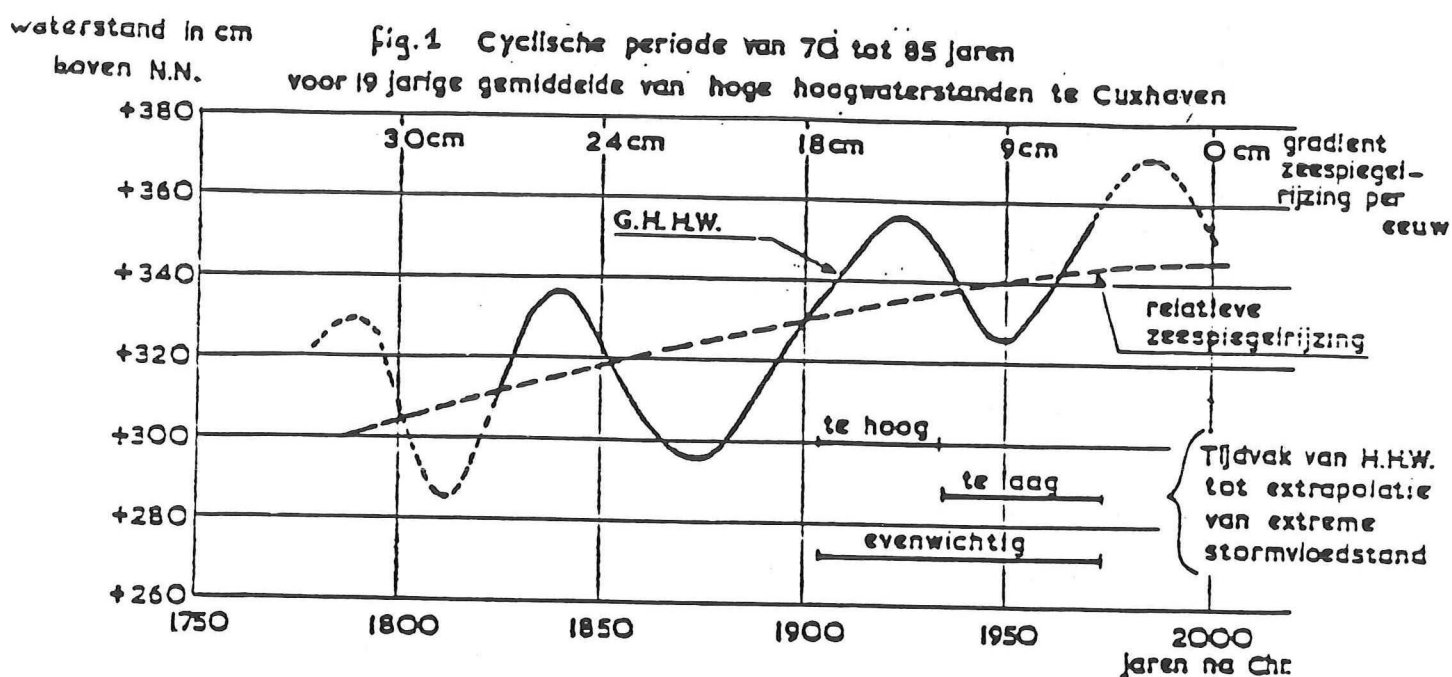
Samenvallingen van de perioden 1,16 jaar en 8,85 jaar gebeuren in 186; 141,6; 124; 79,6 en 62,0 jaren.

Het is niet ondenkbaar dat zandgolven welke langs de kust lopen opgewekt worden door verschillende periodieke verschijnselen die hun oorzaak primair hebben in deze astronomische perioden wellicht in combinatie met de geometrie van de kust, de Noordzee of de oceanen. De

directe invloed van de astronomische perioden van meer dan enkele jaren uitgedrukt in krachten is uiterst gering.

De cyclus van ± 186 jaar is (nog) niet in waterstanden of kustgedrag vastgesteld. Wel vindt Schoorl (lit. [4]) voor de verheling van zandplaten met de z.w.-kust van Texel een periodiciteit vanaf 1400 van ± 175 jaar. Mogelijk is dat de zandgolf langs Terschelling dezelfde periode heeft. De periodiciteit van 186 jaar is wellicht een gemiddelde en moet men hiervoor lezen periodiciteit van 186 ± 35 jaar.

Over periodieke verschijnselen tussen de 50 en 100 jaar is het volgende bekend. Volgens notitie 81-13 van de MAD [5] is er een cyclus van 70 tot 85 jaar voor 19 jaarsgemiddelde van hoge hoogwaters te Cuxhaven. De bijbehorende amplitude is 40 à 50 cm.



Langs de hollandse kust is deze periode herkenbaar in de kustlijnen van de raaien 11 t/m 17, 49 en vele andere raaien. Volgens Verhagen en anderen [6] lopen langs de hollandse kust zandgolven met een periode van 75 à 100 jaar (fig. 2).

De 18,6 jarige cyclus is met name terug te vinden in de getijverschillen van alle Nederlandse kuststations (fig. 3). Ook in de kustlijnligging is deze periode veelvuldig terug te vinden met name in het kustgedeelte Den Helder - Pettemer Zeewering.

Ook de periodiciteit van 8,85 jaar (apogeum-perigeum aarde/maan) en de daaraan gekoppelde periode van 4,42 jaar (2 maxima, 2 minima) is zowel in de waterstanden als in de kustlijnen terug te vinden (zie lit [7] en fig 4). Waarschijnlijk is de periodiciteit van brandingsruggen

gekoppeld aan de periodiciteit van de kustlijn en dus aan de astronomische perioden. Immers de periodiciteit van de brandingsruggen langs de Hollandse kust is 4 à 5 jaar ten zuiden van IJmuiden en ± 20 jaar ten noorden van IJmuiden.

3.2 Verband tussen Waddenzee/estuaria en de kust

Een buitendelta, de nabijgelegen kust en het bijbehorende kombergingsgebied vormen één hydraulisch en morfologisch systeem. Veranderingen in het kombergingsgebied kunnen veranderingen geven in de buitendelta of in de kustlijnligging.

In een kombergingsgebied geldt de relatie (volgens [26]):

$$I = \beta \left(\frac{Q}{\alpha \cdot C} \sqrt{\frac{\rho \cdot g}{\tau}} \right)^{3/2} \text{ en } Q = a \cdot O$$

Q = getijdebiet

I = kombergingsinhoud

O = kombergingsoppervlakte

a = getijverschil

C = Chezy coëfficiënt

τ = bodemschuifspanning (stabiliteitsschuifspanning)

α en β zijn constanten

ρ = soortelijke massa water

g = versnelling van de zwaartekracht

Bij een kombergingsgebied in evenwicht zijn τ , α en β en C (nagenoeg) constant en geldt dus:

$$I = \gamma_1 \cdot O^{3/2} \text{ of } I = \gamma_2 \cdot Q^{3/2}$$

(fig. 5)

Deze relatie zegt dat door bijvoorbeeld verkleining van het kombergingsoppervlak O (door inpoldering of aanslibbing) de kombergingsinhoud verkleind wordt, dus dat sedimentatie optreedt. Het hiervoor benodigde zand zal (zeker in eerste instantie) uit de buitendelta en de Noordzeekust komen. Bij zeespiegelrijzing gebeurt dan iets soortgelijks. De inhoud I neemt toe, het oppervlak O zal nauwelijks toenemen, omdat het kombergingsgebied "bedijkt" is.

De inhoudsvergroting zal teniet worden gedaan met zand uit de buitendelta en de kust. De kustachteruitgang van Bergen aan Zee tot Den Helder is dus (grotendeels) te verklaren door de inpolderingen in de kop van Noord-Holland (en het sluiten van inlets) en aanslibbing en inpolderingen in de Waddenzee in de voorgaande eeuwen [8].

Het verband tussen binnen en buiten kan aannemelijker worden gemaakt door de erosie aan de buitendelta van het Zeegat van Texel te vergelijken met de sedimentatie van het kombergingsgebied van het Zeegat van Texel in de Waddenzee. Volgens De Boer e.a. is de buitendelta vanaf 1933 tot 1981 afgenomen met circa $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ([9] en [10]) en vond sedimentatie tot 1970 in het kombergingsgebied plaats van circa $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ [11]. Na

fig. 2, 3 en 4

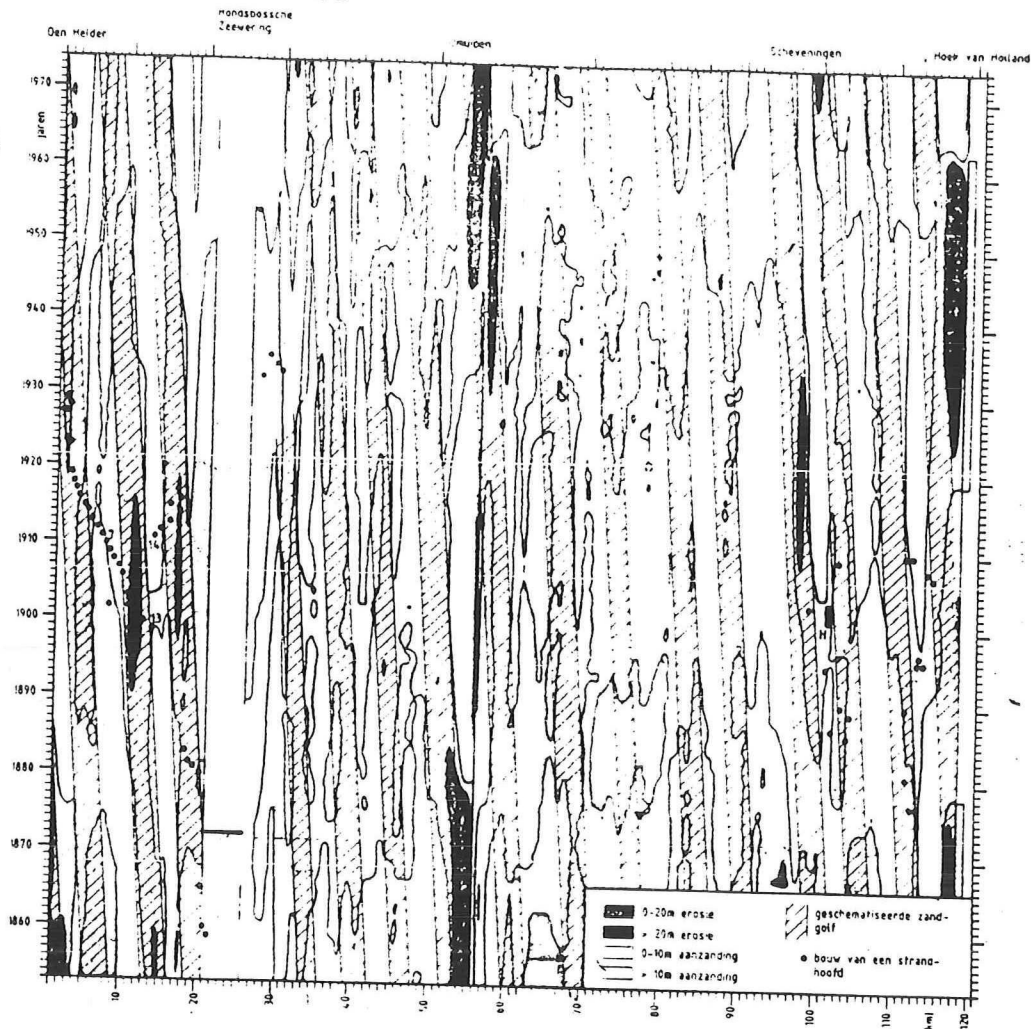


fig.2. Zandgolven hollandse kust

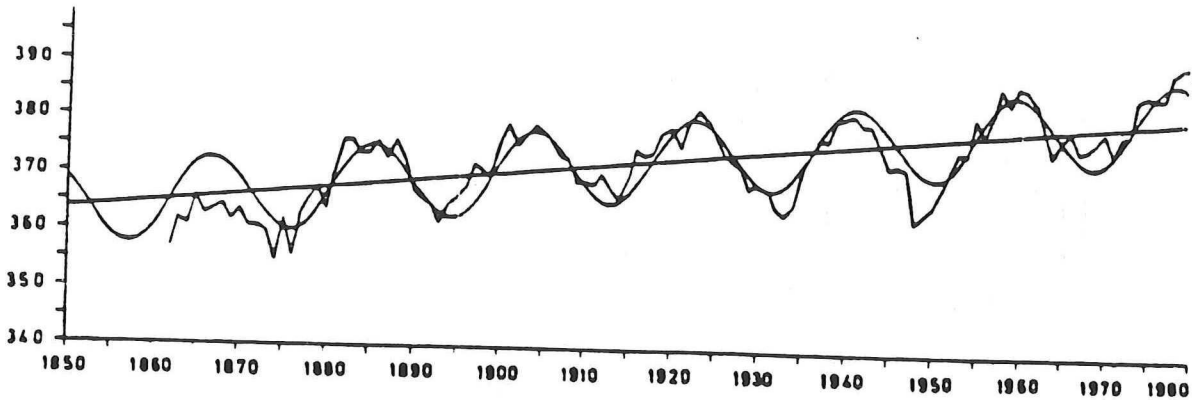


fig.3. 18,6 jarige periode in grtijverschil Vlissingen

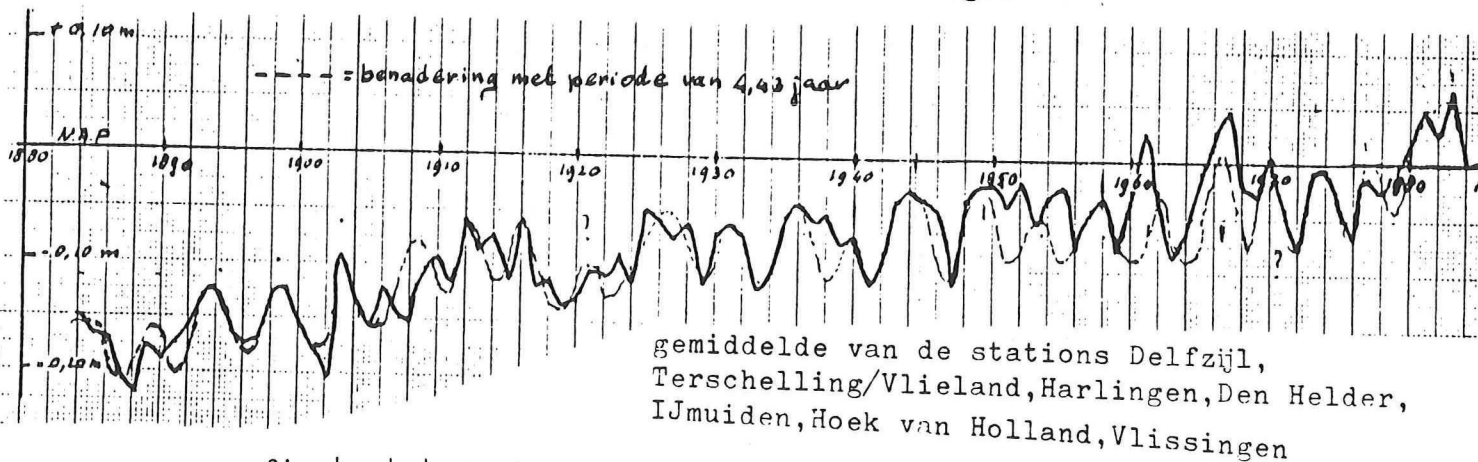


fig.4. 4,4 jarige periode in gemiddelde waterstand

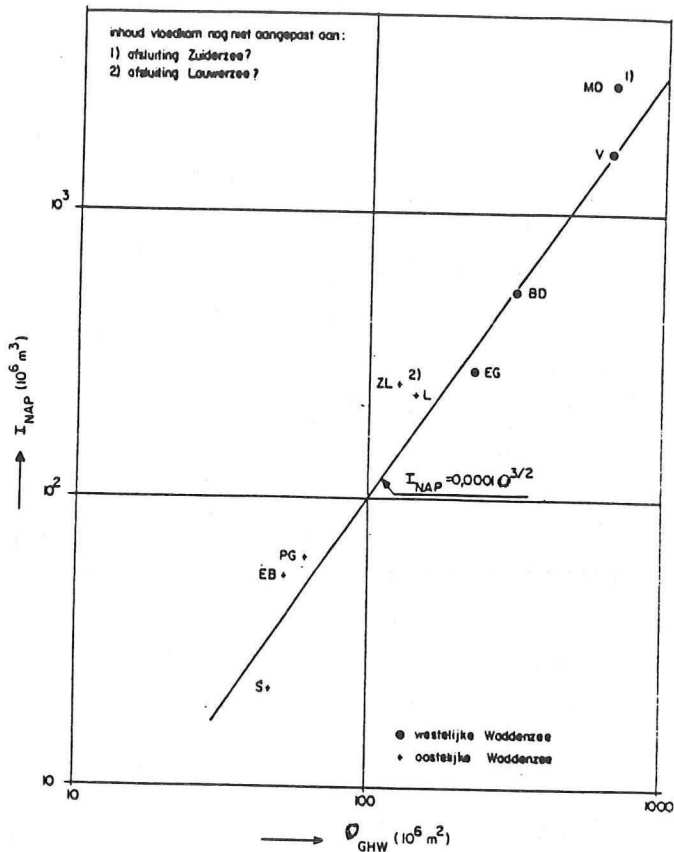


fig.5. Verband tussen inhoud en oppervlak kombergingsgebieden Waddenzee

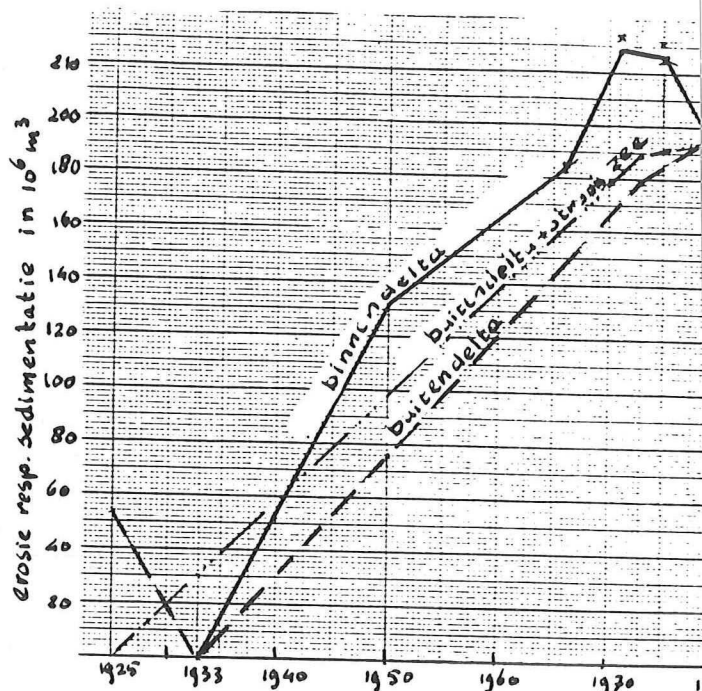


fig.6. Chronologisch verloop erosie/sedimentatie binnen- en buitendelta Zeegat van Texel

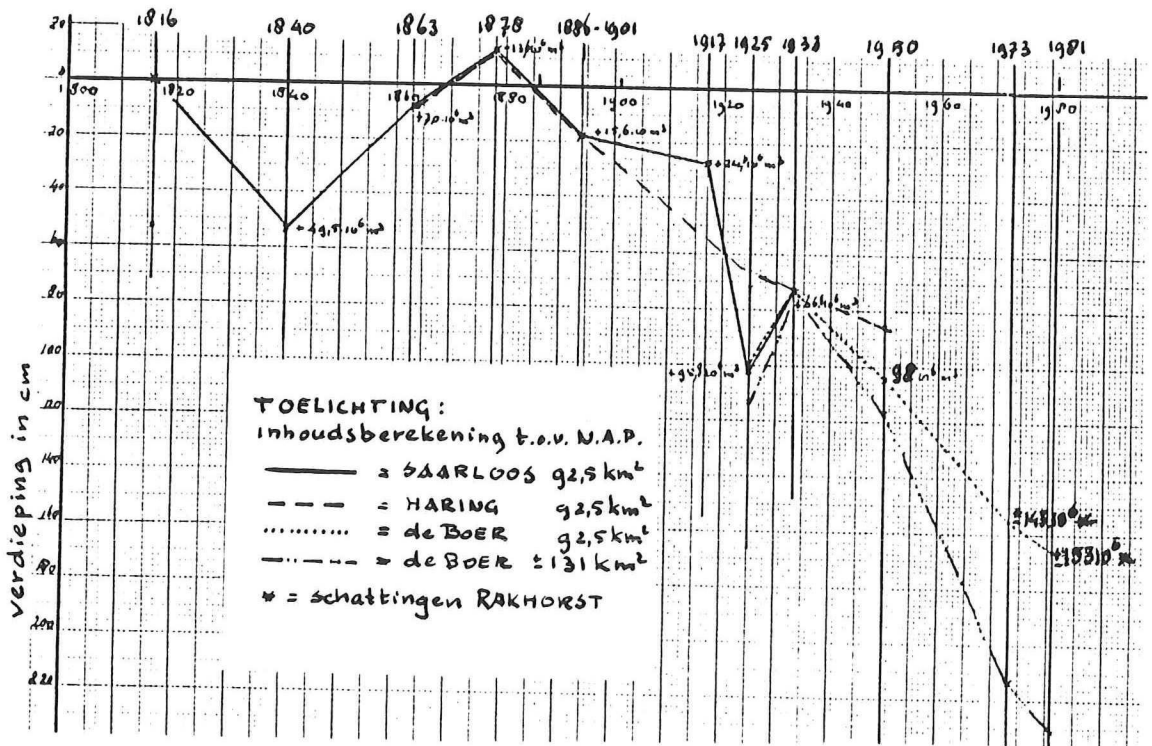


fig.7. Gemiddelde diepteverandering buitendelta Zeegat van Texel

1970 vindt hier erosie plaats die dezelfde orde heeft als de zandwinhoeveelheid (fig. 6 en 7). Recentelijk zijn de resultaten bekend geworden van het erosie/sedimentatie-onderzoek van het kombergingsgebied van het Zeegat van 't Vlie [12].

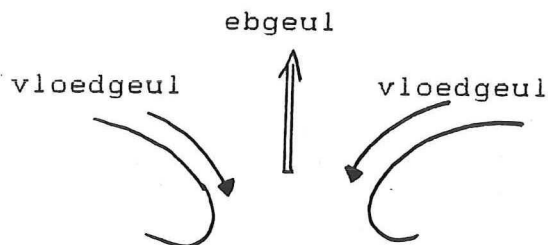
Ook hier blijkt dezelfde tendens. Het zandverlies in de buitendelta ($\pm 110 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) is van dezelfde orde als de sedimentatie in het kombergingsgebied [13]. Ook hier vindt het laatste decenium erosie plaats van dezelfde orde als de zandwinhoeveelheid.

De rechtstreekse beïnvloeding van kombergingsgebied met buitendelta lijkt hiermee aangetoond. Indien we aannemen dat het oppervlak van de buitendelta ongeveer constant blijft, wil bij erosie van de buitendelta deze "naar binnen" komen, waardoor de kust achteruitgaat.

Bij de kop van Noord-Holland reikt de buitendelta tot km 8. Uit JARKUS/doorlodingen blijkt dat er geen resulterend zandverlies zuidelijk van km 8 is, doch dat van Den Helder tot km 8 ca. $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ erosie optreedt. Het naar binnen komen van de buitendelta lijkt hiermee aangetoond.

3.3 Gedrag van buitendelta's

Een buitendelta bestaat uit een systeem van platen en geulen. Langs de kust lopen vloedgeulen, de ebgeul loopt rechtdoor het zeegat uit. Tussen deze geulen liggen plaatgebieden.



Aan de hand van een analyse van historische kaarten is een zekere regelmaat in het gedrag van de buitendelta's te onderkennen. De geulen verplaatsen zich met de wijzers van de klok mee. Deze geulverplaatsing wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een resulterend noordgaand transport, mogelijk in de vorm van de langs de kust noordwaarts lopende zandgolven of door de coriolis-kracht.

Mogelijk gedraagt de vloedgeul aan de zuidzijde van de ebgeul zich onafhankelijk van de vloedgeul aan de noordzijde. De vloedgeul aan de zuidzijde draait van de kust af. Als deze geul teveel van de kust afgedraaid is, (en in intensiteit afneemt) ontstaat langs de kust een nieuwe vloedgeul, die (tijdelijk) een versterkte erosie aan de kust geeft. De fluctuaties zijn echter redelijk beperkt. De noordelijke vloedgeul wordt door het noordgaande zandtransport tegen de kust gedrukt en vreet

zich daarin in. De geul wordt hierdoor steeds langer, het verhang steeds kleiner, de stroomsnelheid steeds kleiner en uiteindelijk zal er verhelings optreden. Intussen is zuidelijk van de uitstervende vloedgeul reeds een nieuwe veel kortere vloedgeul gevormd. Dit proces geeft zeer grote fluctuaties in de kustlijn. Door plaatselijke omstandigheden kunnen afwijkingen op dit algemene beeld plaatsvinden, zoals het volgende voorbeeld aangeeft. Langs de kust van Noord-Holland loopt de vloedgeul (Nieuwe Schulpengat). Deze geul zou zich op grond van historische regelmaat van de kust af moeten verplaatsen ware het niet dat er thans twee invloeden zijn die dit tegen gaan, namelijk:

- door de afsluiting van de Zuiderzee is de Texelstroom tegen de wijzers van de klok in gaan draaien, met als gevolg dat de ebgeul (Westgat) tegen de klok in draaide en de overige geulen in het zuidelijk deel van de buitendelta ook tegen de klok in weggedrukt werden;
- de buitendelta als geheel verplaatst zich oostwaarts. Immers de buitendelta voorzag het kombergingsgebied van het Zeegat van Texel van 200.10^6 m^3 zand na de afsluiting van de Waddenzee. Dit proces lijkt nu nagenoeg beëindigd te zijn. [11]

Verhelings van zandplaten in de buitendelta's met de eilanden worden geacht veroorzaakt te worden door het gedrag van buitendelta's en mogelijk door astronomische invloeden in fase gebracht met een astronomische periode. De buitendelta zelf wordt beïnvloed door het kombergingsgebied.

3.4. Kromming Kust

De natuur wil de kustlijn in principe rechte trekken, dat wil zeggen holle kusten zanden aan en bolle kusten eroderen. Dit verschijnsel wordt verklaard door aan te nemen dat over de te beschouwen kustlengte er geen verschil is in golfhoogte en golfrichting, waardoor door de kromming van de kust het golfgedreven transport varieert. We hebben echter ook te maken met getij-transport en de golfhoogte en golfrichting zal langs de kust wel variëren. In hoeverre de kustkromming verantwoordelijk is voor erosie c.q. sedimentatie is niet duidelijk. Het verdient aanbeveling hiernaar onderzoek te doen.

De holle kustboog kan de belangrijkste oorzaak zijn van de lichte kustvoortgang tussen Egmond aan Zee en Scheveningen. In dit centrale deel wordt de aangroei geschat op $\pm 25 \text{ m/eeuw}$. Dit is veel minder dan Edelman [14] aangeeft, n.l. $\pm 65 \text{ m/eeuw}$. Voor dit verschil zijn 2 oorzaken aan te geven, n.l.:

- 1e De kustvoortgang van Edelman is verkregen door een lijn te trekken door de punten van maximale kustvoortgang, beter is wellicht een gemiddelde waarde te geven;
- 2e Edelman beschouwt de duinvoet. Indien men de

G.L.W.-lijn had genomen, komt men op veel lagere waarden uit. (fig. 8).

3.5 Eolisch transport

Zand uit de kust kan niet alleen afgevoerd worden door het water maar ook door de wind. Hiermee dient bij het vaststellen van de zgn. kustconstante in morfologische berekeningen rekening te worden gehouden. Dit zogenaamde eolisch transport kan in het verleden voor een belangrijk deel de kustontwikkeling bepaald hebben. Pas vanaf \pm 1500 is men de duinen, middels helm, geleidelijk gaan vastleggen. Er trad dus in vorige eeuwen een veel grotere winderosie op dan in de laatste eeuwen. (Ook tegenwoordig kan winderosie door het bewust doorstuiven van zand tot circa 30 % - tijdelijk over korte afstand - aan de kusterosie bijdragen). In het verleden werd het zand in grote hoeveelheden over het duin geblazen of verdween het in de "inlets". Tegenwoordig wordt het zand grotendeels in de zeereep opgevangen en komt door duinafslag weer in de vooroever. Dit zand blijft zodoende in het kuststelsel. Mogelijk is de zogenaamde dip bij Zandvoort (de plaatselijke geringere kustvoortuitgang, welke door Edelman [14] niet verklaard kon worden) veroorzaakt door het opvegen en afvoeren van zand dat in Zandvoort op de boulevard en in de straten is gewaaid. Bij de laatste "sluiften" (het Zwin en de slufteer op Texel) vindt plaatselijk sterke kusterosie plaats door eolisch transport waardoor deze slufteers een kombergingsverkleining krijgen en daardoor verdere opvulling door de I-O-relatie, zoals besproken in paragraaf 3.2.

3.6 Resistente lagen

Het kustgedrag kan ook beïnvloed worden doordat in de vooroever resistente lagen, zoals klei en veenlagen aanwezig zijn, welke de kustachteruitgang remmen. Door deze lagen heeft de stabiliteitschuifspanning (zie paragraaf 3.2.) een hoge waarde, waardoor een kleiner profiel benodigd is voor de kuststroming. Het kustprofiel kan hierdoor steiler zijn. Mogelijk is hiervan sprake bij de zuid-west kust van Walcheren en bij Callantsoog (zie fig. 9), [15]. Bij verdere kustachteruitgang bij de kop van Noord-Holland kan dit steeds meer de kustachteruitgang in de toekomst gaan bepalen.

3.7. Zeespiegelrijzing en bodemdaling

Zeespiegelrijzing heeft dezelfde invloed als bodemdaling (bijvoorbeeld door gas- of oliewinning) op de kustlijnligging. Het heeft een directe en een indirecte invloed (zie ook [16]). De directe invloed geeft een landwaartse verplaatsing van het strandprofiel. De indirecte invloed komt door het

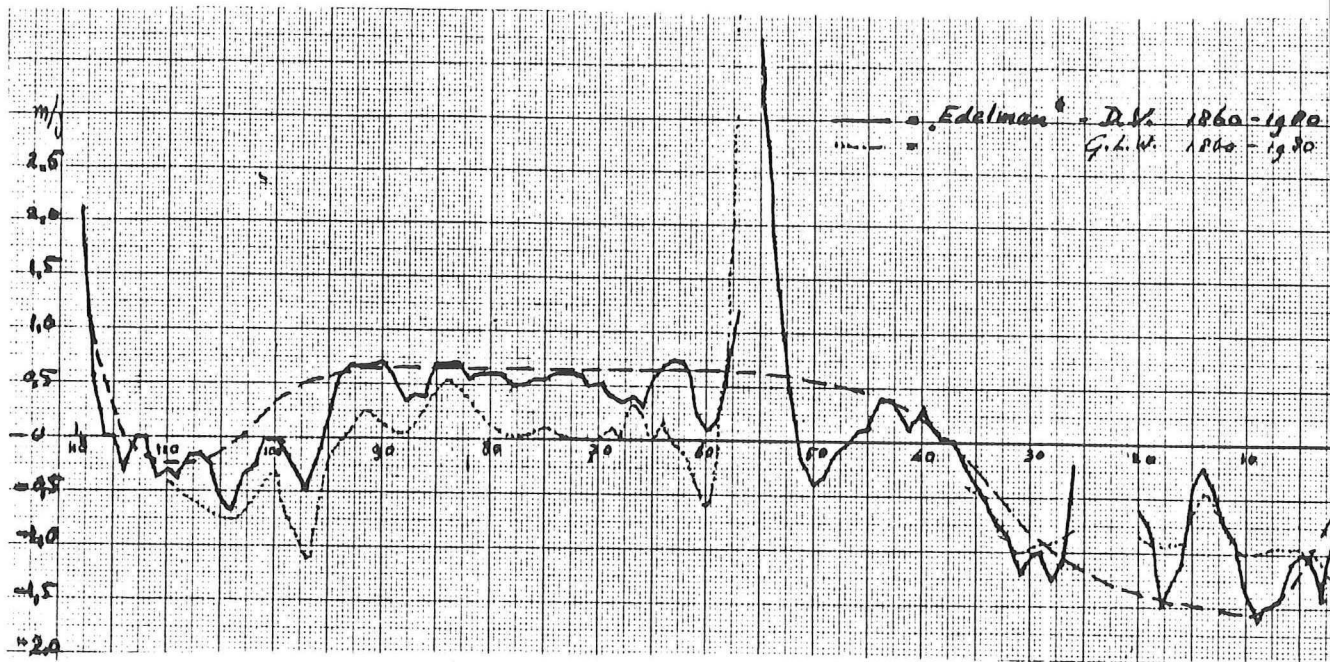


fig.8. Verplaatsingssnelheid G.L.W.- en D.V.-lijn van de hollandse kust

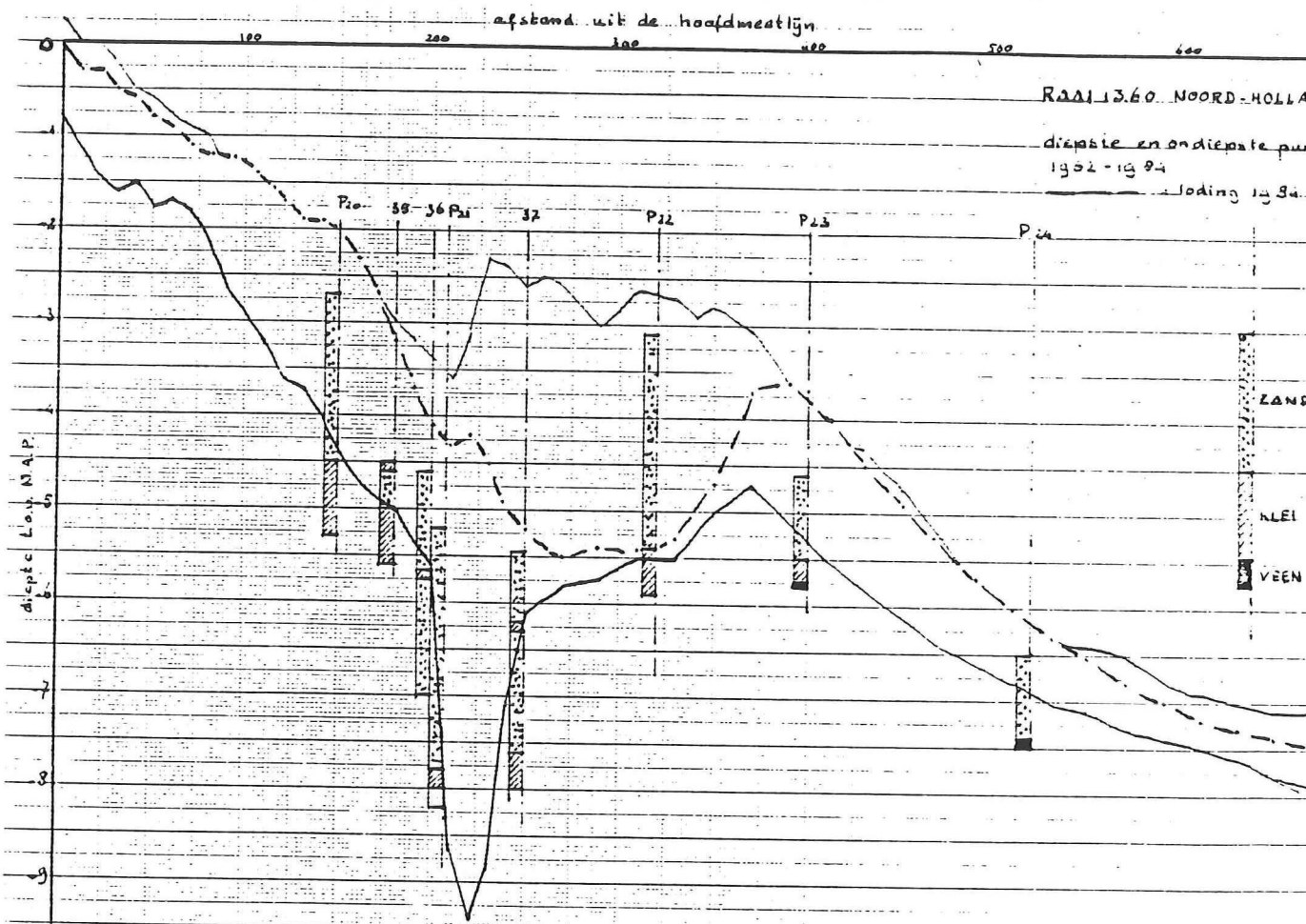


fig.9. Resistente lagen bij Callantsoog

opvullen van Waddenzee en estuaria (zie paragraaf 3.2.).

3.7.1. Directe invloed (schone kust)

De kust heeft een gemiddeld profiel welke de vorm heeft van de zgn. afslagparabool. Het "nulpunt" is gelegen op de hoogte van de duinvoet (N.A.P. + 2,5 à 3,0 m). Door zeespiegelrijzing verschuift deze parabool naar boven en landwaarts.

Deze landwaartse verplaatsing bedraagt; $K.A. \sim a.l./h$

a = zeespiegelrijzing

l = de lengte van de evenwichtsparabool in m, deze is een functie van de diepte van de evenwichtsparabool, de golfhoogte op diep water en de korreldiameter

h = de hoogte tussen het diepste punt van de evenwichtsparabool en de top van het duin in m.

K.A. = kustachteruitgang in m.

Indien $h = 20$ m en $l = 1000$ m dan volgt hieruit dat $K.A. = 50$ a. (duintop op N.A.P. + 10 m)

De kustachteruitgang is erg gevoelig voor de aanname van de diepte van de evenwichtsparabool en de hoogte van het duin. Bij een evenwichtsdiepte van 8 m en een duintop op N.A.P. = 15 m is $K.A. = 25$ a.

3.7.2. Indirecte invloed

Door zeespiegelrijzing zal de inhoud van Waddenzee en estuaria toenemen. Doordat het oppervlak (nagenoeg) niet zal toenemen, zal sedimentatie optreden, omdat er een relatie bestaat tussen de inhoud I en het oppervlak O. In paragraaf 3.2. is deze I-O-relatie gegeven.

Beter kan gebruik gemaakt worden van de I-Q-relatie:

$$I = \gamma \cdot Q^{2/3}$$

waarin Q het debiet of getijvolume is en γ een coëfficiënt die voor elk kombergingsgebied anders is, maar wel in de tijd (nagenoeg) constant wordt verondersteld.

Voor verschillende waarden van zeespiegelrijzing is de toename van debiet of getijvolume (doordat intergetijdegebieden onder water komen) te bepalen uit bijvoorbeeld kombergingssedimentpakketgrafieken. Uit deze toename van Q zijn de benodigde kombergingsinhouden te bepalen. Ook zijn de kombergingsinhouden te bepalen alleen doordat het waterniveau hoger ligt. Deze inhouden kunnen groter zijn dan de inhouden berekend uit de toename van Q. Het verschil tussen deze twee inhouden geeft de sedimentatie of erosie. Deze sedimentatie vindt plaats met zand, maar ook met slib. Door een aanname te doen voor de sedimentatie met slib en organische stof kan de sedimentatie van zand bepaald worden. Voorgenoemde bepaling van de zandsedimentatie geldt als:

- de vorm van de getijkromme dezelfde blijft;
- de Waddenzee momenteel reeds "in evenwicht" is;
- de kombergingsoppervlakken gelijk blijven;

- de plaathoogte in het intergetijde gebied constant blijft.

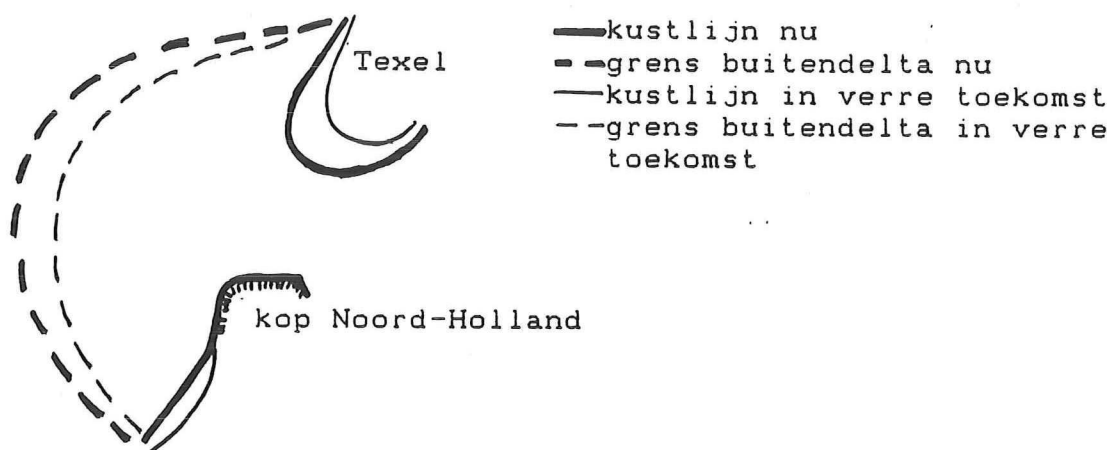
Verondersteld wordt dat het zand geleverd wordt door de buitendelta en kust tot een diepte van ca. N.A.P. - 15 m. Door de zeespiegelrijzing zal naast de debiettoename in het kombergingsgebied ook het debiet over de buitendelta toenemen en ook de inhoud van de buitendelta.

Veronderstellen we dat ook een soortgelijke relatie

$$I = \gamma \cdot Q^{3/2}$$

voor de buitendelta opgaat, dan is de sedimentatie van de buitendelta ook aan te geven. Hierbij wordt aangenomen dat de oppervlakte van de buitendelta constant blijft.

De sedimentatiehoeveelheid voor zowel het kombergingsgebied als de buitendelta, komt uit de buitendelta, waarbij het oppervlak van de buitendelta constant blijft. Dit kan alleen als de buitendelta naar binnen (richting zeegat) verplaatst wordt.



Het zandverlies aan de rand van de buitendelta kan vertaald worden in verloren gegane oppervlakte. Deze oppervlakte wordt gelijk verondersteld als de oppervlakte welke aan de aangrenzende kust verloren gaat.

De volgende opmerkingen zijn te maken:

Door de zeespiegelrijzing zal de golfinvloed op de buitendelta een fractie toenemen. Dit heeft inhoudsvergroting van de buitendelta tot gevolg. Verder zal sedimentatie in het kombergingsgebied plaatsvinden met fijn zand. Het grove zand blijft in de vooroever. Hierdoor wordt het evenwichtsprofiel steiler. Schatten we dat een vergroting van de gemiddelde korreldiameter optreedt van 20 μ dan komt er $\pm 1 \cdot 10^6$ m^3/km zand beschikbaar voor sedimentatie zonder dat dit gevolgen heeft voor de begrenzing van de buitendelta of kust.

3.8. Veranderingen in meteo-omstandigheden

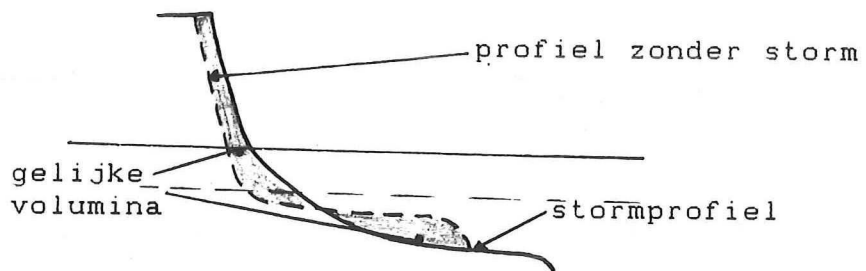
Verandering in windklimaat geeft verandering in

golfklimaat (golfrichting, golfhoogte) en verandering in windgedreven stroomsnelheden en windopzet.

Verandering in golfrichting heeft nauwelijks effect op de kustlijn van een schone kust. De golfgedreven stroming kan wel veranderen en daardoor de transporten maar niet de transportgradiënt. Plaatselijk b.v. rond havendammen zullen wel veranderingen optreden.

Verandering in golfhoogte geeft verandering in dwarstransport.

Dit is o.a. te zien in de formule voor het afslagprofiel of in de theorie Stive en Battjes [17]. Bij grotere golfhoogte wordt het profiel steiler. Er is dan zand beschikbaar om te verplaatsen. Bij lagere golfhoogte is het profiel flauwer, er is dan zand nodig om het profiel op te vullen. Afhankelijk van de ligging van de vooroever is het dus denkbaar dat vergroting van golfhoogte geen kustachteruitgang geeft, eerder kustvooruitgang. Dit komt overeen met de opvatting uit lit [18]. Hierin is geconstateerd dat in de periode 1850-1870 er veel meer stormen waren dan in de periode 1870-1880. De conclusie (met een vraagteken) was daar dan ook dat stormen kustvooruitgang geven en wanneer er geen stormen zijn de kust achteruit gaat. Een en ander wordt verduidelijkt in onderstaande figuur.



Verandering in windgedreven stroomsnelheden vindt voornamelijk plaats door hogere frequentie van stormen uit de Z.W.-sector. Hierdoor verandert de stroomgradiënt niet essentieel, echter daar waar zand "verdwijnt" (in Waddenzee en estuaria) zal dit verlies groter kunnen zijn. Verandering in windopzet (waterstandsverhoging door wind) vindt voornamelijk plaats door hogere frequentie van stormen uit de N.W.-sector. Meer stormen uit de N.W.-sector heeft dus het effect van zeespiegelrijzing.

Verandering in temperatuur heeft invloed op de sedimenttransporten. Immers de valsnelheid van zand in water is temperatuur afhankelijk. De temperatuur heeft verder invloed op de zeespiegel. Immers bij hogere temperatuur zet het water uit en smelt ijs af. Verder zijn er diverse indirecte invloeden, zoals uitzetting aarde, andere luchtdrukken etc.

In de klimatologische omstandigheden zijn ook cycli terug te vinden. Dit zijn vaak de genoemde astronomische cycli. Verandering in meteo-omstandigheden staat dus niet los van verandering in astronomische omstandigheden en hebben wellicht een directere invloed op de kustontwikkeling. Een

overzicht van de meteorologische (en gerelateerde) periodiciteiten is gegeven in lit. [19]. Opvallend zijn hierin de periodiciteiten van 2 à 3 jaar, 5 à 6 jaar, 8 à 12 jaar, 18 à 24 jaar, 75 à 100 jaar, 170 à 200 jaar en \pm 400 jaar.

3.9. Menselijke ingrepen

Menselijke ingrepen die direct de kustlijn beïnvloeden zijn:

- kunstmatige kustuitbouw (Maasvlakte, Slufter)
- aanleg afsluitdammen (Deltadammen)
- aanleg dijken, bolwerken, strandmuren, duinvoetverdedigingen, oeververdedigingen
- aanleg havenhoofden
- aanleg strandhoofden en paalrijen
- suppleties
- kustbeheer

Menselijke ingrepen die indirect de kustlijn (kunnen) beïnvloeden zijn:

- inpolderingen in Waddenzee en estuaria
- zandwinning en baggerwerken
- olie- en gaswinning

3.9.1. Kunstmatige kustuitbouw, afsluitdammen, dijken, bolwerken, strandmuren, duinvoet- en oeververbindingen

Kunstmatige kustuitbouw, afsluitdammen, dijken, bolwerken strandmuren, duinvoet- en oeververbindingen fixeren min of meer de kustlijn ter plaatse.

Voor deze harde verdedigingen treedt vaak erosie op. Indien deze verdedigingen ten opzichte van de "gladde" kustlijn in zee steken, kan lijszijde erosie optreden (zie paragrafen 3.9.2 en 3.9.3.). Indien deze verdedigingen, zoals bij de Deltadammen ten opzichte van de "gladde" kustlijn landinwaarts liggen, kan aanzanding optreden of de vorming van een binnendelta c.q. (sterk verkleind) kombergingsgebied.

De aansluitende kustvakken worden sterk beïnvloed.

3.9.2. Havenhoofden

De kustontwikkeling door havenhoofden is theoretisch beschreven o.a. door Bakker [20]. Een eerste benadering is te geven middels de theorie (meer methode) van Pelnard-Considère [21].

In fig. 10 wordt de algemene kustontwikkeling geschetst. Het transport is zowel golfgedreven als getijgedreven. Het geschetste algemene beeld wordt verder beïnvloed door refractie en diffractie van golven, door stroomcontractie voor de havenmond en neerstroming achter de havendammen. Doordat door de havendammen het golfklimaat plaatselijk verstoord wordt, zal ook het dwarstransport zich wijzigen.

Dit gebeurt ook omdat de getijstroom bij de havendam een loodrecht op de (gestrekte) kust staande component heeft. De theoretische modellen hebben in het algemeen als nadeel dat het kustverloop in de tijd en het erosiegebied niet exact genoeg te bepalen zijn.

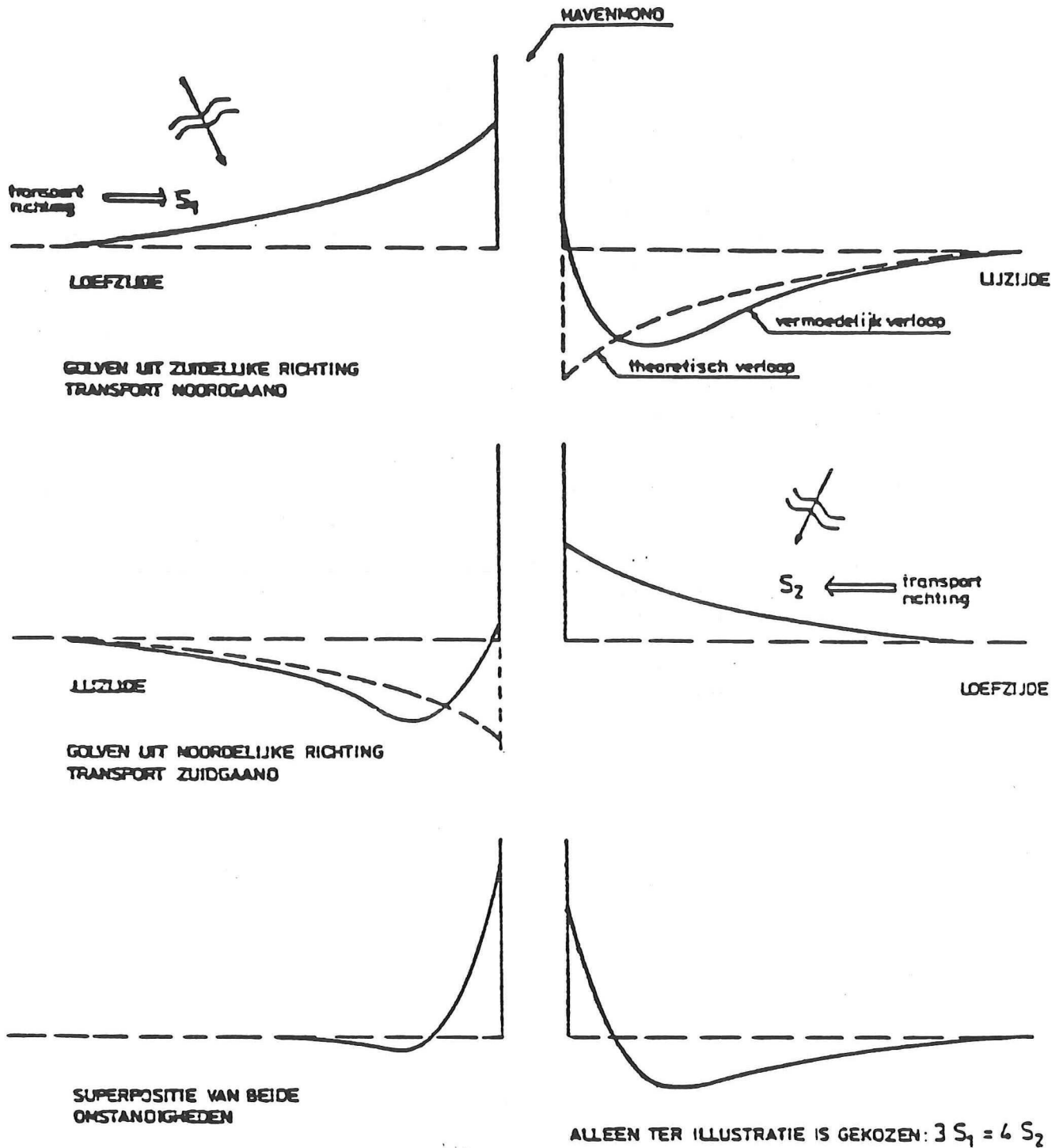


fig. 10 Kustvormen nabij een havenmond

3.9.3. Strandhoofden, paalrijen

De kust gaat achteruit als:

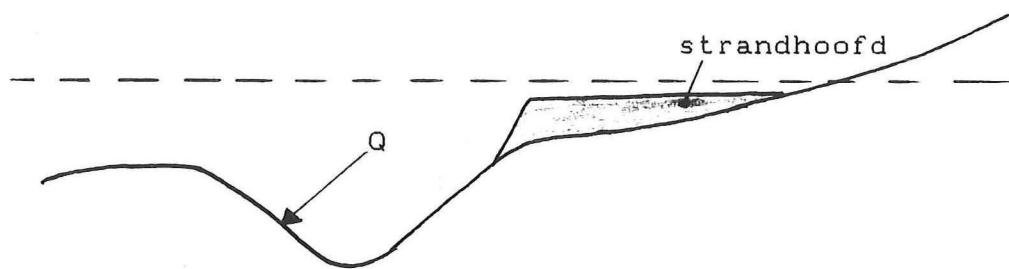
- er langs de kust een langtransportgradiënt aanwezig is;
- het (tijdelijk) zeewaartse dwarstransport via het meer zeewaarts gelegen langtransport afgevoerd kan worden.

Strandhoofden, paalrijen en dergelijke, welke loodrecht op de kust staan, beperken over hun lengte de stroomsnelheid en dus het langtransport. Beschouwen we een gebied waar de stroming van één kant komt en waarbinnen een zandtransportgradiënt aanwezig is, dan krijgen we door de aanleg van strandhoofden gebieden van erosie en sedimentatie. Hierbij dient onderscheid gemaakt te worden tussen de kuststrook waarbinnen de strandhoofden liggen en de kuststrook daar net buiten. Door de aanleg van strandhoofden zal het net buiten de strandhoofden harder gaan stromen indien het debiet dat langs de kust stroomt niet verandert. De gevolgen van de bouw van een strandhoofdenreeks zijn in figuur 11 schematisch weergegeven.

In de praktijk stroomt het water niet van een kant. We krijgen dan terzijde van de strandhoofdenreeks een profiel dat de superpositie is van de profielen I-I en III-III, dat wil zeggen een flauwer profiel dan het oorspronkelijke.

In principe is er alleen een herverdeling van zand indien we "extra" energieverliezen niet meerekenen. Deze extra energieverliezen spelen voornamelijk een rol als aanloopeffect. De kust zal zich rond de strandhoofden morfologisch zo instellen dat de extra weerstand van de strandhoofden minimaal wordt. Toch is enige winst te verwachten, hierbij moet gedacht worden aan 5-10 %. Hiervoor is de volgende verklaring.

Door de strandhoofden treedt verdieping voor de strandhoofden op.



$$\text{Er geldt: } Q = \alpha A \cdot C \sqrt{\frac{\tau}{\rho \cdot g}}$$

Doordat het landwaarts gedeelte van het profiel A door de strandhoofden wordt geblokkeerd, zal om dezelfde Q te behouden het profiel zeewaarts van de hoofden moeten verdiepen. Hierdoor neemt de C-waarde toe. Tevens wordt door de koppen van de hoofden de bodemschuifspanning vergroot. De toename van A zal hierdoor geringer zijn dan

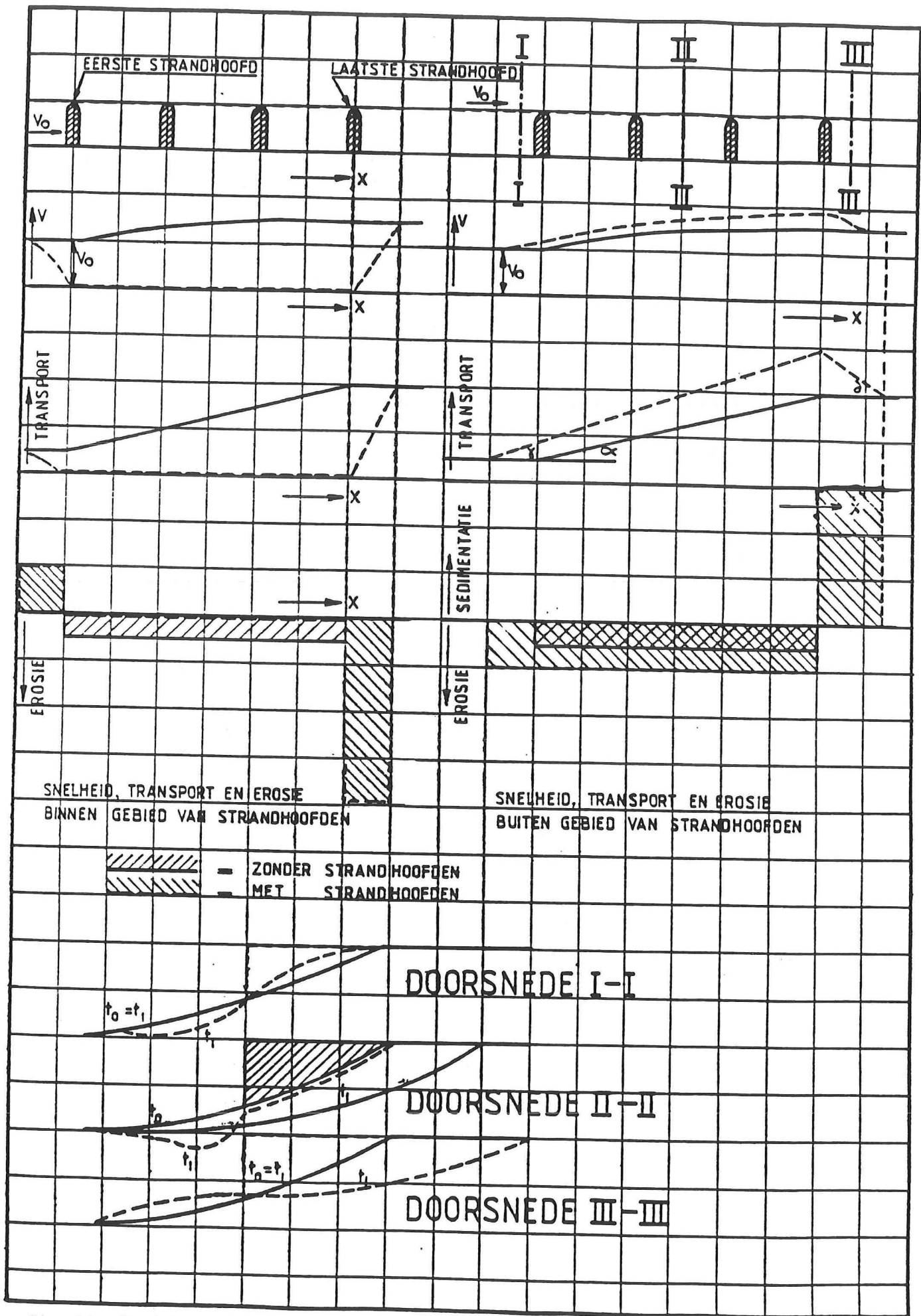


fig.11. Werking strandhoofdenreeks

de afname van A door aanleg van het strandhoofd. Het gevolg is, dat om eenzelfde debiet Q door te laten het doorstroomprofiel A kleiner kan zijn, met als gevolg iets minder kustachteruitgang en een steiler profiel.

Bij voorgaande beschouwing is aangenomen dat in het gebied binnen de strandhoofden de langstransportgradiënt nul is en dat geen dwarstransport optreedt. In de praktijk is dit niet het geval, enerzijds omdat de strandhoofdenreeks een zekere "porositeit" hebben, anderzijds omdat wel dwarstransport kan op treden als gevolg van kustafslag door stormen, muistromen en neerstroming. De afstand waarover dwarstransport optreedt door stormen is m.b.v. de afslagformule te bepalen. Deze afstand is vanaf de duinvoet gerekend ongeveer 200 à 250 m.

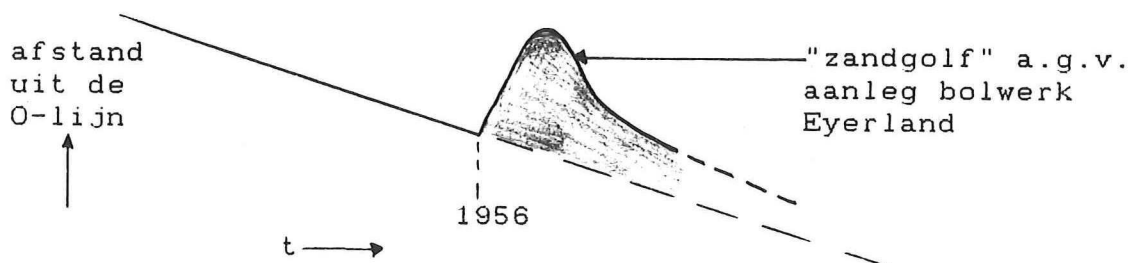
Voor de strandhoofden ontstaat indien een langstransportgradiënt aanwezig is een geul. Deze geul fixeert waarschijnlijk min of meer het geulen en bankenpatroon, dat bij afwezigheid van strandhoofden meestal zeewaarts verplaatst.

De effectiviteit van een strandhoofdenreeks langs een "schone" kust is gering, omdat het zand door dwarstransport tot zeewaarts van de strandhoofdenreeks afgevoerd kan worden. Wel treden direct na de aanleg van een strandhoofd of van de strandhoofdenreeks de effecten op als geschetst bij havendammen. (Aanzanding loefzijde, erosie lijzijde). Een voorbeeld hiervan is de strandhoofdenreeks langs de Noordhollandse kust.

In Nederland hebben strandhoofden aan geulen meer effect. Enerzijds lopen de geulen langs steile gekromde kusten met een langstransportgradiënt, anderzijds ligt zeewaarts van de geul meestal een bank of een platengebied waarop golven gebroken worden, waardoor nauwelijks dwarstransport aanwezig is. Een voorbeeld hiervan zijn de strandhoofden aan de Z.W.-kust van Texel.

Bolwerken met kribben, zoals bijvoorbeeld bolwerk Eyerland werken in eerste instantie als strandhoofden c.q. havendammen.

Bij het bolwerk Eyerland is sprake van loefzijde aanzanding, de lijzijde erosie "vindt plaats" in het Robbengat.

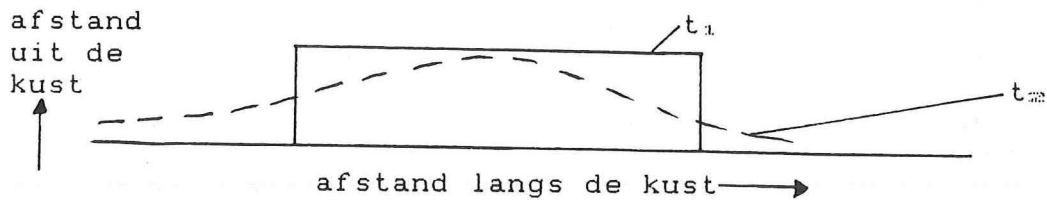


(N.b. dit pleit voor de aanleg van een lang "strandhoofd" bij Eyerland!).

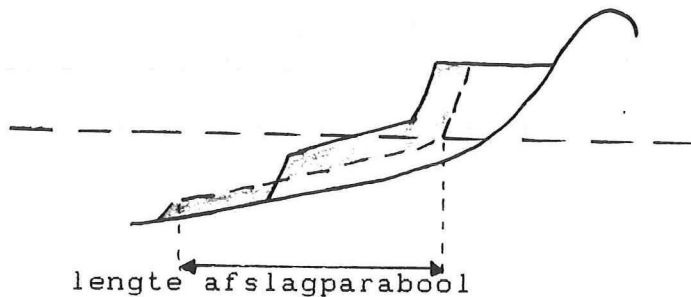
3.9.4. Suppleties

Door het aanbrengen van een zandsuppletie wordt de kustlijn zeewaarts verplaatst. De erosie gaat echter onverminderd voort. De landwaartse verplaatsing van de kustlijn gaat na het suppleren sneller dan daarvoor. Hiervoor zijn twee redenen aan te geven.

1. Zand uit het suppletievak wordt langs de kust verspreid.

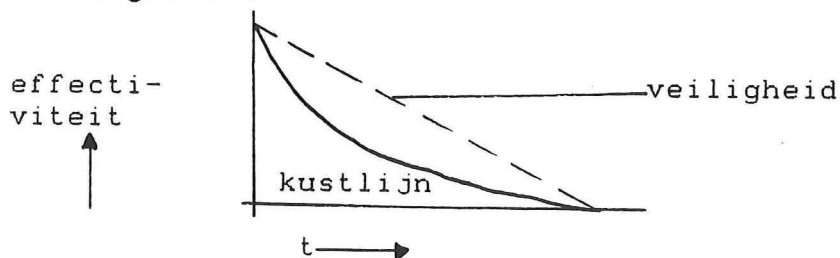


2. Suppletiezand verdwijnt zeewaarts door afslag bij stormen. De kustlijn zal in de tijd gezien daardoor relatief snel landwaarts verplaatsen.



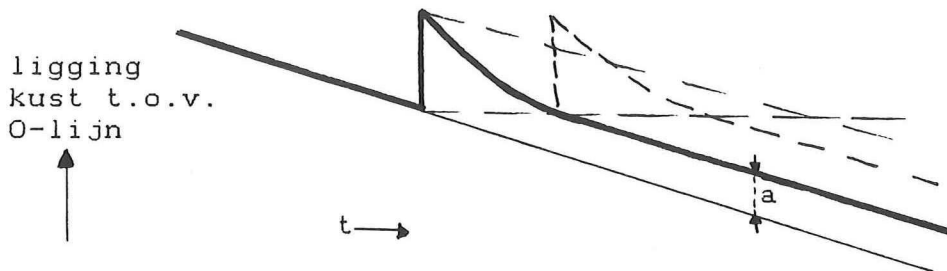
Er treedt hierdoor echter geen vermindering van de "veiligheid" op c.q. geen zandverlies op.

De effectiviteit van een suppletie t.a.v. de kustlijn is in de beginperiode dus geringer dan die t.a.v. de "veiligheid".



Bij het vaststellen van het tijdstip van een herhalingsuppletie dient men hier terdege rekening mee te houden.

Door bovengenoemde verschijnselen gaat de kustlijn na het aanbrengen van een suppletie sneller achteruit dan daarvoor.

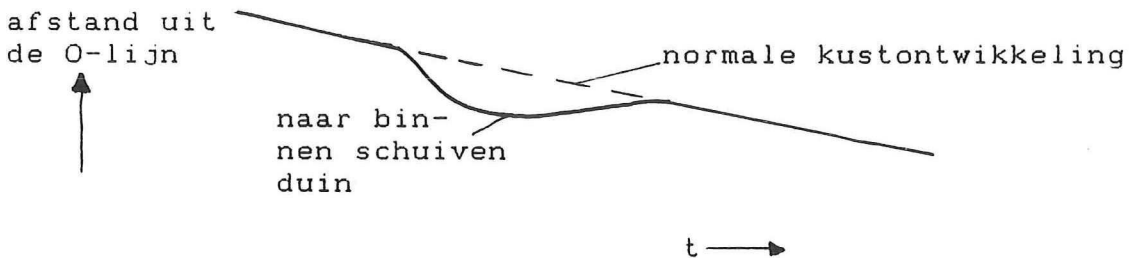


Tijdens stormperiodes kunnen reststromen optreden van 0,1 à 0,2 m/s gemiddeld over dagen, zelfs weken. Zand kan dus over vele kilometers worden verplaatst. Bij een suppletie van $3 \cdot 10^{14}$ m³ en een verspreiding over 20 km, zal de maat a (zie fig.) ongeveer 10 m bedragen (uitgaande van $1 \text{ m} = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2$).

Het werkelijk verloop in de tijd zal in de toekomst afgeschat moeten worden middels modellen, waarbij afregeling op de in de natuur gevonden waarden (b.v. uit suppleties Callantsoog, Zwanenwater, Ameland en de Koog) moet plaatsvinden.

3.9.5 Kustbeheer

Het kustbeheer heeft ook invloed op de kustlijnontwikkeling. Indien (restanten van) de zeereep naar binnen worden geschoven zal de kustlijn daarop reageren. Tijdelijk kan daardoor de kustlijn versneld landwaarts verplaatsen.



Ook het bevorderen van verstuiven en doorstuiven heeft invloed.

Over langere perioden en op een grote ruimteschaal is de invloed van het kustbeheer op de kustontwikkeling te verwaarlozen.

4. DE KUSTONTWIKKELING

4.1. Algemeen

De kustontwikkeling van de Hollandse kust is in grote lijnen beschreven door Edelman [14]. Figuur 12 geeft deze ontwikkeling tussen 1850 en 1950. Indien de kustontwikkeling zich volgens een lineaire trend zou gedragen zou deze kustontwikkeling in de tijd gezien altijd dezelfde blijven. Voor de kustlijnvoorspelling moet aangegeven worden waar de lineaire trend voldoet en waar niet. Hiervoor is het inzicht in de effecten van de factoren die het kustgedrag beïnvloeden zoals gegeven in hoofdstuk 3 nodig. Figuur 12 geeft in grote lijnen de oorzaken van de kustontwikkeling.

4.2. De ontwikkeling van de Noordhollandse kust

De kustachteruitgang van Noord-Holland is vanaf ± 1550 beschreven in [22]. De kustligging van ± 1550 tot op heden van Den Helder tot Camperduin (zuidpunt Hondsbossche Zeewering) is gegeven in fig 13.

Figuren 14 en 15 geven grafisch de (snelheid van) kustachteruitgang in de km raaien 3, 6, 9, 12, 15, 18, 20 en 38 en gedetailleerder bij Egmond aan Zee (km 38). De situatie van Egmond aan Zee vanaf 1686 is gegeven in fig. 16 [23]. Middels bovengenoemde gegevens is door extrapolatie de kustachteruitgang gegeven van Noord- en Zuid-Holland vanaf 1600 [24] (fig.17). De algemene indruk uit de gegevens is dat de kustachteruitgang in de loop der tijd steeds geringer wordt.

De twee hoofdoorzaken hiervoor zouden kunnen zijn:

- betere vastlegging duinen door helminplant, dus veel minder verstuiving
- verdwijnen van "inlets", steeds minder oppervlakteverlies van Waddenzee? (zie paragraaf 3.2.)

Een andere oorzaak zou kunnen liggen in een zeer grote (astronomische?) periodiciteit van b.v. 1771 jaar of ± 1300 jaar (zeespiegelrijzingscyclus volgens Fairbridge). Bij Den Helder (km 0 - km 2) en bij de Hondsbossche en Pettemer Zeewering (km 21 t/m 25) is de Hollandse kust vastgelegd. De kustachteruitgang van Den Helder tot Bergen aan Zee bedraagt ongeveer 0,9 m/j. Enige variatie zit hierop, n.l. bij Den Helder iets meer, als gevolg van de invloed van de Waddenzee, even ten zuiden van Callantsoog minder [15], waarschijnlijk als gevolg van resistente lagen in de vooroever en vanaf km 33 neemt de kustachteruitgang af tot 0 m/j bij km 37 à 38. Zuidelijk van Egmond aan Zee vertoont de kust een zeer geringe kustvooruitgang (orde 0,25 m/j), welke rond IJmuiden verstoord wordt door de effecten van de bouw en uitbouw van de havenmond. Dit verstoringsgebied loopt ongeveer van km 47 tot km 63.

Behalve rond IJmuiden is het kustgedrag van Noord-Holland

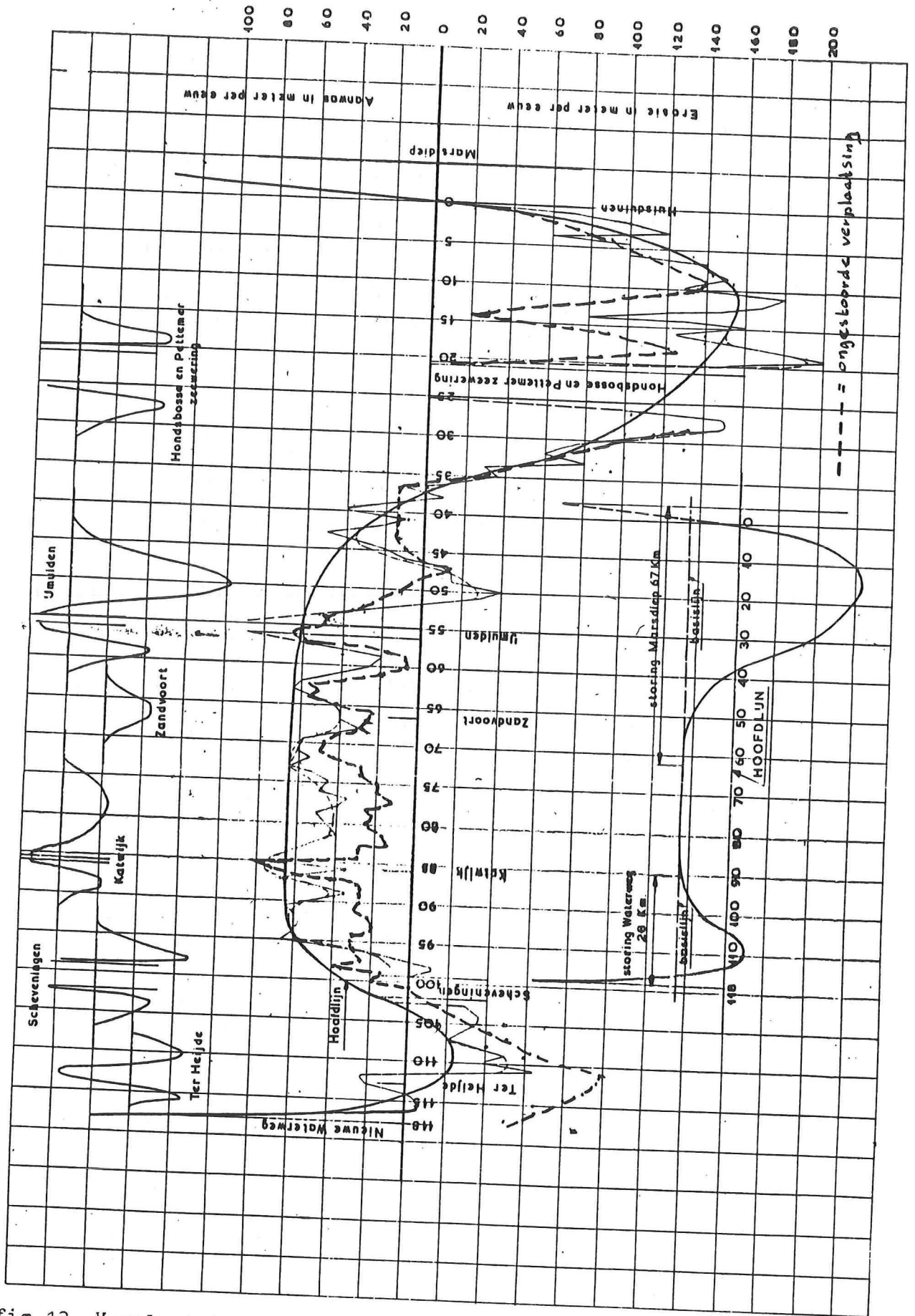


fig.12. Verplaatsing duinvoet tussen 1850 en 1950 volgens Edelman en de vergelijkbare "ongestoorde" verplaatsing (trend van vòòr 1870)

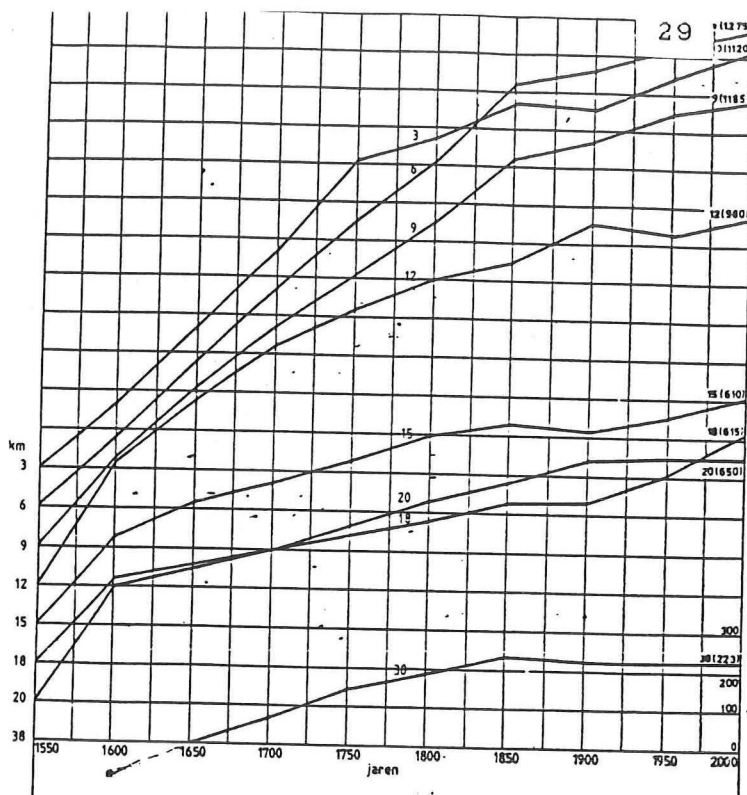


fig.14. Kustachteruitgang raaien
3,6,9,12,15,18,20-en-38
vanaf 1550

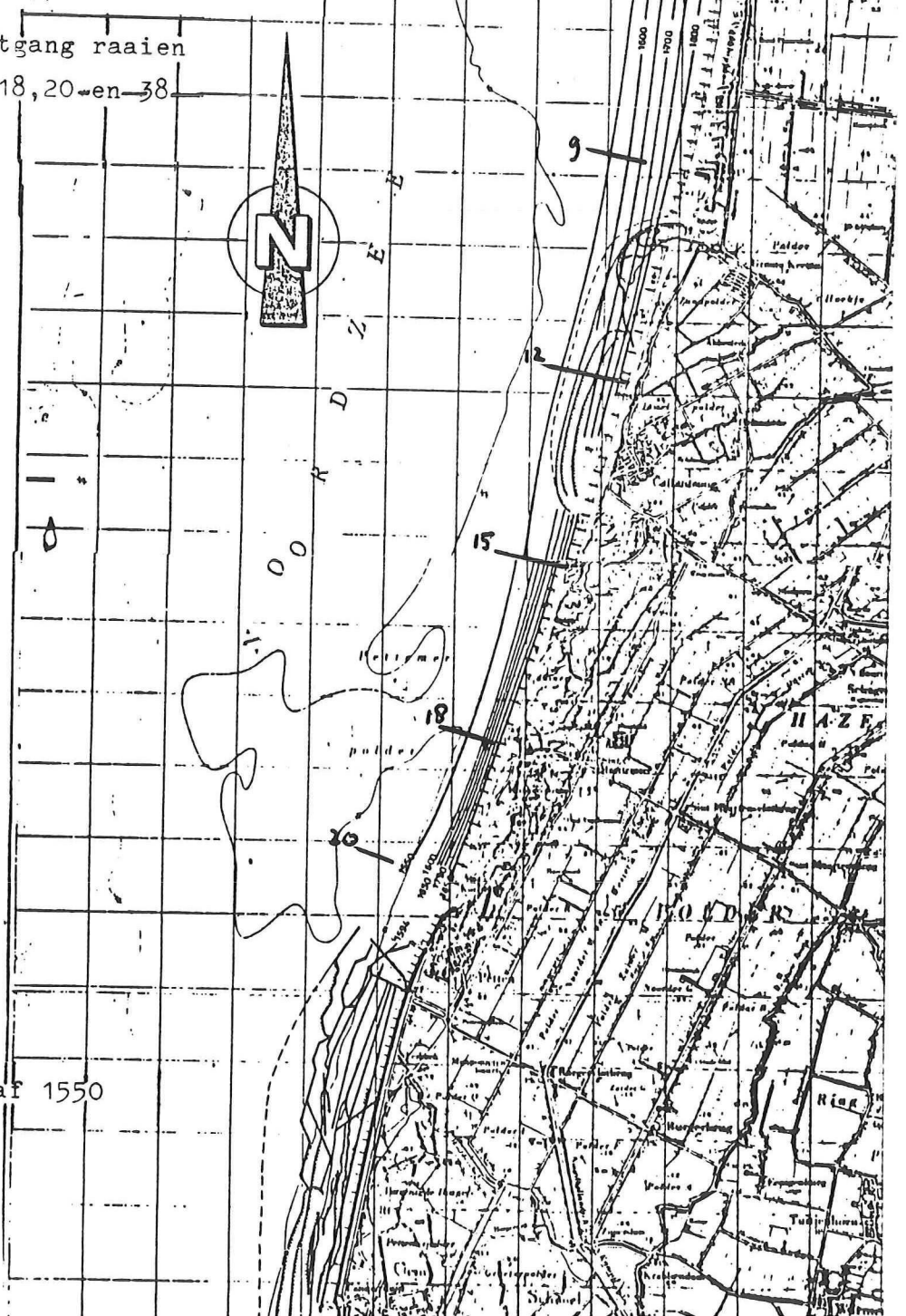


fig.13. Kustlijnen vanaf 1550

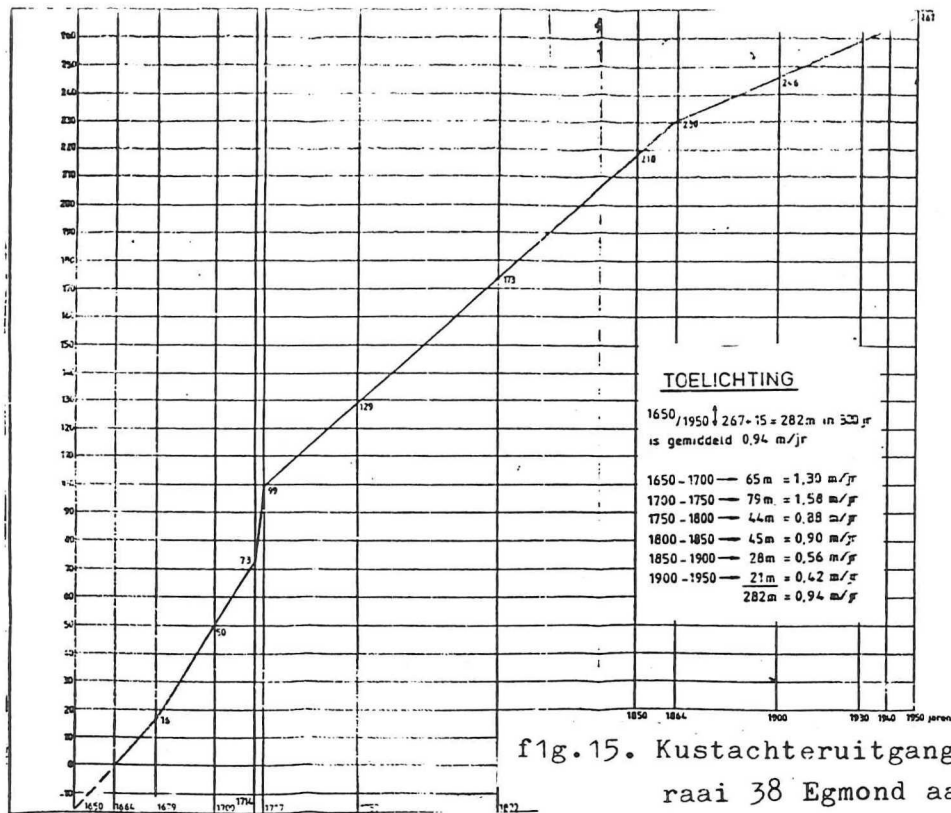


fig.15. Kustachteruitgang
raai 38 Egmond aan Zee

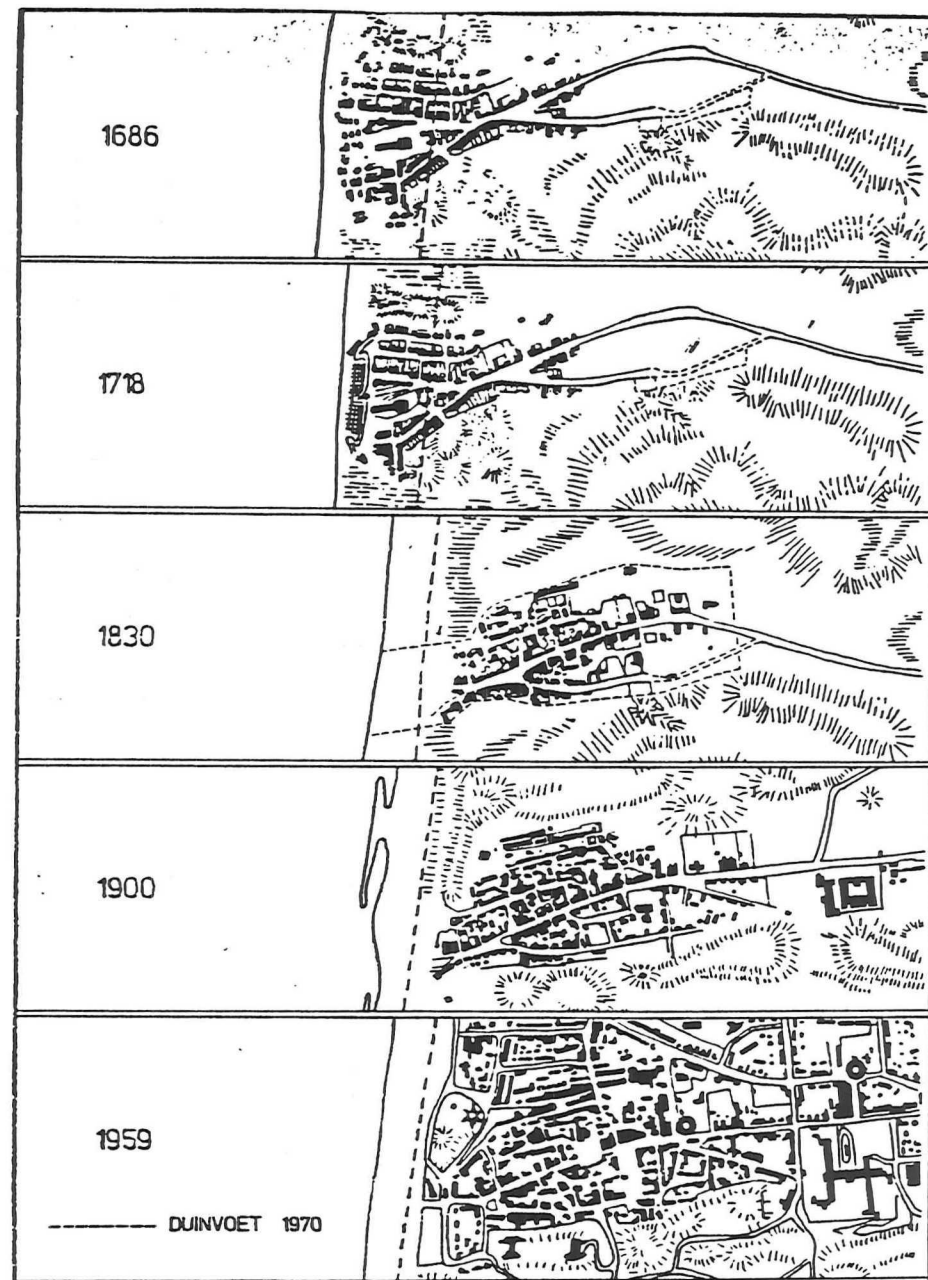
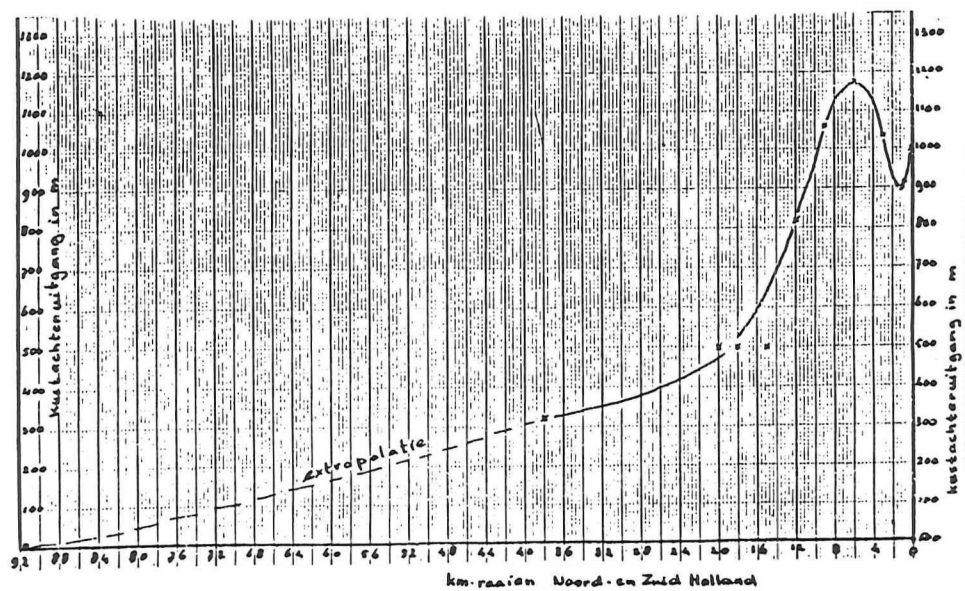


fig.16. Situatie Egmond aan Zee vanaf 1686

redelijk goed te beschrijven volgens lineaire trends (zie ook tabel 7). Fluctuaties op deze trends komen voor door:

1. Aanleg strandhoofden (geeft een tijdelijk "begin" effect).
2. Zandgolven met verschillende perioden.
3. De zgn periode van "Van Straaten".

Ad 1. Bij de aanleg van een strandhoofd treedt in principe sedimentatie aan loefzijde en erosie aan lijzijde op, c.q. een tijdelijke verstoring nabij het aangelegde strandhoofd. De strandhoofdenreeks aan de Hollandse kust heeft in zijn geheel echter geen effecten op de kust behalve (tijdelijk) bij de beëindiging van de reeks.

Ad 2. Volgens Verhagen [6] lopen langs de Hollandse kust zandgolven met een periode van 75 à 100 jaar en loopsnelheid van 65 m/j, een amplitude die steeds varieert, maar met een top-dal afstand welke vaak minstens 50 m is en een golflengte van ± 7 km. Dit is discutabel. In het kustvak tussen de Hondsbossche Zeewering en Hoek van Holland zijn in het niet gestoorde gedeelte in het gedrag van de G.L.W.-lijn duidelijk "zandgolven" te onderkennen. Deze zandgolven hebben hun toppen omstreeks 1865, 1910 en 1955. De middelste top is iets minder geprononceerd als de andere. De periode is ± 45 jaar en de "golven" lopen niet. In de zgn. periode van "Van Straaten" valt een van deze golven. Op deze golven zijn in sommige kustvlakken nog exact 5 kleinere golven in een periode te onderkennen. Dit zijn de golven met een (astronomische) periode van ca. 9 jaar.

Opvallend is dat de toppen van de "golven" uit ± 1865 en ± 1960 bijna samenvallen met de bouw van de havenhoofden van Hoek van Holland en IJmuiden, resp. met de uitbouw van de havenhoofden van IJmuiden. Het is mogelijk dat daardoor deze golven meer geproportioneerd zijn, dan de golf van ± 1910 . In dit verband staat ook de zgn periode van "Van Straaten" ter discussie. Bij IJmuiden vond nl. vrijwel uitsluitend aanzanding aan de noordzijde van de pieren plaats (de pieren waren even lang). Dit suggereert een zuidgaand transport, d.w.z. overheersende wind uit de noordelijke sector. Echter de periode van "Van Straaten" kenmerkt zich juist door meer wind uit de Z.W.-sector in de periode na aanleg van de pieren.

Verwacht mag worden dat omstreeks 2000 à 2005 weer een "top" in de G.L.W.-lijn optreedt. Dit is weer een "ondergeschikte" top. Rond 2045 à 2050 wordt weer een grote "top" verwacht. Deze top valt (toevallig?) samen met de te verwachten verhelving van de Noorderhaaks met Texel (periodiciteit verhelvingen ± 180 jaar).

Langs de hollandse kust zijn zandgolven met allerlei

frequenties te onderkennen, echter niet altijd en niet overal. Opvallend zijn de "zandgolven" met een periode van + 9 jaar rond IJmuiden, welke zichtbaar zijn in de G.L.W.-lijn (zie bijlage 2 en 3).

In figuur 18 zijn de "bliksemgrafieken" gegeven van de H.W.-lijn tussen 1964 en 1986 tussen km 26 en km 31.5. Na enig studeerwerk zijn hierin patronen terug te vinden. Het meest waarschijnlijk is dan dat er "toppen" zijn om de \pm 4,5 jaar. Vaak zijn toppen om de 9 jaar dominant.

Mogelijk staan deze laatste kustlijnveranderingen in verband met het ontstaan en de zeewaartse verplaatsing van brandingsruggen. Het gedrag van de brandingsruggen is beschreven in lit. [25].

Doordat loopsnelheid, golflengte en amplitude (binnen bepaalde marges) enigzins variëren is een exacte voorspelling van de kustlijn, waarbij rekening is gehouden met zandgolven, niet goed te geven. Beter kunnen daarom alle fluctuaties door zandgolven beter vertaald worden middels een marge op de trend. Deze marge is ca. plus of min 50 m.

- ad 3. De periode 1860-1900 wordt wel de periode van "Van Straaten" genoemd. Volgens "Van Straaten" was er in de periode 1850-1895 veel meer wind uit de Z.W.-sector geweest dan normaal en minder uit de N.W.-sector (zie fig. 20). Dit zou de verklaring zijn voor de teruggang van G.L.W.-lijn en G.H.W.-lijn in deze periode. In de D.V.-lijn is deze teruggang niet terug te vinden.

Er zijn echter de volgende opmerkingen te maken:

1. Even voor 1870 werden de havenhoofden van Hoek van Holland en IJmuiden gebouwd.
2. Volgens Labriijn is de gemiddelde windrichting van 1750 tot 1840 circa W.Z.W. (250°) en is de periode 1850 tot 1890 meer zuidwestelijk (240°). Dit komt overeen met "Van Straaten".
Echter na 1890 wordt de gemiddelde windrichting volgens Labriijn nog zuidwestelijker, dit in tegenstelling tot "Van Straaten". (fig 19)
3. Volgens lit. [18] was de windkracht in de periode 1843-1863 veel hoger dan in de periode 1863-1880. Hier wordt de suggestie geopperd, dat veel stormen de kust vooruit doen gaan en weinig stormen kustachteruitgang geven (zie ook paragraaf 3.9.)
4. De zogenaamde periode van "Van Straaten" is niet terug te vinden in het kustvak Hoek van Holland-Scheveningen en niet op de Waddeneilanden en niet te onderscheiden van andere fluctuaties in het kustvak van de Pettemer Zeewering tot Den Helder.
5. De overgang van kustachteruitgang naar sterke kustvooruitgang vindt in Zuid-Holland plaats tussen 1890 en 1900; in Noord-Holland begint dit pas in 1900 of later.
6. Verandering van windrichting geeft in principe geen

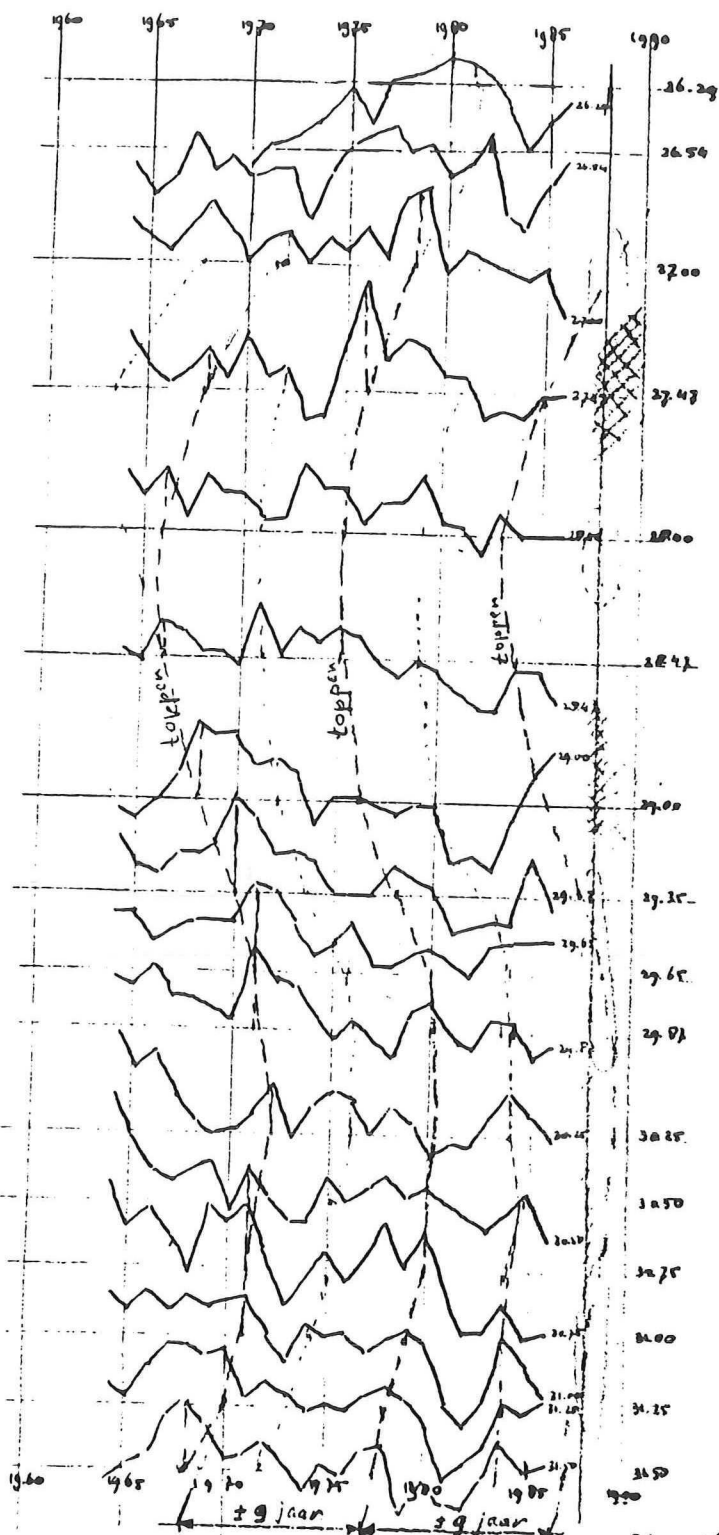


fig.18. 9 resp. 4,5 jarige periodiciteit in ligging G.H.W.-lijn bij Hargen

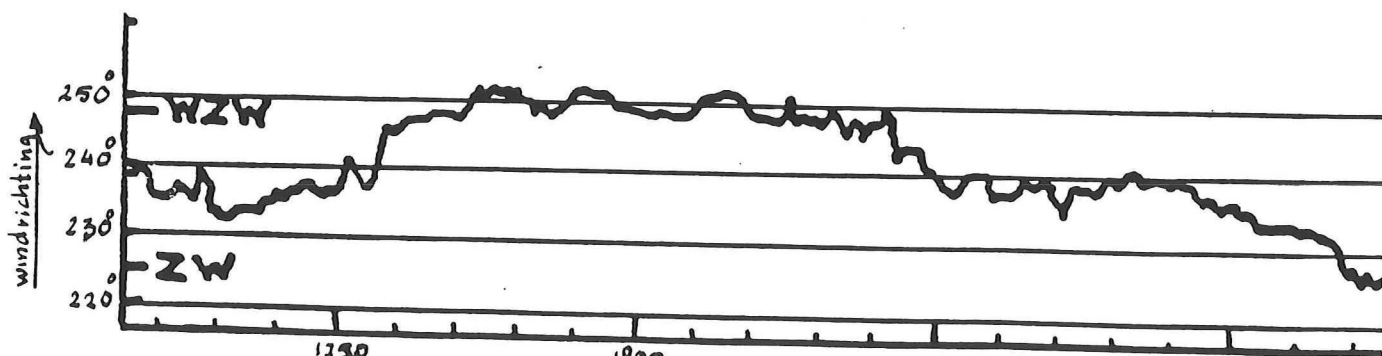
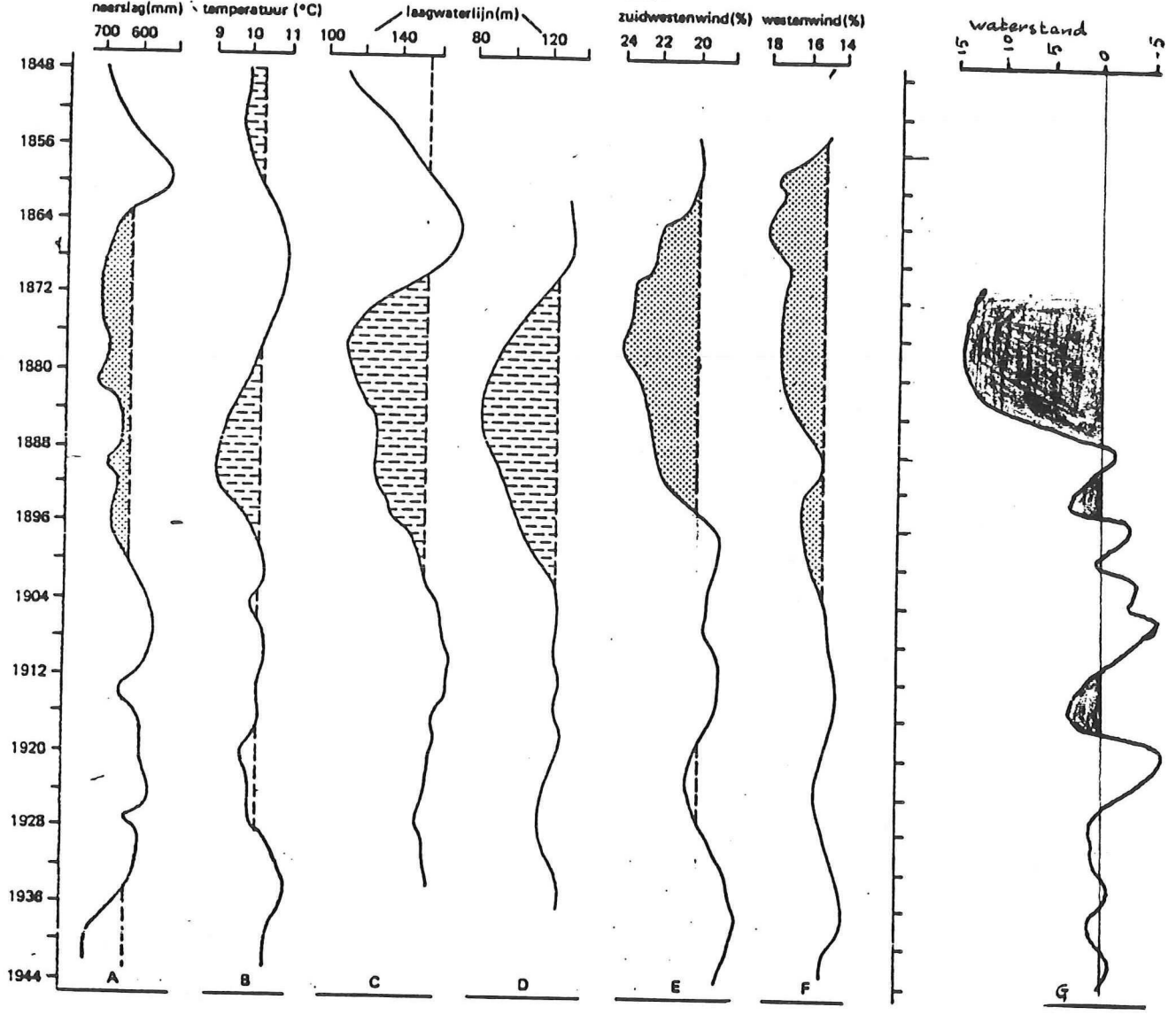


fig.19. Windrichting te Amsterdam 1700-1944, lopende 30-jaar gemiddelde (Labrijn)

De relatie tussen enkele klimaatsvariabelen en de verplaatsing van de laagwaterlijn in de periode 1848-1944, gebaseerd op 10-jarige overschrijdende gemiddelden (gegeneraliseerd naar Van Straaten, 1961).

- A: Gemiddelde jaarneerslag (Den Helder).
- B: Gemiddelde jaartemperatuur (Den Helder).
- C: Laagwaterlijn bij kilometerpaal 64 (Zandvoort).
- D: Laagwaterlijn bij kilometerpaal 79 (Noordwijkerhout).
- E: Gemiddeld jaarlijks percentage zuidwestenwind (Utrecht-De Bilt).
- F: Gemiddeld jaarlijks percentage westenwind (Utrecht-De Bilt).



G: gemiddelde waterstand in muiden, gecorrigeerd voor zeespiegelruising van 20 cm/eeuw.

fig.20. Periode van "van Straaten"

- langstransport gradiënt, dus geen kustachteruitgang.
7. Een andere verklaring kan worden gezocht in het feit, dat de tijdelijke kustachteruitgang gezocht moet worden in een (negatieve) zandgolf. Gedacht wordt aan de combinatie van zandgolvencycli van 170 à 200 jaar en van ± 90 jaar, of aan een zandgolvencyclus van ± 90 jaar, resp ± 45 jaar.
 8. Niet alleen vond in de "Van Straaten" periode windrichting- en windkracht veranderingen plaats, maar ook temperatuurveranderingen, n.l. relatief warm tussen 1860 en 1885 en relatief koud tussen 1885 en 1910. De temperatuur heeft invloed op het zandtransport.
 9. Ook de gemiddelde waterstanden varieerden in de "Van Straaten" periode, n.l. relatief hoge waterstanden in 1877 en rond 1912. De variaties op de trend (zeespiegelrijzing) worden veroorzaakt door astronomische verschijnselen en windopzet. Een significante periode met hoge waterstanden kan duiden op relatief meer wind uit de N-N.W.-sector.

Het kustgedrag in de "Van Straaten" periode moet naar mijn mening verklaard worden door astronomische cycli, welke klimaatsveranderingen brengen, zoals veranderingen in windrichting, windsterkte (andere loop van drukvelden), temperatuur, neerslag e.d. Deze klimaatsveranderingen geven weer hydraulische veranderingen, zoals in golfklimaat, in getijbeweging (verplaatsing amfidromische punten?), in waterstanden. Ook de astronomische cycli sec geven hydraulische veranderingen (Gedacht wordt aan een soortgelijk verschijnsel als "EL NINJO" langs de Peruaanse kust). De bouw van de havendammen kan een sterk versterkende factor zijn geweest. Niet de verandering in windrichting is dus de oorzaak, maar wellicht andere veranderingen in meteorologische of hydraulische omstandigheden.

Het globale gedrag van de kust rond IJmuiden is beschreven in paragraaf 3.9.1. De kustontwikkeling van de kust bezuiden IJmuiden is beschreven in [26]. Recentelijk is deze beschrijving bijgesteld in [27]. Geschat wordt dat de ontwikkeling ten zuiden van IJmuiden als gevolg van de uitbouw van de havenmond tussen 2000 en 2010 nauwelijks meer aantoonbaar zal zijn.

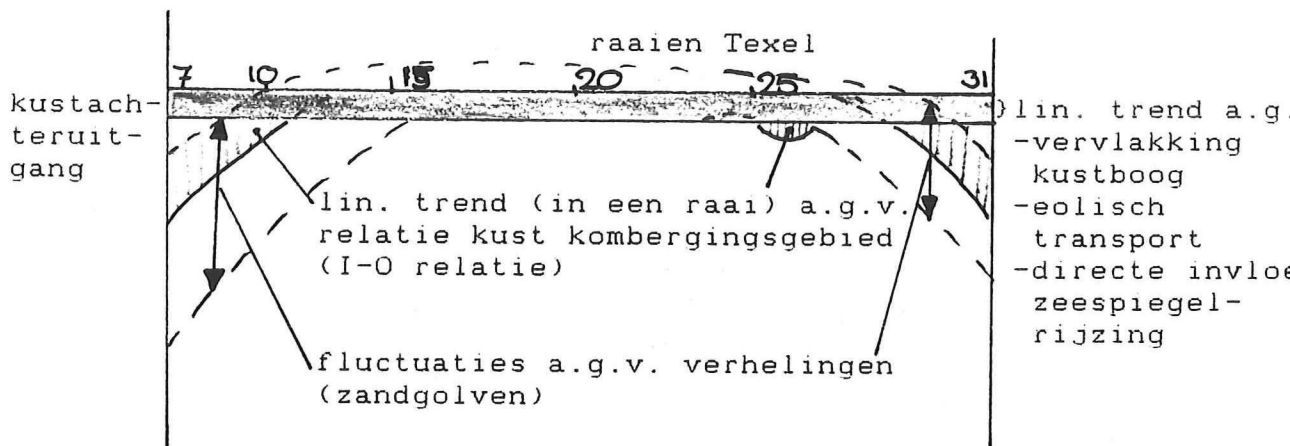
Het gedrag van de brandingsruggen in Noord-Holland is per locatie sterk verschillend. Onder IJmuiden ontstaat tussen de 2,5 en 4,5 jaar een nieuwe binnenste brandingsrug welke zeewaarts verplaatst met een snelheid welke dicht onder de kust ca. 30 m/j bedraagt en op ca. 600 m uit de kust ca. 100 m/j bedraagt. Boven IJmuiden verplaatst de brandingsrug gelegen op 500 à 600 m uit de kust zich veel langzamer zeewaarts, orde 15 m/j. De binnenste brandingsrug (als deze herkenbaar is) verplaatst zich met een snelheid van 5 à 10 m/j. Naar het noorden toe (km 40 - km 27) lopen deze zeewaartse verplaatsingssnelheden op tot 10-15 m/j voor de binnenste brandingsrug en 30 à 40 m/j voor de tweede brandingsrug. Om de 15 à 25 jaar ontstaat een nieuwe brandingsrug. Bij de Hondsbossche Zeewering (km

zeewaarts. Er is hier echter (nog) geen nieuwe brandingsrug ontstaan. Boven km 23 is geen significante verplaatsing te zien, wel plaatselijk. Ook het gedrag van de 2e brandingsrug heeft neiging tot zeewaartse verplaatsing. Dit min of meer stabiele gedrag kan veroorzaakt worden door kustachteruitgang in combinatie met de strandhoofden.

De waarden voor de kustachteruitgang aan de Hollandse kust worden gegeven in tabel 7 in paragraaf 5.1.

4.3. De ontwikkeling van de Texelse kust

Ook kustontwikkeling van Texel kan beschreven worden door een lineaire trend, (periodieke) fluctuaties en op zichzelf staande veranderingen (zie bijlage 8). De lineaire trend (per raai) wordt verondersteld veroorzaakt te worden door vervlakking van de kustboog, de invloed van de Waddenzee (via buitendelta) op de kust, de directe gevolgen van zeespiegelrijzing en het landwaarts verstuiven. De periodieke fluctuaties (zandgolven) worden veroorzaakt door verhelings van platen in de buitendelta met Texel, als gevolg van het noordgaande zandtransport en de met de klok meedraaiende geulen en platen in de buitendelta (a.g.v. corioliskracht of astronomische invloed?). Op zichzelf staande veranderingen komen door menselijke ingrepen als bouw strandhoofden en bolwerken. Een en ander is verduidelijkt in onderstaande figuur.



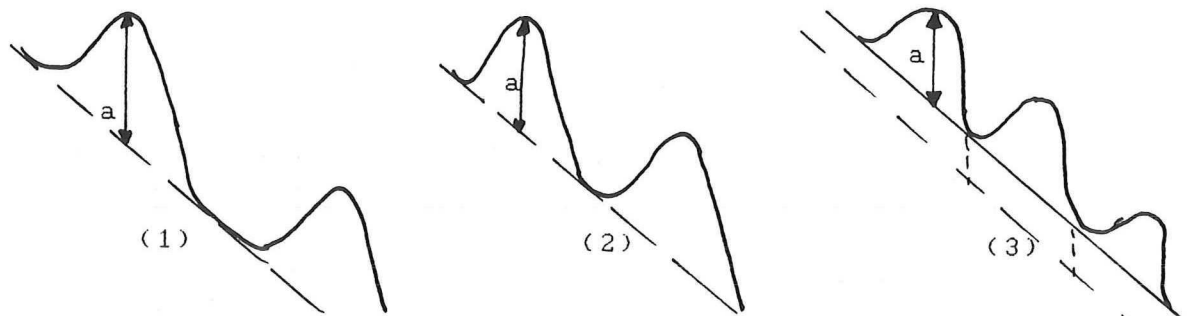
Schematisatie kustontwikkeling Texel in een bepaald tijdvak

Uit de schematisatie van de kustontwikkeling volgt dat Texel vroeger aan de koppen van het eiland veel meer zand had. Dit is inderdaad het geval. Rond 1800 had Texel een min of meer rechte kustlijn, welke momenteel bij de koppen sterk gekromd is. Met name komt dit door het proces beschreven in paragraaf 3.7.2.

De "verhelings" van platen in de buitendelta van het Zeegat van Texel zorgen voor zandgolven langs de Texelse kust. Deze verhelings zijn meermalen opgetreden met een

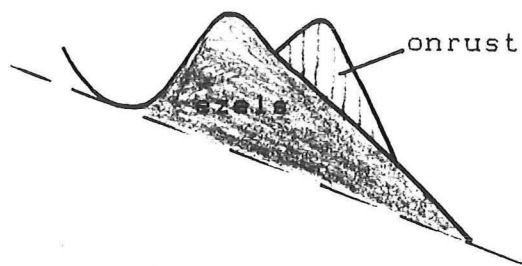
periodiciteit van ca. 175 jaar [4]. De laatste "verheling" van een plaat met Texel bestond eigenlijk uit twee verhelingen, n.l. de "verheling" van de Ezels en de verheling van de Onrust met Texel. De Ezels trok langs de kust van Texel en gaf het eerst in 1820 bij km 15 kustvoortgang. De verheling van de Onrust met Texel vond aan de zuidzijde plaats, even voor 1900.

Periodieke zandgolven kunnen binnen hun periodiciteit al of niet uitgewerkt zijn.



ZANDGOLFFORMEN, gepresenteerd als ligging kustlijn in een raai tegen de tijd.

De verheling van de Ezels heeft waarschijnlijk een vorm volgens (2) of (3). De Onrust gaf een verheling met een vorm volgens (1). De verheling van de Onrust moet gesuperponeerd worden op de verheling van de Ezels. Hierdoor krijgt de "bliksemgrafiek" de onderstaande vorm.



De laatste 140 jaar blijkt de zandgolf van de "Ezels" nog niet uitgewerkt te zijn en vormt dus de basislijn van de bliksemgrafieken. Op deze basislijn worden naast de verheling van de Onrust ook de veranderingen als gevolg van zandgolven in het Eyerlandse Gat, de aanleg van strandhoofden en bolwerk Eyerland gesuperponeerd.

Verwacht mag worden dat de waarden van de kustachteruitgang langs de kust van Texel een vloeiend verloop hebben. Dit is bij de Slufter niet het geval, de kustachteruitgang is hier "te groot". De oorzaak hiervan is dat de Slufter werkt als een "inlet" en dat hierdoor de relatie tussen het kombergingsgebied van de Slufter en de kust geldt, samen met het verstuiwen van zand in de Sluftervlakte.

De huidige waarden van kustachteruitgang, welke gelden totdat er duidelijke zandaanvoer van de Noorderhaaks naar de kust van Texel plaatsvindt, staan in tabel 1. De ongecorrigeerde waarden zijn de waarden welke volgen uit de "bliksemgrafieken" van de km-raaien. Dit km-raaienstelsel dat stamt uit 1850 wijkt sterk af van het JARKUS-stelsel. Door de voortdurende kustachteruitgang staan de oorspronkelijke km-raaien niet meer loodrecht op de kust en is de afstand tussen de raaien ook niet meer 1000 m. Hiervoor moet een correctie toegepast worden.

km-raai	correctie coëff. $\cos \alpha$	kustachteruitgang in m/j		km-raai komt overeen met JARKUS-raai ...	afstand tussen km-raaien	km- raai	kustachteruitgang in m/j
		ongecorrigeerd	gecorrigeerd				
7	0,906	+10	+9	7.01		21	-1,6
8	0,588	-4,8	-2,8	8.05	± 1400 m	22	-2,2
9	0,766	-11,4	-8,7	9.00 à 10.00	± 1850 m	23	-3,3
10	0,848	-8,0	-6,8	11.00	± 1100 m	24	-4,4
11	0,956	-6,5	-6,2	11.80	± 800 m	25	-6,3
12	0,994	-6,0	-6,0	12.35	± 500 m	26	-2,8
13	0,974	-5,5	-5,4	13.00	± 800 m	27	-2,4
14	0,974	-5,0	-4,9	14.00	± 1000 m	28	-2,4
15	0,985	-4,0	-3,9	15.00	± 1000 m	29	-3,6
16	1		-2,6*			30	-7,0
17	1		-1,0*			31	0 (-13)
18	1		-			32	0 (-17,5)
19	1		-0,6				
20	1		-1,2				

* tot 2000 minder kustachteruitgang

TABEL 1

De vooroever van de Texelse kust bestaat uit 3 gebieden die zich verschillend gedragen. (figuren 21, 22 en 23). Van km 7 - km 13 ligt momenteel één brandingsrug (vroeger 2). Zeewaarts van deze brandingsrug ligt het Molengat, dat vernauwt en steeds dieper wordt. Zeewaarts hiervan vindt een enorme sedimentatie plaats met zand uit de Noorderhaaks. Deze sedimentatie heeft plaatselijk wel 5 m bedragen in 10 jaar tijd. Tussen 1975 en 1985 is 8.10^6 m³ gesedimenteerd. De brandingsrug is tot km 10 stabiel, dat wil zeggen hij verplaatst zich landwaarts met dezelfde snelheid als de kustlijn zich verplaatst. Rond km 13 en km 14 is de vooroever buiten het gebied van de brandingsrug(en) de laatste 20 jaar nagenoeg stabiel en volkomen vlak. Hieruit is te concluderen dat de sedimentatie loodrecht op de kust plaatsvindt en dat een toekomstige verheling bij km 11 zal beginnen.

Van km 14 - km 25 geven de doorlodingen (tot 3000 m uit de hoofdmetingen) het volgende beeld:

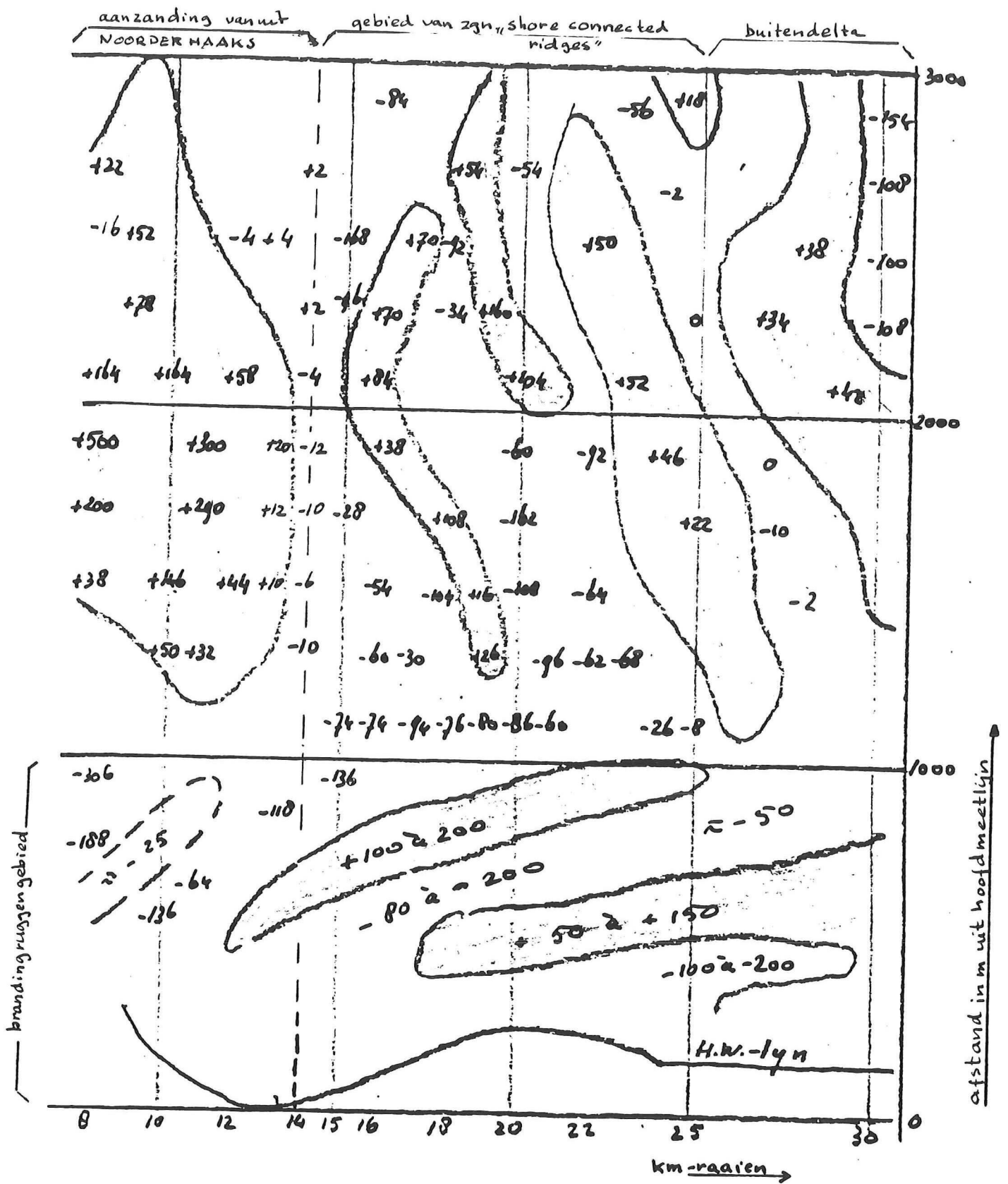


fig.21. Vooroever Texel; aanzanding/erosie in cm ; 1975-1985

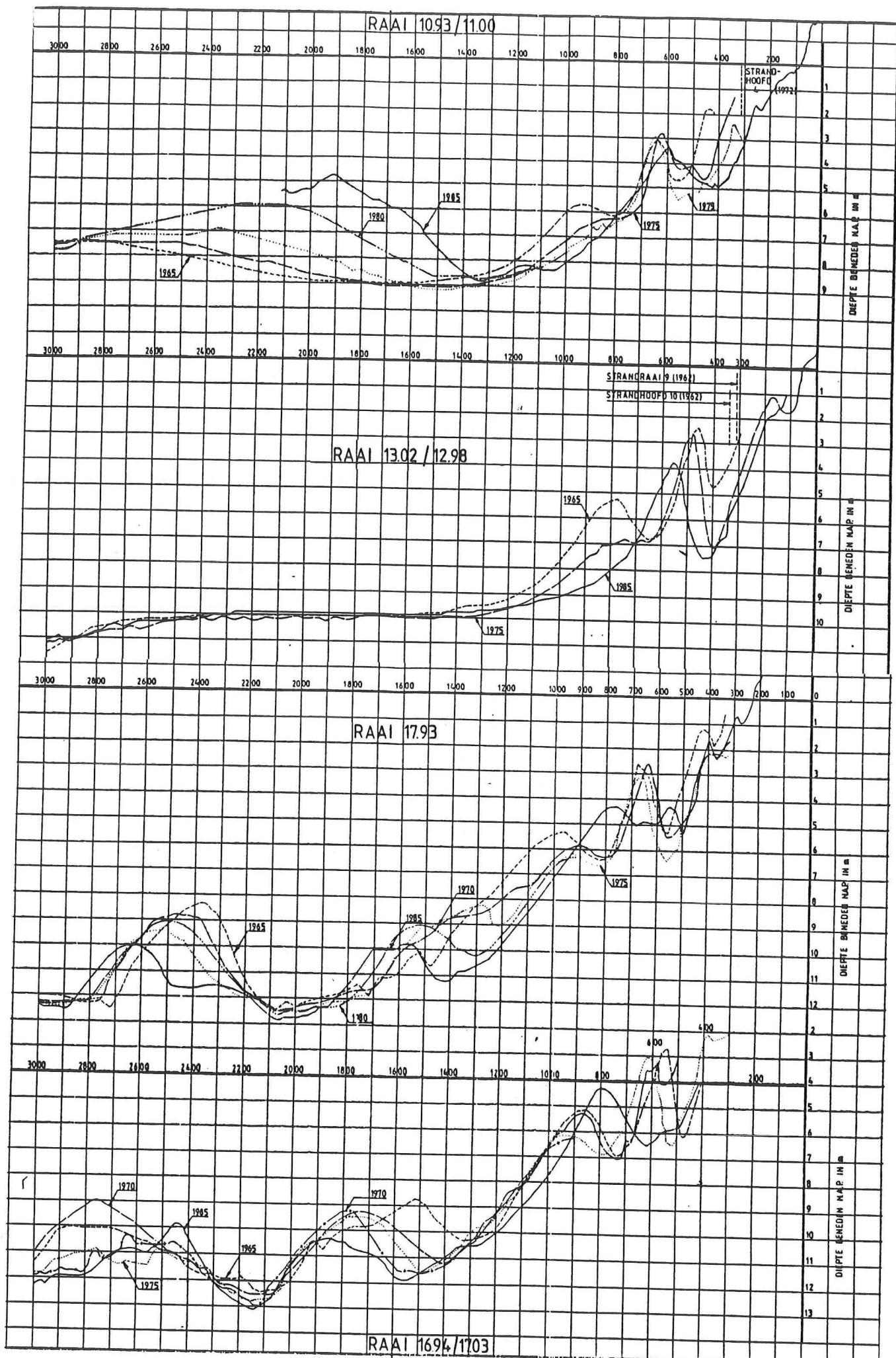


fig.22. Raaiprofielen Texel km 11,13,17 en 18

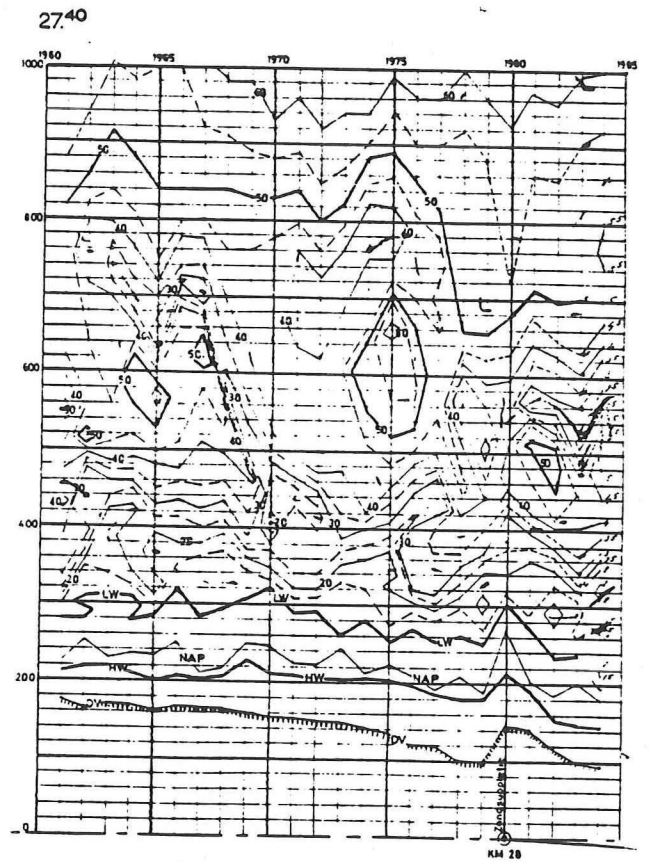
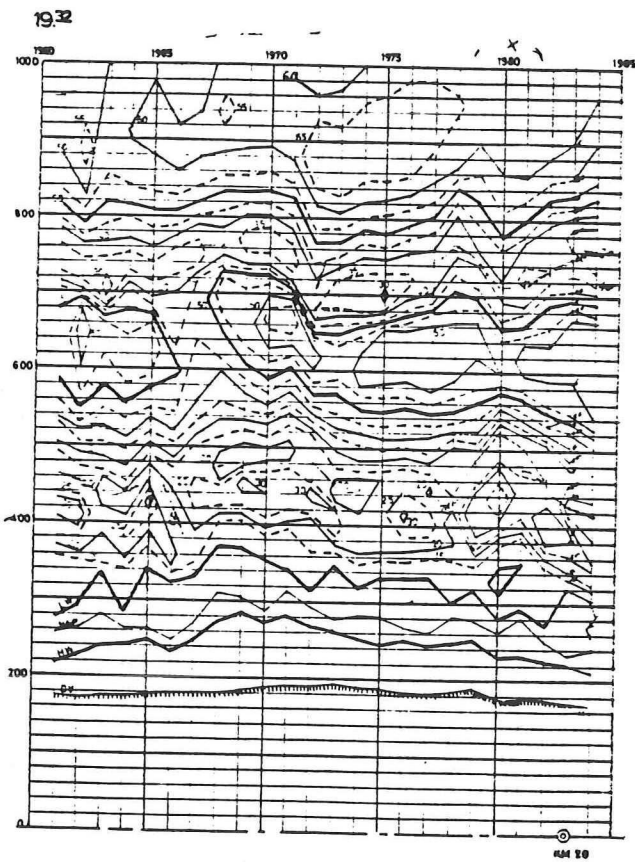
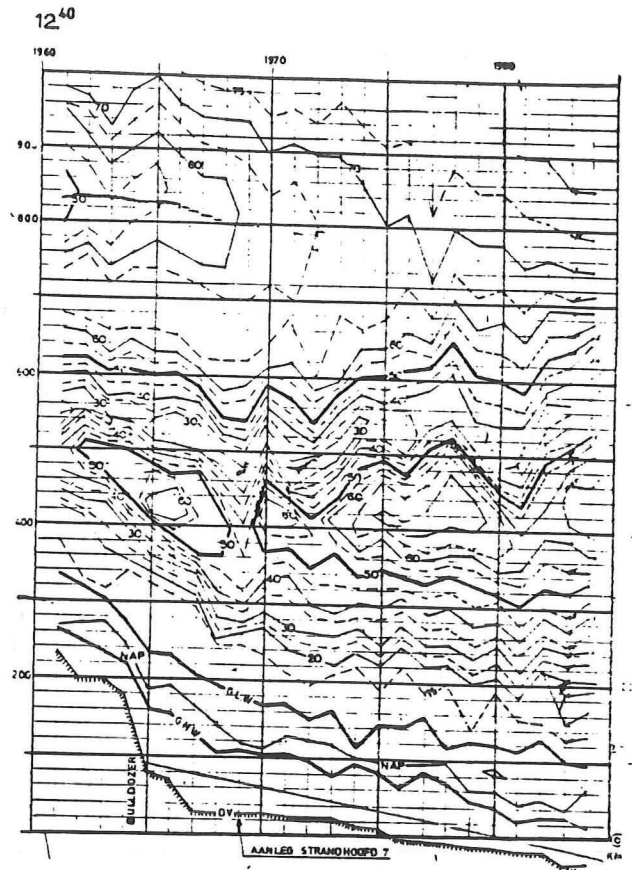
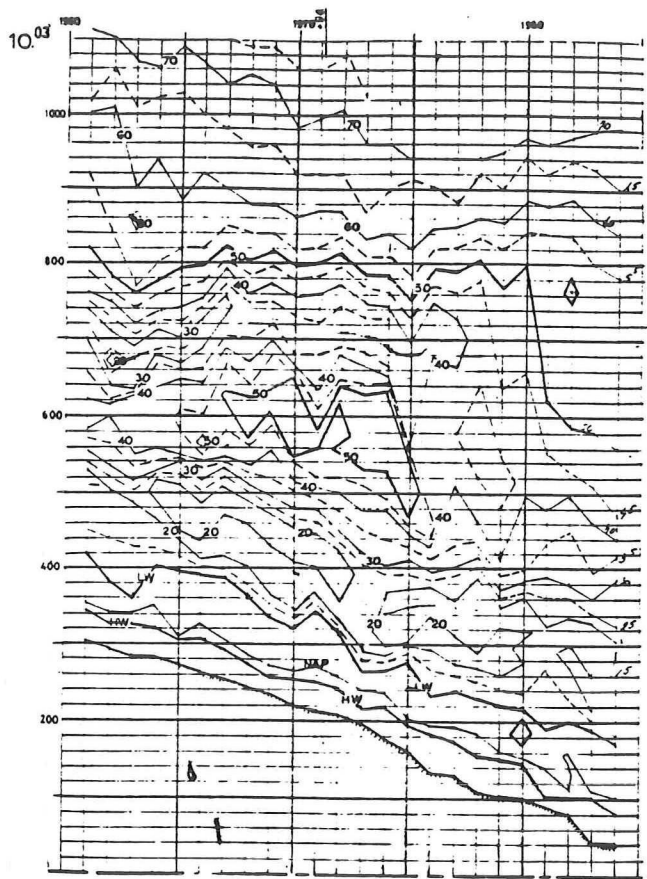


fig.23. Chronologisch verloop dieptelijnen Texel

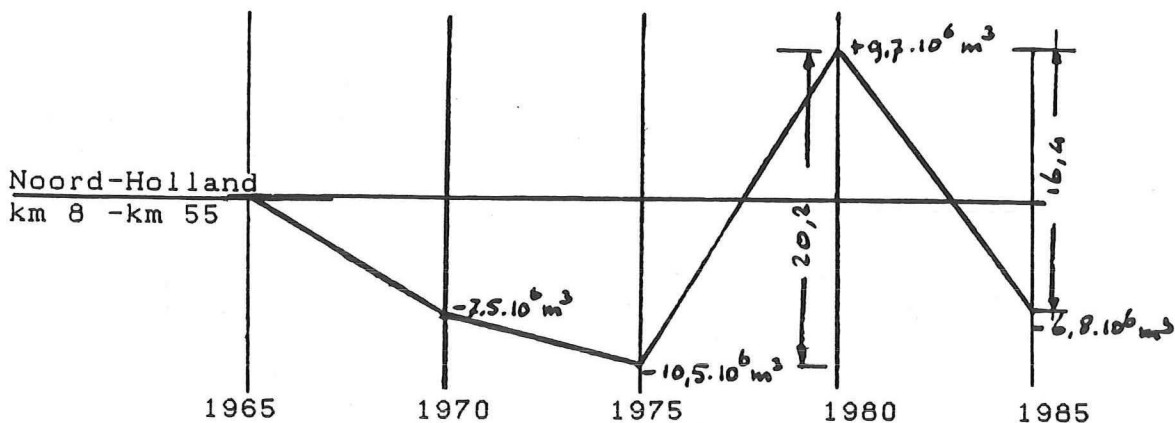
- bij de kust liggen 2 soms 3 brandingsruggen "tot een afstand van + 1100 m uit de hoofdmeetlijn. Dit is zeewaarts van de JARKUS-raaien, welke tot + 900 m uit de hoofdmeetlijn liggen. Deze brandingsruggen verplaatsen zich zeewaarts. De toppen van de twee belangrijkste brandingsruggen liggen op resp. N.A.P. - 3 m en N.A.P. - 6 m.
- Zeewaarts van de brandingsruggen liggen de "shore connected ridges". Heel duidelijk zijn er 3 volledig ontwikkelde "shore connected ridges" aanwezig, er zijn ook restanten van een vierde.
Tussen de laatste brekerbank en de eerste shore connected ridge zit een relatief "rustig" gebied, c.q. een gebied dat vrijwel altijd continu naar zee toe dieper wordt. Nader onderzoek leert dat deze "ridges", welke zeewaarts van de N.A.P. - 10 m liggen en waarvan de toppen liggen op N.A.P. - 8 à 9 m zich zeewaarts verplaatsen.
Ze liggen onder een hoek van + 15° met de kust, dit in tegenstelling met de brandingsruggen welke vrijwel evenwijdig aan de kust lopen. Verder blijkt uit fig 22 dat deze zogenaamde "shore connected ridges" niets anders zijn dan "restanten" van brandingsbanken die tussen N.A.P. - 6 m en N.A.P. - 12 m van een steile helling "afvallen" en dan op een "vaste" bodem op N.A.P. - 12 m een verder zeewaarts lopende "ridge" vormt.
Deze helling heeft een steilheid van 1:70 à 1:100. Bij dit "naar beneden vallen" van de brandingsrug zijn er zeewaartse verplaatsingen van 600 m in 20 jaar (raai 17,93). Eenmaal op de "bodem" gekomen neemt deze snelheid af en neemt ook de omvang van de "ridge" gewoonlijk af. Verder blijkt uit deze doorlodingen dat de "actieve" zone zich tot meer dan 3000 m. uit de hoofdmeetlijn uitstrekt tot ongeveer de N.A.P.
- 14 m. à - 15 m-lijn.
- Nabij de Slufter verplaatsen de brandingsruggen zich zeer snel zeewaarts (tot 30 m/j). Naar het zuiden toe tot km 19 neemt deze snelheid af. Ook ligt het moment, waarop deze snelle verplaatsingen aanvangen, naar het zuiden toe later in de tijd (bij km 25 rond 1960, bij km 20 rond 1974).

Van km 25 - km 31 is het gedrag van de brandingsruggen erg onduidelijk. Het lijkt erop dat veelvuldig de brandingsruggen hier naar de kust toelopen! Verder ligt dit gebied in de invloedssfeer van de buitendelta van het Eijerlandse gat.

4.4. Kubering kust Noord-Holland en Texel

Voor de kuberingen van de kust is gebruik gemaakt van het JARKUS-bestand vanaf 1964 (tot + 800 m uit de kust) en de doorlodingen vanaf 1965 (tot + 3000 m uit de kust). Voor buiten-en binnendelta's zijn de zgn. vaklodingen gebruikt. Kubering m.b.v. JARKUS vindt plaats t.o.v. het voorgaande jaar en met de totale gemeenschappelijke raailengte van het paar jaren. Door verschil in vooral de

landwaartse raailengte is een kuberingsverschil tussen 1965 en 1985 anders dan de cumulatieve kuberingsverschillen tussen 1965-1966; 1966-1967,; 1984-1985. JARKUS-gegevens zijn niet aanwezig bij de haven van IJmuiden. De doorloding van het Noordhollandse deel van Rijnland (ten zuiden van IJmuiden) van 1986 (in plaats van 1985) loopt tot 2000 m uit de kust, in plaats van de normale 3000 m. Er treden soms zeer sterke fluctuaties op in de kuberingen van de doorlodingen. Onderstaande figuur illustreert dit.



Ook in de JARKUS-kuberingen komen fluctuaties voor. Deze worden o.a. veroorzaakt doordat de JARKUS-raaien vaak te kort zijn. De zich zeewaarts verplaatsende brandingsruggen lopen verder dan 800 m uit de hoofdmeetlijn.

Resultaten kuberingen

(Detailinformatie is beschikbaar en vermeld in het conceptverhaal "de kustontwikkeling van Nederland" [3].)

JARKUS-kuberingen Noord-Holland in m³.

km - km	65/70	70/75	75/80	80/85	65/85	63/86	80/86
1.10 - 8.08	-1.160.464	-1.182.366	- 170.325	- 854.539	- 3.367.694	-4.259.799	- 941.324
8.27 - 14.01	- 239.241	- 109.633	275.225	842.536	768.887	- 345.350	689.097
14.21 - 20.41	62.182	-1.187.086	1.217.902	227.453	320.251	-1.055.566	- 545.025
20.58 - 26.39	-312.360	- 324.166	877.788	- 499.296	- 258.034	-1.030.838	- 145.056
26.54 - 38.50	161.549	380.303	-1.711.730	- 464.294	-1.634.172	-4.386.427	-1.614.468
38.75 - 54.75	3.264.531	- 59.351	-1.101.270	2.584.992	4.688.902	6.532.743	6.995.325
1.10 - 54.75	1.776.197	-2.482.499	- 612.410	1.836.852	518.140	-4.545.237	4.438.549
8.27 - 54.75	2.936.661	-1.300.133	- 442.085	2.691.391	3.885.834	- 285.438	5.379.873
14.21 - 54.75	3.175.902	-1.190.500	- 717.310	1.848.855	3.116.947	59.912	4.690.776

Tabel 2

km - km	65/70	70/75	75/80	80/86	65/86	64/87
56.25-59.75	2.312.646	1.191.493	903.270	1.832.477	6.239.886	6.699.130
61.00-62.75	-42.517	-531.584	-754.919	317.219	-1.011.801	-1.079.013
63.00-71.00	1.206.109	-334.387	-659.080	2.000.770	2.213.412	-498.906
56.25-71.00	3.476.238	325.522	-510.729	4.150.466	7.441.497	4.321.211

Tabel 2 (vervolg)

Kubering uit doorlodingen Noord-Holland.

De doorloding uit 1980 van Den Helder tot IJmuiden is onbetrouwbaar! Het deel van de doorlodingen dat een overlapping heeft met JARKUS is niet meegenomen.

Kubering uit doorlodingen (800-3000 m. uit hoofdmeetlijn)

km - km	65/70	70/75	75/80	80/85	65/75	75/85	65/85
1.10 - 8.08	-5.848.325	-6.656.954	+1.236.930	-4.287.022	-12.505.279	-3.050.092	-15.555.371
8.27-14.01	-429.177	+251.925	+550.382	-573.065	-177.252	-22.683	-199.935
14.21-20.41	-472.177	-1.109.942	+1.840.969	-385.568	-1.582.119	+1.455.401	-126.718
20.58-26.29	-3.297.460	+2.209.309	+2.220.322	-2.676.057	-1.088.151	-455.735	-1.543.886
26.54-38.50	-4.436.620	-62.231	+5.940.495	-6.034.633	-4.498.851	-94.138	-4.592.989
38.75-54.75	+1.102.024	-4.346.146	+9.614.624	-6.751.032	-3.164.122	+2.863.592	-300.530
1.10 - 54.75	-13.301.735	-9.714.039	21.403.722	-20.707.377	-23.015.774	+696.345	-22.319.429
8.27-54.75	-7.453.410	-3.057.085	20.166.792	-16.420.355	-10.510.495	+3.746.437	-6.764.058
14.21-54.75	-7.024.233	-3.309.010	19.616.410	-15.847.290	-10.333.243	+3.769.120	-6.564.123

km - km	65/70	70/75	75/80	80/86	65/75	75/86	65/86
57-59	175.468	1.176.166	1.323.073	1.923.060	1.351.634	3.246.133	4.597.767
60-62	-506.777	-762.392	649.630	486.966	-1.269.169	1.136.596	-132.573
63-71	-5.302.099	-2.868.613	-547.776	1.873.724	-8.170.712	1.325.948	-6.844.764
57-71	-5.633.408	-2.454.839	1.424.927	4.283.750	-8.088.247	5.708.677	-2.379.570

opm.: In kustvak km57-km71 lopen de doorlodingen uit 1986 tot 2000m uit de hoofdmeetlijn i.p.v. tot 3000m.

Tabel 3

De sterke fluctuatie in de doorlodingscijfers geven wellicht geen exact beeld van de werkelijke over langere tijd gemiddelde erosie/sedimentatie. Middels trendbepaling is geen beter beeld van de werkelijke over langere tijd gemiddelde erosie/sedimentatie te verkrijgen. Dit omdat een trendbepaling over 4 cijfers een hachelijke zaak is en omdat de loding van 1980 mogelijk een "mis"-loding is. Als één van de lodingen echt geheel fout zou zijn, wordt in dit geval de trend hier sterk door beïnvloed.

Erosie/sedimentatie rond IJmuiden

Door de verlenging van de havenmond van IJmuiden (1962-1969) valt het erosie/sedimentatiegebied tot ver buiten het gebied dat door de doorlodingen wordt bestreken. De doorlodingen zijn ook niet uitgevoerd in de km-raaien 55-56. Wil men een goede balans maken, dan moeten verschilkuberingen gemaakt worden middels lodingskaarten van een zeer ruim gebied rond de haven. Verder moeten de (ten behoeve van de verlenging van de havenmond) gebaggerde en gedumpte hoeveelheden zand en slib bekend zijn, evenals de hoeveelheden voor de verdieping van de IJ-geul en van de zeezandwinning. Enige verwerking is in het verleden uitgevoerd. De erosie/sedimentatie in een aantal zeer grillig gevormde vakken rond de haven is bepaald van 1958 t/m 1971. (zie fig. 24 en 25).

Fig. 24 geeft de zandbalans rond IJmuiden tussen 1958 en 1968. Deze balans is enigzins in evenwicht voor de vakken rond de haven, n.l. erosie van ca. $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en sedimentatie van ca. $12,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Hierbij moet echter bedacht worden dat minimaal $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ zand direct achter de Zuiderpier is gestort. Dit zand is afkomstig uit de verdieping van de (nieuwe) havenmond. Tevens is de verondieping boven N.A.P. niet meegenomen. Met behulp van fig 25 is de balans op te stellen voor allerlei perioden tussen 1958 en april 1971. Dit geeft de onderstaande resultaten (in 10^6 m^3).

vak	'58-'62	'62-'65	'65-'68	'68-'69	'69-'71	'58-'68	'58-'71
1	-0,9	+1,7	+2,8	+1,1	-	+3,7	+4,8
5	+0,9	+2,0	+2,8	+2,6	+1,8	+5,7	+10,1
8	-0,1	-0,4	-0,1	+1,0	-	-0,6	+0,4
1+5+8	-0,1	+3,3	+5,5	+4,7	+1,8	+8,8	+15,3
2	+0,2	-0,4	-	-0,2	+0,4	-0,2	0
3	-	-2,1	-2,7	-2,1	-2,8	-4,8	-9,7
4	-0,2	-0,1	-1,3	+0,1	-0,4	-1,6	-1,9
2+3+4	0	-2,6	-4,0	-2,2	-2,8	-6,6	-11,6
1+2+3+4	0	+0,7	+1,5	+2,5	-1,0	+2,2	+3,7

Tabel 4

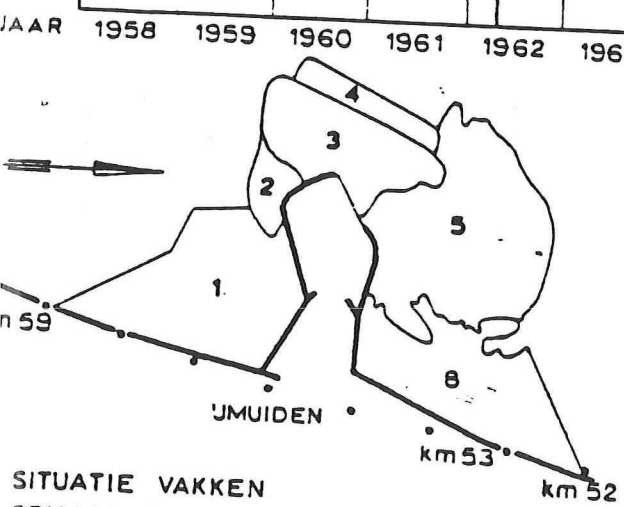
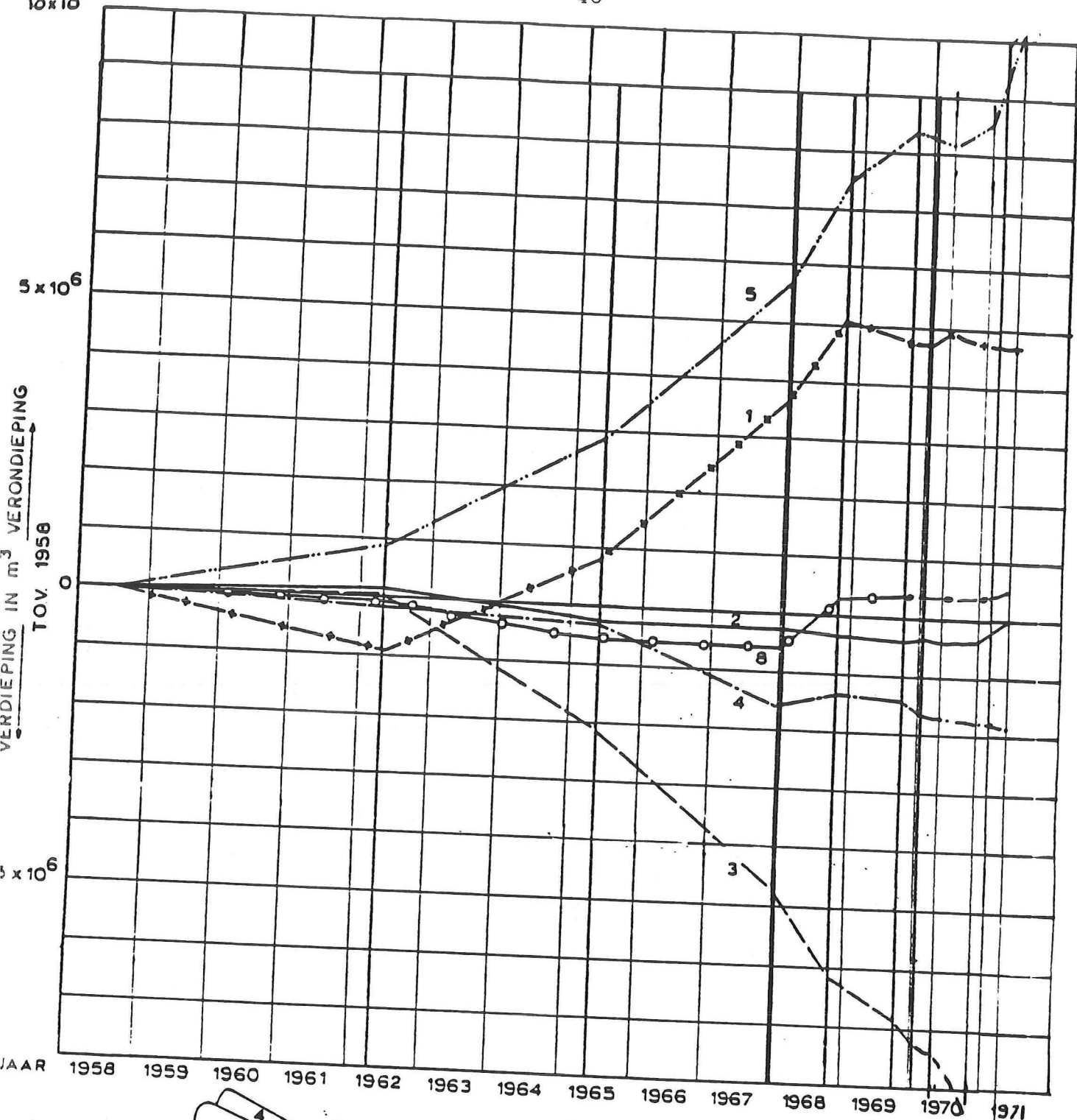
JARKUS-kuberingen Texel

De kuberingen zijn inclusief de zandsuppleties. De volgende zandsuppleties zijn uitgevoerd:

1979: km 26 - 31 ; $3.050.000 \text{ m}^3$

1984: km 18 - 24 ; $3.020.000 \text{ m}^3$

1985: km 26 - 31 ; $2.850.000 \text{ m}^3$



TOELICHTING

- ◆ — ◆ — ◆ — VAK 1
 - — — — VAK 2
 - — — — VAK 3
 - · - · - · VAK 4
 - · - · - · VAK 5
 - — ○ — ○ — VAK 8
- VAKINDELING GEKOZEN NAV. DE VERSCHILKAART 1958-1968 (BIJLAGE 2)

DATUM VAN LODING:

1958	APRIL/MEI 1970
MAART/JUNI	1962 OKTOBER 1970
MEI/JUNI	1965 DECEMBER 1970
NOVEMBER/DEC	1967/ FEBR. 1968
OKTOBER/NOV.	1968 MAART/APRIL 1971
OKTOBER	1969
JANUARI	1970

VER(ON)DIEPING BOVEN N.A.P. NIET MEEGEREKEND

SITUATIE VAKKEN
SCHAAL 1:100.000

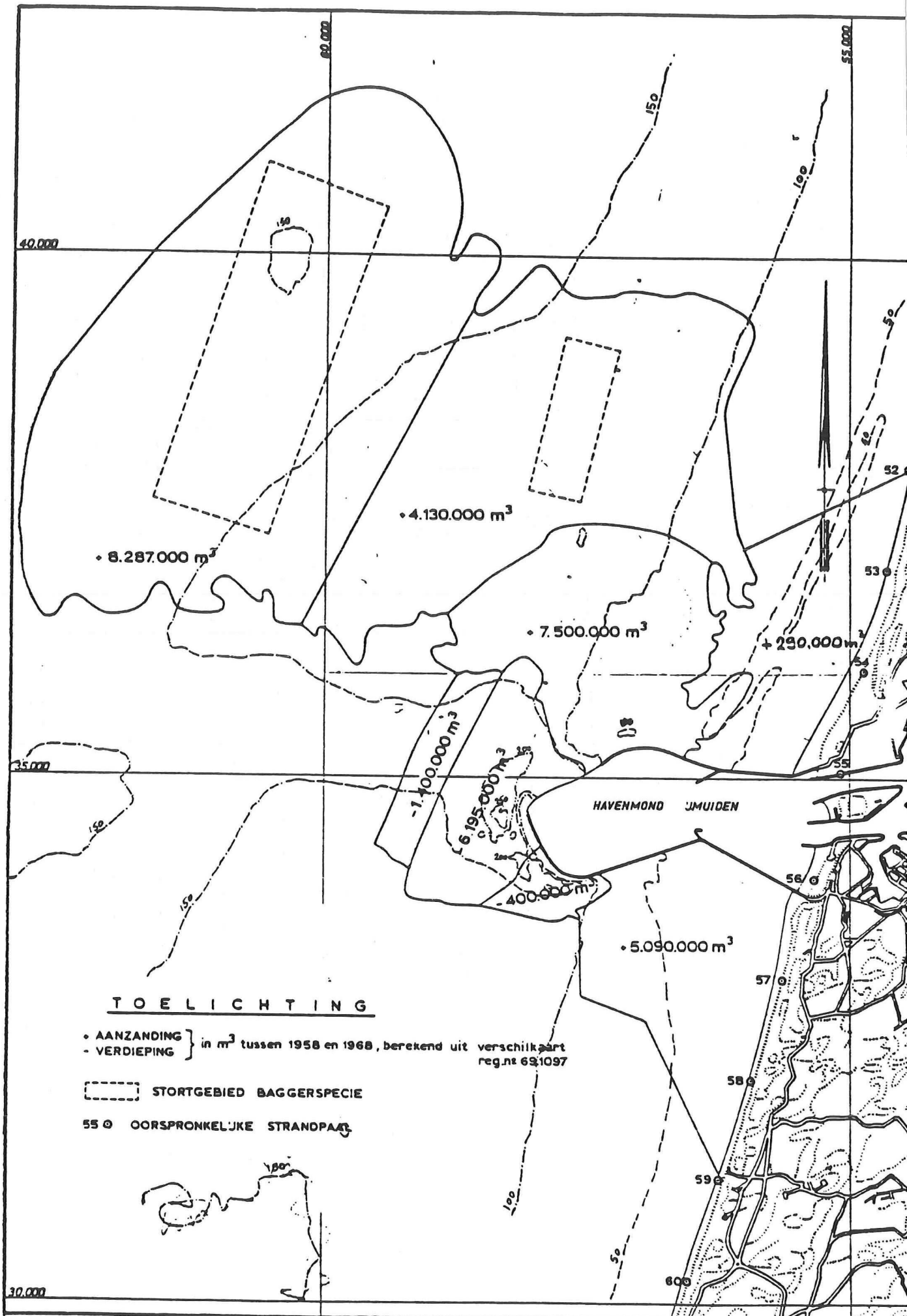


fig.24. VER(ON)DIEPING TUSSEN 1958 en 1968 in m³ OMGEVING HAVENMOND 'muiden

km - km	1965-1970	1970-1975	1975-1980	1980-1985	1965-1985	1963-1986
8.00-10.00	-410.234	-1.221.827	-886.045	-1720.927	-4239.033	-4.363.528
10.01-17.93	-6.384.735	-3.282.563	-209.517	-2.408.619	-12.285.434	-12.991.036
18.13-29.01	-1.024.334	-3.199.576	-1.332.616	+3.033.439	-2523.087	-3.259.055
29.17-31.00	-1.432.864	-493.238	+671.790	-334.693	-1.589.005	-1.574.345
0.00-31.00	-9.252.167	-8.197.204	-1.756.388	-1430.800	-20.636.559	-22.187.964
idem, zondersuppleties			+4.800.000	+7300.000	-29.560.000	-32.860.000
gem. per jaar	-1.850.433	-1.639.441	-960.000	-1.460.000	-1.478.000	-1.429.700

Tabel 5

bovenstaande tabellen uit verschilkueringen van totale JARKUS-raaien.

Kuering uit doorlodngen Texel

Alleen het deel aansluitend aan JARKUS is gebruikt (900 m resp. 1000 m uit hoofdmeetlijn tot 3000 m uit hoofdmeetlijn).

km - km	1965-1970	1970-1975	1975-1980	1980-1985	1965-1975	1975-1985	1965-1985
0.00-900	+1.493.688	+1.127.958	-131.408	+2.872.555	+2.621.646	+2.741.147	+5.362.793
10.03-17.93	-2.195.577	-243.265	+1.845.786	-530.000	-2.438.842	+1.316.000	-1.123.000
18.93-29.01	-2.399.420	-2.032.251	-5.966.697	+5.908.993	-4.431.671	-57.704	-4.489.375
30.01-31.00	-990.723	+1.117.815	-313.062	+50.000	+127.092	-263.000	-136.000
0.00-31.00	-4.092.052	-29.743	-4.565.381	+8.301.548	-4.121.775	+3.736.443	-385582
idem; gem/jaar	-818.406	-5.949	-913.076	+1.660.310	-412.178	+373.644	-19.280

Tabel 6

4.5. Zandbalans

Zandbalansen kunnen opgesteld worden voor verschillende tijdvakken en verschillende gebieden en met verschillende methoden.

Beschikbaar zijn de volgende verwerkte lodngen:

1. JARKUS-lodngen/metingen tot \pm 800 m uit de kust; 1963-1986.
2. Doorlodngen in km-raaien tot \pm 3000 m uit de kust; 1965, 1970, 1975, 1980, 1985 (1986)
3. Lodngen buitendelta Zeegat van Texel vanaf 1816, [9], [10], [28] en [29].

4. Lodingen binnendelta Zeegat van Texel vanaf 1933, [11]
5. Lodingen binnendelta Eijerlandse Gat 1973-1977, [30]
6. Lodingen binnendelta Eijerlandse Gat 1965-1972-1977, [31]

Verder zijn beschikbaar:

7. Ligging G.L.W.-, G.H.W.- en D.V.-lijnen vanaf 1843 resp. 1850. Met een verband tussen kustachteruitgang en erosie is hiermee ook een balans op te stellen. [32]
8. Ligging kustlijn Texel 1796; 1816, 1838. [33]

Buitendelta Zeegat van Texel

In de periode 1933-1981 circa $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ erosie; dat is gemiddeld $+ 4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$.

Dus periode 1965-1985 een erosie van $80 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. [9]

Binnendelta Zeegat van Texel

In de periode 1933-1981 sedimentatie van $180 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ waarbij geen rekening is gehouden met zandwinning. In de periode 1965-1981 geen erosie noch sedimentatie.

Buitendelta Eijerlandse Gat

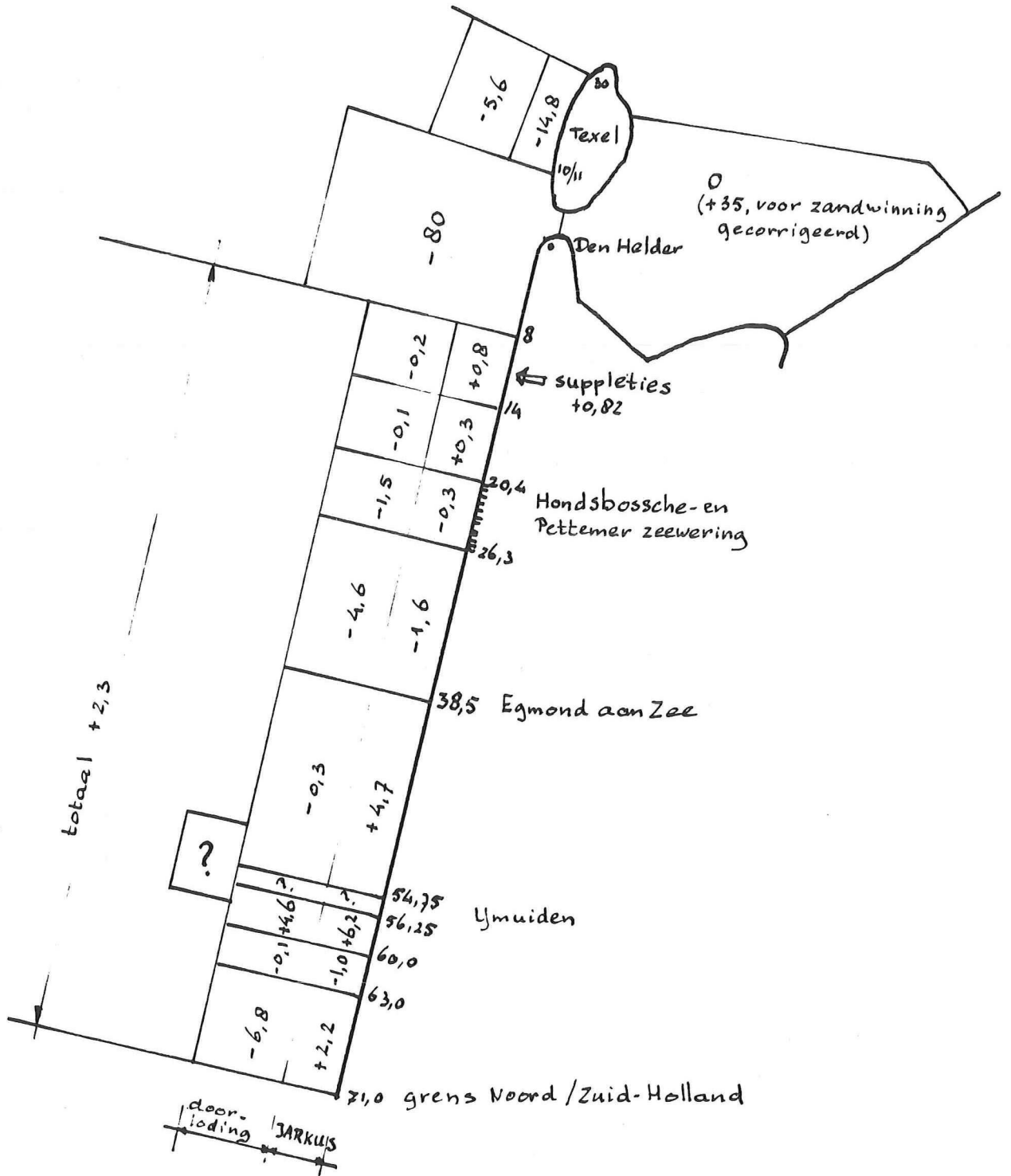
Alleen erosie/sedimentatie bekend van de periode 1973-1977. Sedimentatie $1,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ in 4 jaar, dat is $0,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$. [30] Deze hoeveelheid in de periode is te klein om iets over sedimentatie/erosie te zeggen. Stel resulterend geen sedimentatie of erosie.

Binnendelta Eijerlandse Gat

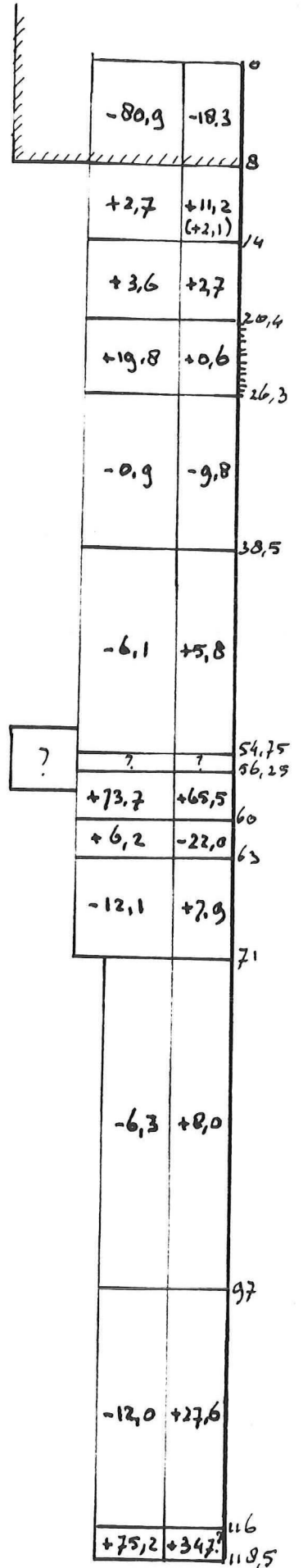
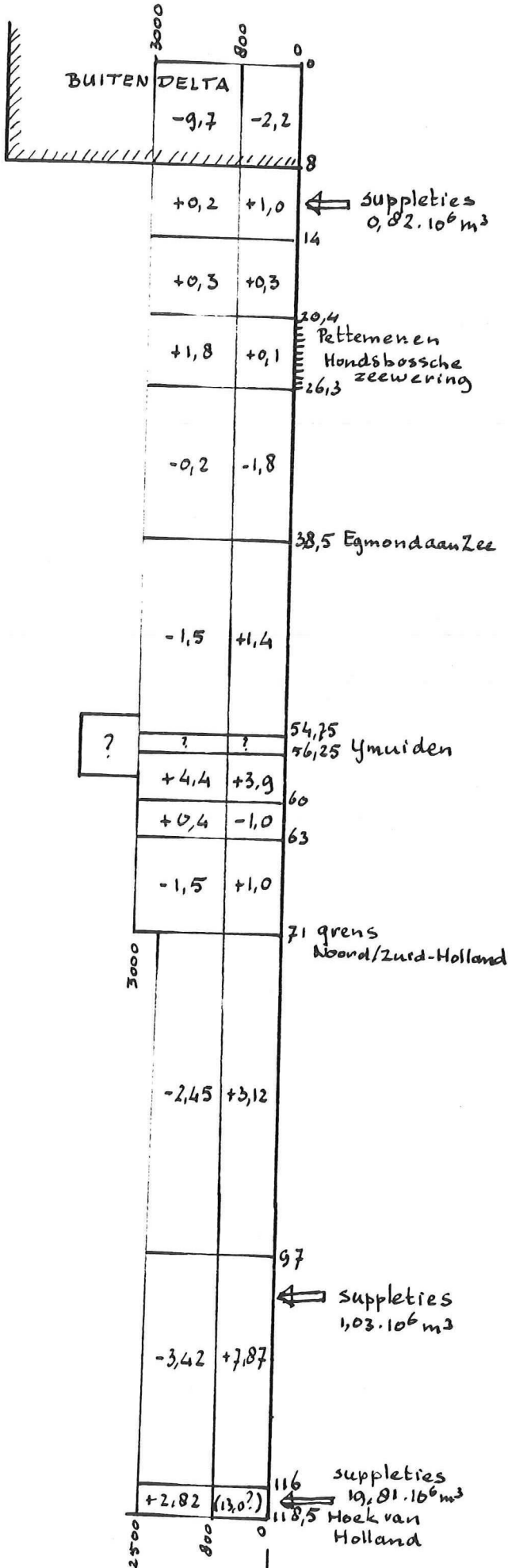
Alleen erosie/sedimentatie bekend van de periode 1965-1977. [31]

Resultierend geen erosie/sedimentatie tussen 1965-1977.

Balans Noord-Holland 1965 - 1985 (1986) in 10^6 m^3 .
 (niet voor suppleties gecorrigeerd).



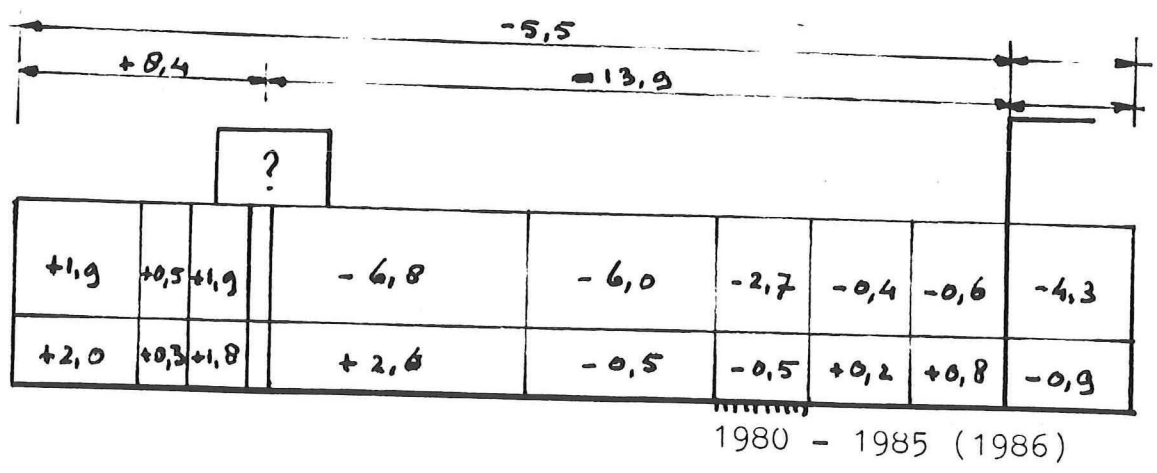
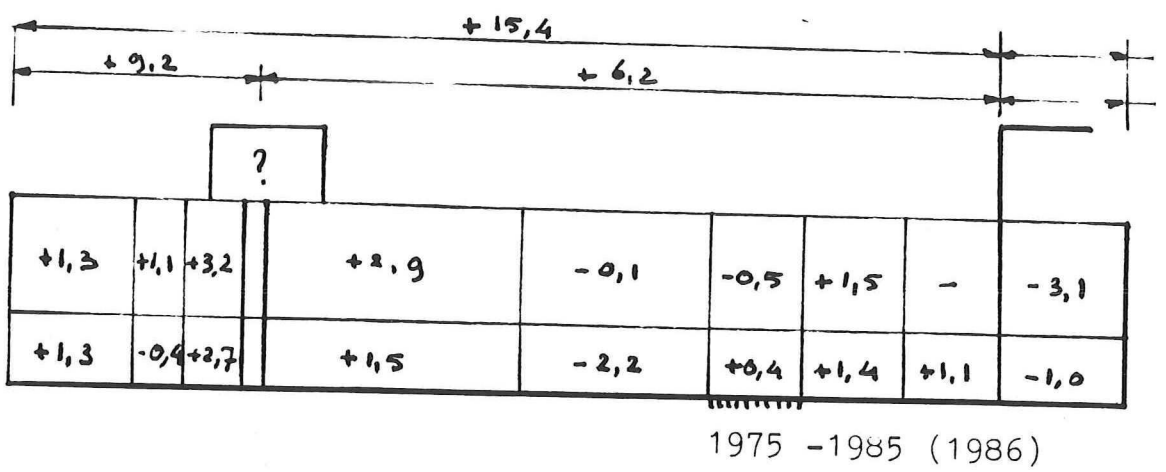
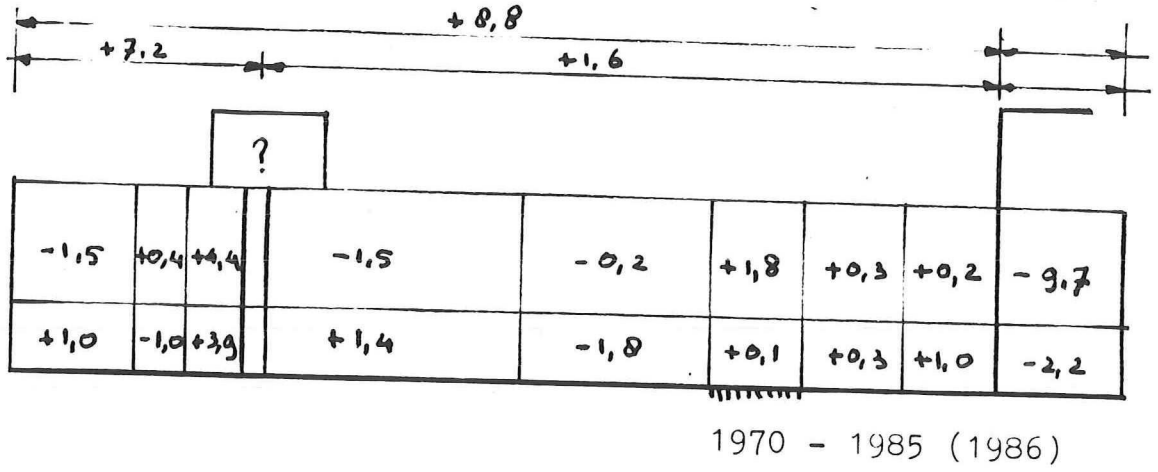
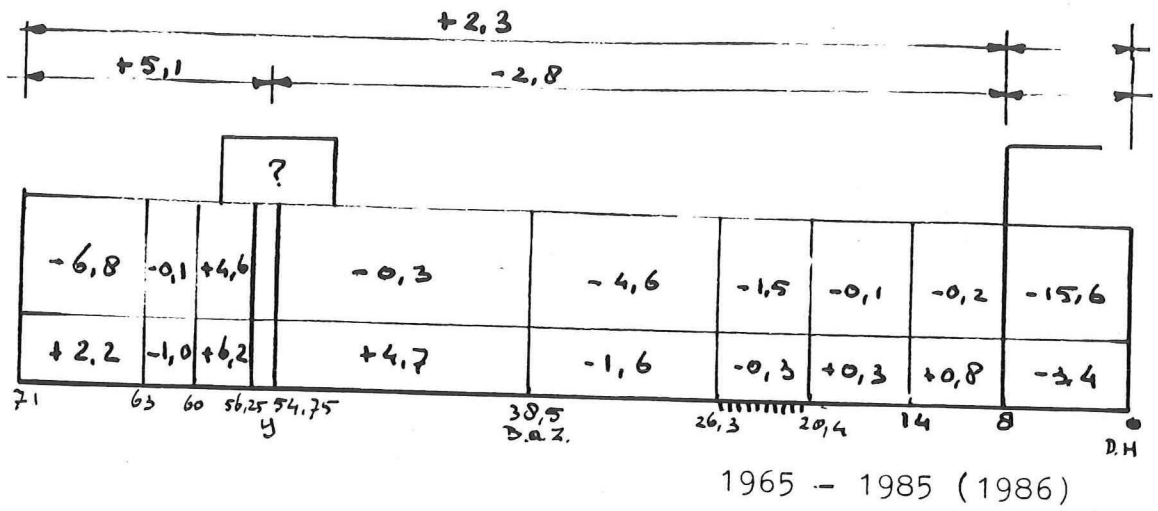
Ba lans hollandse kust 1970 - 1985 (1986)
(niet gecorrigeerd voor suppleties)



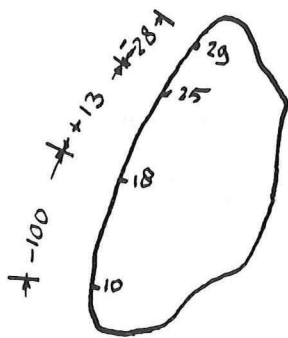
erosie/sedimentatie in 10⁶ m³

erosie/sedimentatie in m³/m'j

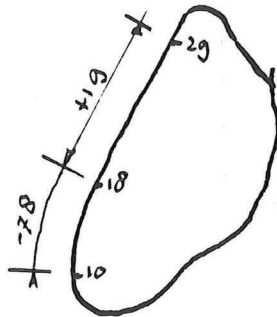
Balans Noord-Holland (niet gecorrigeerd voor suppleties)



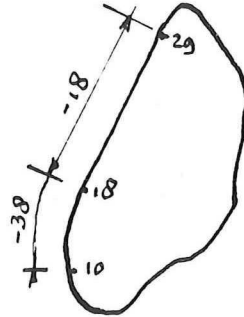
Overzicht kusterosie Texel in 10^6 m^3



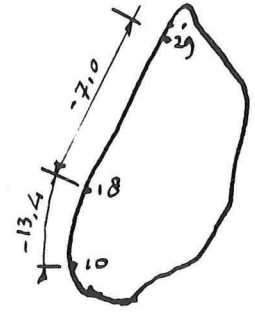
1800-1885



1850-1885



1933-1985



1965-1985

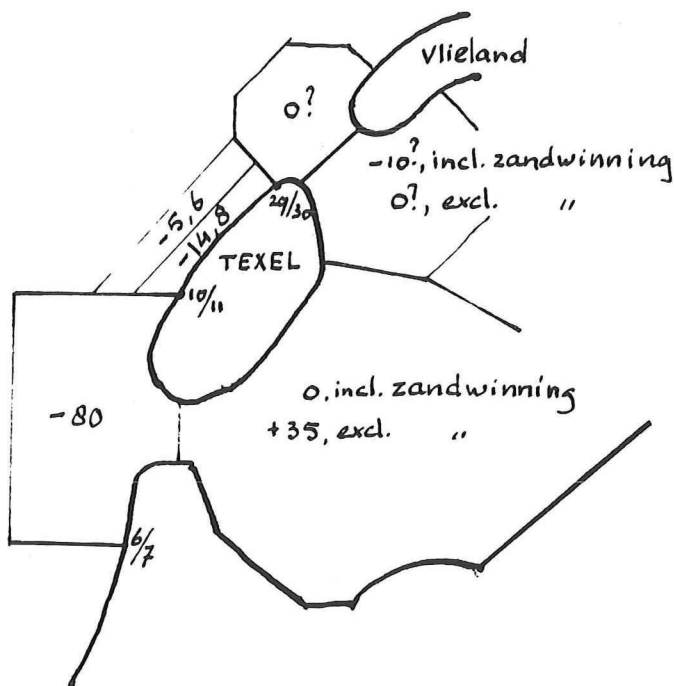
Erosie/sedimentatie in 10^6 m^3

De gem. jaarlijkse erosie is met bovenstaande cijfers (in $10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$)

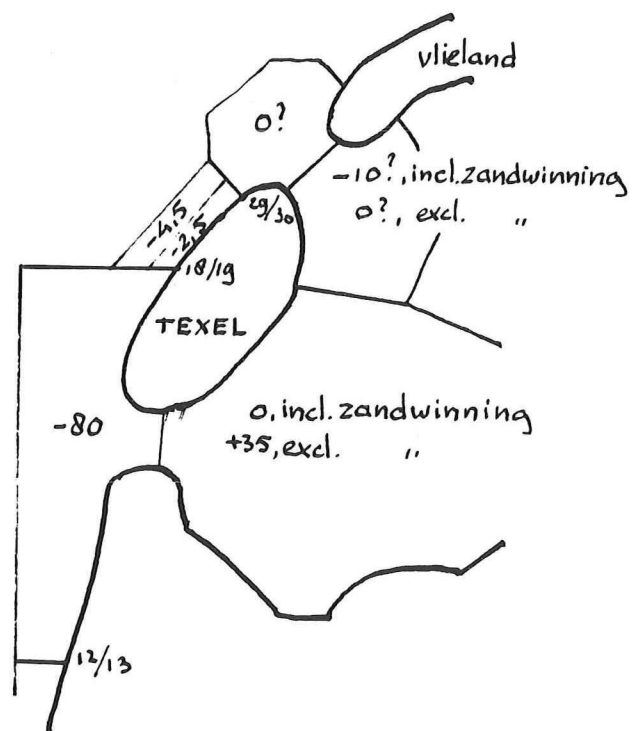
	1800-1885	1850-1885	1933-1985	1965-1985
km 10-km 18	-0,54	-0,58	-0,73	-0,67
km 18-km 29	-0,08	+0,14	-0,35	-0,35
km 10-km 29	-0,62	-0,44	-1,08	-1,02

(niet gecorrigeerd voor suppleties)

Zandbalans Texel 1965 - 1985 in 10^6 m^3



met kleine buitendelta



met grote buitendelta

Zandbalans Texel 1953 - 1985
kustgedeelte:

methode 1: extrapolatie van 1965-1985 ;we krijgen dan:

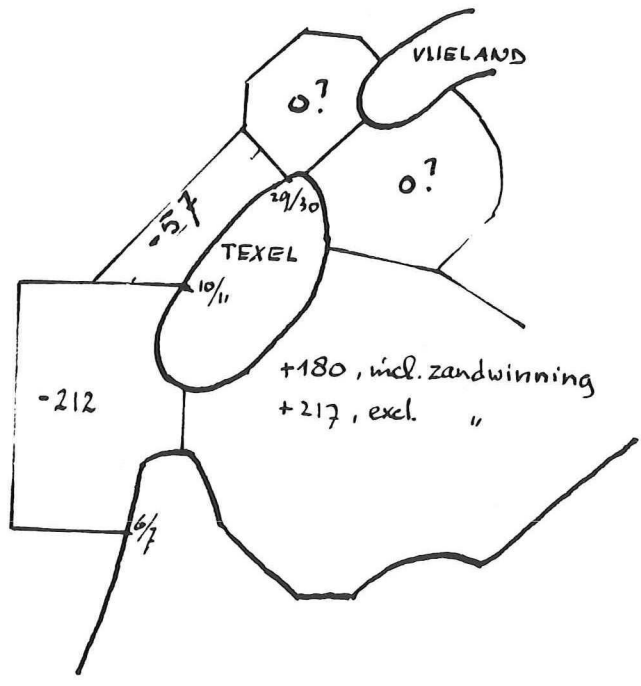
kustvak	10.01 - 29.01	18.13 - 29.01
0 - 1000	- 42,6 . 10 ⁶ m ³	- 6,9 . 10 ⁶ m ³
1000 - 3000	- 14,8 . 10 ⁶ m ³	- 11,7 . 10 ⁶ m ³
0 - 3000	- 57,5 . 10 ⁶ m ³	- 18,2 . 10 ⁶ m ³

methode 2: uit kustachteruitgang met 1 m $\hat{=}$ 14 m³/m¹
(incl. suppleties; echte (geen gefilterde) achteruitgang)

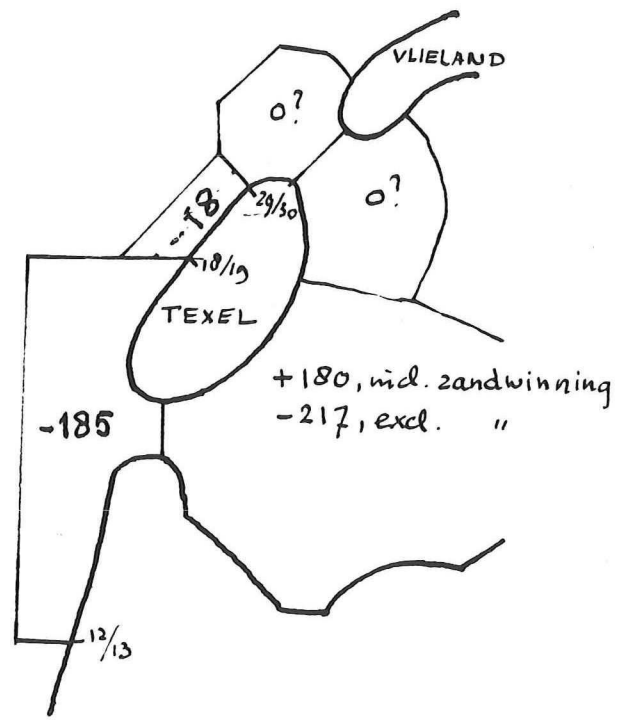
km	ongecorrigeerde achteruitgang in m	gecorrigeerde achteruitgang	breedte	m ³ achteruitgang x br x 14	km	achteruitgang	m ³ achteruitgang x br x 14
10	-680	-575	800	6,44 . 10 ⁶	20	-30	0,420 . 10 ⁶
11	-700	-670	500	4,69 . 10 ⁶	21	-70	0,980 . 10 ⁶
12	-600	-545	800	6,664 . 10 ⁶	22	-80	1,120 . 10 ⁶
13	-500	-490	1000	6,860 . 10 ⁶	23	-140	1,960 . 10 ⁶
14	-420	-410	"	5,740 . 10 ⁶	24	-230	3,220 . 10 ⁶
15	-300	-295	"	4,130 . 10 ⁶	25	-300	4,200 . 10 ⁶
16	-150	-150	"	2,100 . 10 ⁶	26	-140	1,960 . 10 ⁶
17	-120	-120	"	1,680 . 10 ⁶	27	-70	0,980 . 10 ⁶
18	-50	-50	"	0,700 . 10 ⁶	28	-70	0,980 . 10 ⁶
19	-20	-20	"	0,280 . 10 ⁶	29	-70	0,980 . 10 ⁶

totaal km10⁶/m km29 : - 56,084 . 10⁶ m³
km18¹/m km29 : - 17,78 . 10⁶ m³

Methode 1 geeft nagenoeg dezelfde uitkomst als methode 2!



kleine buitendelta



grote buitendelta

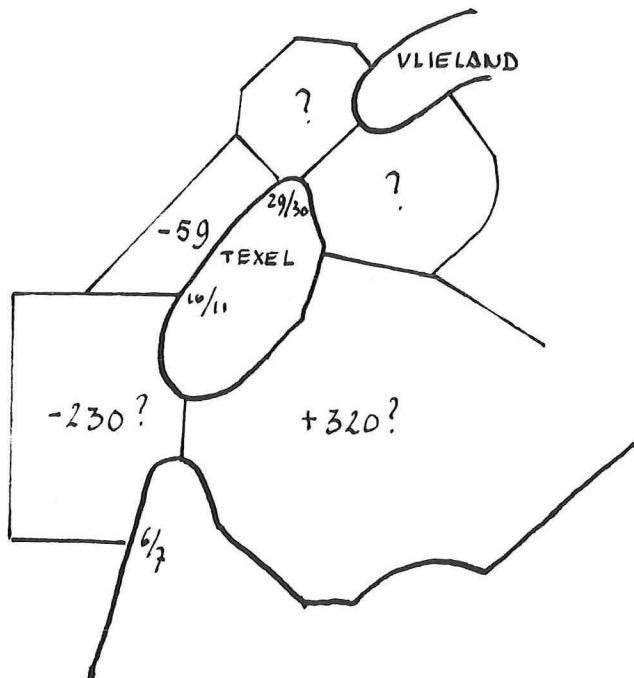
Conclusie: balans lijkt redelijk in evenwicht.

Zandbalans Texel 1850 - 1985

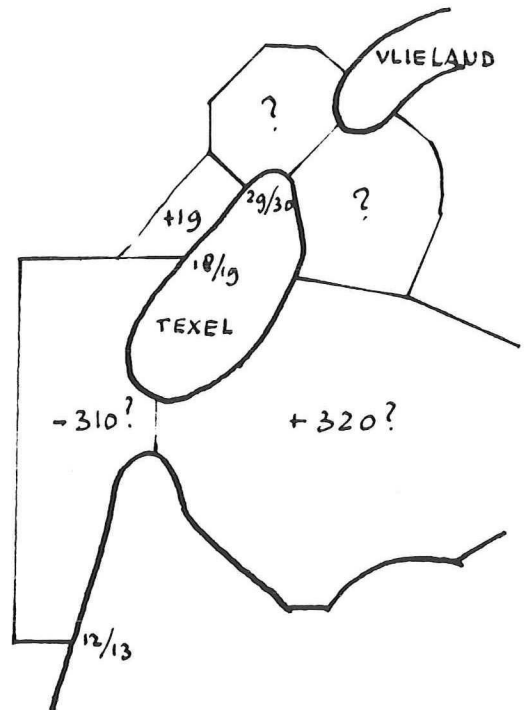
Kustgeoeete: uit kustachteruitgang met $1 \text{ m} \hat{=} 14 \text{ m}^3/\text{m}^1$
 (incl. suppleties, geen gefilterde achteruitgang)

km	ongecorrigeerde achteruitgang in m	gecorrigeerde achteruitgang in m	breedte	$\text{m}^3 = \text{achteruit-}$ $\text{gang} \times \text{br} \times \text{H}$	km	achteruit- gang in m	$\text{m}^3 = \text{achteruit-}$ $\text{gang} \times \text{br} \times \text{H}$
10	-1630	-1380	800	-15,46 · 10 ⁶	20	+300	+4,20 · 10 ⁶
11	-1610	-1540	500	-10,78 · 10 ⁶	21	+240	+3,36 · 10 ⁶
12	-1280	-1275	800	-14,28 · 10 ⁶	22	+230	+3,22 · 10 ⁶
13	-1010	-985	1000	-13,79 · 10 ⁶	23	+190	+2,66 · 10 ⁶
14	-730	-710	"	-9,94 · 10 ⁶	24	+80	+1,12 · 10 ⁶
15	-460	-455	"	-6,37 · 10 ⁶	25	-	-
16	-330		"	-4,62 · 10 ⁶	26	+110	+1,54 · 10 ⁶
17	-190		"	-2,66 · 10 ⁶	27	+120	+1,68 · 10 ⁶
18	+20		"	+0,28 · 10 ⁶	28	+30	+0,42 · 10 ⁶
19	+150		"	+2,10 · 10 ⁶	29	-130	-1,82 · 10 ⁶

totaal km 10 t/m km 29 : -59,14 · 10⁶
 totaal km 18 t/m km 29 : +18,76 · 10⁶



kleine buitendelta



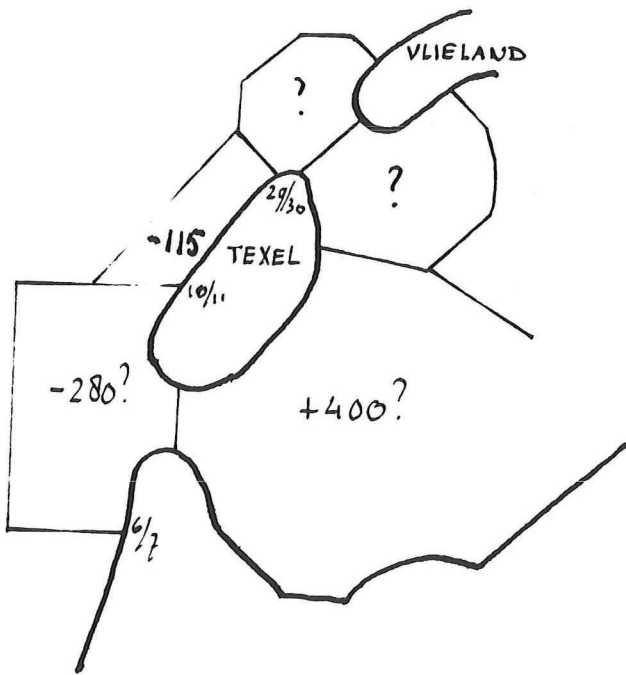
grote buitendelta

Zandbalans Texel 1800 - 1985

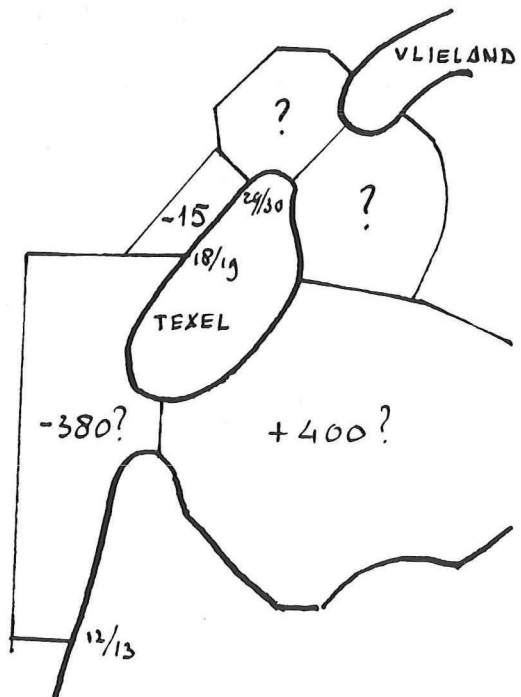
kustgedeelte: uit kustachteruitgang met $1 \text{ m} \hat{=} 14 \text{ m}^3/\text{m}$
 (incl. suppleties, geen gefilterde achteruitgang)

Km	ongecorrigeerde achteruitgang/m	gecorrigeerde achteruitgang	breedte	$\text{m}^3 = \text{achteruitgang} \times \text{br} \times 14$	Km	achteruitgang	$\text{m}^3 = \text{achteruitgang} \times \text{br} \times 14$
10	-1650	-1400	800	$-15,68 \cdot 10^6$	20	+150?	$+2,10 \cdot 10^6$
11	-2440	-2335	500	$-16,35 \cdot 10^6$	21	+200?	$+2,80 \cdot 10^6$
12	-1910	-1900	800	$-21,28 \cdot 10^6$	22	+200?	$+2,80 \cdot 10^6$
13	-1810	-1765	1000	$-24,71 \cdot 10^6$	23	+210?	$+2,94 \cdot 10^6$
14	-680	-665	"	$-9,31 \cdot 10^6$	24	+80	$+1,12 \cdot 10^6$
15	-460	-455	"	$-6,37 \cdot 10^6$	25	-100	$-1,40 \cdot 10^6$
16	-270		"	$-3,78 \cdot 10^6$	26	-200	$-2,80 \cdot 10^6$
17	-190		4	$-2,66 \cdot 10^6$	27	-300	$-4,20 \cdot 10^6$
18	+20?		"	$+0,28 \cdot 10^6$	28	-470	$-6,58 \cdot 10^6$
19	+100?		"	$+1,40 \cdot 10^6$	29	-950	$-13,30 \cdot 10^6$

totaal km 10 t/m km 29: $-114,98 \cdot 10^6$
 totaal km 18 t/m km 29: $-14,84 \cdot 10^6$



kleine buitendelta



grote buitendelta

Conclusies

Tussen km 8 en km 71 (Noord-Holland) is er (volgens kuberingen van JARKUS en doorlodingen) tussen 1965 en 1985 (1986) $2,3 \cdot 10^6$ m³ zand bijgekomen (incl. suppleties Callantsoog 1978-1980; excl. suppleties 1986 $1,5 \cdot 10^6$ m³). Rekenen we met de "verwachtingswaarden", dan is er exclusief de suppleties $8,2 \cdot 10^6$ m³ bijgekomen. Hierbij is dan nog niet beschouwd het erosiegebied zeewaarts van de pieren van IJmuiden. Tussen 1965 en 1971 is hier erosie opgetreden van ca. $9 \cdot 10^6$ m³.

Het lijkt er dus op dat er sluitende zandbalansen zijn voor het gebied rond IJmuiden (dat onder invloed staat van de havenhoofden) en voor het hele gebied tussen km 8 en km 71.

Een periode van 20 jaar is echter eigenlijk te kort voor een echt betrouwbare balans.

De zandbalansen van Texel inclusief de aangrenzende buiten- en binnendelta's lijken over langere perioden (50 jaar en meer) redelijk in evenwicht te zijn. Over de laatste 20 jaar is er zand tekort.

Ondanks dat de zandbalans in evenwicht is, kan er toch kustachteruitgang optreden, o.a. door aangroei van duinen en door zeespiegelrijzing. Zeespiegelrijzing geeft geen erosie of sedimentatie, echter wel kustachteruitgang. Bij een huidige zeespiegelrijzing van 0,20m/eeuw bedraagt de kustachteruitgang ca. 10m/eeuw, of 0,1m/j.

Van km 1 - km 8 treedt erosie op. Dit gebied behoort echter tot de buitendelta, welke een interactie heeft met de Waddenzee.

De m.b.v. JARKUS en doorlodingen berekende erosie bedraagt voor dit gebied $0,9 \text{ à } 1,0 \cdot 10^6$ m³/jaar.

Tussen km 8 - km 20,4 (Groote Keeten - Pettemer Zeewering) is de zandbalans in evenwicht.

Het gedeelte van de Hondsbossche- en de Pettemer Zeewering erodeert zeer licht (orde 50.000 m³/j).

Het gedeelte tussen de Hondsbossche zeewering en Egmond aan Zee (km 26,3 - km 38,5) erodeert met ca. 200.000 m³/j.

Versteiling van de vooroever is moeilijk aan te tonen.

Boven IJmuiden vindt dit waarschijnlijk niet of nauwelijks plaats. Onder IJmuiden is dit wellicht wel het geval. De versteiling wordt hier waarschijnlijk veroorzaakt door de veranderde stromingscondities als gevolg van de uitbouw van de havenhoofden van IJmuiden.

Voor de kustachteruitgang van Texel (km 10 - km 29) geldt: kustachteruitgang van 1 m $\hat{=}$ 14 m³/m¹ erosie.

Voor de Noordhollandse kust gaat deze vuistregel alleen op in het kustvak Egmond - Hondsbossche Zeewering, maar niet boven de Pettemer Zeewering.

5. VOORSPELLING KUSTGEDRAG

Bij de voorspelling van het kustgedrag wordt uitgegaan van de huidige zeespiegelstijging (0,15 á 0,10 m/eeuw). Ook de interactie met de Waddenzee wordt in de prognose gelijk verondersteld als met die uit de afgelopen 130 á 140 jaar.

5.1. Noord-Holland

Voor de prognose van de kustontwikkeling van Noord-Holland is gebruik gemaakt van (enigzins gladgetrokken) G.L.W. lijnen. Van deze lijnen is handmatig de regressie bepaald over het tijdvak 1843 t/m 1986. Bij het vaststellen van de regressie is rekening gehouden met een "vloeiend" verloop van de waarde van de regressie langs de kust.

Voor de "gemiddelde" voorspelling is de trendlijn genomen, met evt. een beginaanpassing (in die gevallen waarin de werkelijke ligging van de G.L.W.-lijn te veel afweek van de ligging volgend uit de trendlijn).

Voor de pessimistische voorspelling is de ondergrens van de fluctuaties (zowel van langperiodische zandgolven als korte fluctuaties) genomen.

De pessimistische voorspelling ligt in het algemeen ca. 50 m onder de gemiddelde voorspelling.

Ten zuiden van IJmuiden is de voorspelling gebaseerd op lit [27].

De effecten van de uitbouw van de havenhoofden van IJmuiden worden verondersteld voor 2010 grotendeels beëindigd te zijn, in de pessimistische voorspelling reeds omstreeks 1990.

Voor de vertaling van G.L.W.-lijn naar G.H.W.-lijn en D.V.-lijn gelden de onderstaande waarden.

afstand tussen	erosieve gebieden	stabiele gebieden	sedimentatie gebieden
G.L.W.-G.H.W.	40 á 60m (50m)	40 á 100m (65m)	60 á 150m(80m
G.H.W.-D.V.	ca. 50 m	ca. 50 m	ca. 50 m (plaatselijk tot 500 m)

De getallen in de hiernavolgende tabellen geven de ligging van de G.L.W.-lijn in m uit de hoofdmeetlijn van het km-raaienstelsel.

De bijlagen 2 t/m 4 geven de (evt. gladgetrokken) bliksemgrafieken met de voorspelling.

5.2. Texel

De kustontwikkeling van Texel wordt overheerst door het gedrag van de geulen in de buitendelta's welke tegen Texel liggen en de verhelingen van zandplaten met Texel.

Prognose gemiddelde ligging D.V.-lijn Noord-Holland; fase II
(geen extra zeespiegelrijzing of veranderende invloed Waddenzee)

celnummer	RSP	ligging D.V. t.o.v. hoofdmeetlijn							natuurlijke trend in m/j	afstand D.V.-lijn tot G.L.W.-lijn in m.	
		1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090			
156	71	49	49	49	49	49	49	49	0	101	
157	70	45	45	45	45	45	45	45	0	75	
158	69	25	25	25	25	25	25	25	0	95	
159	68	39	39	39	39	39	39	39	0	91	
160	67	52	52	52	52	52	57	62	0,10	98	
161	66	69	70	72	75	79	84	89	0,20	101	
162	65	66	66	71	71	71	76	81	0,15	104	
163	64	67	72	72	72	72	77	87	0,20	103	
164	63	55	40	40	40	40	45	55	0,20	85	
165	62	28	23	18	18	18	23	33	0,20	82	
166	61	19	24	29	34	39	44	54	0,20	91	
167	60	-12	3	13	28	28	33	43	0,20	102	
168	59	24	44	64	79	79	84	94	0,20	116	
169	58	145	165	185	200	210	220	230	0,20	230	
170	57	286	336	376	406	426	436	446	0,20	574	
171	56	haven Ymuiden									
172	55	645	646	650	655	660	675	695	0,50	230	
173	54	250	253	255	260	265	280	300	0,50	200	
174	53	80	83	85	90	95	110	130	0,50	150	
175	52	5	8	10	15	20	35	55	0,50	140	
176	51	-52	-51	-51	-50	-49	-46	-42	0,10	132	
177	50	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	0	125	
178	49	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	0	124	
179	48	-27	-27	-27	-27	-27	-27	-27	0	107	
180	47	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	0	98	
181	46	-10	-9	-9	-8	-7	-4	0	0,10	110	
182	45	6	7	7	8	9	12	16	0,10	129	
183	44	-13	-11	-9	-5	-1	11	27	0,40	138	
184	43	-32	-30	-28	-25	-21	-11	3	0,55	137	
185	42	-18	-16	-13	-9	-4	9	27	0,45	118	
186	41	-47	-46	-45	-43	-41	-35	-27	0,20	127	
187	40	-8	-7	-5	-3	0	7	17	0,25	103	
188	39	-27	-28	-28	-30	-31	-36	-42	-0,15	87	
189	38	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	0	87	
190	37	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	0	135	
191	36	-83	-85	-87	-91	-95	-107	-123	-0,40	118	
192	35	-103	-105	-107	-111	-115	-127	-143	-0,40	118	
193	34	-113	-116	-119	-125	-131	-149	-173	-0,60	113	
194	33	-117	-121	-126	-134	-143	-168	-202	-0,85	117	
195	32	-128	-133	-137	-146	-155	-182	-218	-0,90	88	
196	31	-155	-160	-165	-175	-185	-215	-255	-1,00	95	
197	30	-171	-176	-181	-190	-200	-228	-266	-0,95	111	
198	29	-168	-173	-177	-186	-195	-222	-258	-0,90	88	
199	28	-199	-204	-208	-217	-226	-253	-289	-0,90	99	
200	27	-217	-222	-226	-235	-244	-271	-307	-0,90	122	
201	26	-70	-74	-78	-86	-94	-94	-94	-0,80	30	
202	25	20	20	20	20	20	20	20			
203	24	20	20	20	20	20	20	20			
204	23	20	20	20	20	20	20	20			
205	22	20	20	20	20	20	20	20			
206	21	0	0	0	0	0	0	0			

Pette-
mer-
en
Hondsbossche
zeewering

celnummer	RSP	1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090	natuurlijke trend in m/j	afstand D.V.-lijn tot G.L.W.-lijn in m.
207	20	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-0,85	75
208	19	-176	-181	-185	-194	-203	-230	-266	-0,90	96
209	18	-184	-189	-193	-202	-211	-238	-274	-0,90	144
210	17	-191	-196	-200	-209	-218	-245	-281	-0,90	96
211	16	-164	-169	-173	-182	-191	-218	-254	-0,90	94
212	15	-108	-111	-114	-121	-127	-147	-173	-0,65	128
213	14	-43	-45	-47	-52	-56	-70	-88	-0,45	78
214	13	-46	-48	-50	-54	-58	-70	-86	-0,40	61
215	12	-81	-85	-89	-96	-104	-126	-156	-0,75	36
216	11	-117	-121	-126	-135	-144	-171	-207	-0,90	42
217	10	-204	-209	-214	-224	-234	-264	-304	-1,00	129
218	9	-207	-212	-217	-227	-237	-267	-307	-1,00	122
219	8	-215	-220	-224	-233	-242	-269	-305	-0,90	110
220	7	-197	-202	-206	-215	-224	-251	-287	-0,90	117
221	6	-182	-187	-191	-200	-209	-236	-272	-0,90	107
222	5	-142	-147	-151	-160	-169	-196	-232	-0,90	92
223	4	-157	-162	-166	-175	-184	-211	-247	-0,90	102
224	3	-174	-180	-185	-196	-207	-240	-284	-1,10	129
225	2	-144	-150	-157	-169	-182	-194	-269	-1,25	74
226	1	-95	-98	-101	-107	-113	-131	-155		
227	0	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10		

Opm:-prognose is gebaseerd op de G.L.W.-lijn, vertaling naar D.V.-lijn is uitgevoerd door D.G.W. door vaste afstand tussen D.V.-lijn en G.L.W.-lijn aan te nemen.

-km raaien 1,20 en 26 zijn interpolaties tussen raaien op duinvoetverdediging of dijk en de naastliggende strandraai.

-G.L.W.-lijn exclusief strandsuppletie Callantsoog, D.V.-lijn inclusief strandsuppletie Callantsoog (raaien 11t/m 14).

Prognose pessimistisch ligging D.V.-lijn Noord-Holland; fase II
(geen extra zeespiegelrijzing of veranderende invloed Waddenzee).

N.B. zie opmerkingen bij prognose gemiddelde ligging D.V.-lijn.

celnummer	RSP	1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090
156	71	8	9	9	9	9	9	9
157	70	15	15	15	15	15	15	15
158	69	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
159	68	9	9	9	9	9	9	9
160	67	22	22	22	22	22	22	22
161	66	29	29	29	29	29	39	49
162	65	26	26	26	26	26	36	46
163	64	37	37	37	27	22	12	12
164	63	25	5	0	0	0	0	0
165	62	-2	-12	-22	-27	-27	-32	-37
166	61	-11	-13	-16	-11	-6	-1	9
167	60	-52	-52	-47	-42	-32	-27	-17
168	59	-16	-6	4	4	4	4	4
169	58	80	100	110	110	110	120	120
170	57	226	256	276	276	276	276	276
171	55							
172	55	620	620	620	620	620	620	620
173	54	220	220	220	220	220	220	220
174	53	40	45	50	55	60	60	60
175	52	-25	-33,5	-22	-19	-16	-7	5
176	51	-82	-82	-82	-82	-82	-87	-92
177	50	-85	-85	-85	-85	-85	-90	-95
178	49	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-84
179	48	-67	-67	-67	-67	-67	-67	-67
180	47	-58	-58	-58	-63	-63	-63	-68
181	46	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50
182	45	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39
183	44	-53	-63	-68	-73	-78	-68	-63
184	43	-77	-82	-82	-77	-72	-67	-57
185	42	-38	-48	-53	-68	-68	-58	-53
186	41	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82
187	40	-53	-52	-51	-49	-47	-41	-33
188	39	-57	-59,5	-62	-67	-72	-77	-87
189	38	-62	-62	-62	-62	-57	-52	-47
190	37	-110	-115	-120	-120	-116	-105	-105
191	36	-128	-130	-132	-136	-140	-152	-168
192	35	-168	-168	-168	-168	-168	-168	-183
193	34	-153	-163	-173	-178	-183	-203	-233
194	33	-157	-167	-177	-187	-192	-227	-277
195	32	-168	-183	-198	-213	-228	-258	-288
196	31	-220	-230	-240	-250	-265	-330	-410
197	30	-221	-226	-231	-241	-251	-291	-351
198	29	-198	-208	-213	-223	-233	-288	-318
199	28	-264	-274	-289	-299	-314	-339	-379
200	27	-242	-242	-247	-257	-267	-302	-344
201	26	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
202	25							
203	24							
204	23							
205	22							
206	21							
207	20	-175	-185	-195	-209	-225	-255	-295
208	19	-196	-201	-206	-221	-236	-266	-316
209	18	-289	-294	-299	-304	-309	-334	-384
210	17	-236	-246	-256	-266	-276	-291	-336
211	16	-214	-224	-234	-239	-244	-269	-319
212	15	-153	-153	-163	-173	-183	-203	-233
213	14	-83	-88	-98	-113	-123	-118	-128
214	13	-101	-101	-106	-111	-116	-131	-151
215	12	-111	-121	-131	-141	-151	-176	-201
216	11	-142	-157	-167	-177	-187	-217	-247
217	10	-259	-264	-274	-284	-304	-344	-389
218	9	-272	-282	-292	-302	-312	-357	-422
219	8	-260	-275	-285	-300	-315	-355	-425
220	7	-247	-257	-262	-277	-287	-327	-377
221	6	-207	-217	-222	-237	-252	-282	-327
222	5	-167	-172	-182	-197	-212	-237	-272
223	4	-167	-172	-177	-187	-197	-232	-282
224	3	-204	-219	-234	-254	-274	-324	-389
225	2	-179	-189	-199	-214	-224	-269	-324
226	1	-110	-118	-121	-127	-133	-166	-180
227	0	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10

De periodiciteit van de verhelings van de platen uit de buitendelta met het Zeegat van Texel met Texel wordt geschat op ca. 180 jaar. Door deze langjarige periodiciteit is de waarde van de natuurlijke kustontwikkeling zonder verhelings voor Texel niet bekend.

De gemiddelde prognose voor de kustontwikkeling van Texel is gebaseerd op de volgende veronderstellingen:

- totdat verhelings van de Noorderhaaks met Texel plaats gaat vinden, wordt lineair geëxtrapoleerd;
- bij deze extrapolatie is ervan uitgegaan, dat de verhelings van de Onrust reeds uitgewerkt is. Alleen de lineaire trend als gevolg van de zandgolf door het langs Texel trekken van de "Ezels" wordt geëxtrapoleerd;
- rekening wordt gehouden met een positief effect van de strandhoofden;
- rekening wordt gehouden met het gedrag van zand-suppleties als vermeld in paragraaf 3.9.4.;
- geen rekening is gehouden met onverwachte zandgolven uit de buitendelta van het Eyerlandse Gat;
- de prognose is gerelateerd aan de G.H.W.-lijn.

Voor de prognose is van belang aan te geven waar en wanneer de verhelings begint, hoe de zandgolf zich in een raai in de tijd manifesteert en hoe deze zich langs de kust verspreidt. Verder moet de "amplitude" (top-dal waarde) afgeschat worden.

De plaats en het tijdstip van de toekomstige verhelings

Verhelings van platen met Texel hebben in het verleden plaatsgevonden om de circa 180 jaar (lit [4]).

Dit is tevens de belangrijkste "astronomische" periode en een 4-voud van de periode van (stationaire?) zandgolven langs de hollandse kust.

De vorige verhelings (gedefinieerd als moment waarop kustvoortgang optrad) vond plaats omstreeks 1820 bij km 15. Verhelings zou dus plaats moeten vinden omstreeks het jaar 2000.

Er zijn echter een aantal redenen aan te geven waarom dit later zal gebeuren, n.l.:

- een periode van 180 jaar moet wellicht geïnterpreteerd worden als een periode van 180 ± 40 jaar;
 - door de afsluiting van de Zuiderzee is de buitendelta van Texel sterk geerodeerd. Door de zandarmoede kan er vertraging in het tempo van verhelings opgetreden zijn. Uit de kuberingen van de binnendelta van het Zeegat van Texel blijkt dat rond 1970 de sedimentatie van de binnendelta is gestopt, zodat verondersteld mag worden dat de grootschalige aanpassing aan het afsluiten van de Zuiderzee 40 jaar heeft geduurd.
- Indien deze aanpassingstijd ook voor de buitendelta geldt, zal de periode tussen de laatste en de toekomstige verhelings $180 \pm 40 = 220$ jaar bedragen;
- uit fig. 21 en uit het erosie/sedimentatie-onderzoek van de buitendelta van het Zeegat van Texel blijkt dat er zand van de Noorderhaaks al geruime tijd richting Texel komt.

De evenwijdig aan de kust gericht zandtoevoer vindt plaats tot km 13. De loodrecht op de kust gerichte zandtoevoer heeft zijn zwaartepunt bij km 11 en gaat gestaag door en waarschijnlijk zelfs in een toenemend tempo (zie fig.22). Indien het tempo van de laatste 10 jaar gehandhaafd blijft, zal over ca. 40 jaar het zand de kust bereikt hebben. Momenteel bevindt het (duidelijke) sedimentatiegebied zich op ca. 1400 m uit de hoofdmeetlijn. De periodiciteit van de laatste "verhelings" bedraagt dan circa 210 jaar.

Conclusie: Aangenomen wordt dat vanaf 2030 kustvooruitgang gaat optreden, het eerst bij km 11.

- Om de schatting van verheling over 40 jaar beter te onderbouwen is het gedrag van de buitendelta op enkele punten onderzocht.

Met name is gekeken naar het gedrag van het Molengat en zijn voorganger het Noordergat (fig. 26).

Bekijken we het verloop van het oppervlak van de kortste raai in het Molengat, dan lijkt dit sinds 1927 met 25% te zijn afgenomen. (Door verdieping is het debiet nauwelijks veranderd.)

Dit oppervlak is nu ongeveer gelijk aan het oppervlak van het Noordergat (kortste raai) in 1816.

Het Noordergat was definitief dicht in 1910, aangroei vond bij km7 en 8 omstreeks 1870 plaats.

Kijken we naar de breedte/diepte verhouding, dan heeft deze nu een waarde, waarbij definitieve verheling van de Onrust ongeveer 35 jaar later viel.

Er is echter een duidelijk verschil; het Noordergat had een veel geringere maximale diepte dan het Molengat.

Was de maximale diepte in het Noordergat circa 15 m (omstreeks 1875), de maximale diepte van het Molengat neemt steeds toe en bedraagt nu ca. 25 m.

Aangezien de vorige verheling bij km 15 á 16 het eerst plaatsvond, terwijl dit nu waarschijnlijk bij km 11 zal plaatsvinden zal het oppervlak van de smalste doorsnede, welke bij de zuidpunt van Texel ligt, sneller afnemen.

Uitgegaan wordt van een voortplantingssnelheid van de verheling langs de kust van ca. 1 km per 5 jaar.

(Dit was de voortplaatsingssnelheid van de vorige verheling).

Uitgaande van een verheling bij km 11 in 2030 zal de Texelse kust tot 2090 vanaf km-raai 21 tot raai 31 nauwelijks iets van de verheling merken.

Voor de amplitude van de fluctuatie wordt ongeveer de amplitude van de vorige verheling aangehouden, welke tussen km 12 en km 28, 200 á 400 m bedroeg.

De duur (en de mate) van kustvooruitgang door de komende verheling is sterk afhankelijk van de hoeveelheid vrijkomend zand en het tempo waarmee dit vrijkomt. Deze duur is langer genomen dan bij de vorige verheling, n.l. 40 á 50 jaar t.o.v. 15 á 40 jaar bij de vorige verheling. Dit is enigszins subjectief gedaan om niet een te optimistische prognose in de tijd gezien te krijgen.

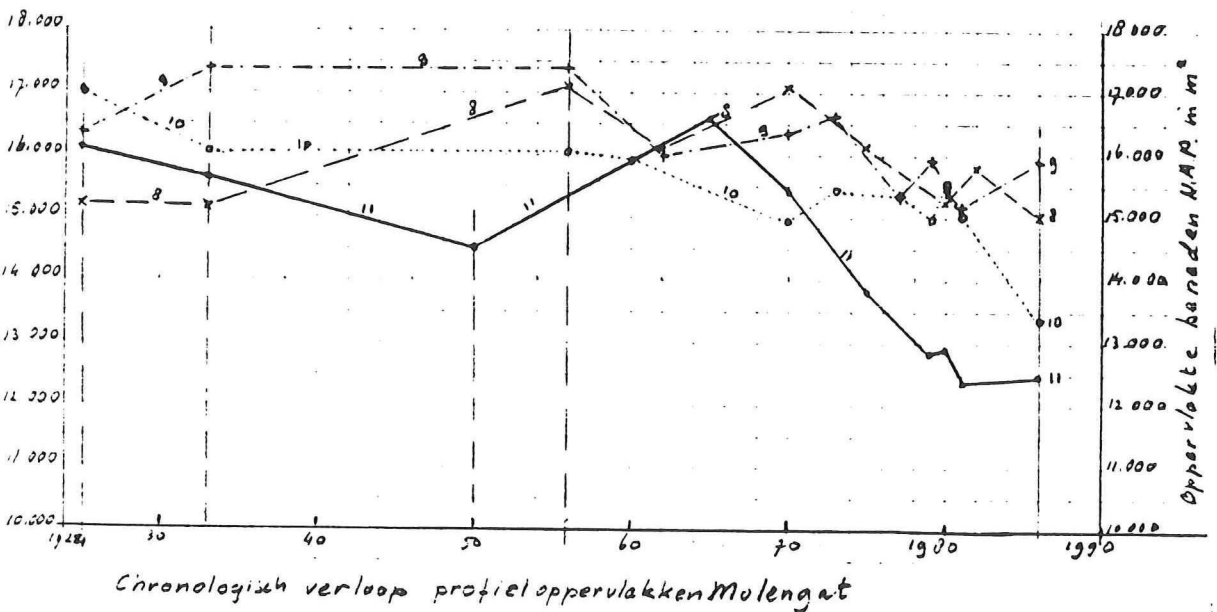
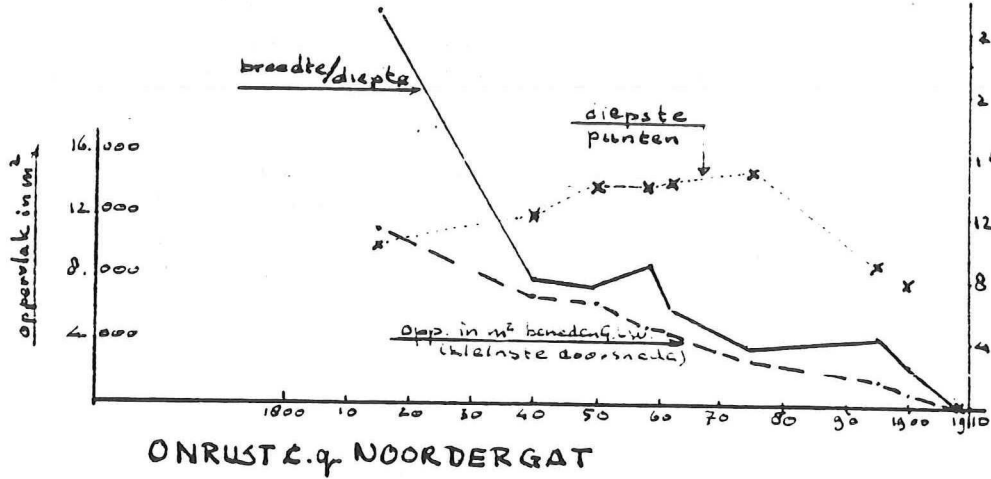
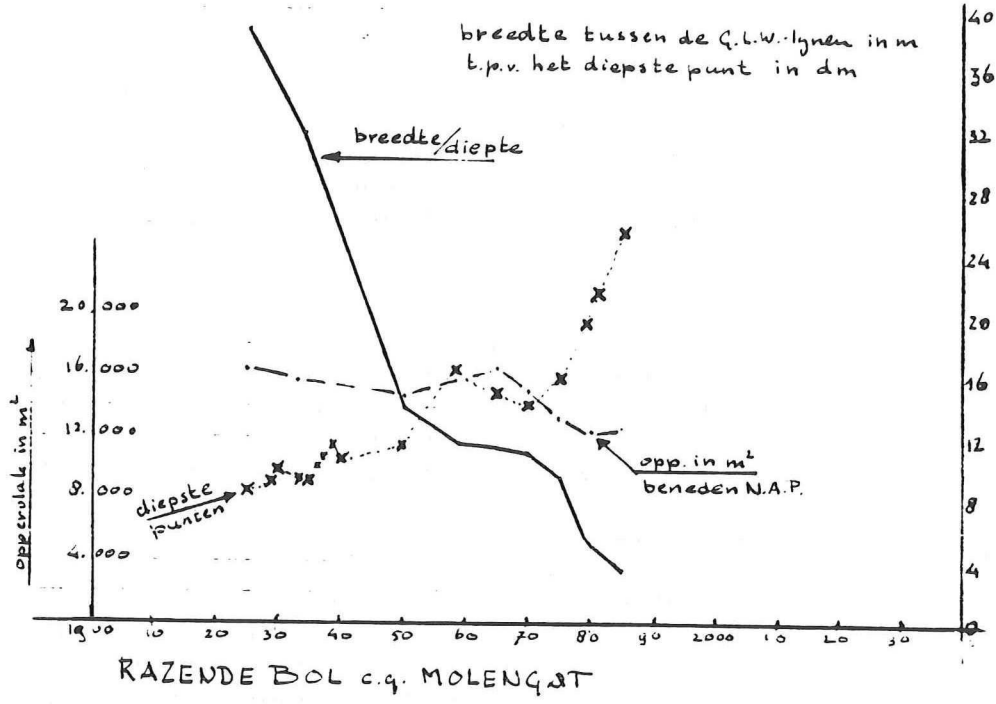
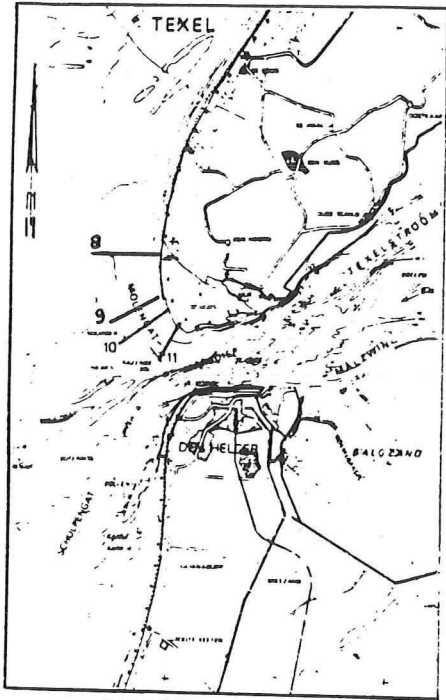


fig.26. Gedrag Molengat en Noordergat

Bij de "pessimistische" prognose is uitgegaan van een verhelting welke circa 25 jaar later plaatsvindt en met een kleinere amplitude. Tevens is geen rekening gehouden met de positieve werking van de strandhoofden. In de raaien waar de zandgolf van de verhelting zich tot 2090 nauwelijks of niet manifesteert is voor de "pessimistische" prognose een subjectieve mengeling aangehouden van onderste omhullende van de kleinere fluctuaties en ongunstige langdurige trend.

Voor de verhelting van de Noorderhaaks met Texel zijn de ontwikkelingen in de buitendelta van Texel van belang. Deze ontwikkelingen zijn de laatste jaren groot, de omvang van de Noorderhaaks neemt zeer sterk af.

De westrand verplaatst oostwaarts, de "haak" buigt zeer sterk naar binnen zodat de zuidwestpunt van de Noorderhaaks in 15 jaar ca. 1500 m naar het noordoosten is verplaatst.

De rond 1971-1975 ontstane geul voor de westpunt van de Noorderhaaks is nu vrijwel verdwenen en er resteert nu een smalle 5 m diepe geul. Echter aan de zuidkant direct onder de "haak" ontstaat nu een geul vanuit het Westgat.

Deze geul is breed met een diepte van 5 m. Indien deze geul zich verder ontwikkelt en verder noordelijk opschuift en daarbij met de klok meedraait, kan deze zich tot het toekomstige Molengat ontwikkelen en daarmee de zandtoevoer naar Texel zekerder stellen.

De getallen in de hiernavolgende tabellen geven de ligging van de G.H.W.-lijn in m uit de hoofdmeetlijn van het km-raaien stelsel.

Bijlagen 6 en 7 geven de bliksemgrafieken met de voorspelling.

Prognose gemiddelde ligging D.V.-lijn Texel; fase II
(geen extra zeespiegelrijzing of veranderende invloed Waddenzee)

celnummer	RSP	1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090	toegepaste correcties	
									correctie stelsel	afstand G.H.W.-D.V
236	7	470	530	590	690	790	?	?	-1910	-80
237	8	360	325	305	260	215	145	460	-1000	-80
238	9	2	-28	-63	-173	-288	-318	-148	+230	-78
239	10	-2	-42	-77	-152	-232	-152	-102	+680	-32
240	11	-82	-117	-147	-202	-257	-22	-72	+1120	-67
241	12	-60	-95	-125	-170	-220	-75	-40	+1100	-50
242	13	-70	-100	-130	-185	-225	-185	-45	+880	-45
243	14	-40	-65	-90	-140	-190	-210	-20	+600	-40
244	15	5	-15	-35	-70	-105	-135	65	+410	-55
245	16	26	21	16	-9	-39	-99	81	+290	-69
246	17	79	84	89	99	89	59	174	+160	-61
247	18	174	174	174	179	184	174	264	+80	-66
248	19	191	191	196	206	196	181	241	0	-34
249	20	198	193	193	178	158	128	238	0	-42
250	21	210	180	165	155	145	105	85	0	-35
251	22	226	211	196	156	121	51	-4	0	-24
252	23	192	172	152	97	42	-58	-188	0	-38
253	24	70	50	20	-35	-100	-215	-390	0	-80
254	25	7	-13	-33	-98	-158	-353	-593	0	-53
255	26	143	123	108	83	53	-27	-142	0	-27
256	27	135	120	105	80	55	-5	-105	0	-45
257	28	108	83	63	33	3	-72	-177	+173	-50
258	29	111	71	31	-44	-109	-224	-379	+282	-41
259	30	161	101	41	-64	-159	-394	-679	+557	-36
260	31	49	24	4	0	0	0	0	+593	-29

Opm:-prognose is gebaseerd op G.H.W.-lijn, vertaling naar D.V.-lijn
is uitgevoerd door D.G.W. door vaste afstand tussen
G.H.W.- en D.V.-lijn te nemen.

-door D.G.W. is een correctie uitgevoerd voor overgang van
oorspronkelijk naar nieuw R.S.P.-stelsel.

-de waarden van km 30 voor 2020, 2050 en 2090 zijn fysisch
niet mogelijk i.v.m. bolwerk Eyerland.

-er is rekening gehouden met suppleties 1979, 1984 en 1985.

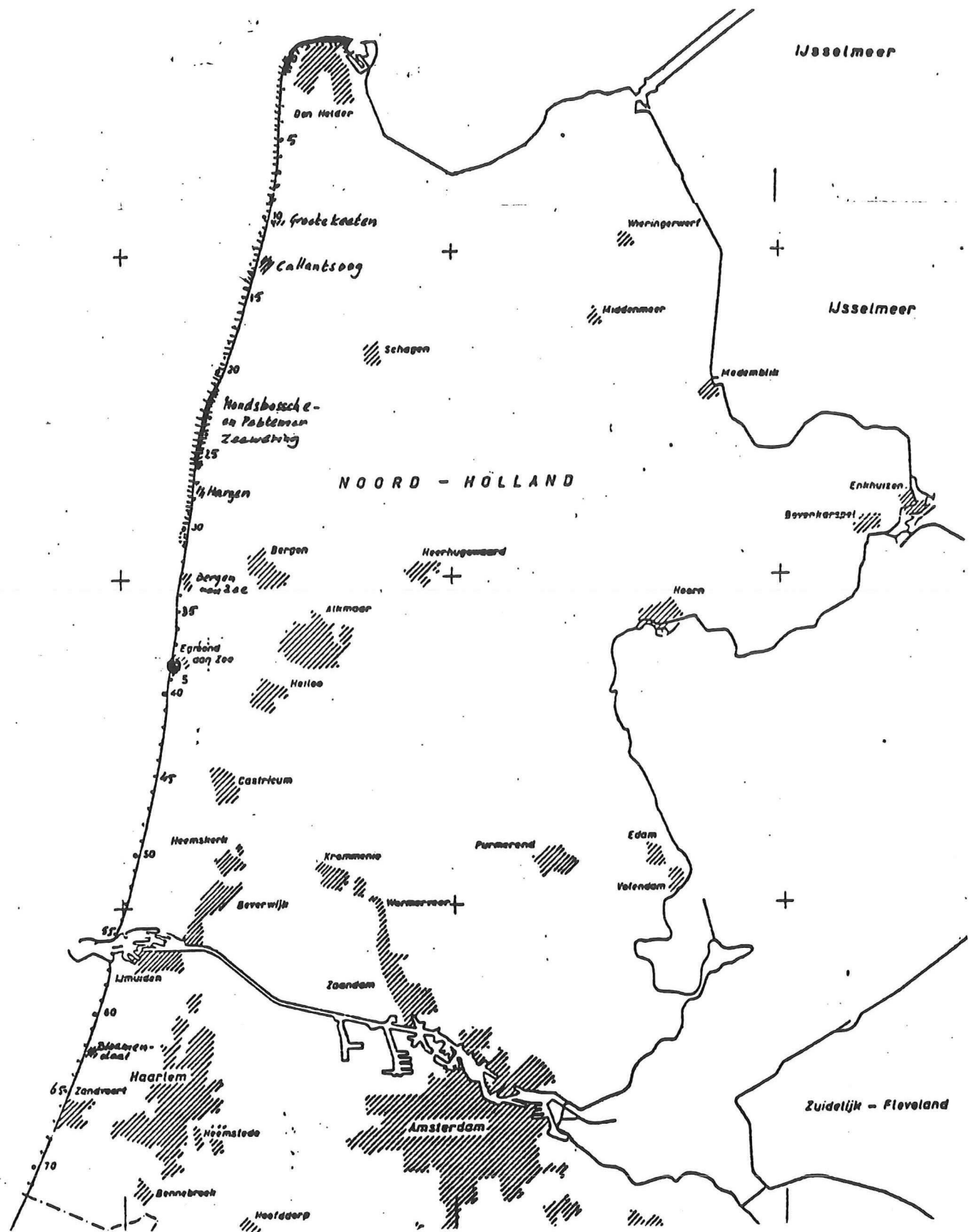
-de raaien 7 t/m 15 staan niet loodrecht op de kust!

Prognose pessimistische ligging D.V.-lijn Texel; fase II
(geen extra zeespiegelrijzing of veranderende invloed Waddenzee)

celnummer	RSP	1990	1995	2000	2010	2020	2050	2090	toegepaste correcties	
									correctie stelsel	afstand G.H.W.-D.V
236	7	410	460	500	560	600	?	?	-1910	-80
237	8	300	280	260	210	160	20	-80	-1000	-80
238	9	-58	-118	-178	-268	-358	-628	-718	+230	-78
239	10	-92	-152	-222	-352	-492	-952	-852	+680	-32
240	11	-122	-167	-212	-297	-377	-607	-497	+1120	-67
241	12	-100	-140	-180	-260	-330	-580	-450	+1100	-50
242	13	-115	-145	-175	-245	-315	-515	-415	+880	-45
243	14	-90	-119	-145	-210	-265	-440	-440	+600	-40
244	15	-25	-45	-70	-120	-170	-320	-345	+410	-55
245	16	-4	-19	-39	-79	-119	-229	-279	+290	-69
246	17	64	54	44	24	9	-51	-121	+160	-61
247	18	149	144	139	134	129	114	84	+80	-66
248	19	161	158	156	151	146	126	106	0	-34
249	20	173	165	158	148	138	108	58	0	-42
250	21	165	150	140	115	90	15	-85	0	-35
251	22	191	161	146	121	96	16	-89	0	-24
252	23	142	102	77	32	-8	-123	-288	0	-38
253	24	20	-30	-55	-110	-160	-330	-560	0	-80
254	25	-33	-83	-103	-173	-233	-423	-683	0	-33
255	26	98	63	48	13	-17	-117	-247	0	-27
256	27	105	75	55	25	-5	-105	-235	0	-45
257	28	73	33	13	-17	-47	-137	-267	+173	-50
258	29	41	-9	-59	-124	-159	-284	-439*	+282	-41
259	30	71	-69	-139	-249*	-329*	-579*	-929*	+557	-36
260	31	15	0	0	0	0	0	0	+593	-29

* fysisch niet mogelijk i.v.m. bolwerk Eyerland.

Zie ook opmerkingen bij prognose gemiddelde ligging D.V.-lijn Texel.



SITUATIE KUST NOORD-HOLLAND

2090

2080

2070

2060

2050

2040

2030

2020

2010

2000

1990

1980

1970

1960

1950

1940

1930

1920

1910

1900

1890

1880

1870

1860

1850

1840

71

70

69

68

67

66

65

64

63

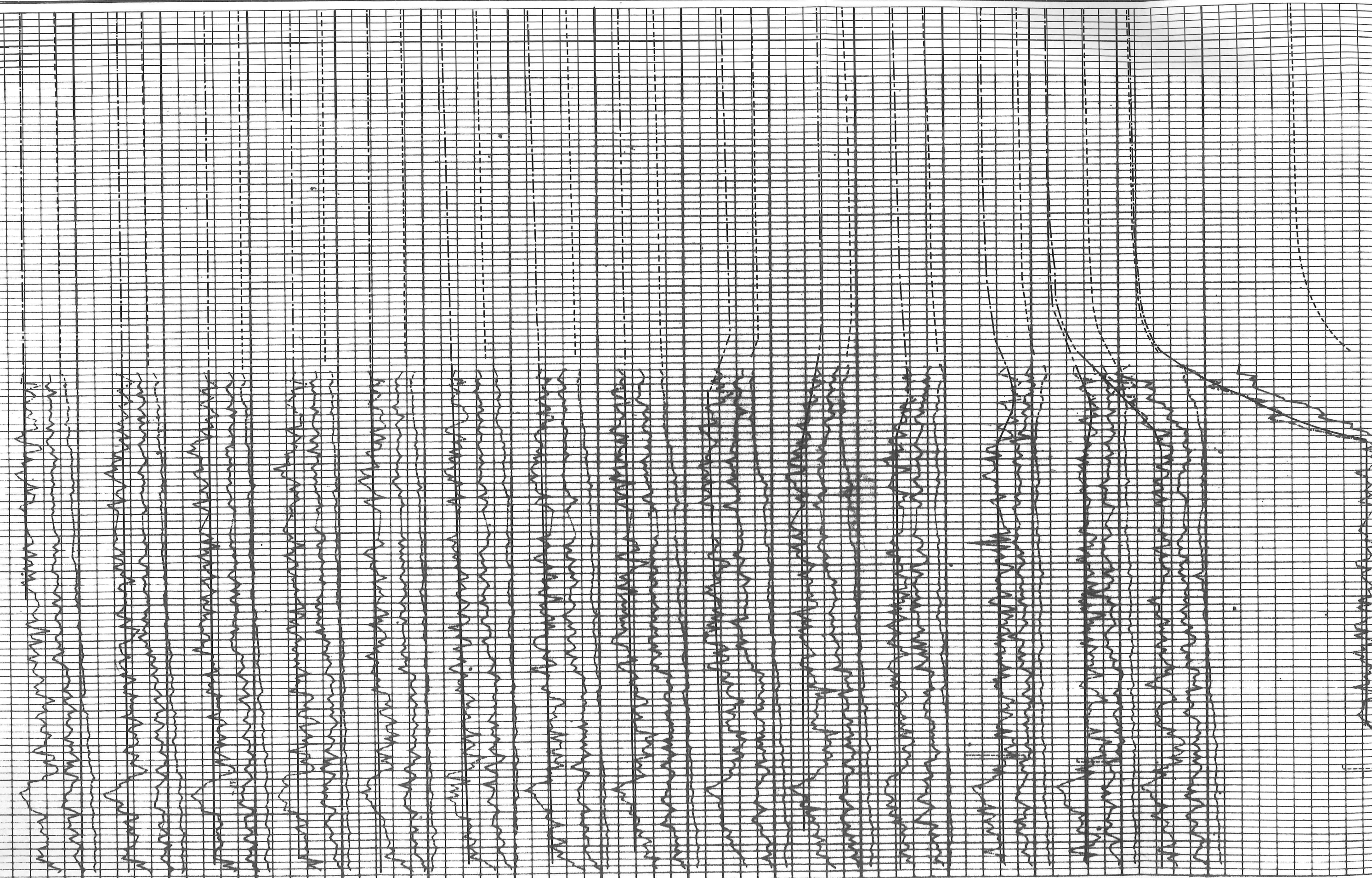
62

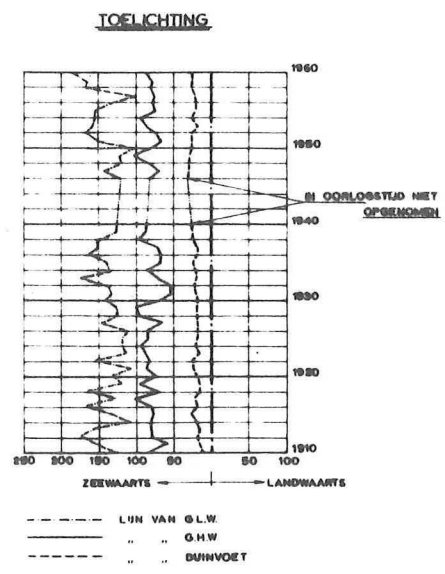
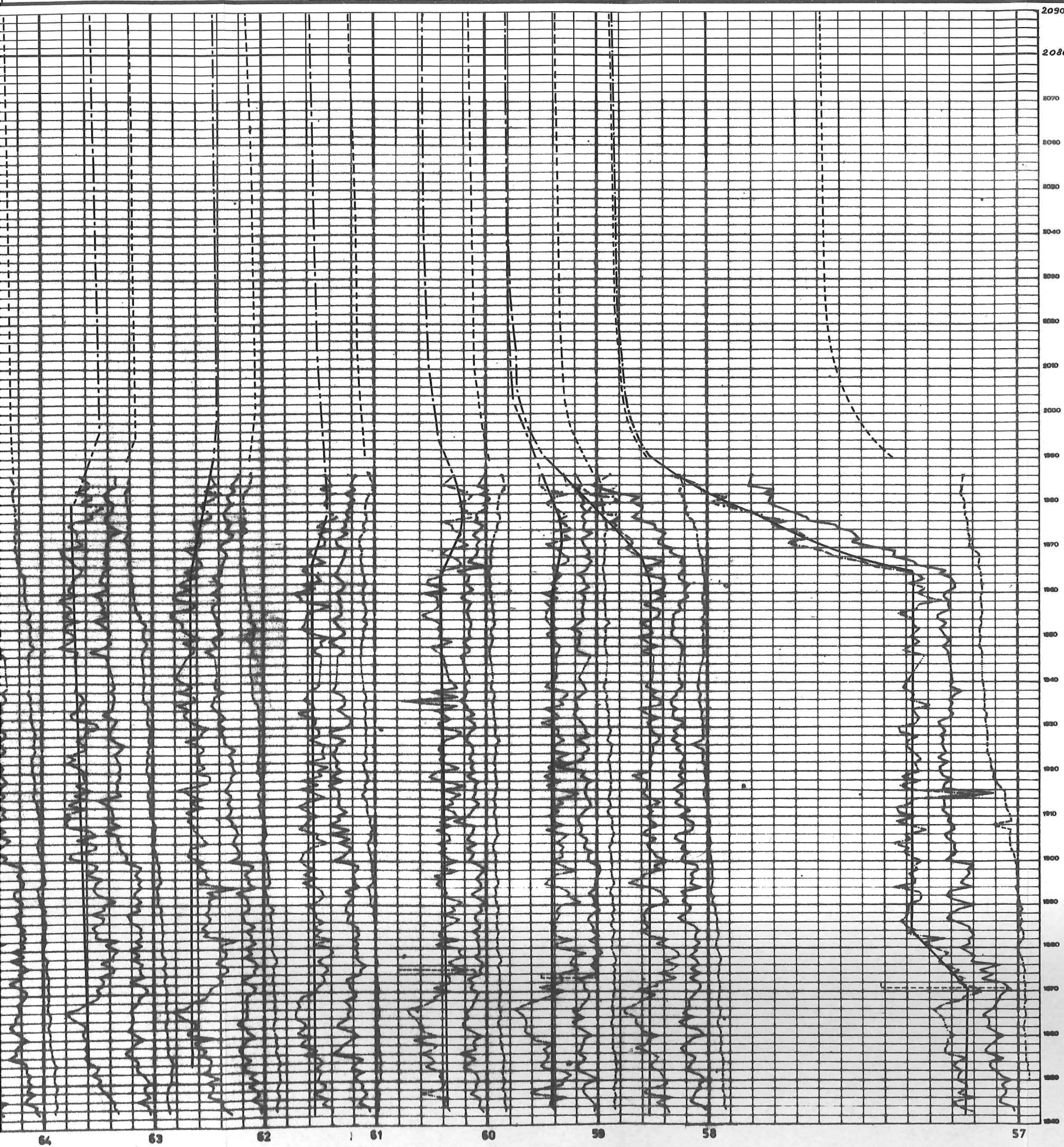
61

60

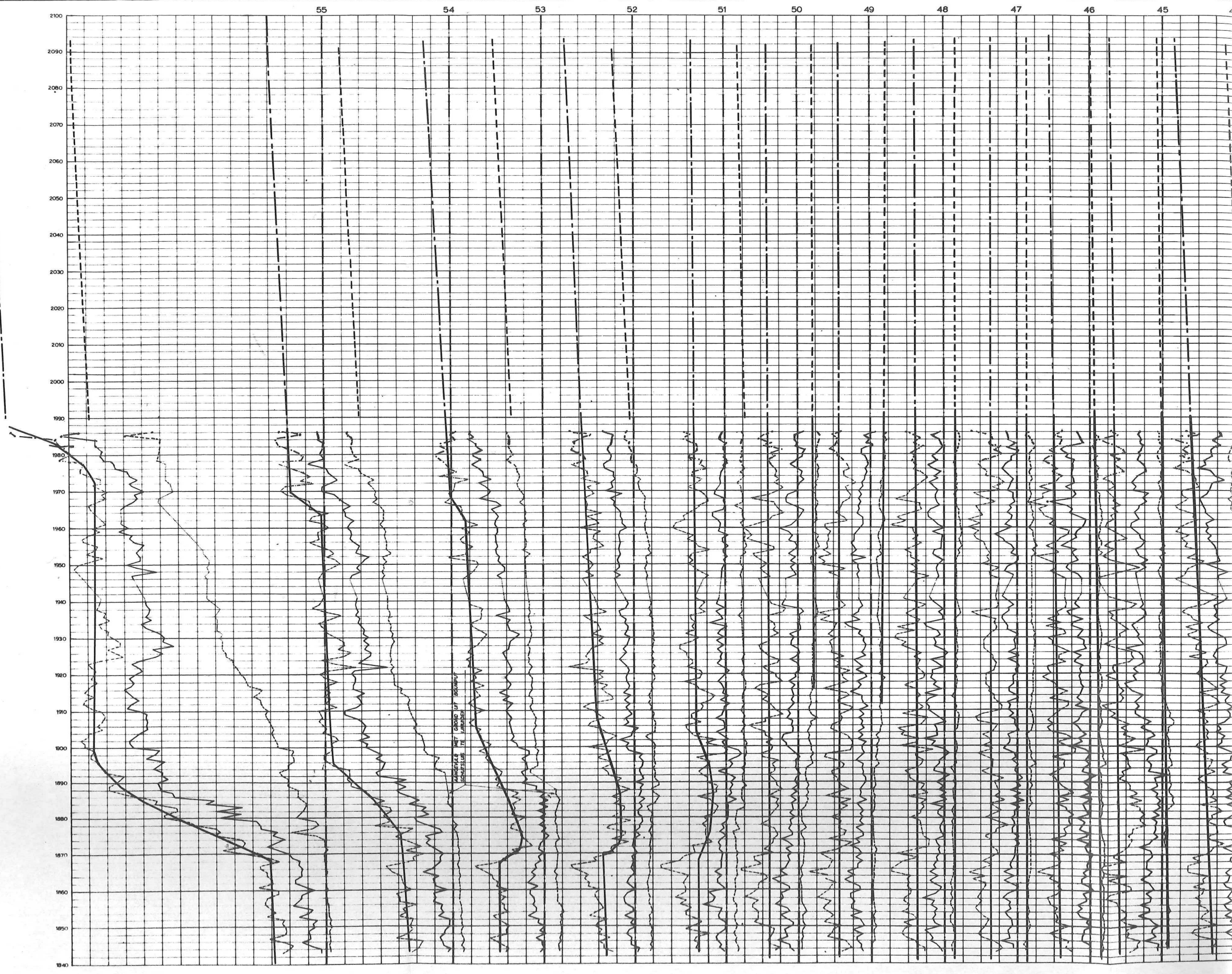
59

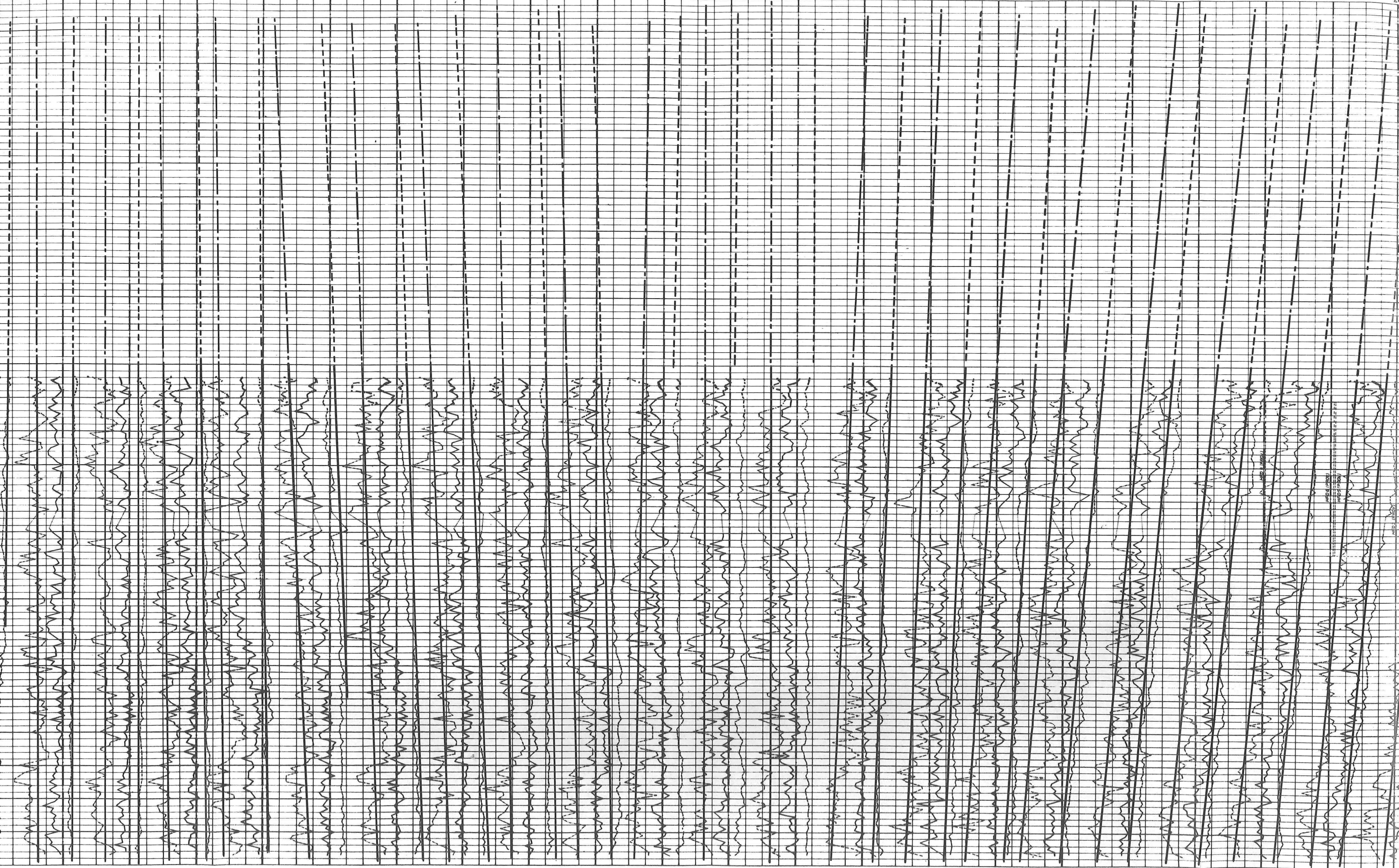
58



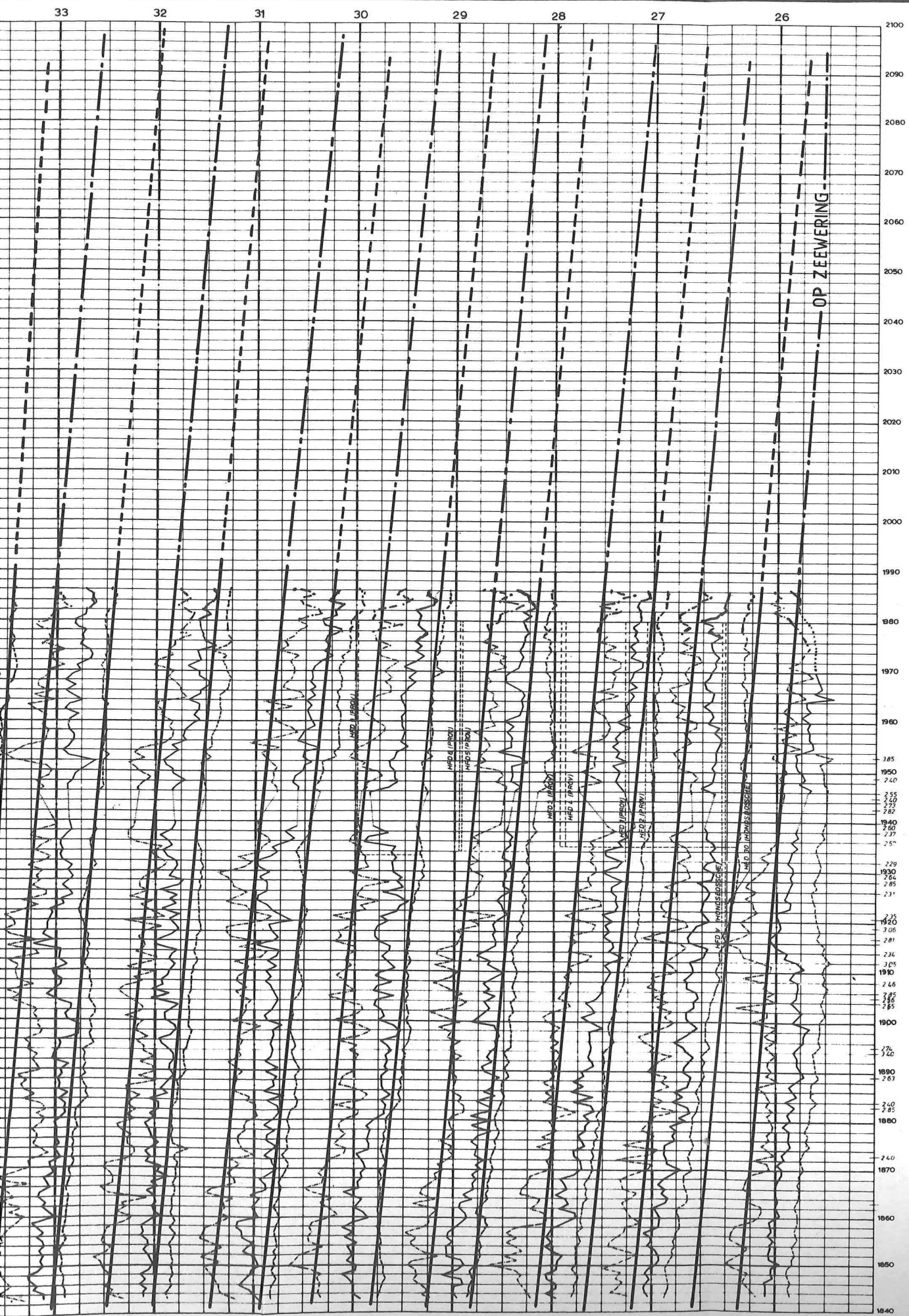


rijkswaterstaat directie noord-holland		hoofdafdeling an					
noordzeekust noord-holland							
chronologisch overzicht 1843-1986 lijnen van g.l.w.-g.h.w.-d.v. strandpalen 57 t/m 71 en gemiddelde prognose t/m 2090							nota 88 anp 014 bijlage 2
	naam	datum	paraaf	in 3 bladen, blad nr. 3			
get.	n.j.valkenier	100198	N _v	maat	vak	rubriek	tekeningnummer
gecontr.				A-4x3		2.38	NHTZ-1989-3003
hfd.vd.afd.							

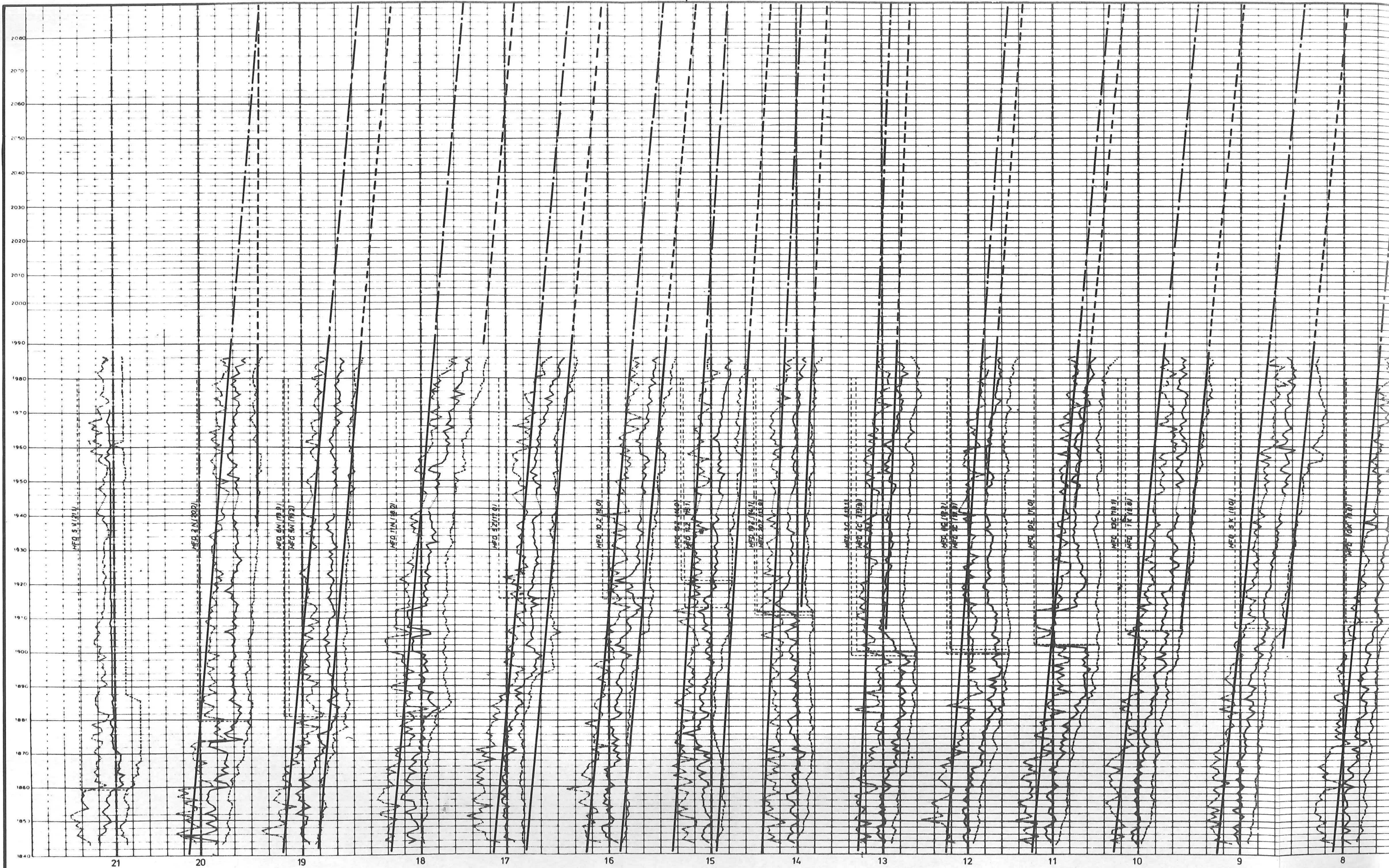


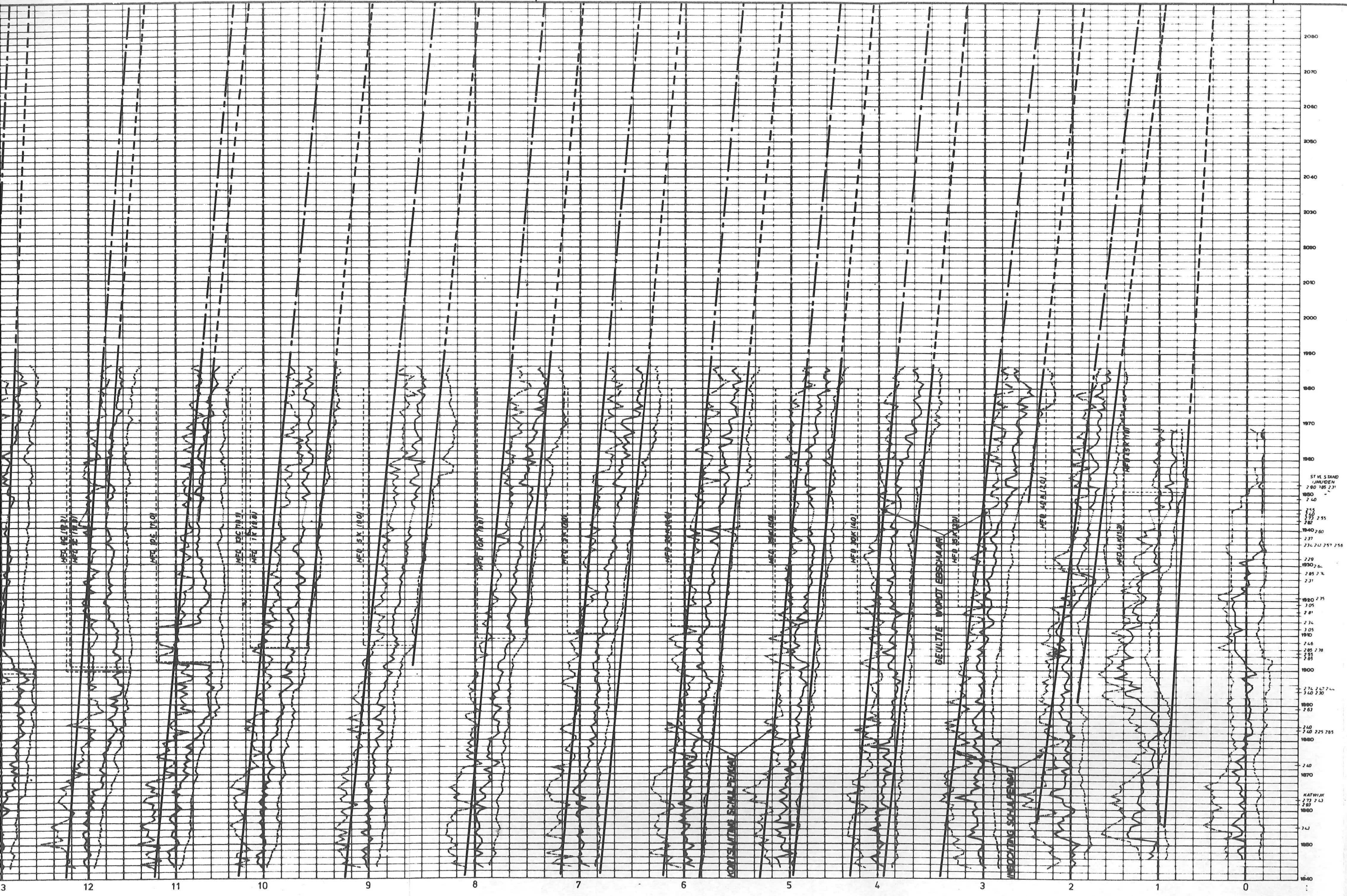


100% (100%)
100% (100%)



rijkswaterstaat		hoofdafdeling an					
directie noord-holland		noordzeekust noord-holland					
chronologisch overzicht 1843-1986							nota 88 anp 014 bijlage 3
lijnen van g.l.w.-g.h.w.-d.v. strandpalen 26 t/m 55 en gemiddelde prognose t/m 2090							
	naam	datum	paraaf	in 3 bladen, blad nr. 2			
get.	n.j.valkenier	100189	N	formaat	vak	rubriek	tekeningnummer
gecontr.				A-4x5		2.38	NHTZ-1989-3002
hfd.vd.afd.							





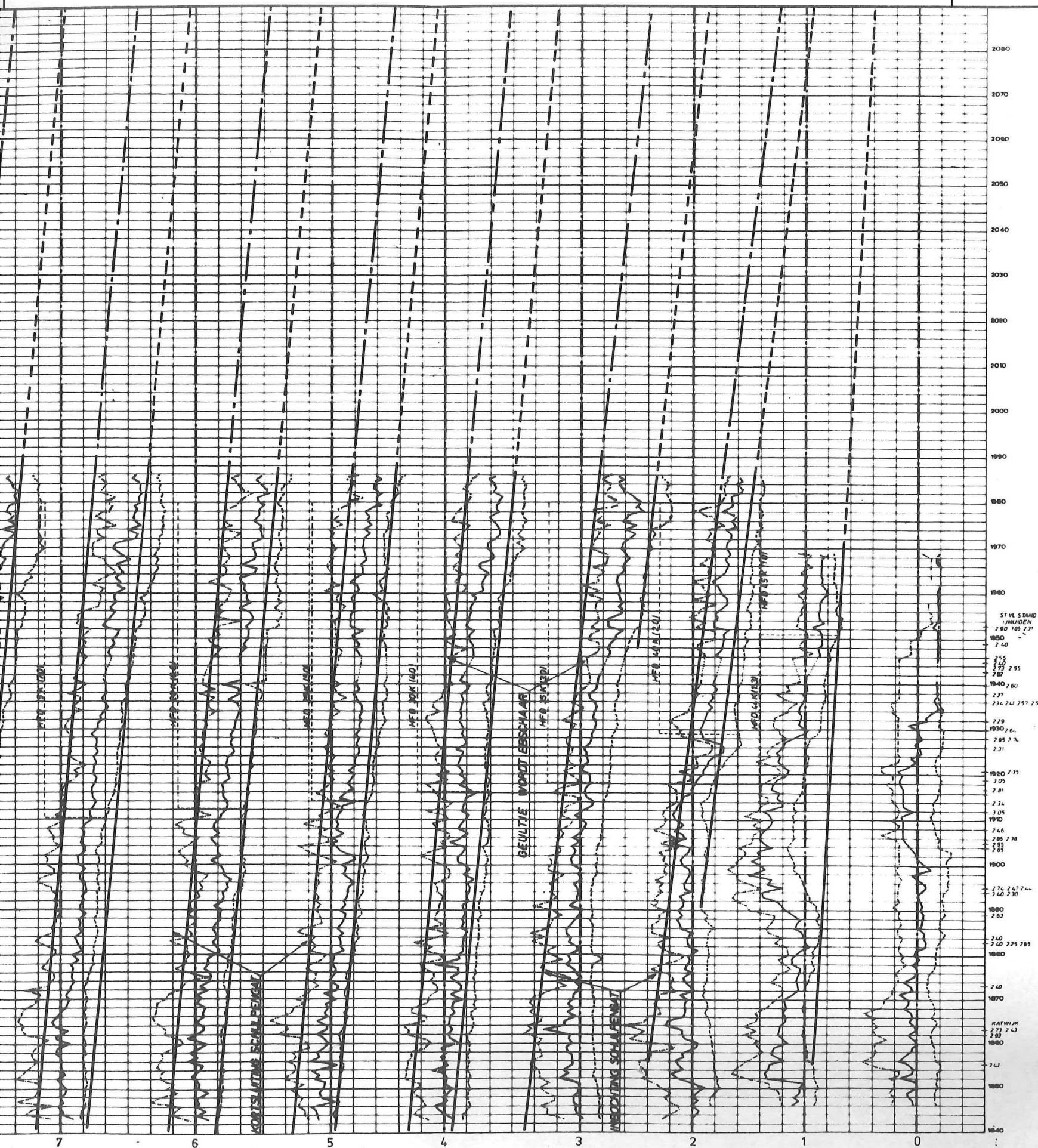
2080
2070
2060
2050
2040
2030
2020
2010
2000
1990
1980
1970
1960
1950
1940
1930
1920
1910
1900
1890
1880
1870
1860
1850
1840
1830
1820
1810
1800
1790
1780
1770
1760
1750
1740
1730
1720
1710
1700
1690
1680
1670
1660
1650
1640

ST VL 5 BAND
JAREN
1880 185 231
1880 2 40
1880 2 55
1880 2 60
1880 2 67
1880 2 70
1880 2 75
1880 2 80
1880 2 85
1880 2 90
1880 2 95
1880 3 00
1880 3 05
1880 3 10
1880 3 15
1880 3 20
1880 3 25
1880 3 30
1880 3 35
1880 3 40
1880 3 45
1880 3 50
1880 3 55
1880 4 00
1880 4 05
1880 4 10
1880 4 15
1880 4 20
1880 4 25
1880 4 30
1880 4 35
1880 4 40
1880 4 45
1880 4 50
1880 4 55
1880 5 00

rijkswa
directie no

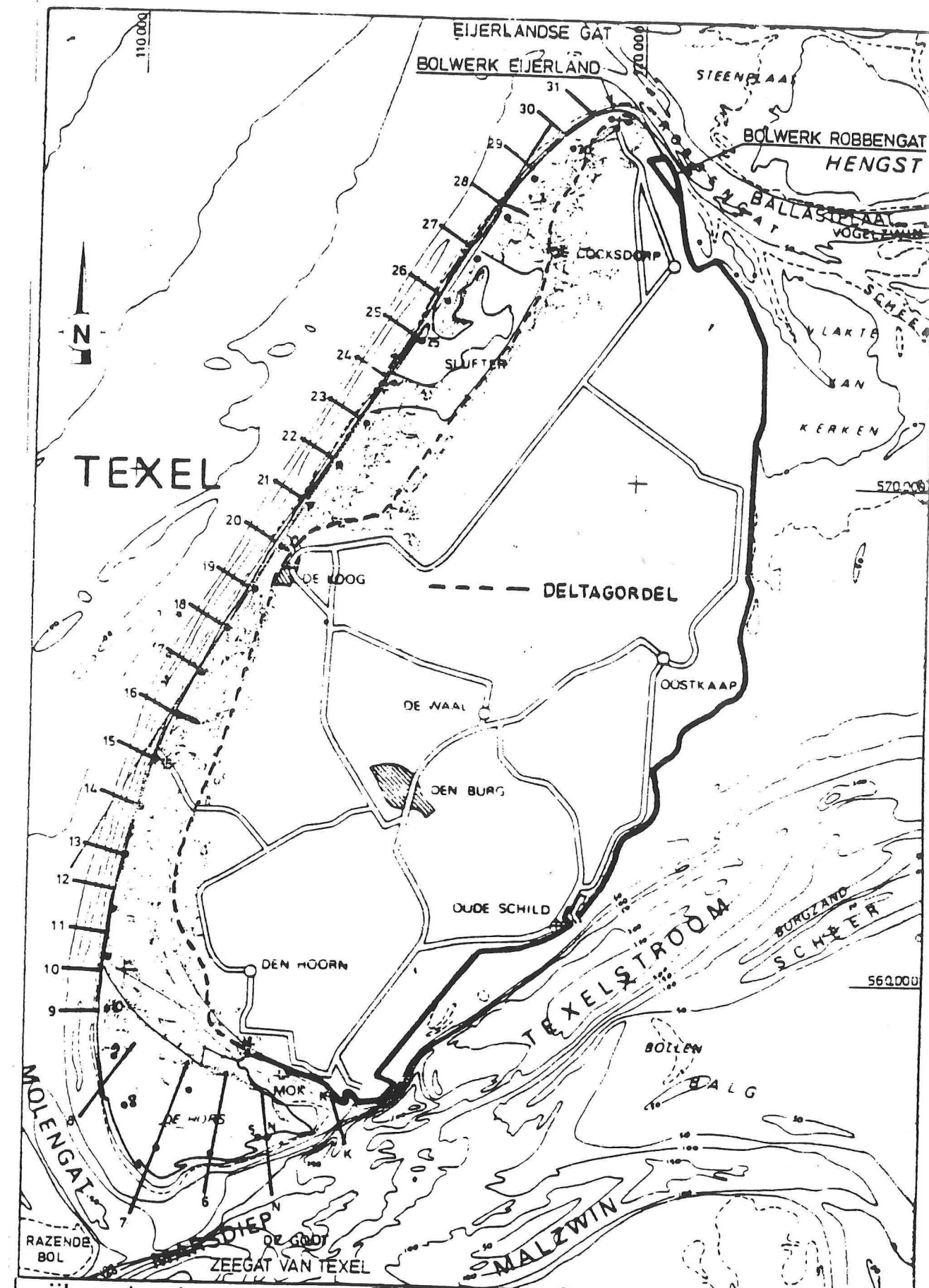
noordzee
chronologis
lijnen van g
en gemiddel

naam	
get.	n.j.val
gecontr.	
hfd.vd.afd.	

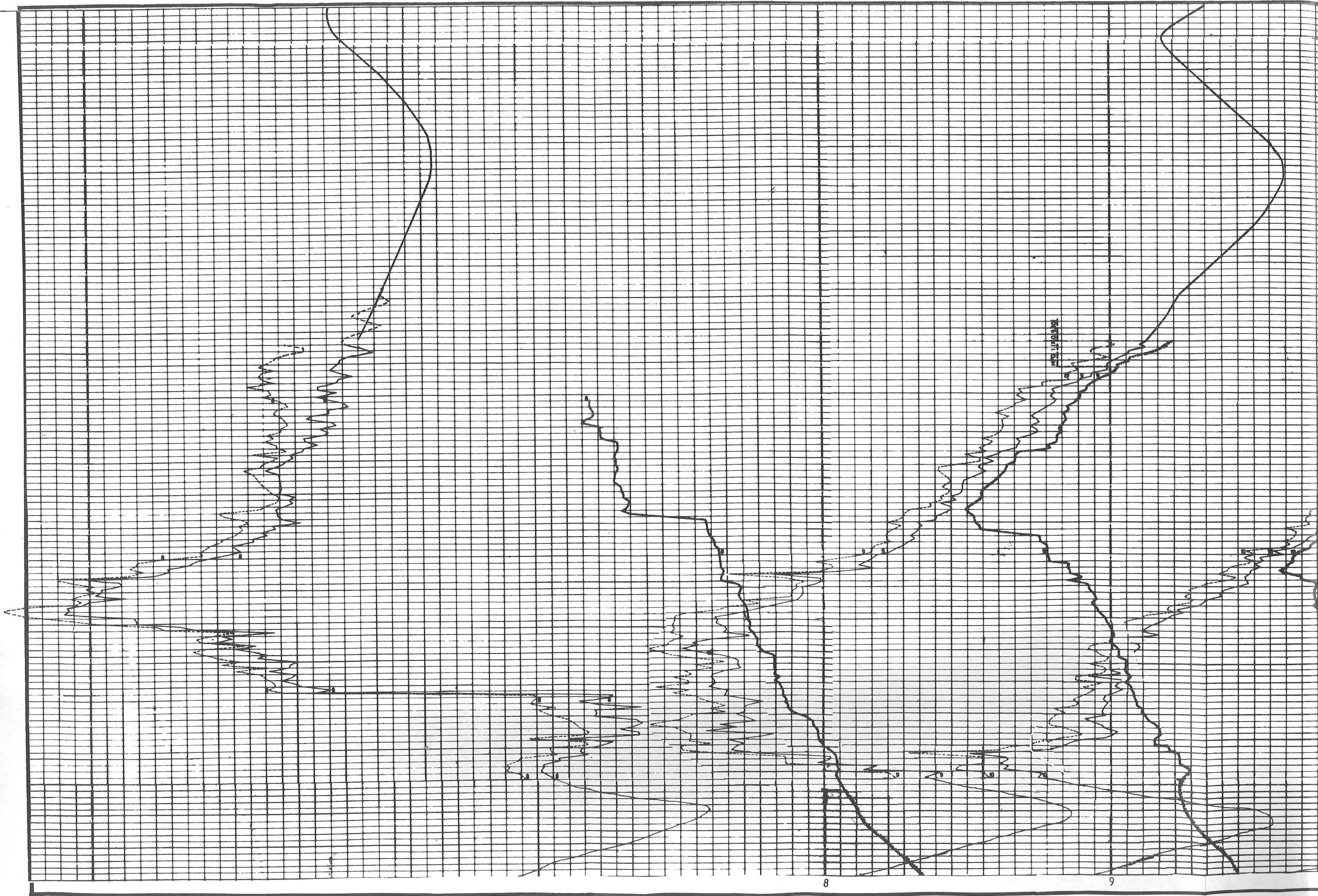


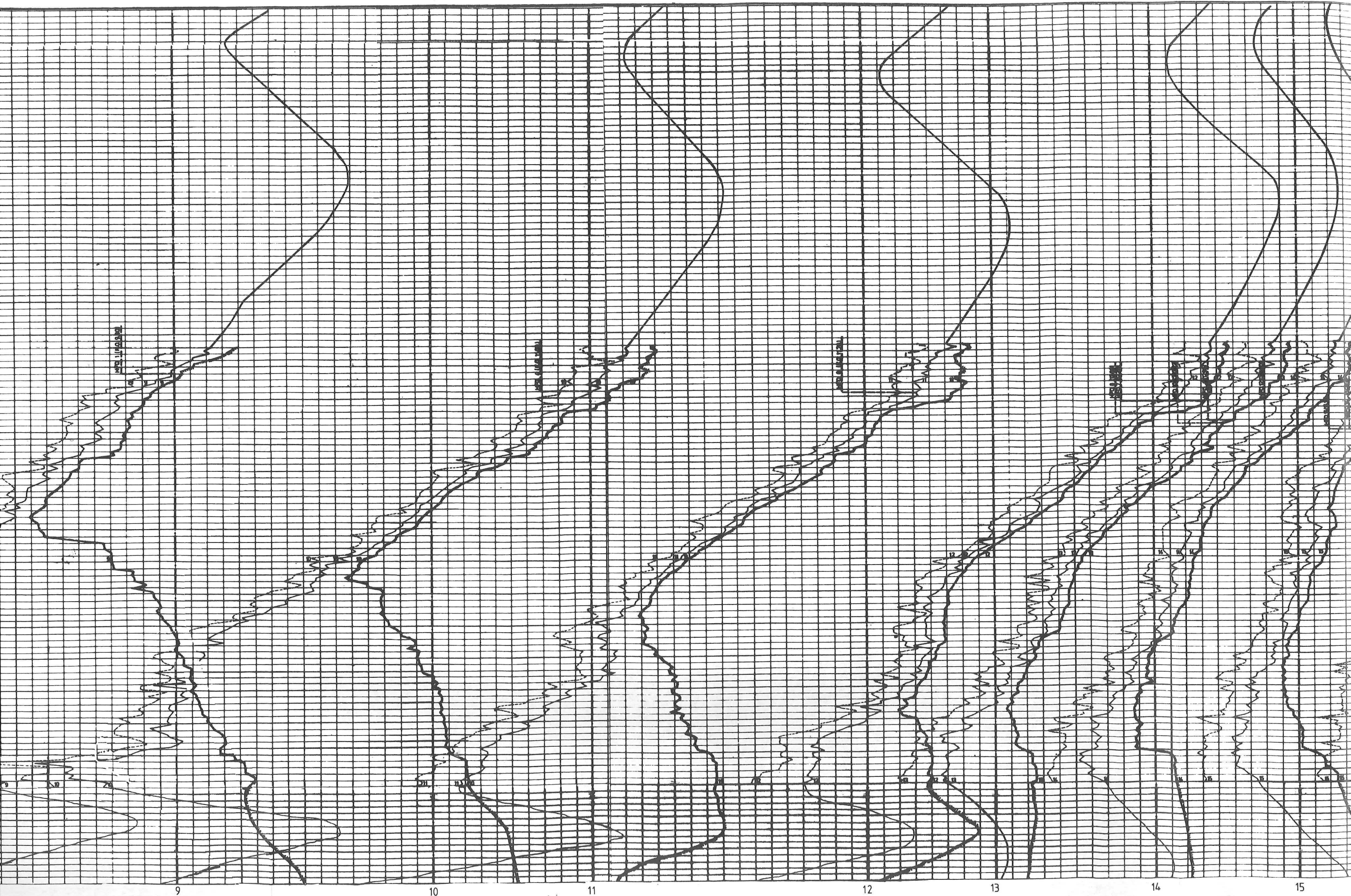
2080
2070
2060
2050
2040
2030
2020
2010
2000
1990
1980
1970
1960
1950
1940
1930
1920
1910
1900
1890
1880
1870
1860
1850
1840

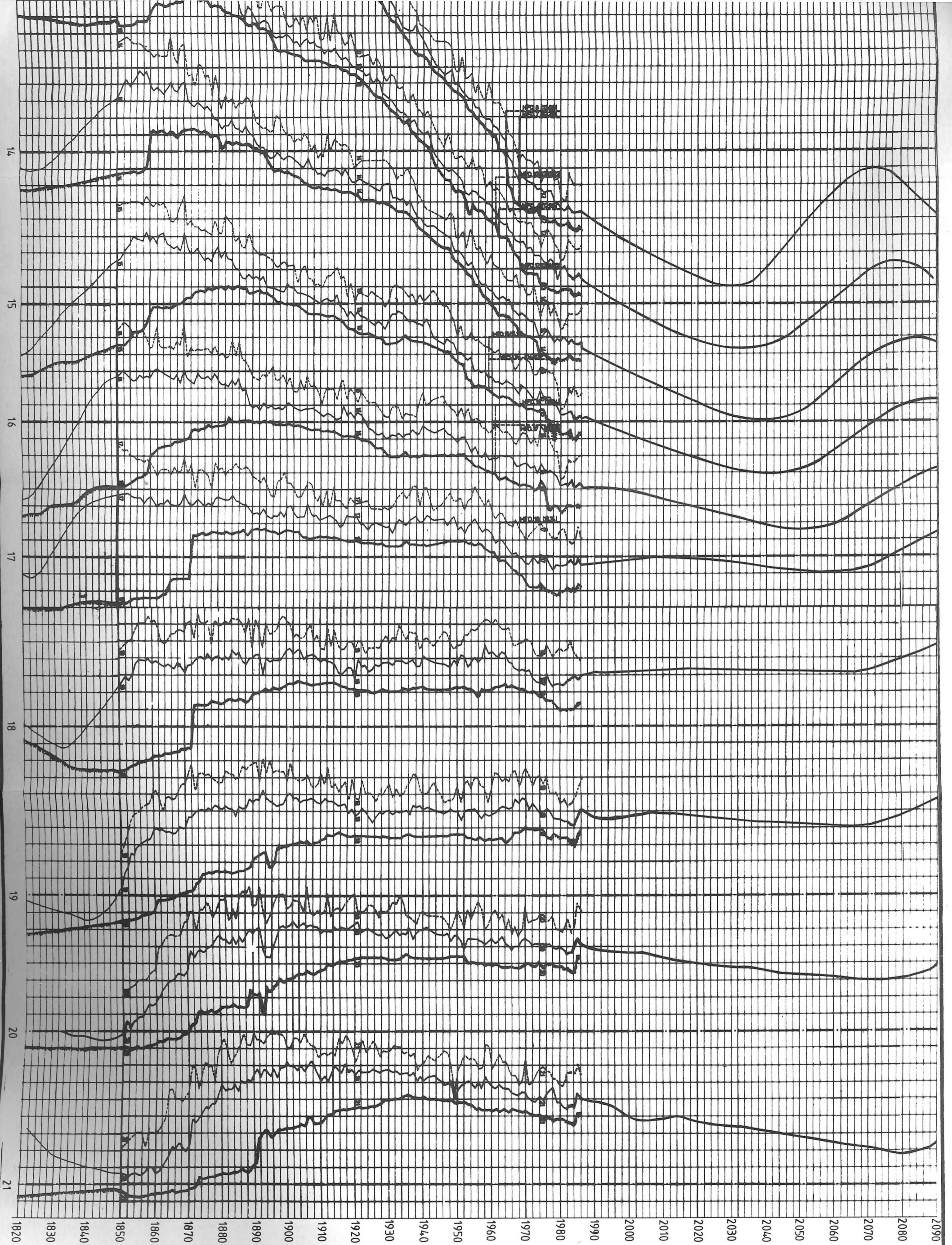
rijkswaterstaat directie noord-holland		hoofdafdeling an					
noordzeekust noord-holland							nota 88 anp 014 bijlage 4
chronologisch overzicht 1843-1986 lijnen van g.l.w.-g.h.w.-d.v. strandpalen 0 t/m 21 en gemiddelde prognose t/m 2090							
	naam	datum	paraaf	in 3 bladen, blad nr. 1		schaal	
get.	n.j.valkenier	100189	N _v	maat	vak	rubriek	tekeningnummer
gecontr.				A-4x4		2.38	NHTZ-1989-3001
hfd.vd afd.							



rijkswaterstaat directie noord holland afd. ANP	get.	nota 88ANP014 bijl. 5	
	gec.		
NOORDZEEKUST TEXEL	gez.	schaal 1:100.000	
SITUATIE TEXEL MET RAAIENSTELSEL	akk.	A 4	nr







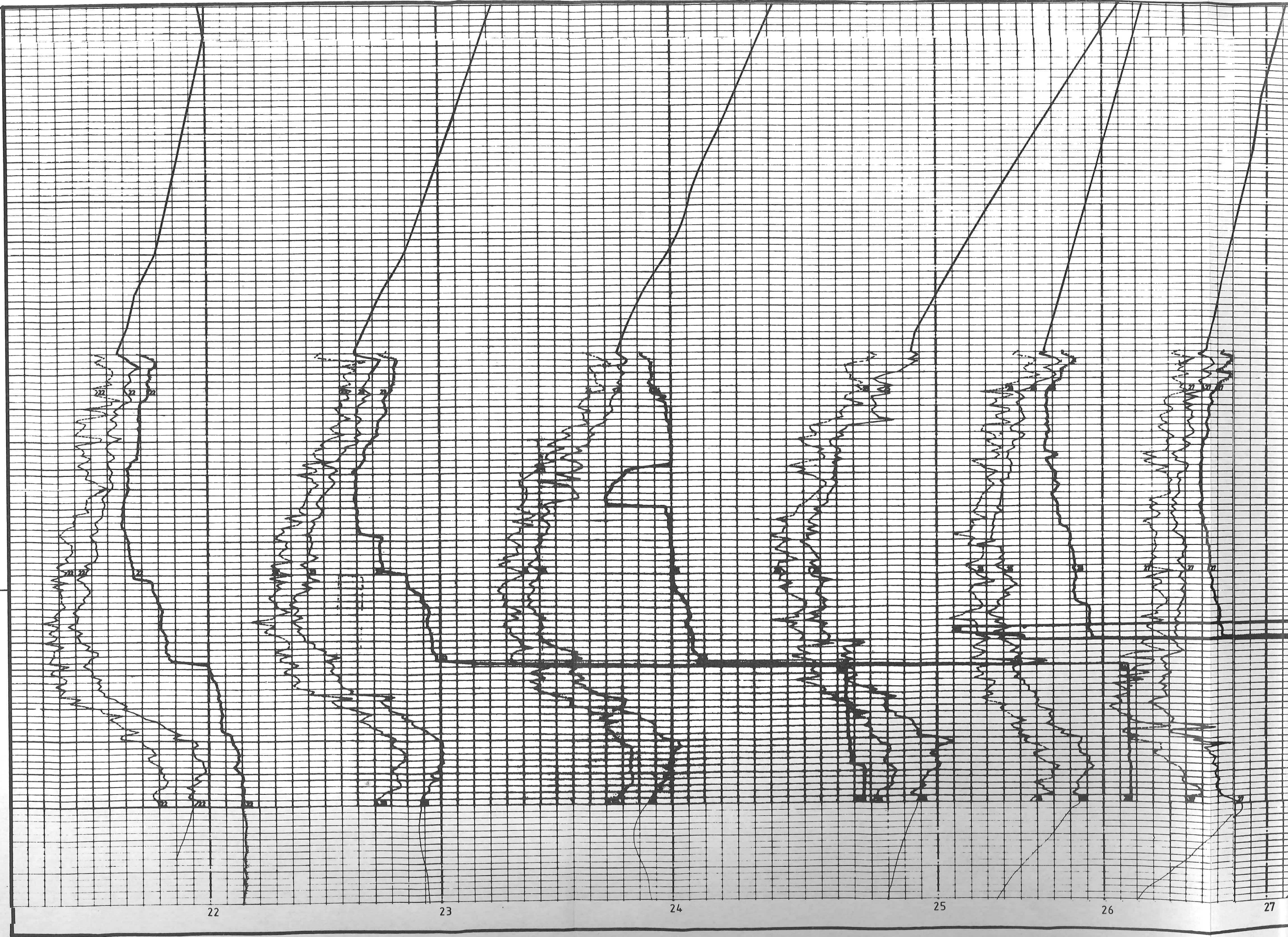
rijkswaterstaat
directie noord-holland

TEXEL NOORDZEE KUST
 CHRONOLOGISCH OVERZICHT LIJNEN VAN
 G.L.W.; G.H.W. EN D.V. 1820-1986 STR.P 8 1/2 m 21
 EN GEMIDDELTE PROGNOSE 1/2 m 2090

nota 88.ANF.014
 bijlage 6
 schaal

A4x5

reg.nr.



22

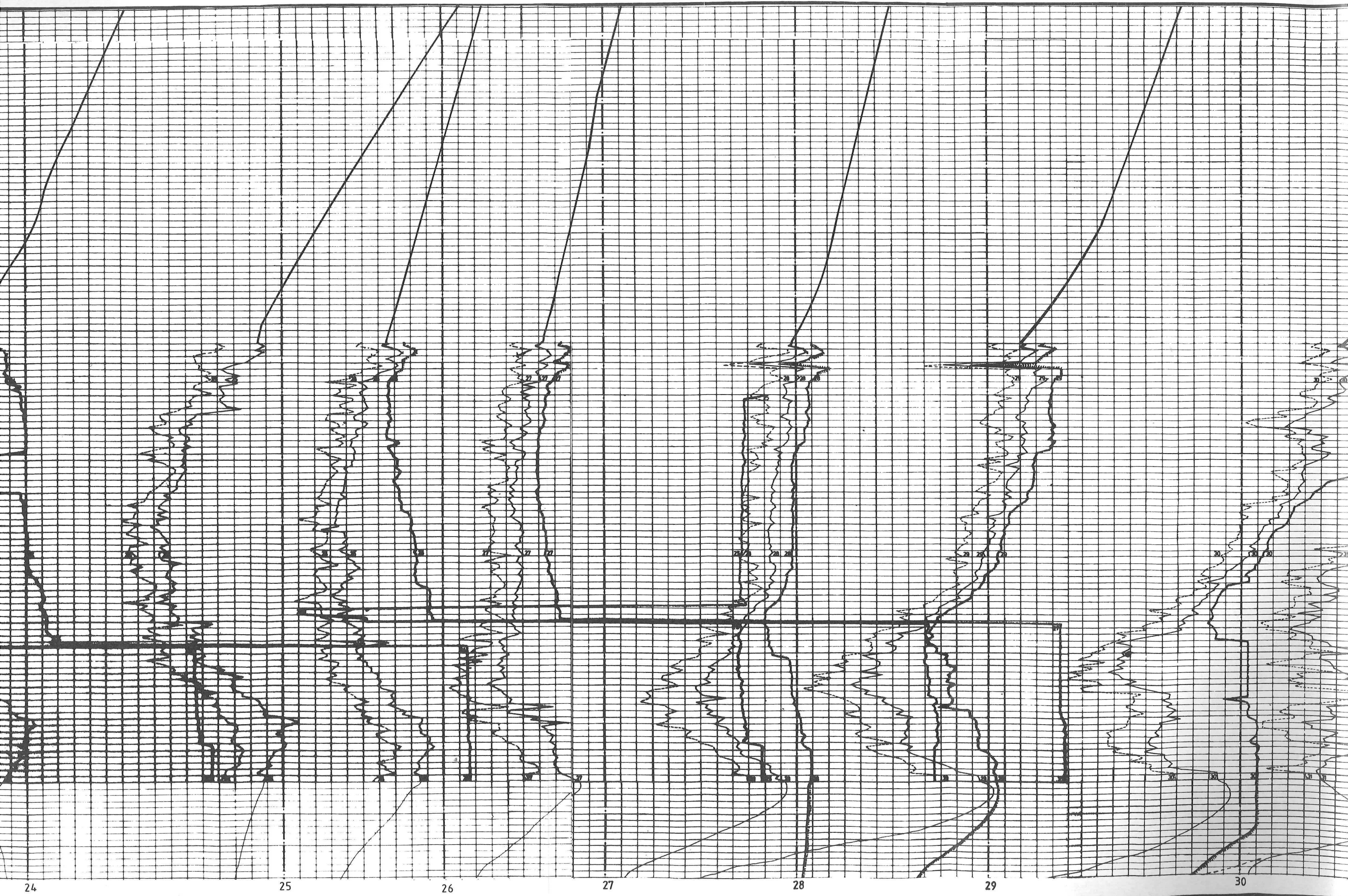
23

24

25

26

27



24

25

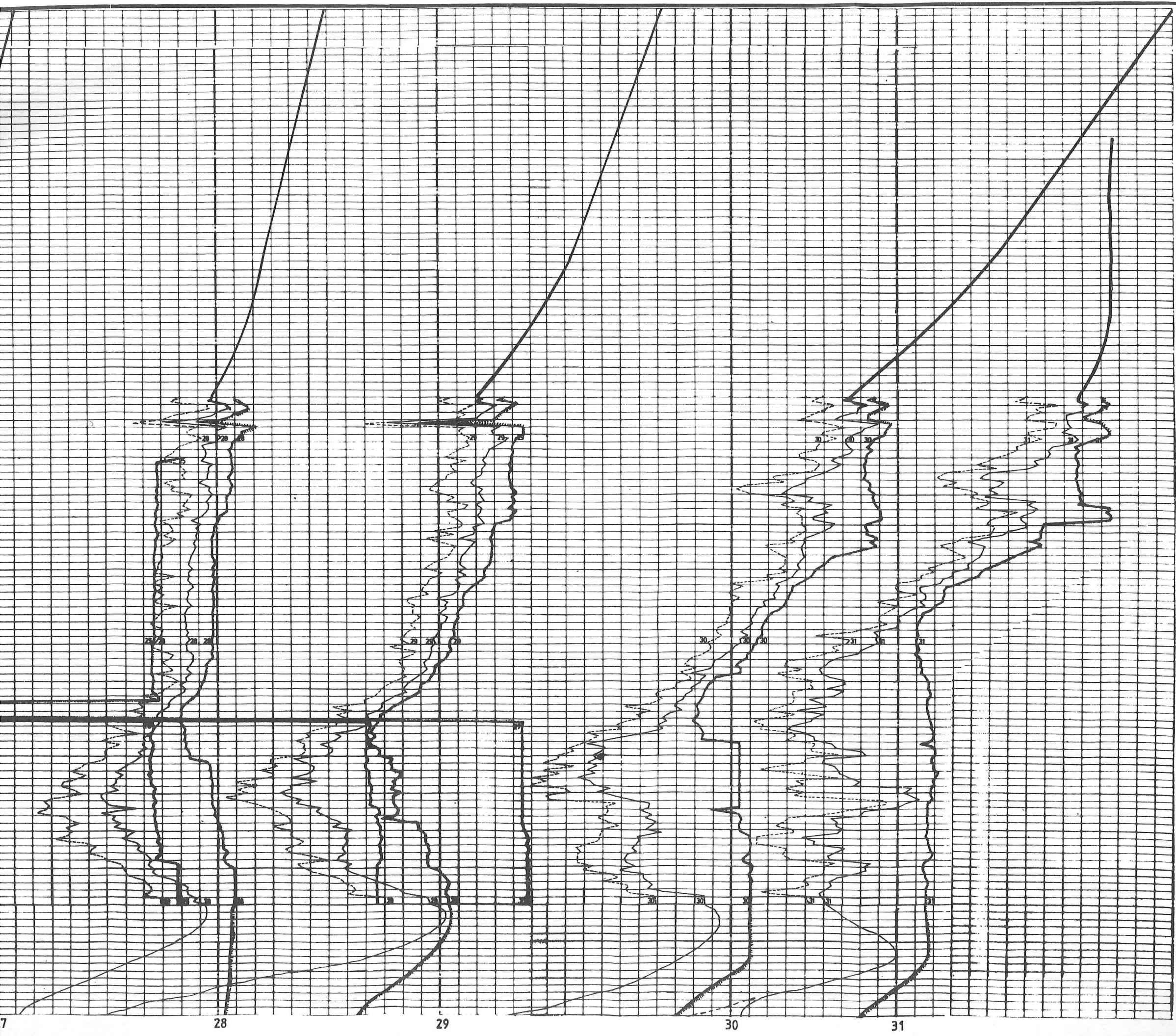
26

27

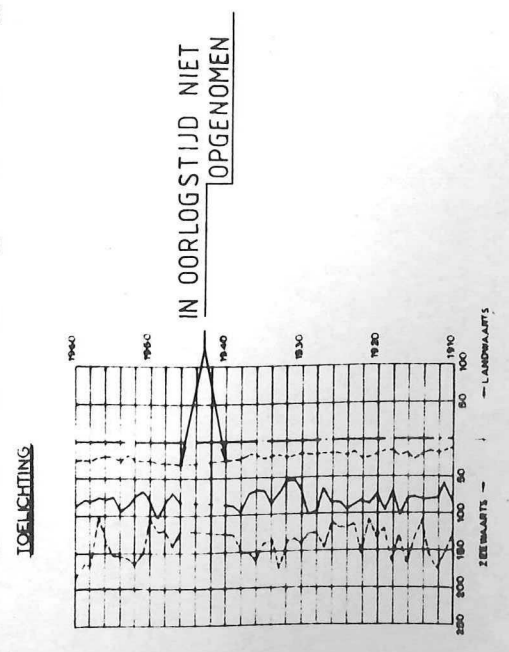
28

29

30



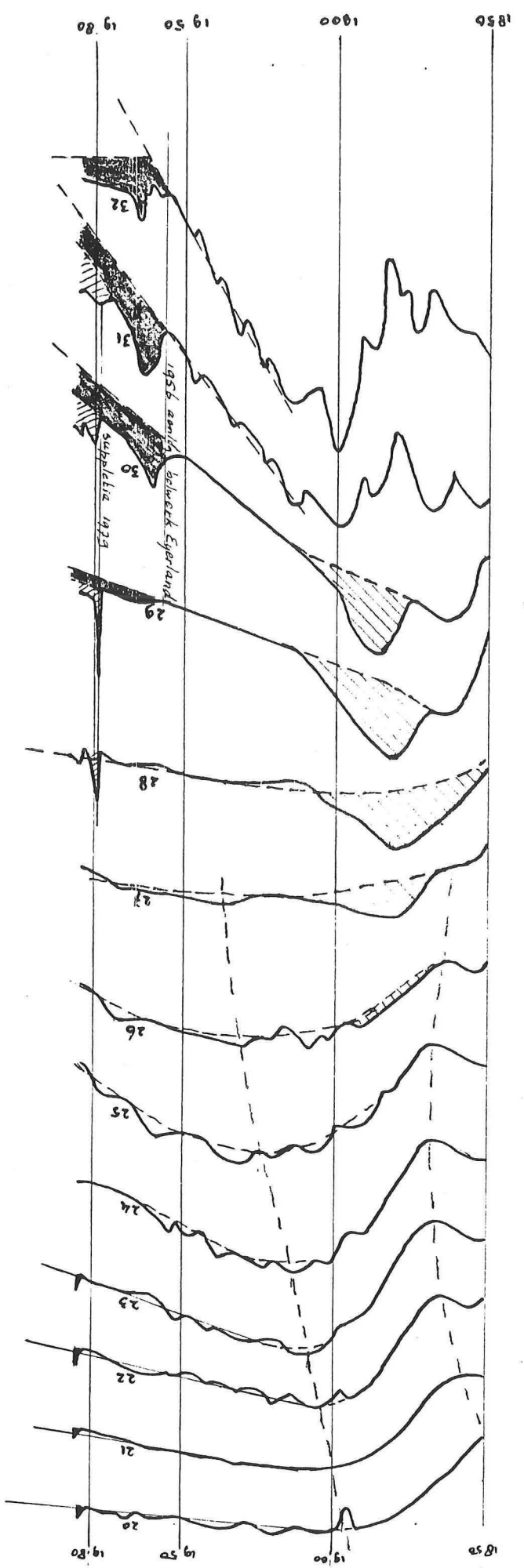
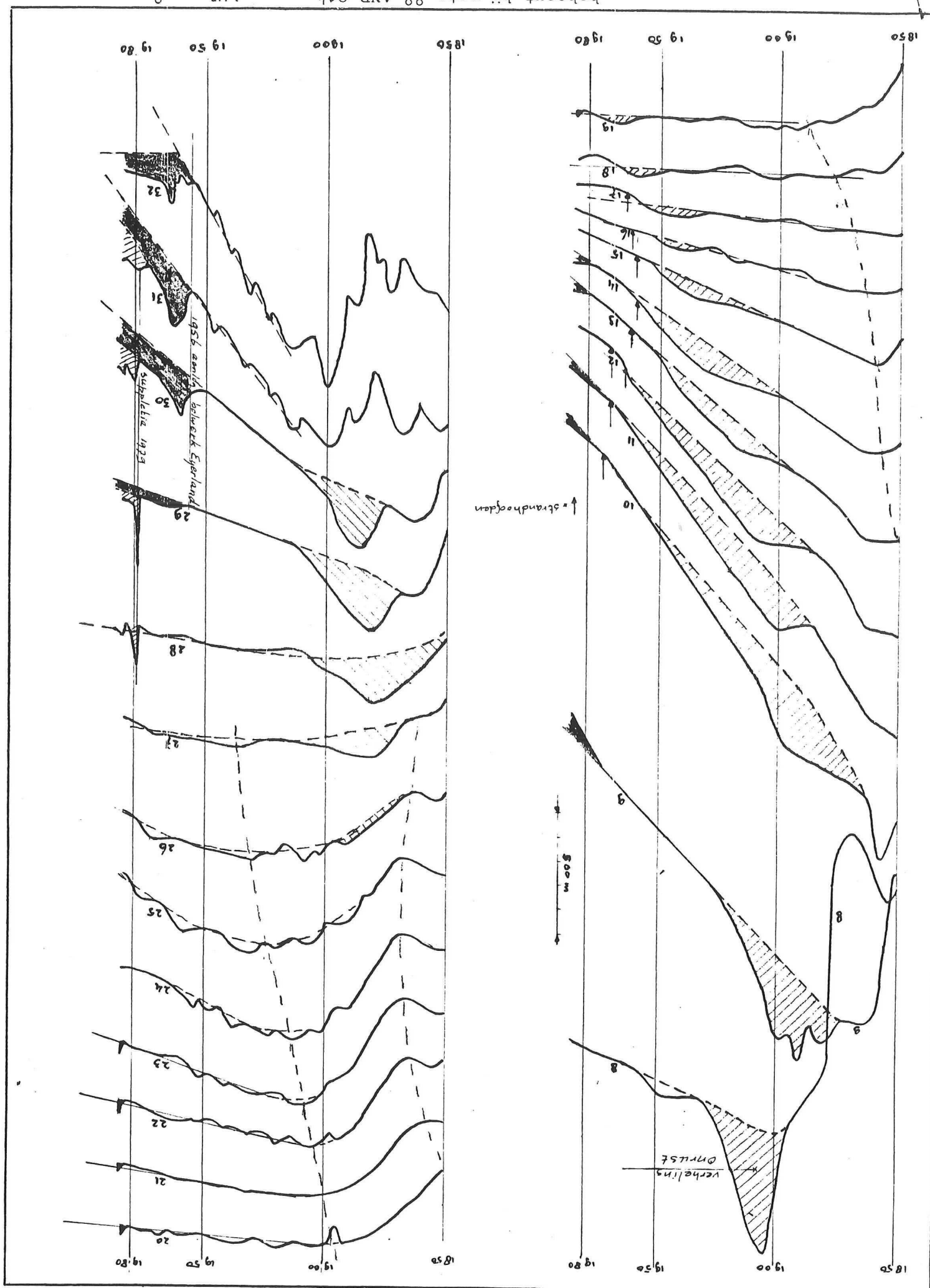
2090
2080
2070
2060
2050
2040
2030
2020
2010
2000
1990
1980
1970
1960
1950
1940
1930
1920
1910
1900
1890
1880
1870
1860
1850
1840
1830
1820



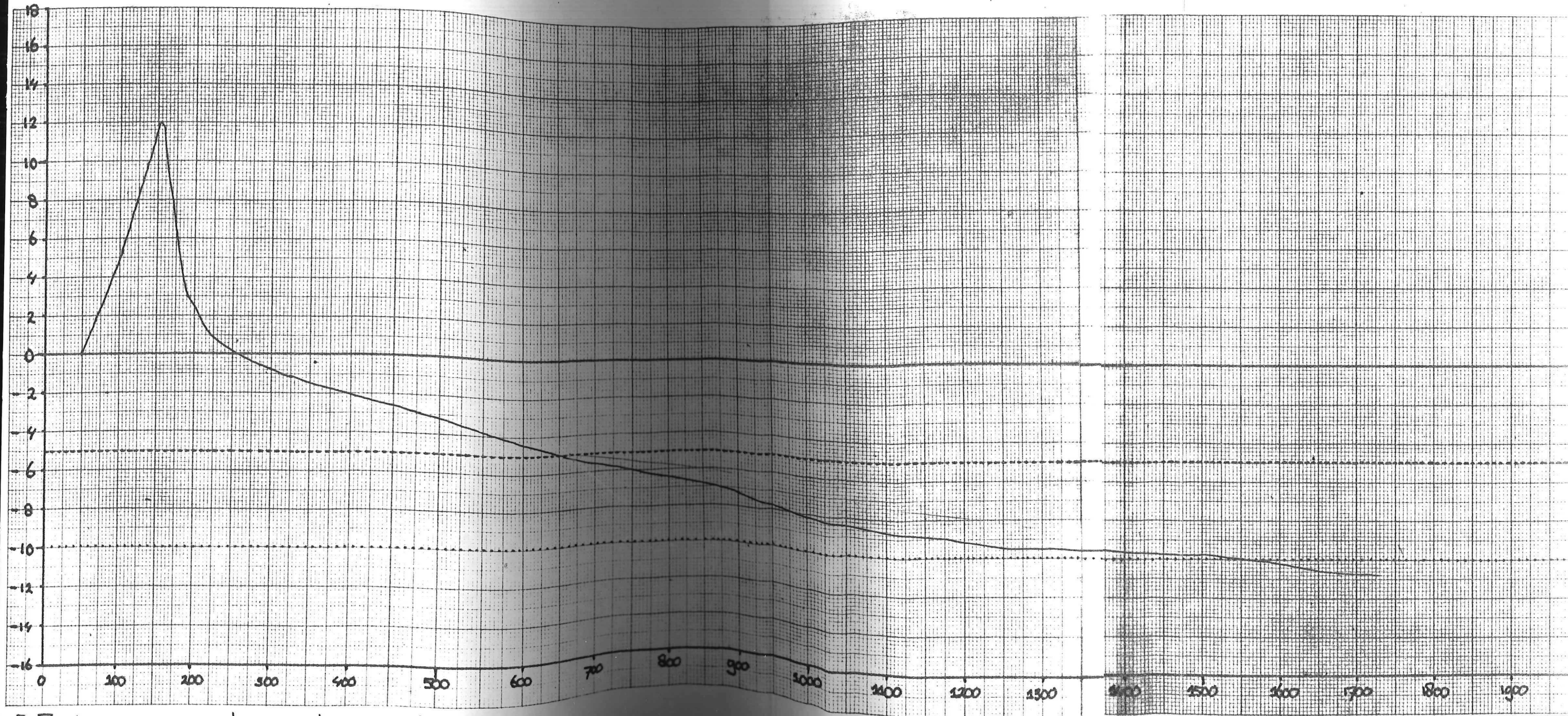
rijkswaterstaat		nota 88.A.N.P.014
directie noord-holland		bijlage 7
TEXEL		SCHAAL:
CHRONOLOGISCH OVERZICHT LIJNEN VAN		A4x4
G.L.W. G.H.W. EN D.V. 1822-1986 STR.P 22 1/2m31		
EN GEMIDDELDE PROGNOSE 1/2m 2080		reg.nr

NOORDZEEKUST

KUSTGEDRAG TEKSEL

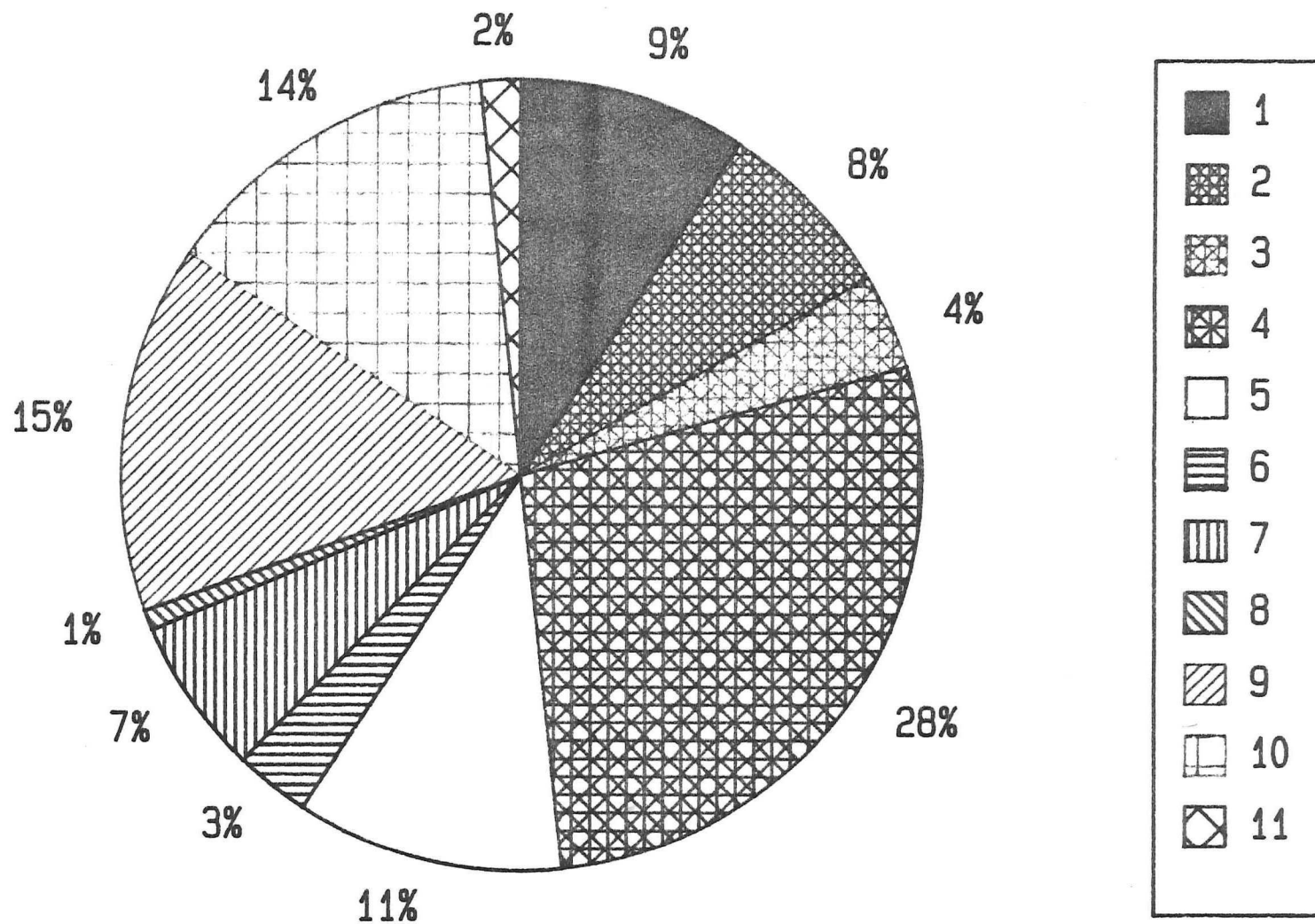


m. VAP.

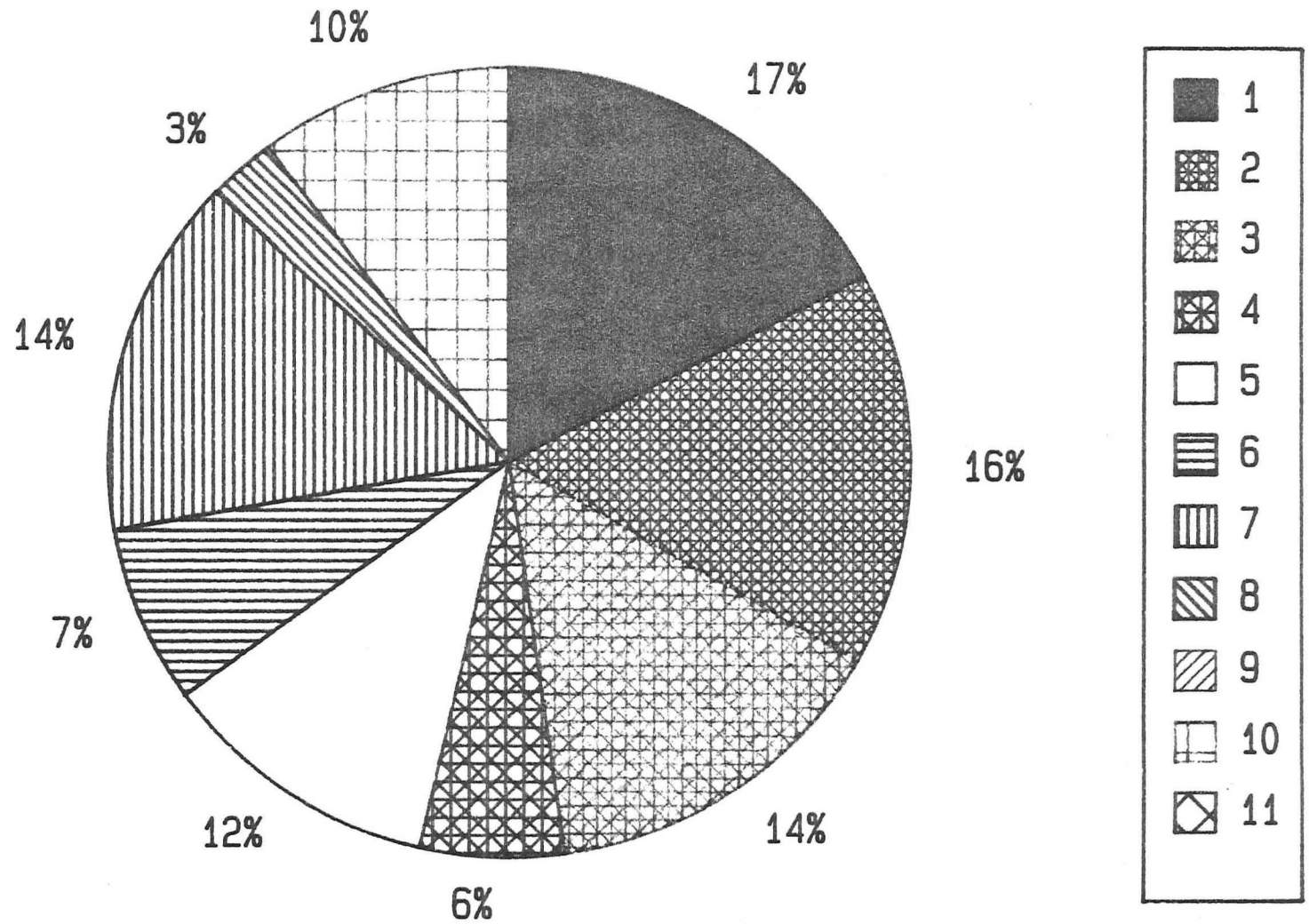


Figur 2k. Schematisk kystvandsprofil type II

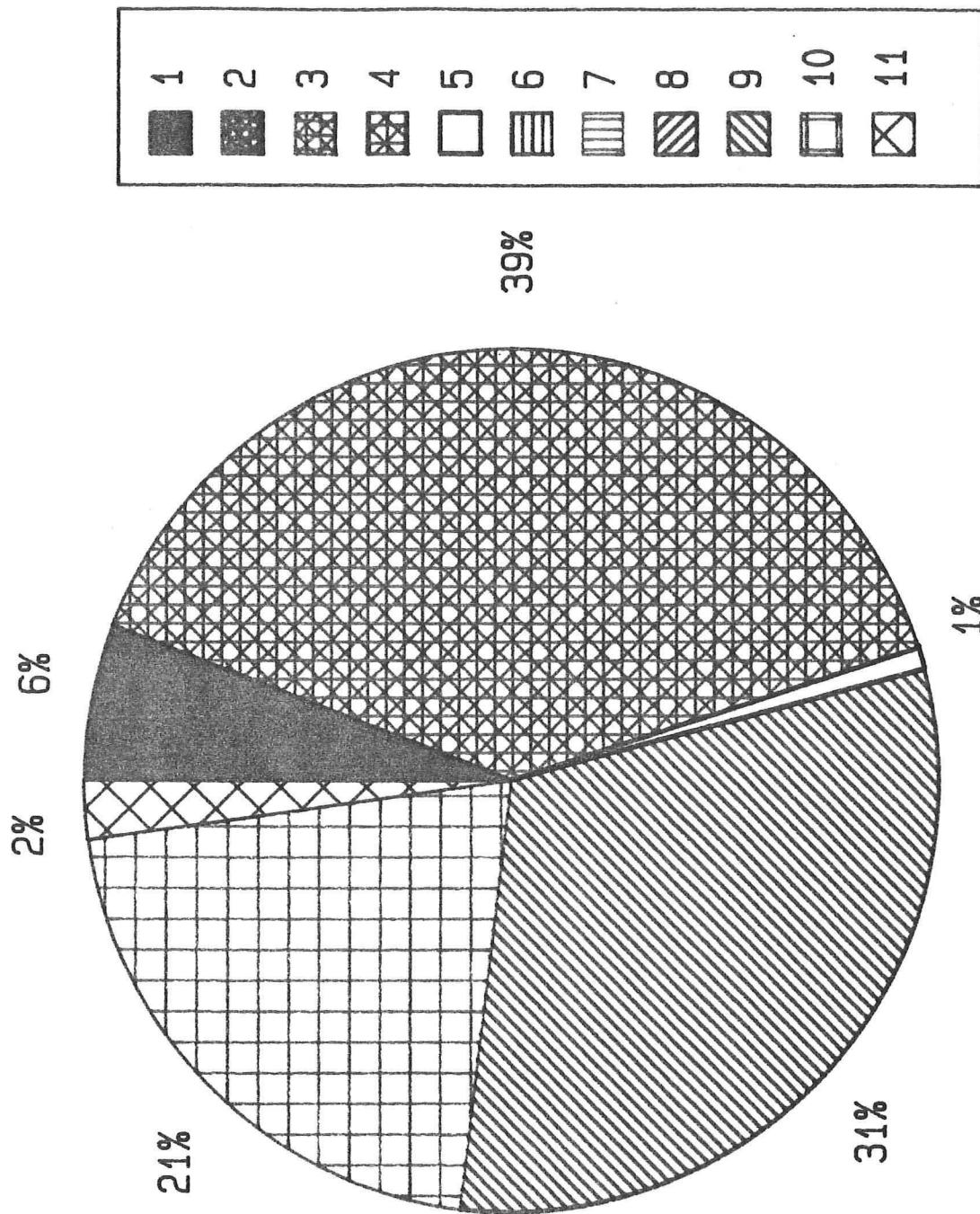
Figuur 3a. Verdeling kustprofieltypes over de gehele Nederlandse kust.



Figuur 3b. Verdeling kustprofieltypes over de Delta-kust.



Figuur 3c. Verdeling kustprofieltypes over de gesloten Hollandse kust.



Figuur 3d. Verdeling kustprofieltypes over de Wadden-kust.

