

quasisynoptische saliniteitsmetingen in de
zuidelijke noordzee (oostzijde)

rapport 07 81 FA

j. m. suijlen

fysische afdeling

Inhoud	blz.
1. Samenvatting	3
2. Inleiding	3
3. De kaarten met de saliniteitsmetingen: tek. 1 t/m 11	3
4. De kaarten met lijnen van gelijke zoutgehalte: tek. 15 t/m 25	15
5. De kaarten met lijnen van gelijke rivierwaterfracties: tek. 26 t/m 37	35
6. Mogelijke toepassing van de kaarten met rivierwaterfracties	48
7. Schatting van de onnauwkeurigheid in de rivierwaterfracties	48
Appendix I	50
Appendix II	50
Literatuur	50

rijkswaterstaat - deltadienst
milieu en inrichting
bibliotheek en documentatie
postbus 8039
4330 EA Middelburg

1. Samenvatting

Gepresenteerd worden kaarten met lijnen van gelijke zoutgehalten en rivierwaterfracties van het zeegebied langs de Belgische en Nederlandse kust tot Ameland. De metingen zijn ongeveer tweemaal per jaar uitgevoerd in de periode van 1973 tot 1979. De meettochten duurden ongeveer 3 dagen.

De kaarten met de rivierwaterfracties kunnen van nut zijn bij het schatten van de verspreiding van de opgeloste stoffen, die door de Rijn en Maas worden aangevoerd.

2. Inleiding

In het kader van de ontwikkeling en afregeling van wiskundige modellen voor de verspreiding van opgeloste stoffen langs de Nederlandse kust is gedurende een reeks van jaren een aantal zoutmeettochten gehouden. Het waarnemingsmateriaal dat in 1973 voorhanden was, voldeed niet aan de eisen. De eisen die van belang zijn bij het toetsen van wiskundige modellen, hadden betrekking op:

- (quasi)synopticiteit (opnamen binnen enkele dagen)
- dichtheid van bemonstering (aangepast aan de gradiënten)
- nauwkeurigheid van de saliniteitsmeting
- bemonstering van de rand, waar "puur" zeewater naar binnen stroomt (Nauw van Calais)
- representativiteit (metingen onder verschillende omstandigheden)

Bij de opzet van het meetprogramma is uitgegaan van twee meettochten per jaar; op enkele uitzonderingen na is dat gelukt.

Na een aanlooperperiode in 1973 en 1974 is vanaf 1975 langs een nauwelijks veranderde route gevaren. In de beginfase toen de Fysische Afdeling nog niet over een nauwkeurige salinometer beschikte, is de Oceanografische Afdeling van het KNMI bereid gevonden de saliniteitsbepalingen uit te voeren.

De waarnemingen zijn verwerkt tot kaarten met lijnen van gelijke zoutgehalten en rivierwaterfracties. De kaarten met de rivierwaterfracties kunnen van veel nut zijn voor iedereen, die belang stelt in de waterkwaliteit in het zeegebied voor de kusten van Zuid- en Noord-Holland. In paragraaf 6 wordt een betrekking gegeven, waarmee de concentratie van een conservatieve stof op zee berekend kan worden als de concentraties op de rivieren bekend zijn.

3. De kaarten met de saliniteitsmetingen

Zoals al lang gebruikelijk is in het zeeonderzoek, zijn de verhoudingen tussen het elektrische geleidingsvermogen van de monsters en van het standaard-zeewater gemeten. De saliniteit is vervolgens berekend uit die verhoudingsgetallen. Door het KNMI zijn hiervoor de UNESCO-tabellen gebruikt, die gebaseerd zijn op de formule van Cox (lit.3).

Door de Fysische Afdeling is de formule van Bennett toegepast (lit.4).

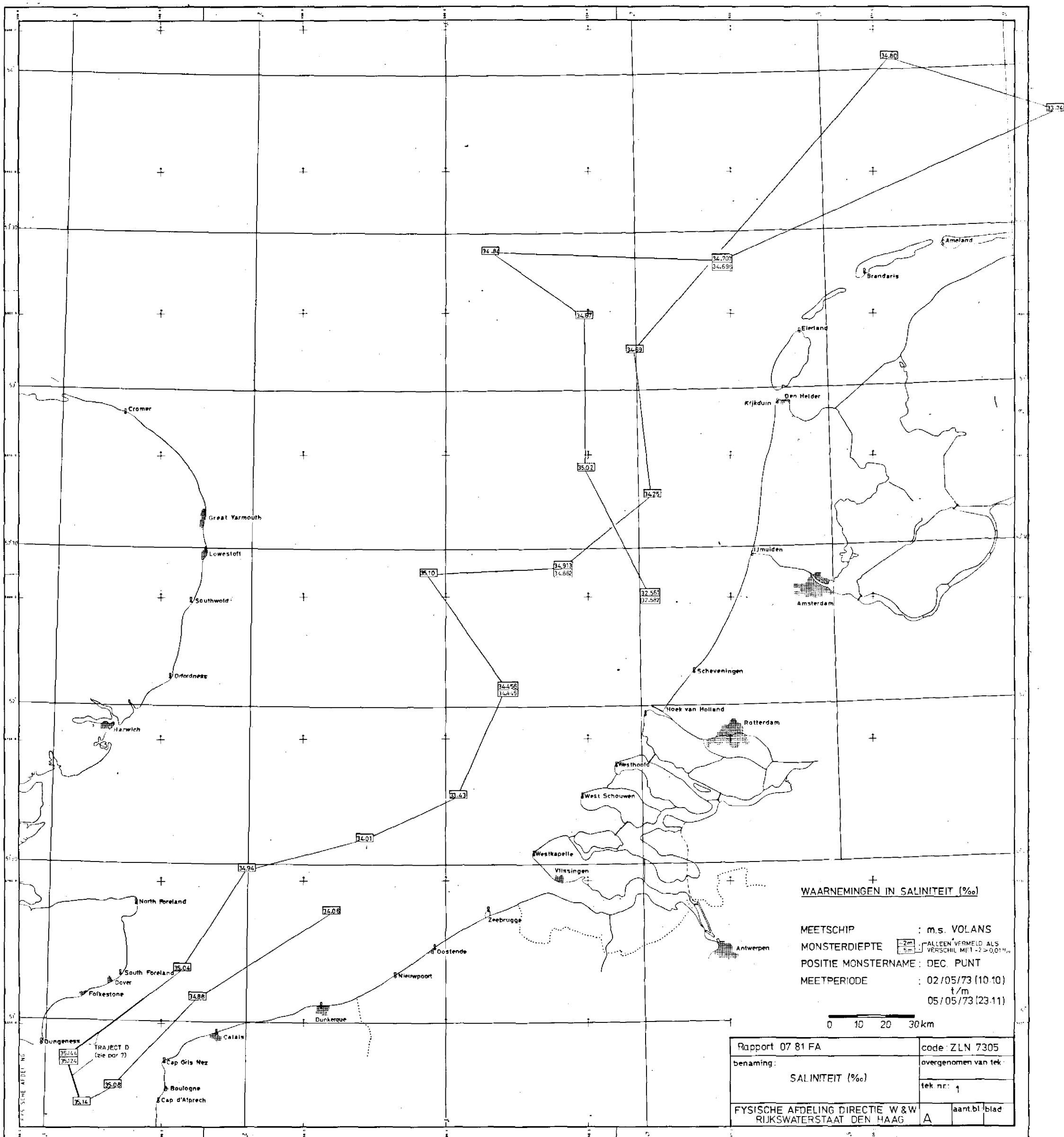
In tabel 1 zijn enkele gegevens van de gebruikte hulpmiddelen vermeld.

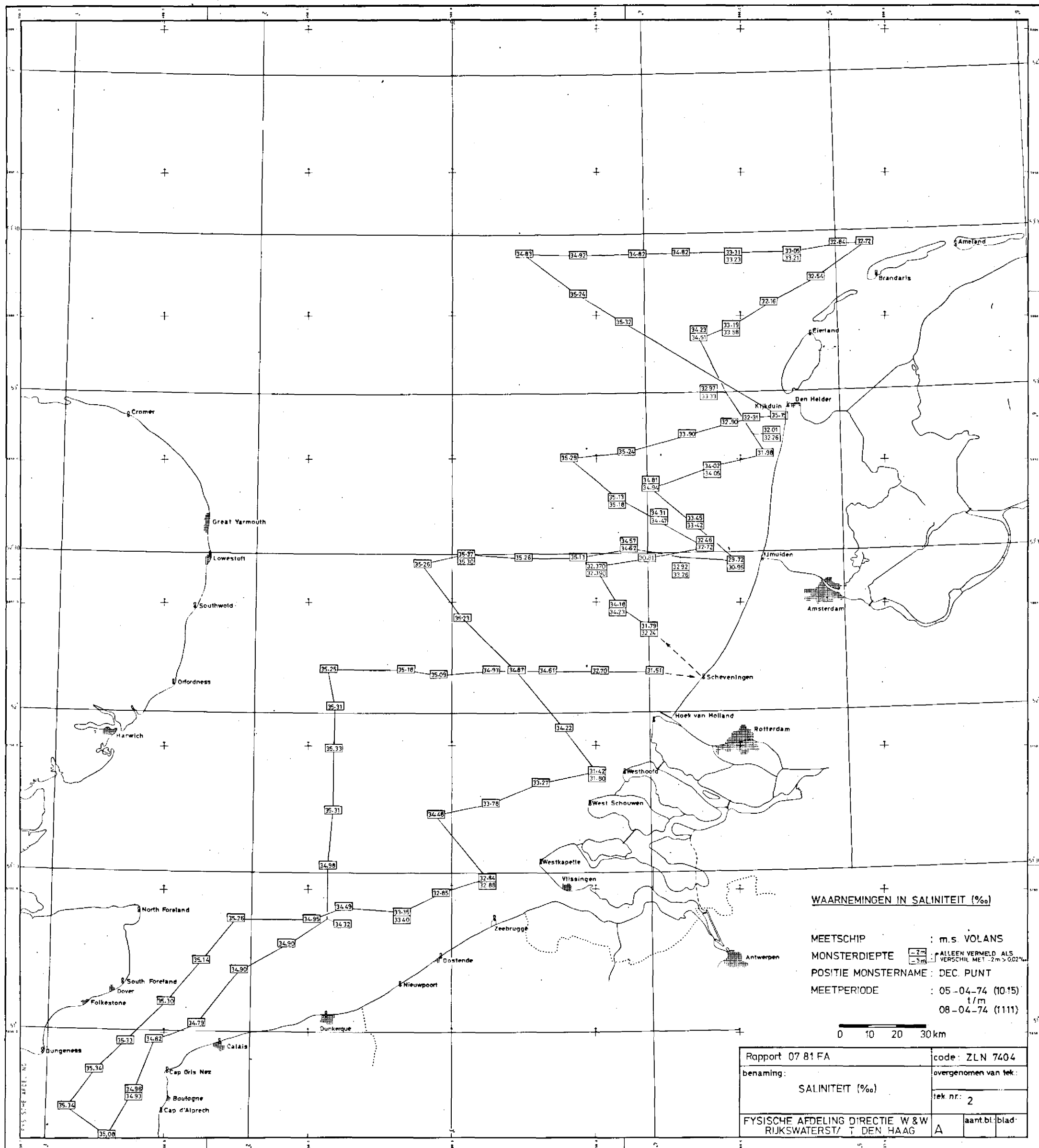
Tabel 1 Overzicht van enkele gebruikte hulpmiddelen.

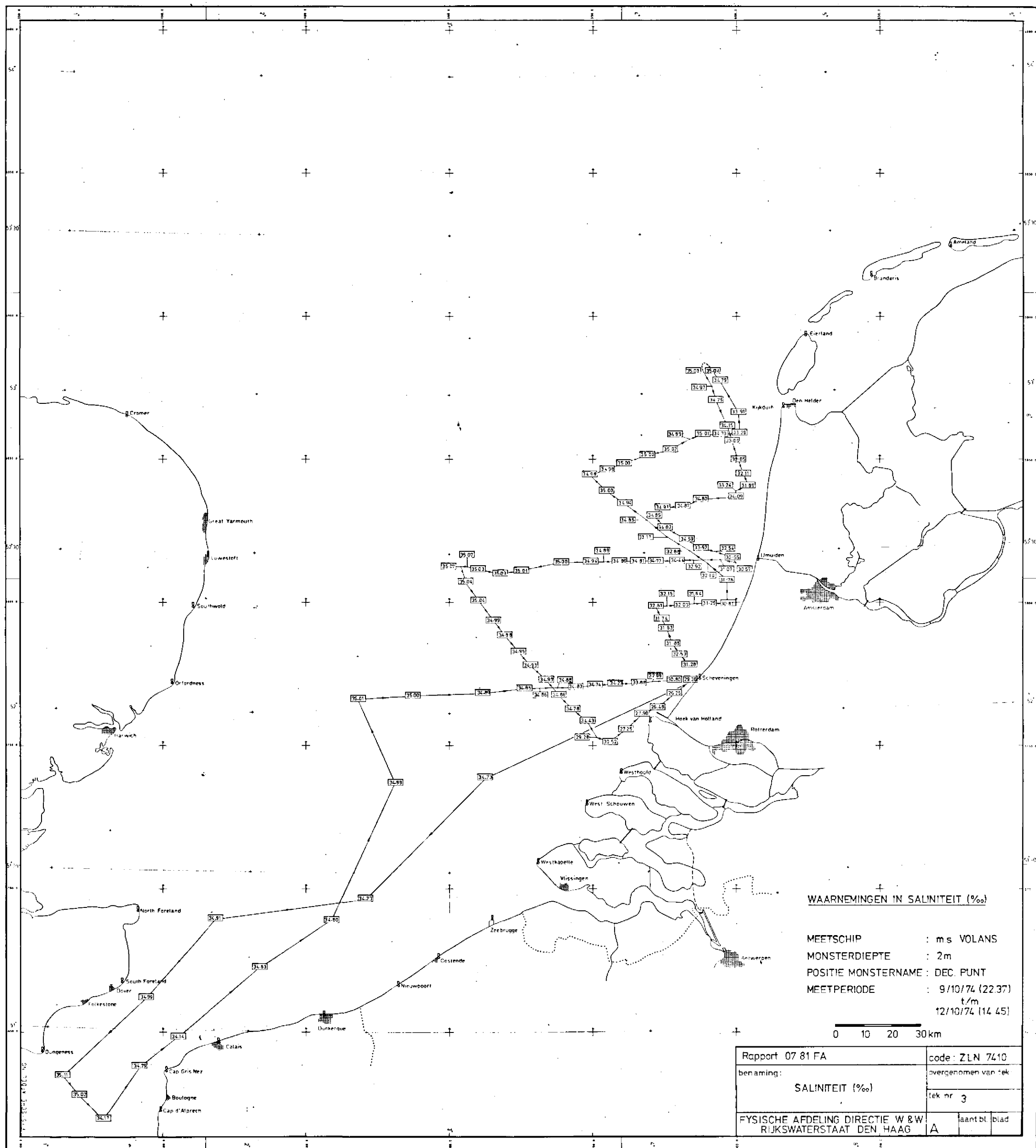
project	opname periode	Vaar- tuig	salinometer	aanduiding standaard- zeewater	
ZLN 7305	2 - 3 mei	1973	Volans	Autolab (KNMI)	-
ZLN 7404	5 - 8 april	1974	Volans	Autolab (KNMI)	-
ZLN 7410	9 - 12 oktober	1974	Volans	Autosal (RWS)	P 57 (9/1/72)
ZLN 7509	17 - 18 september	1975	Holland	Autosal (RWS)	
ZLN 7510	27 - 30 oktober	1975	"	"	" "
ZLN 7605	4 - 7 mei	1976	"	"	" "
ZLN 7609	14 - 17 september	1976	"	"	" "
ZLN 7704	25 - 28 april	1977	"	"	P 73 (12/6/76)
ZLN 7710	18 - 21 oktober	1977	"	"	" "
ZLN 7804	18 - 21 april	1978	"	"	P 78 (20/9/77)
ZLN 7901	22 - 25 januari	1979	"	"	" "

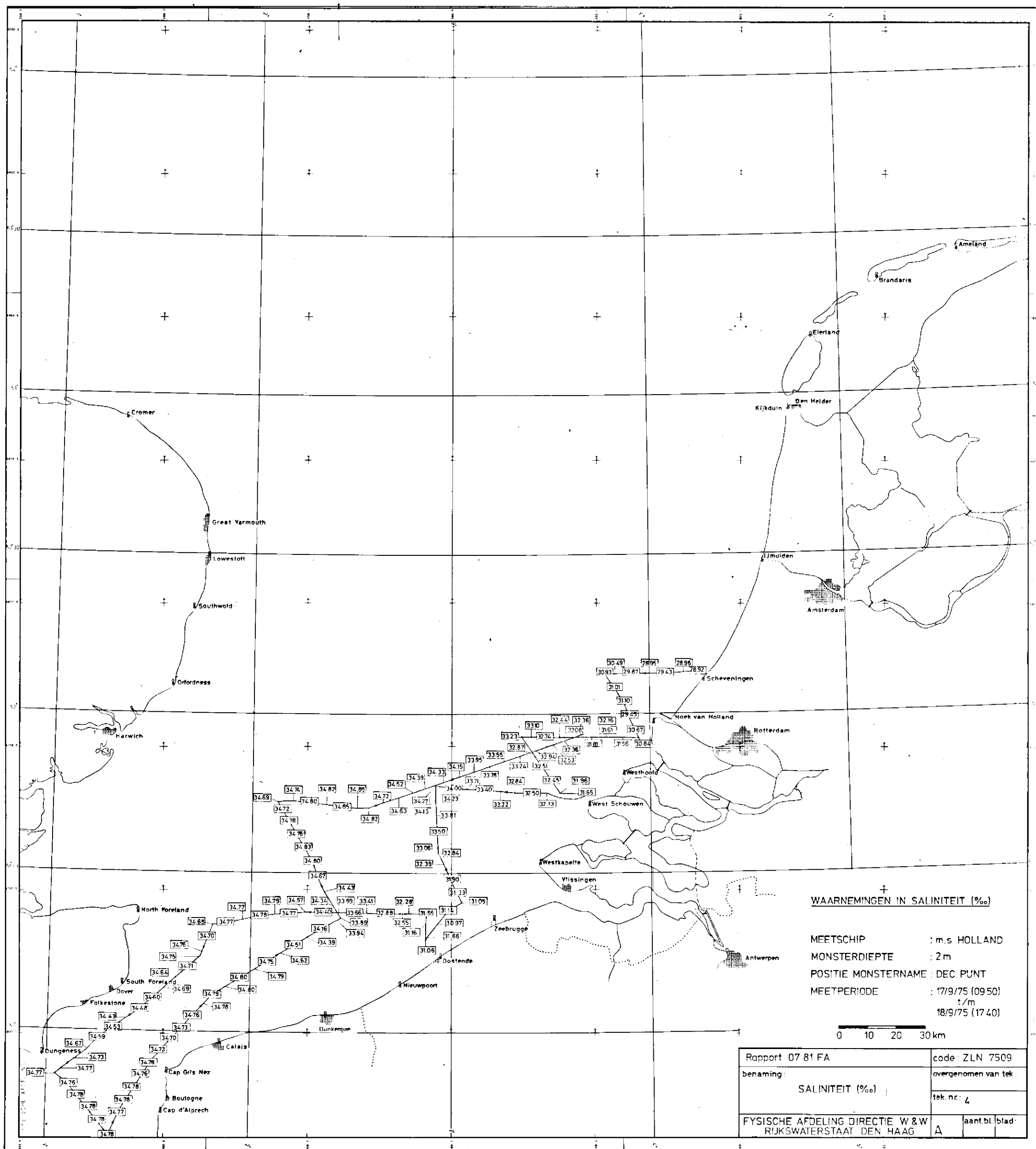
Tijdens twee meettochten (ZLN 7305 en 7404) is behalve op 2 m onder het wateroppervlak ook op 5 m bemonsterd. In die beperkte laagdikte bleek het zoutgehalte vrijwel homogeen voorzover de monsterplaatsen niet in de directe invloedssfeer van de rivieren lagen.

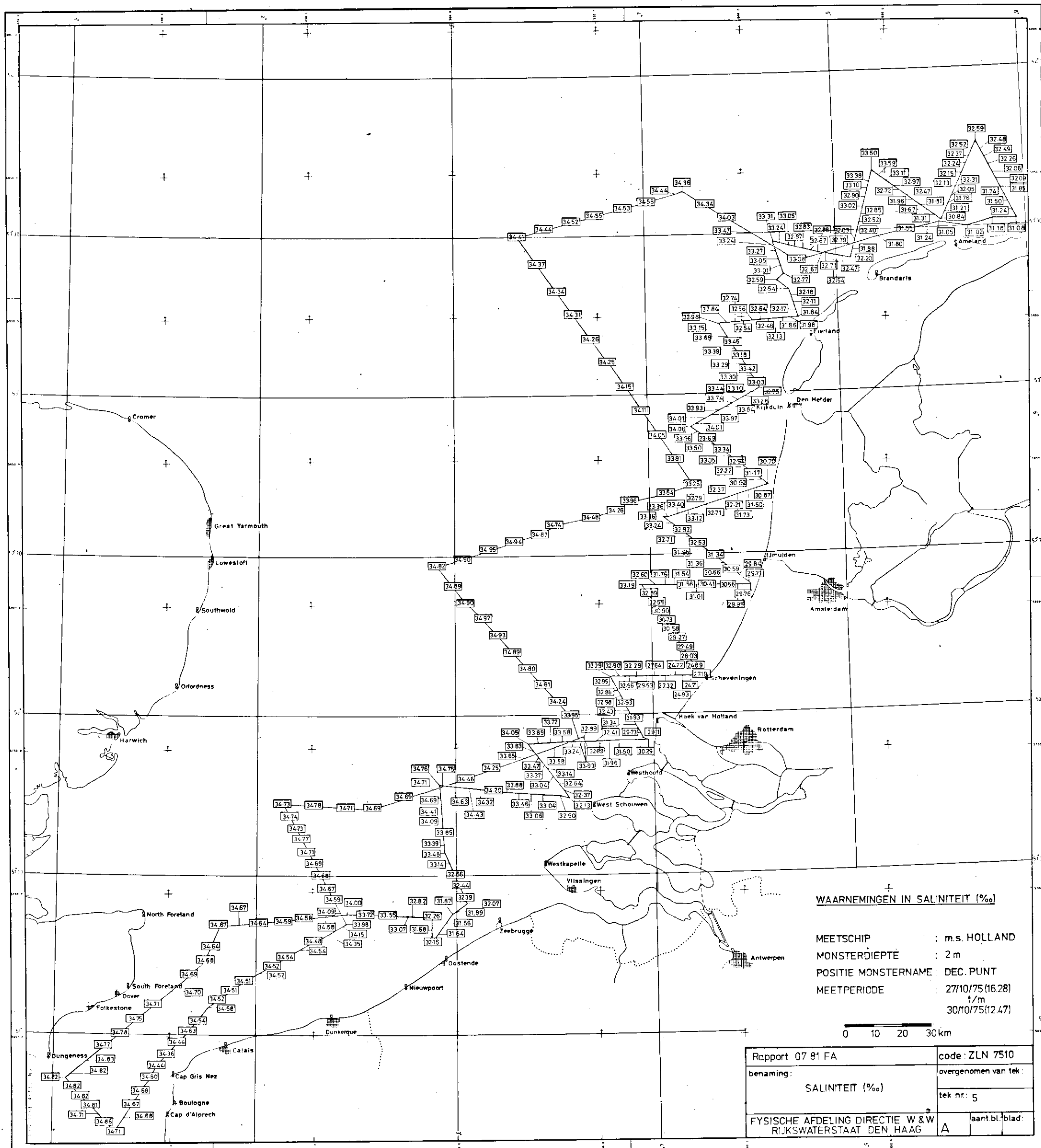
Met het oog op een toetsing van de veronderstelling dat de zoutverdeling over enkele dagen stationair genoemd mag worden, zijn in het parcours enkele raaien opgenomen die elkaar snijden. In de meeste gevallen zijn bij en op de snijpunten van elkaar verschillende (groter dan de meetfout) zoutgehalten gevonden. In het jaar 1974 zijn de verschillen zo groot geweest dat het niet goed mogelijk is om lijnen van gelijke zoutgehalten te trekken. Dergelijke gevallen laten zien dat de veronderstelling aangaande de stationariteit niet zomaar geldig is en dat de tijdsinformatie noodzakelijk blijft bij de afregeling van (verfijnde) verspreidingsmodellen.

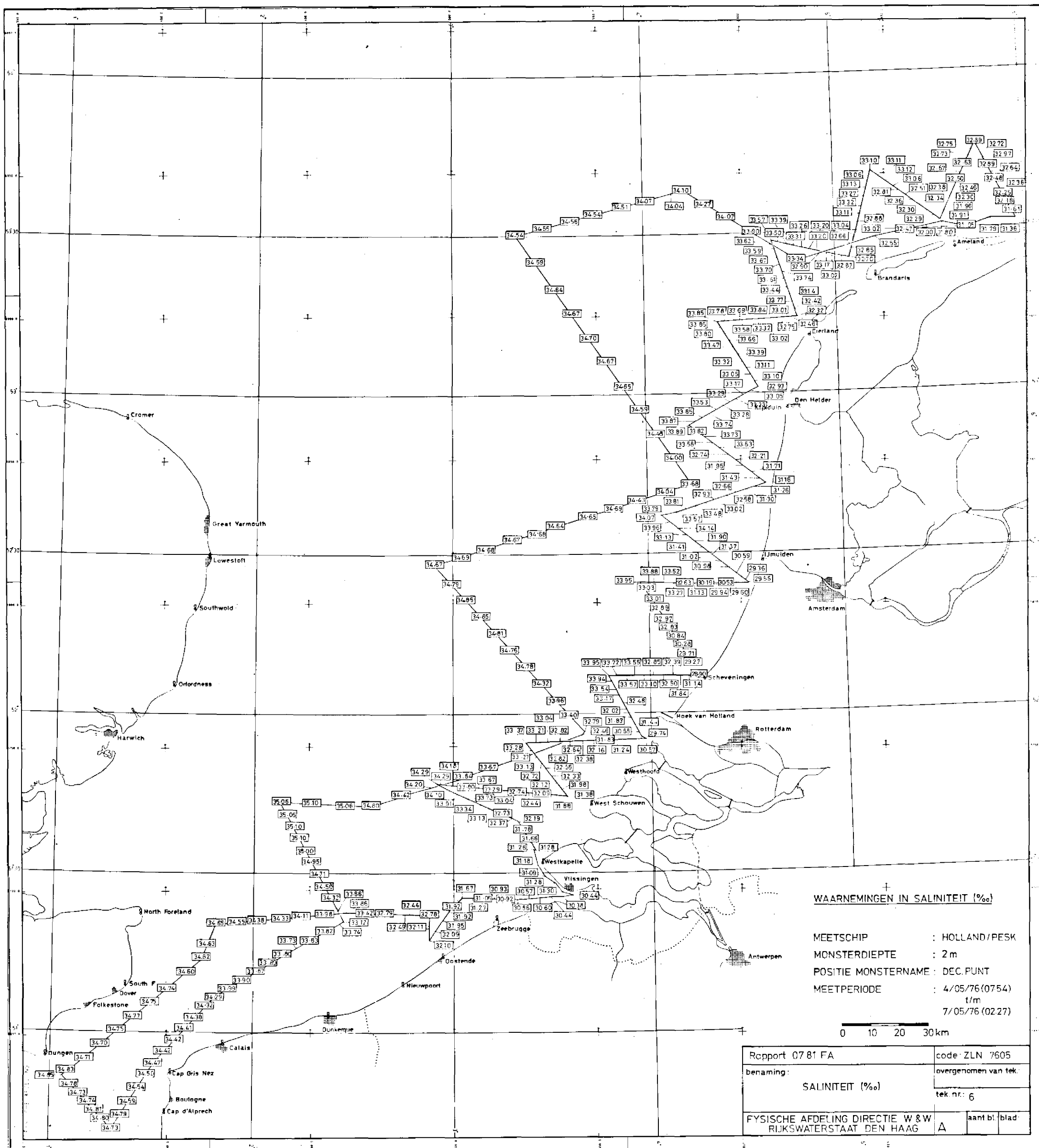


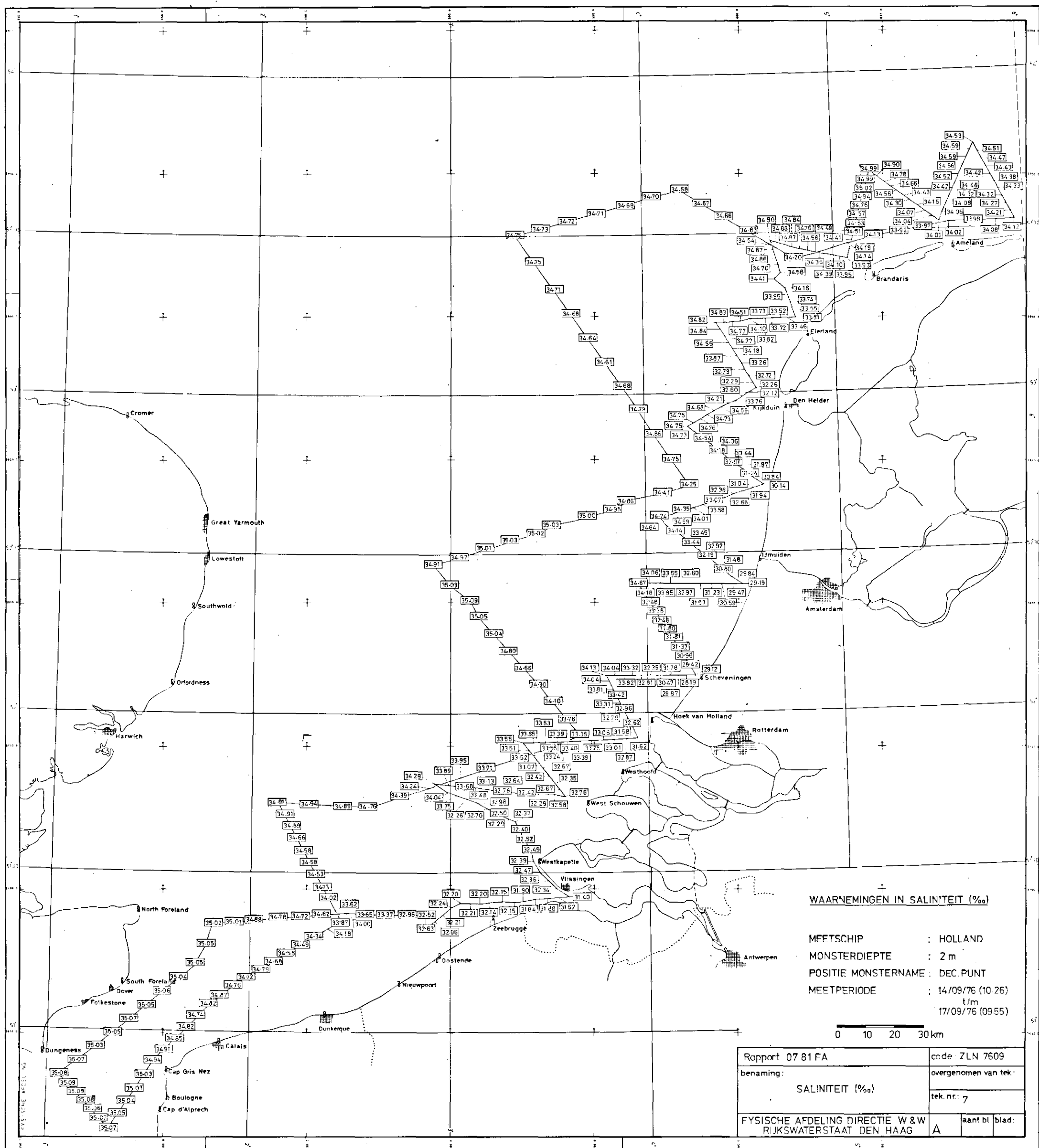


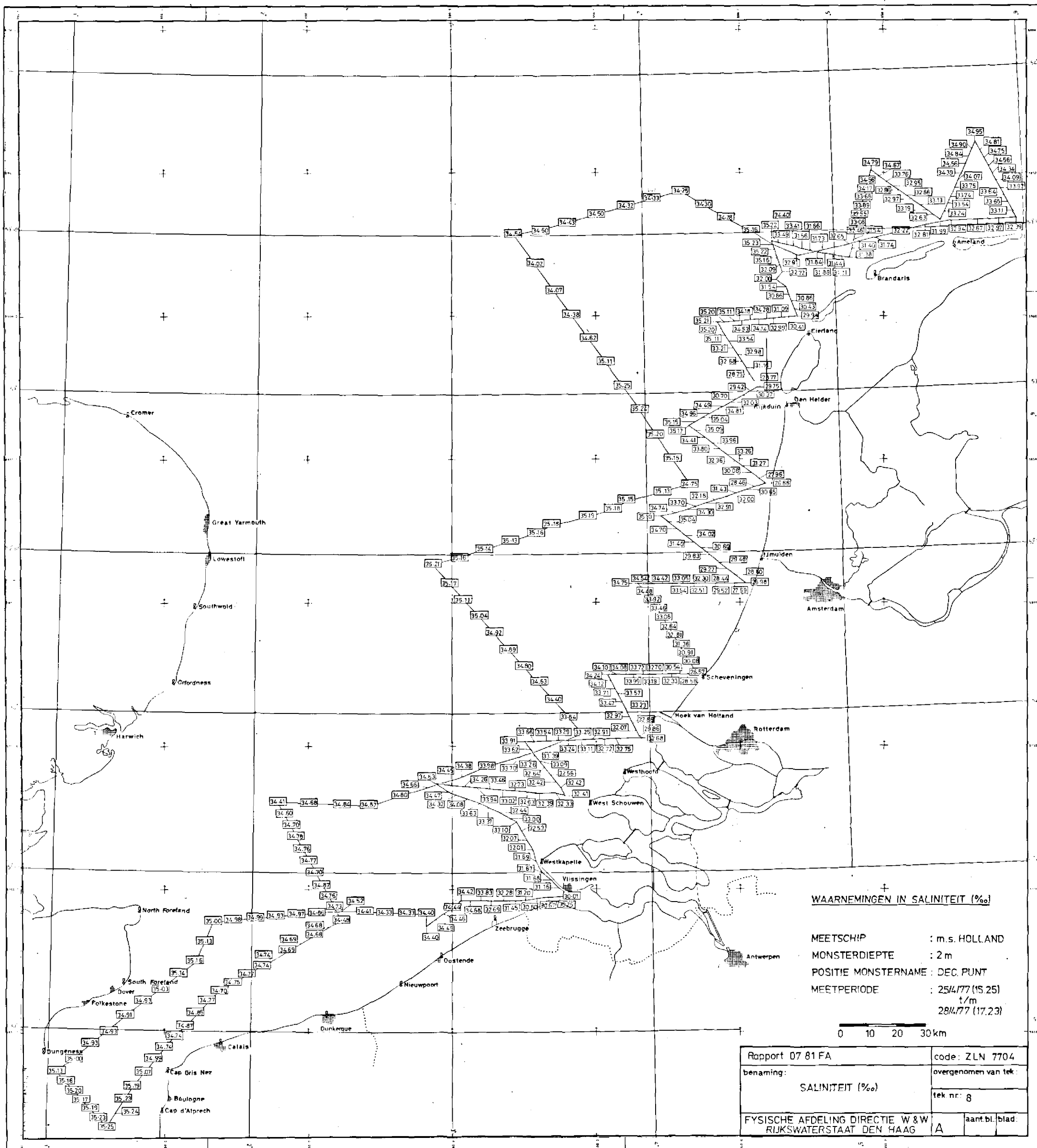


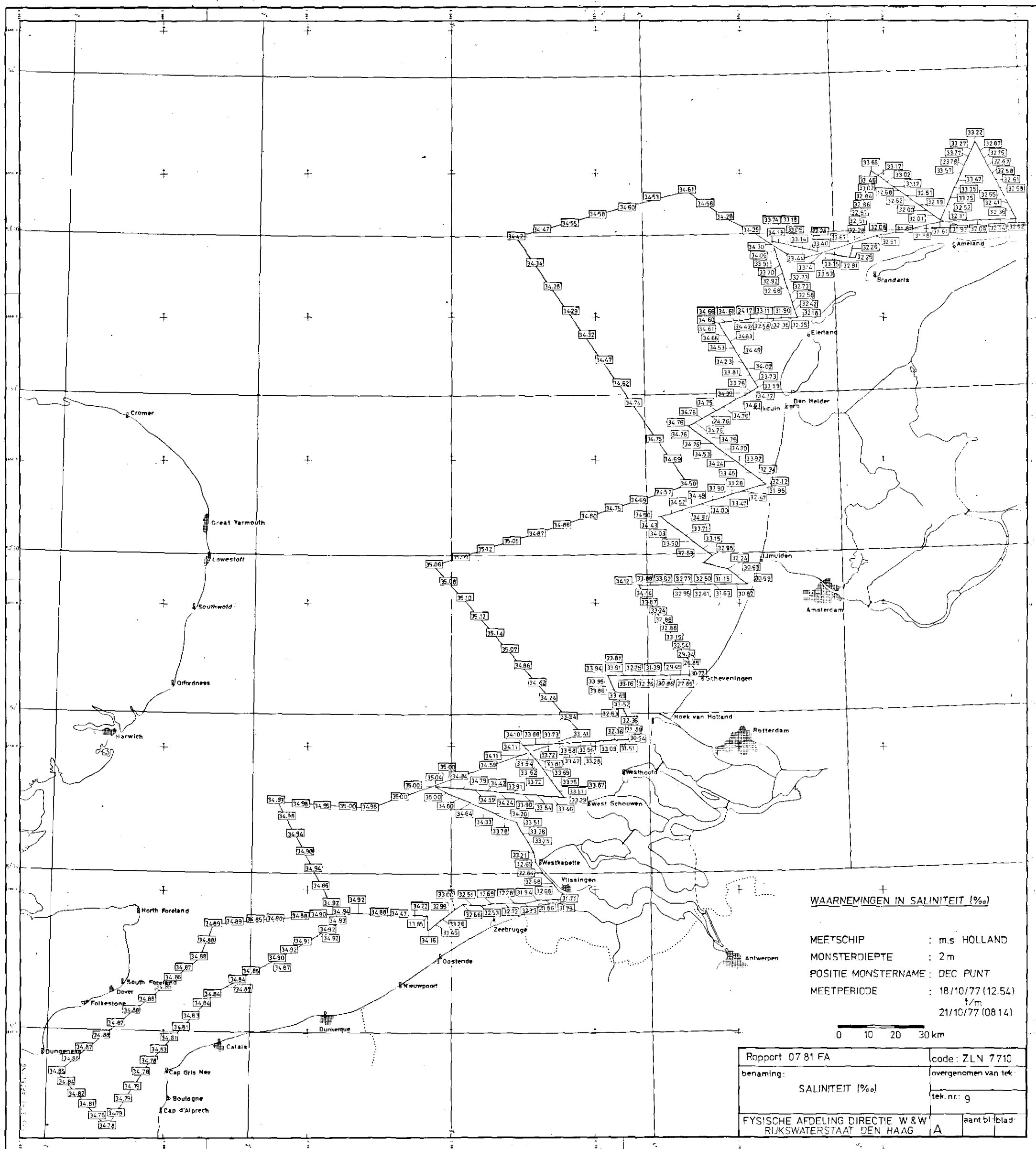


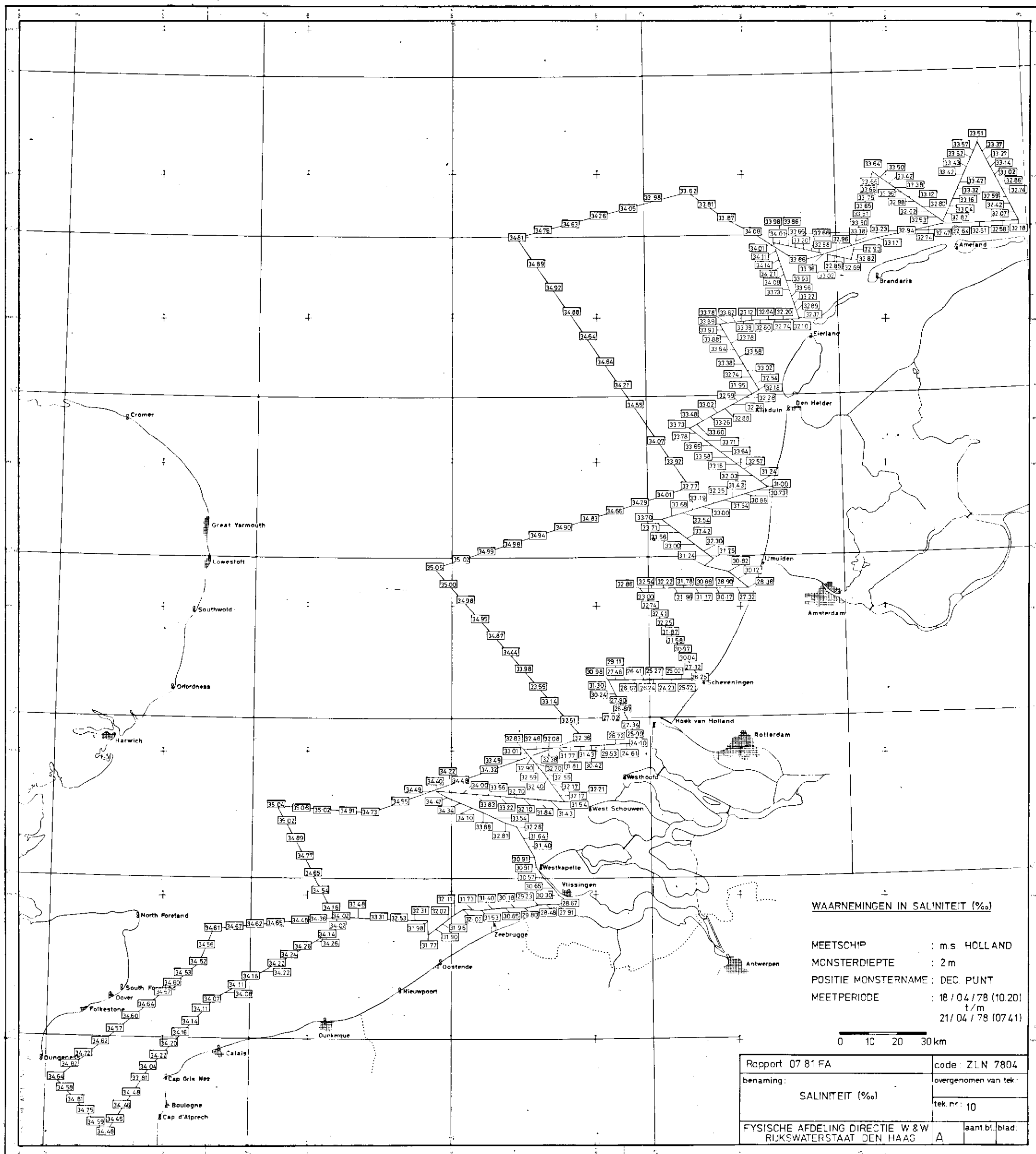


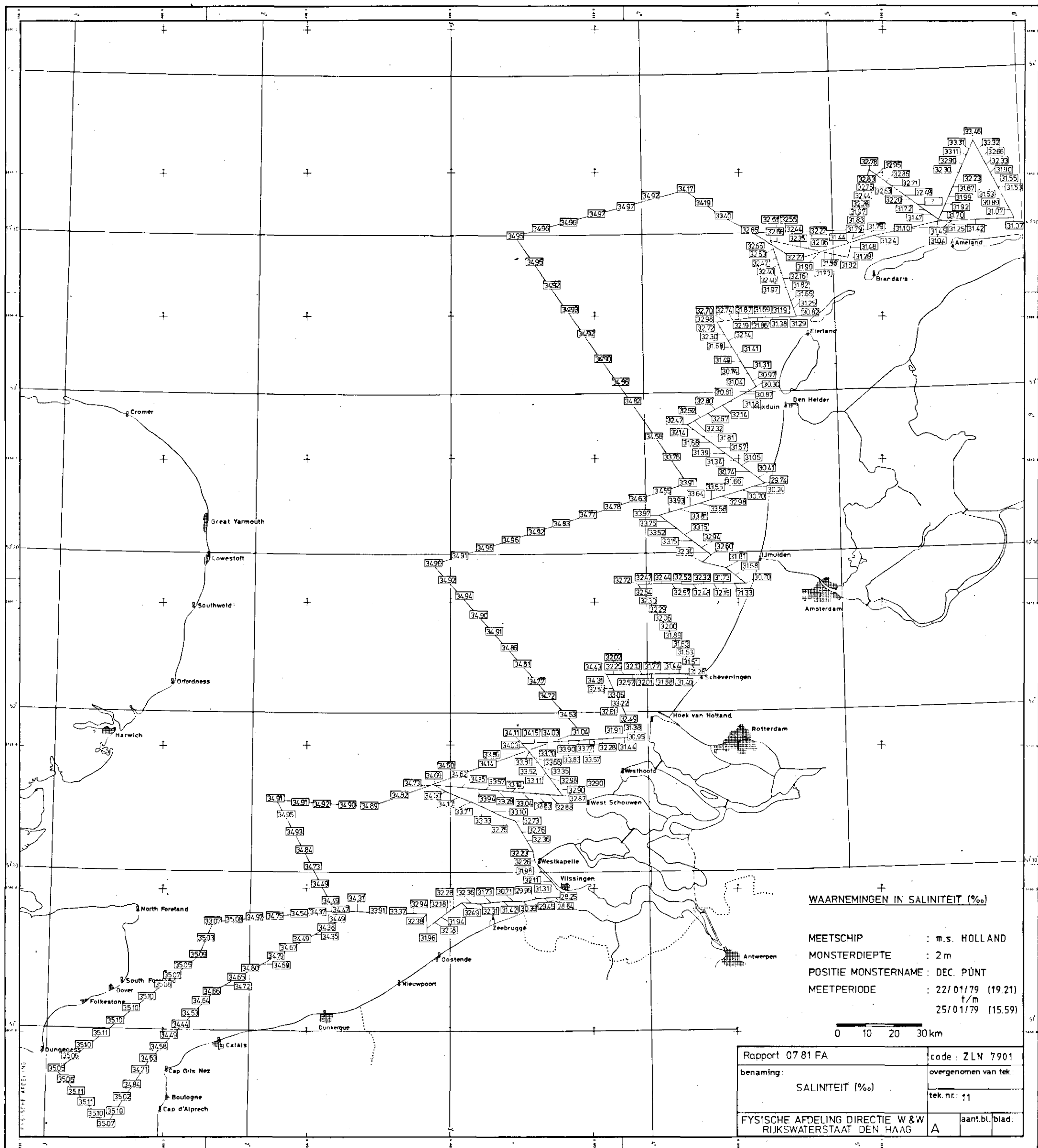












4. De kaarten met lijnen van gelijke zoutgehalten

Deze lijnen (isohalinen) zijn met behulp van een grafische interpolatietechniek geconstrueerd. Een detailvoorbeeld van een dergelijke grafiek is te zien in fig. 12. Van een hele meettocht verkrijgt men dan een verzameling interpolatiegrafieken. Als voorbeeld is die van project ZLN 7605 in fig. 13 afgebeeld.

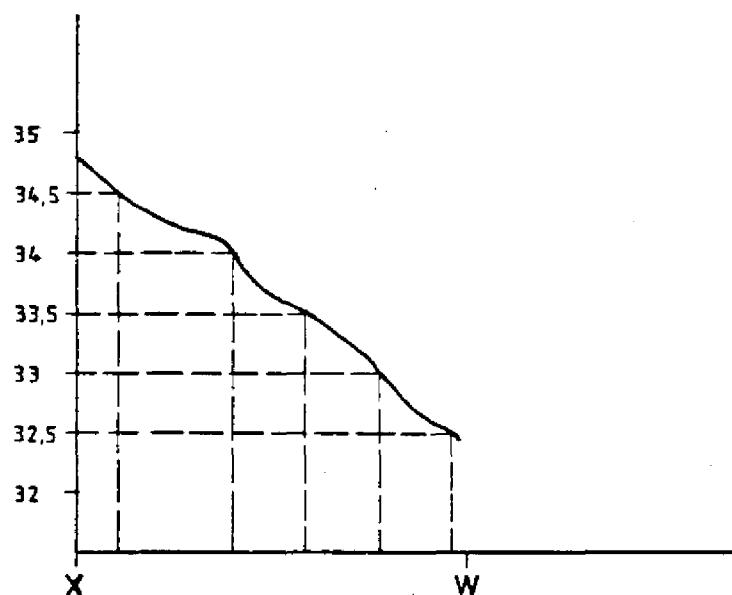


fig. 12.1 SALINITEITSVERLOOP LANGS DE RAAI X - W

Langs de raaien kunnen vervolgens de punten uitgezet worden waar het zoutgehalte een ronde waarde over- of onderschrijdt. Deze punten zijn daarna met de hand volgens subjectieve criteria verbonden. Op deze wijze zijn de isohalinen in de fig. 15 t/m 25 tot stand gekomen. Deze presentatiewijze van de zoutwaarnemingen veronderstelt een stationaire situatie. In paragraaf 3 is al geconstateerd dat dit niet zomaar het geval is. Het niet stationair zijn komt in deze kaarten vooral tot uitdrukking in een bijzonder grillig verloop van de isohalinen, zie ZLN 7404 en 7410.

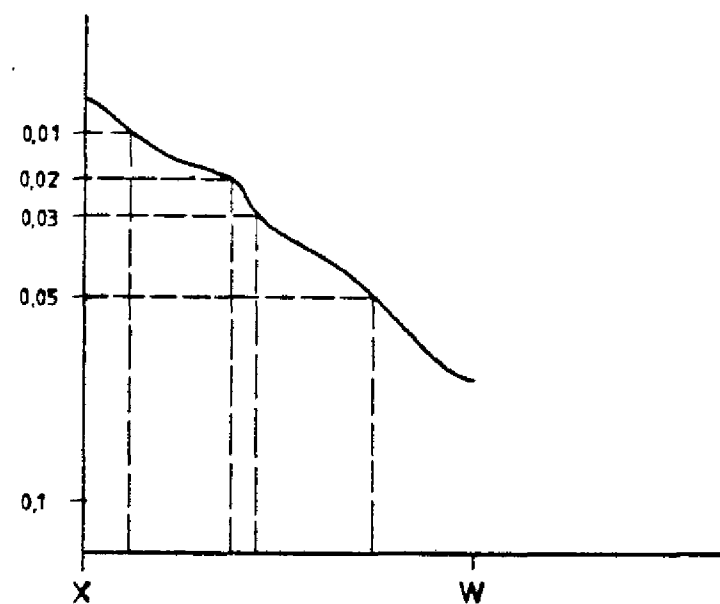
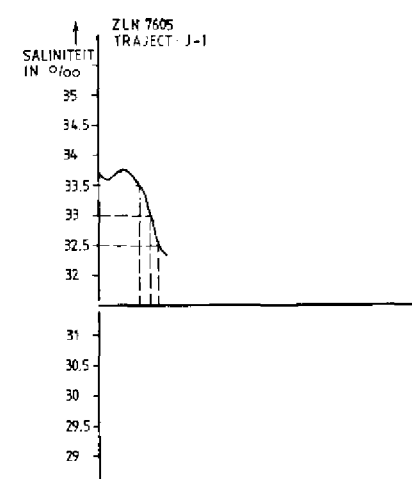
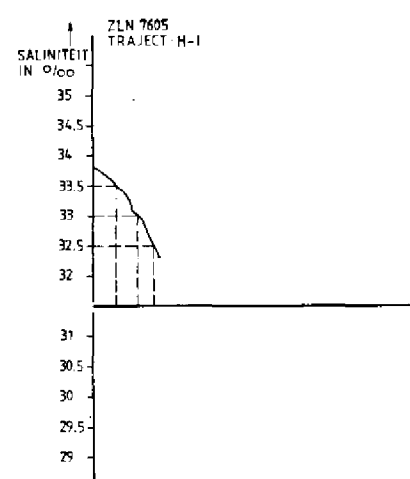
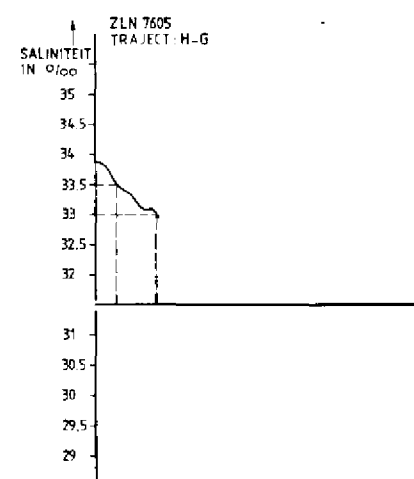
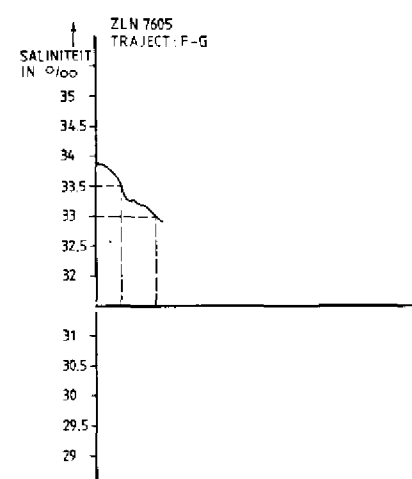
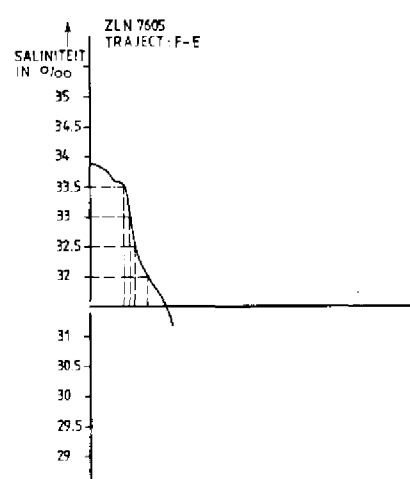
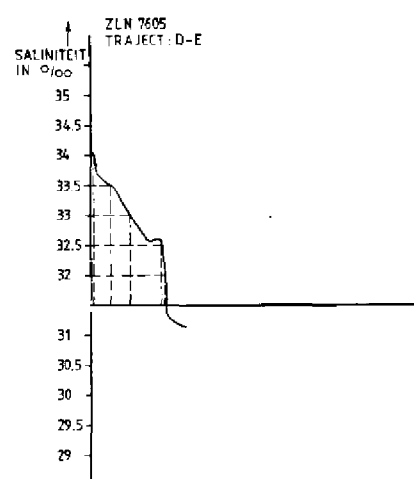
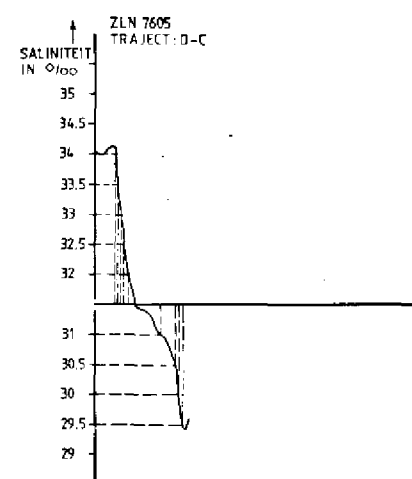
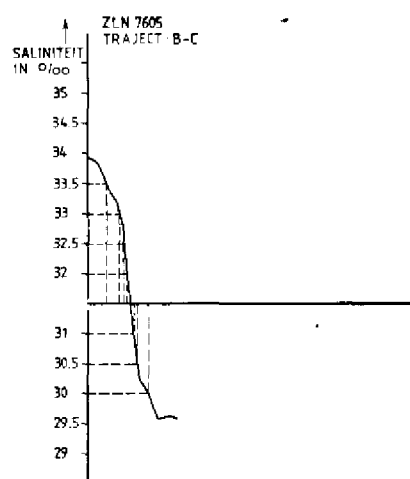
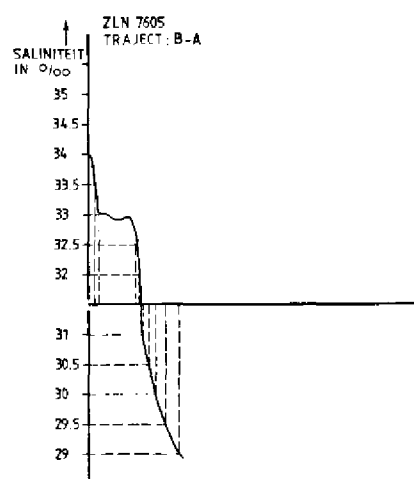


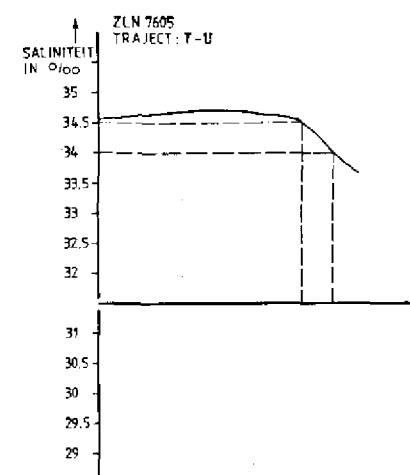
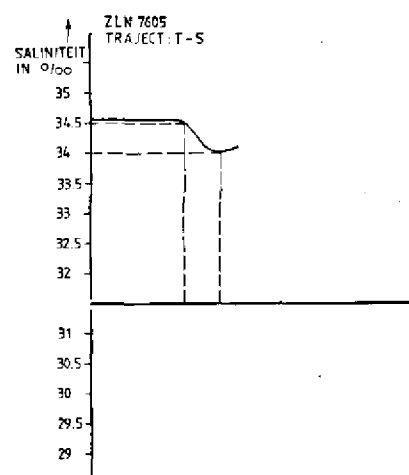
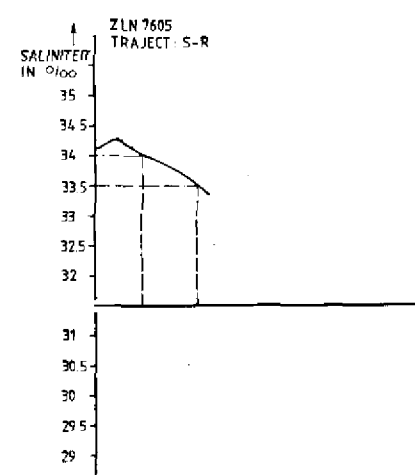
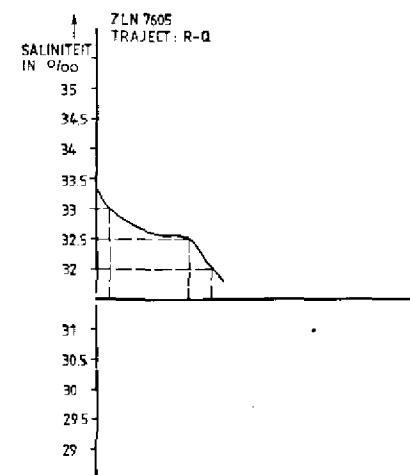
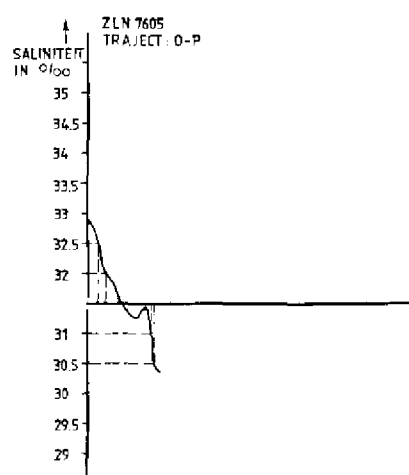
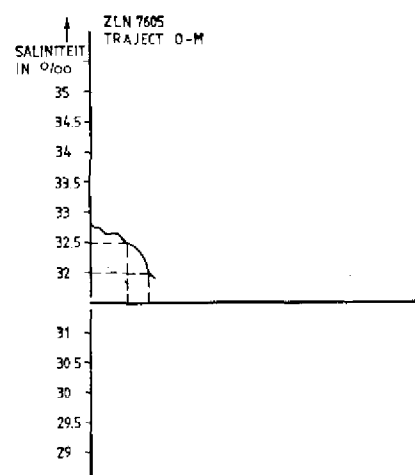
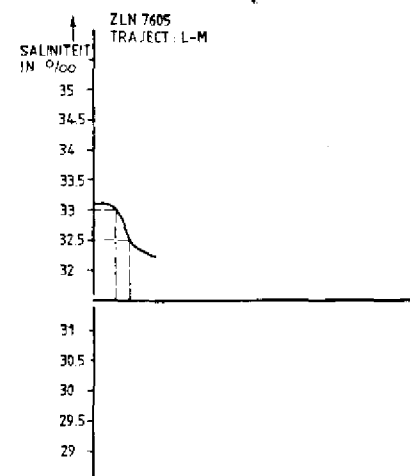
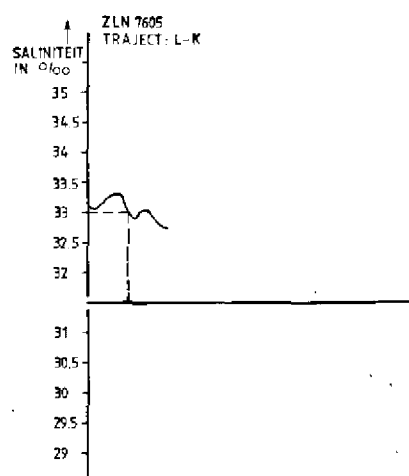
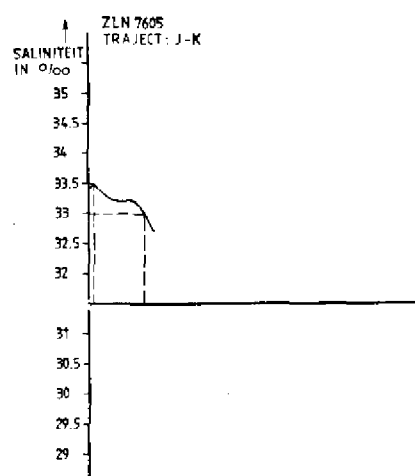
fig. 12.2 RIVIERWATERFRACTIEVERLOOP LANGS DE RAAI X - W

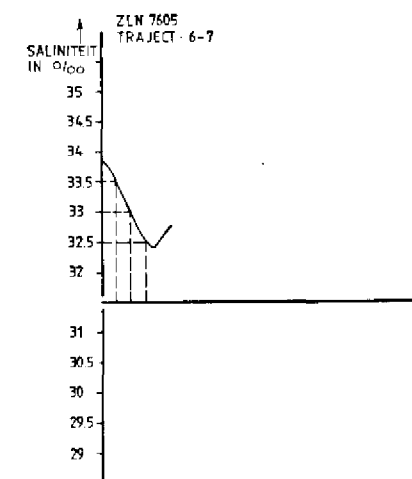
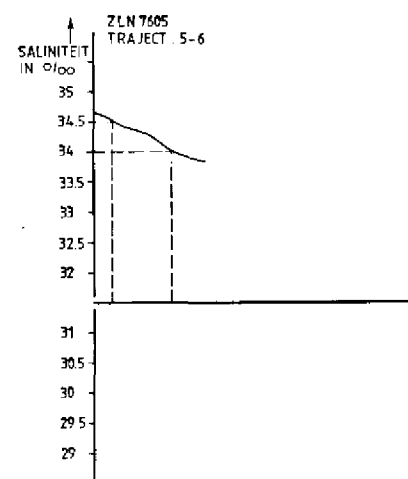
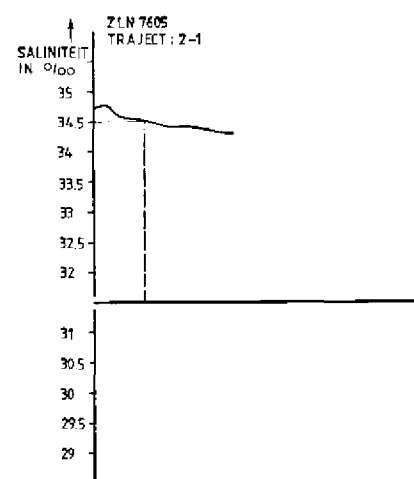
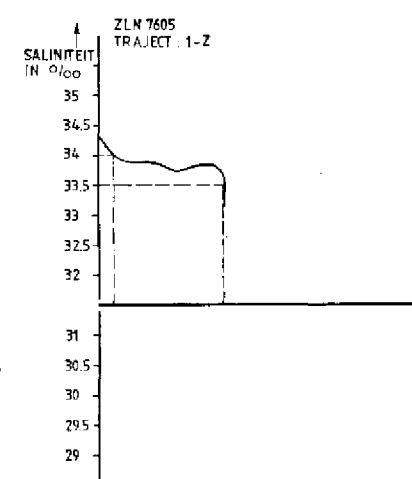
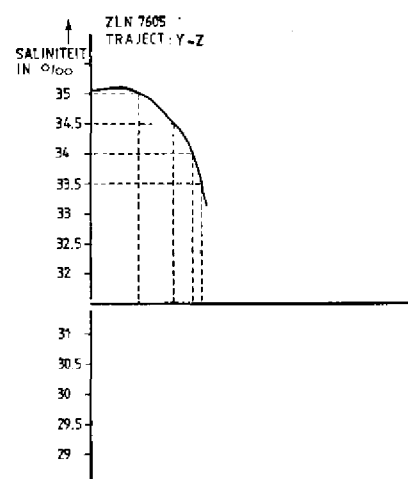
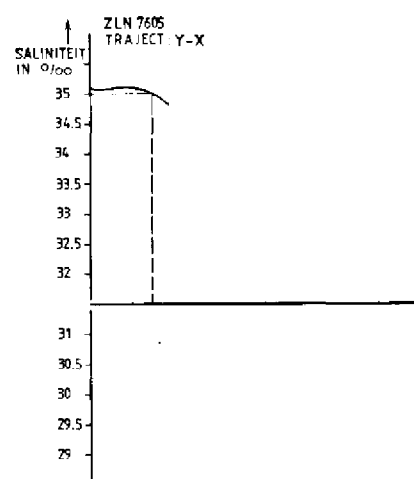
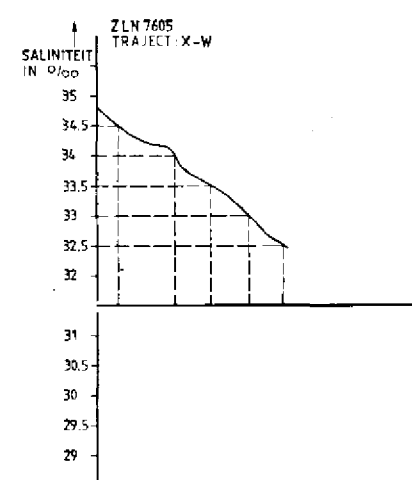
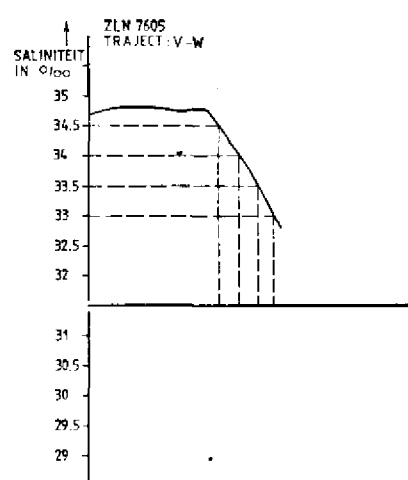
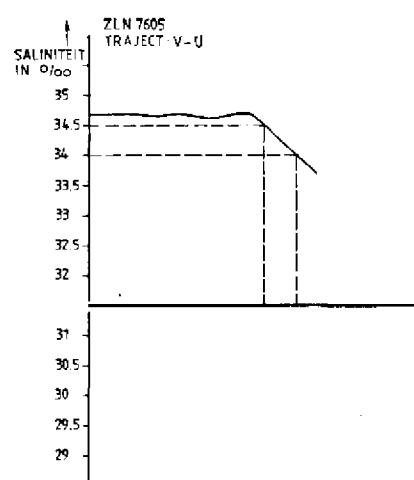


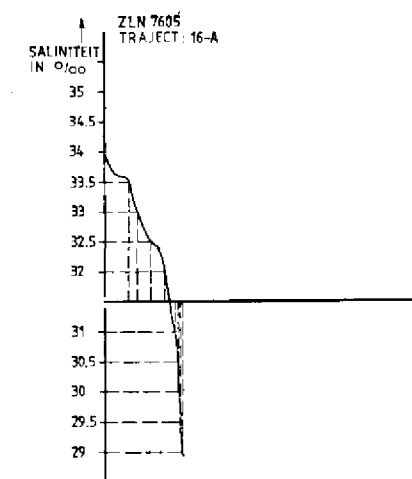
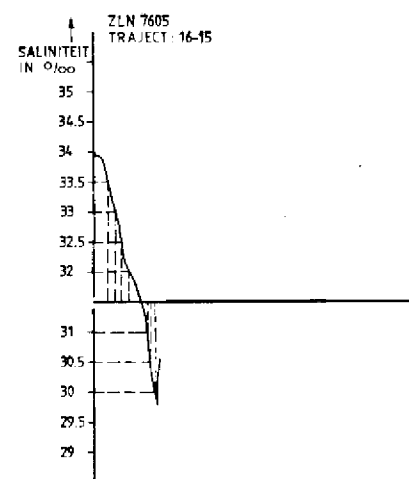
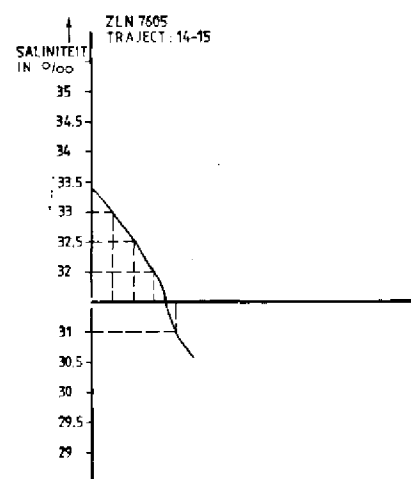
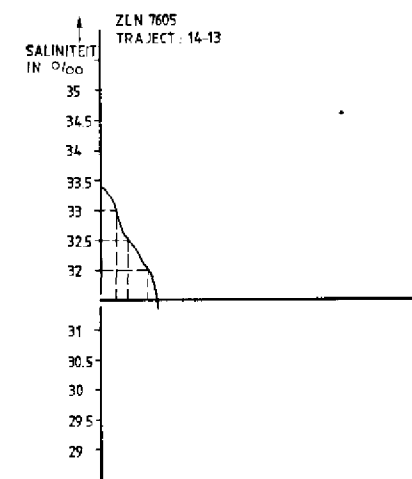
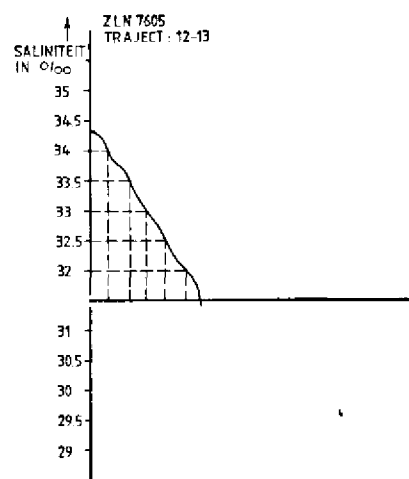
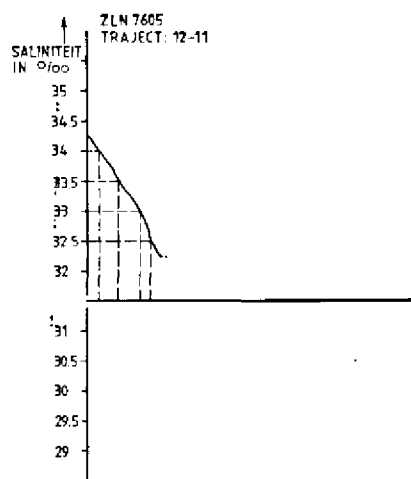
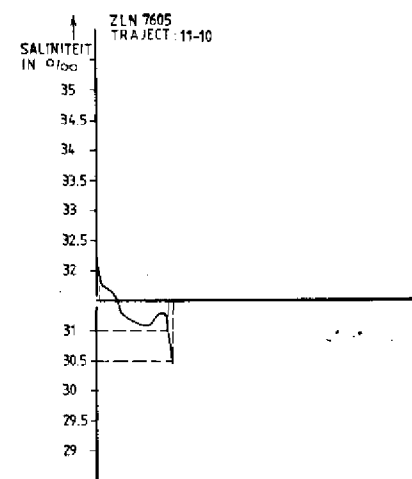
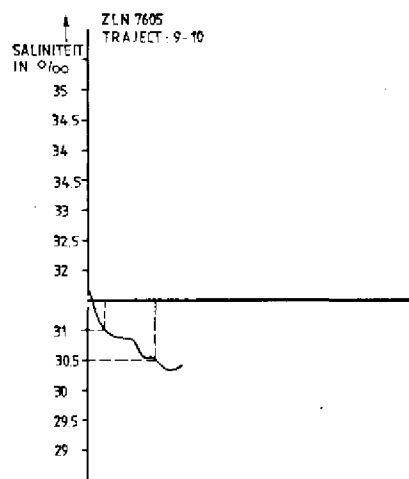
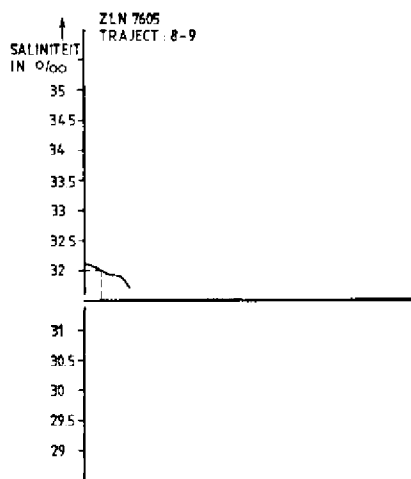
Rapport 07 81 FA code ZLN 7605

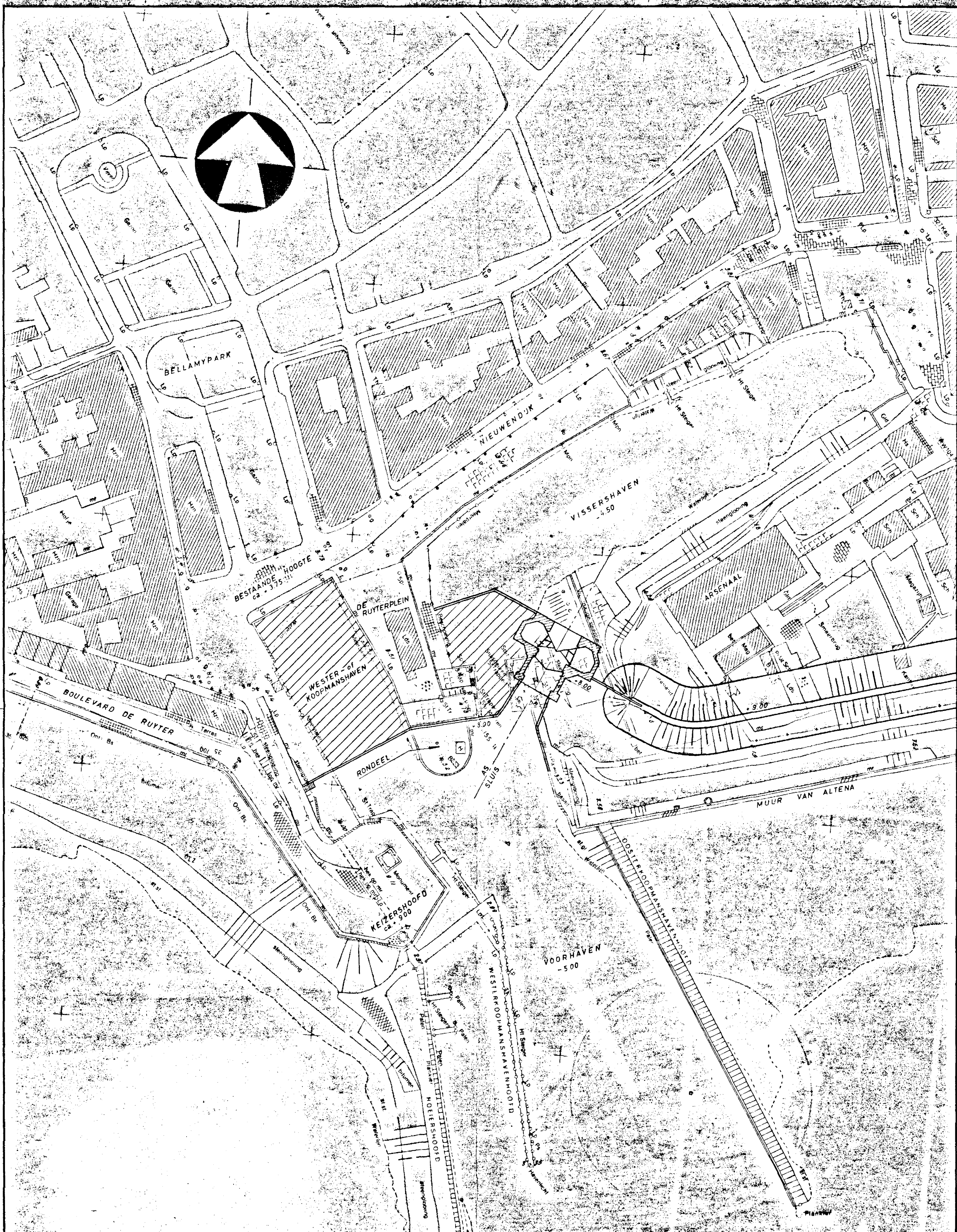
OVERZICHT VAN DE INTERPOLATIEGRAFIEKEN
VOOR DE ISOHALINEN

FIG.13.1









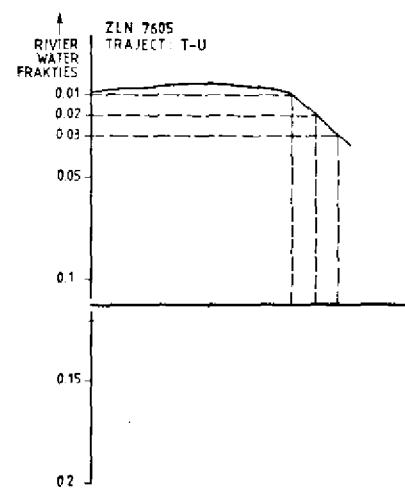
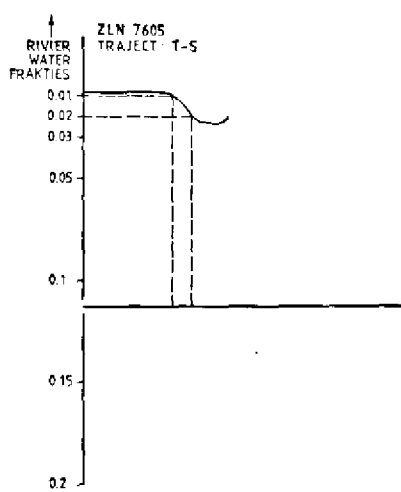
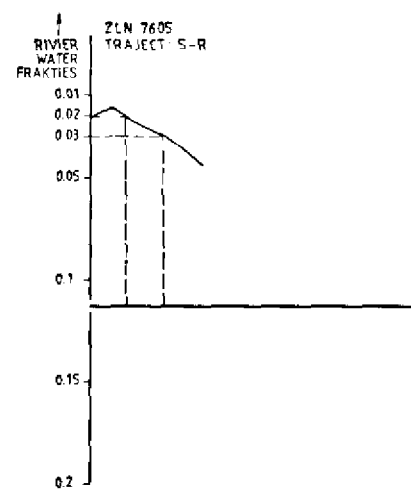
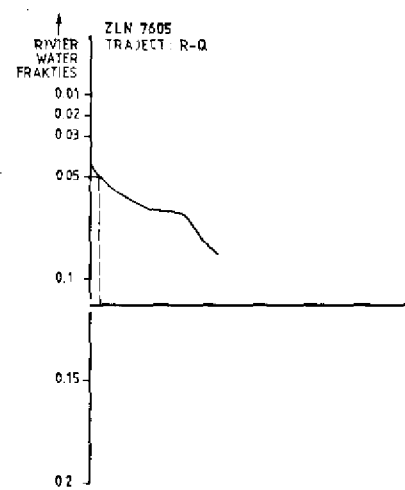
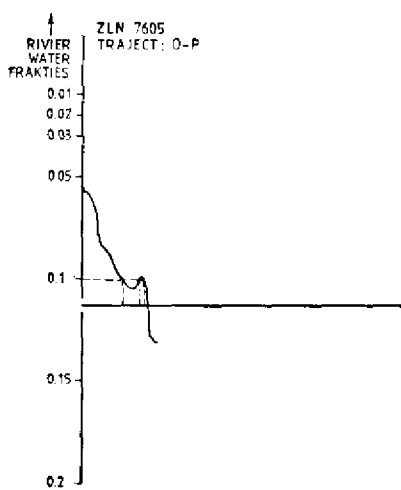
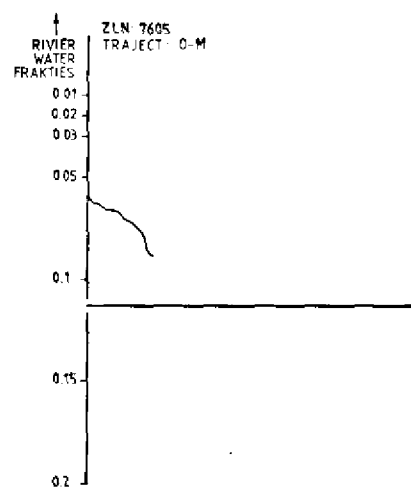
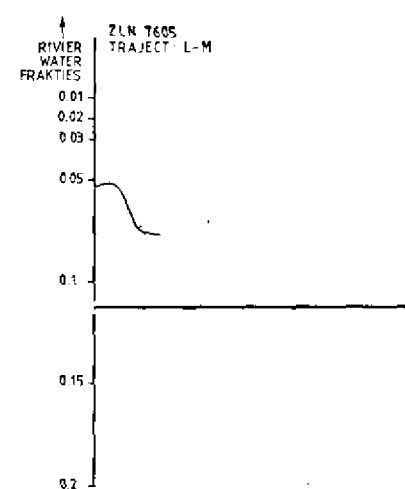
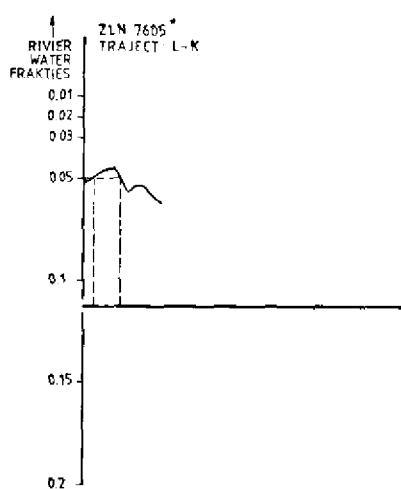
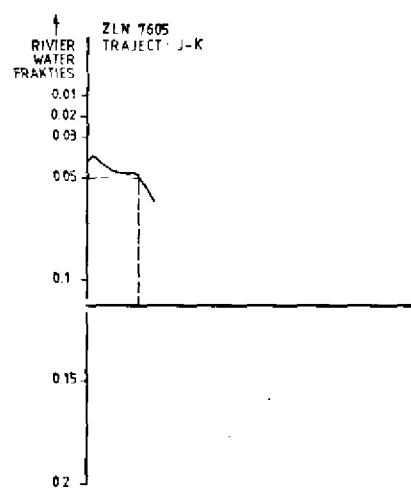
Bijlage 14

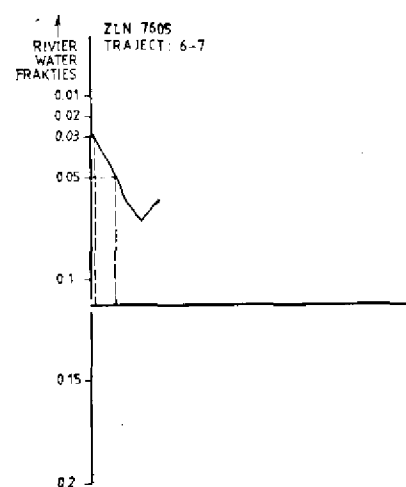
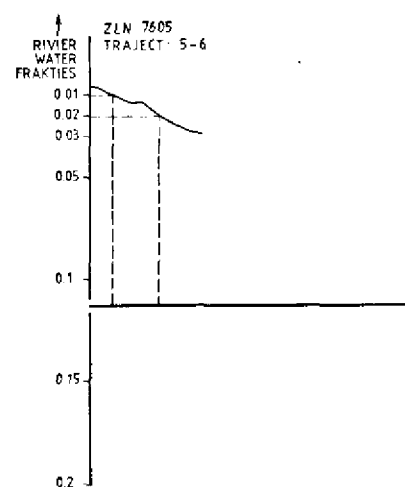
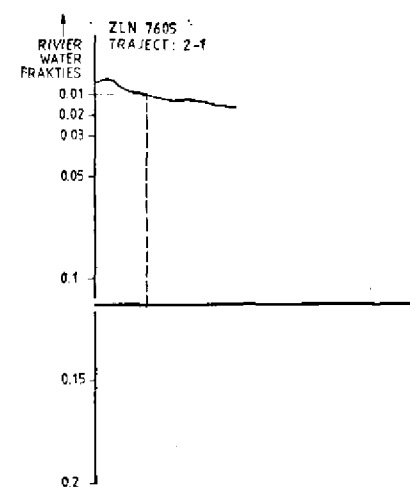
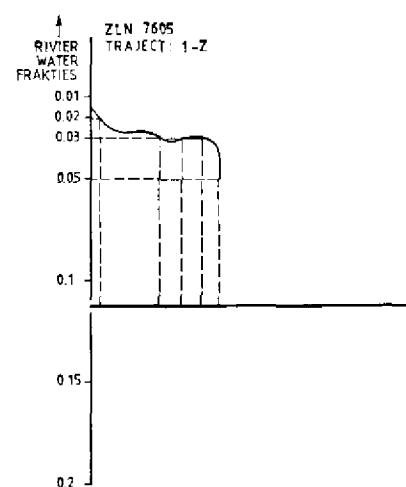
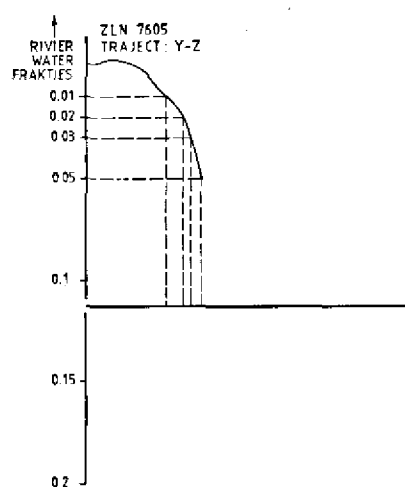
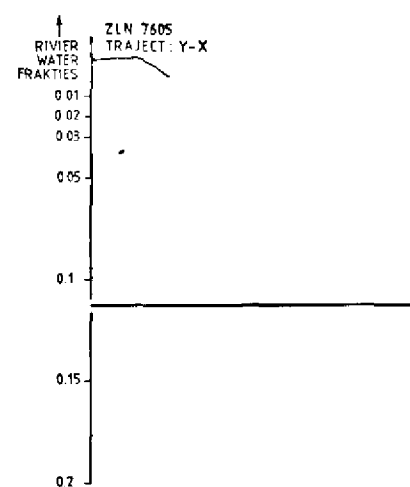
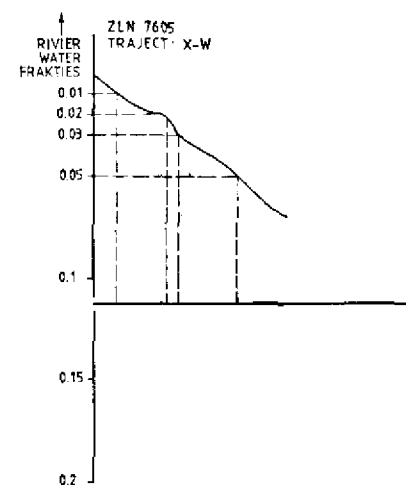
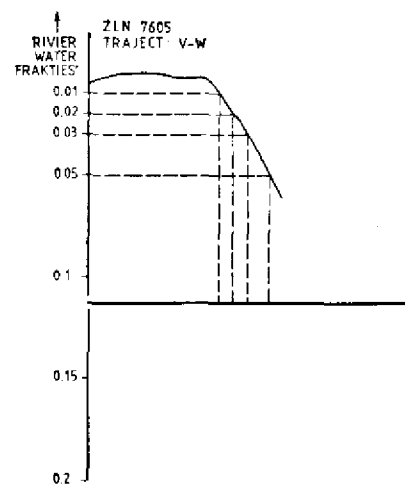
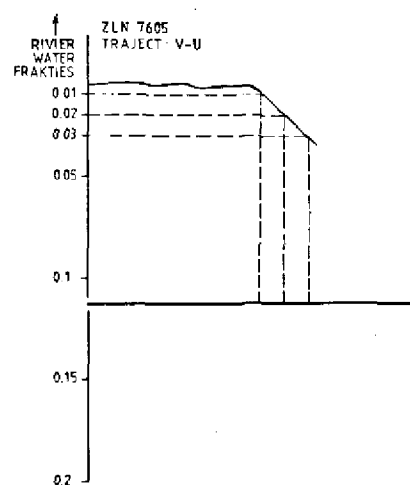
RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND ARR. VLISSINGEN

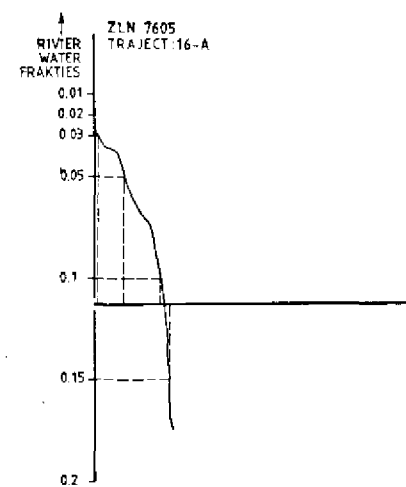
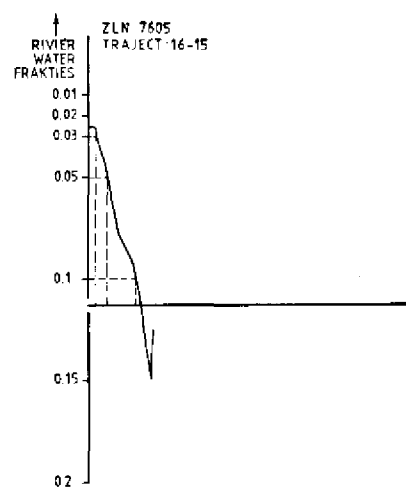
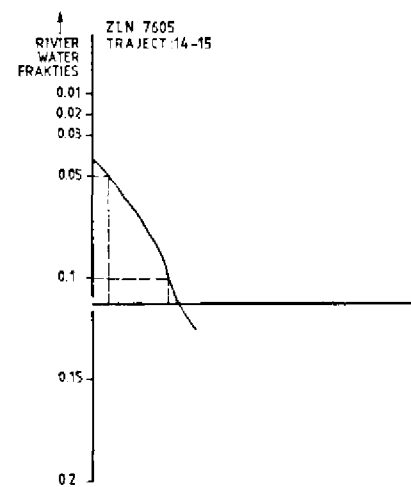
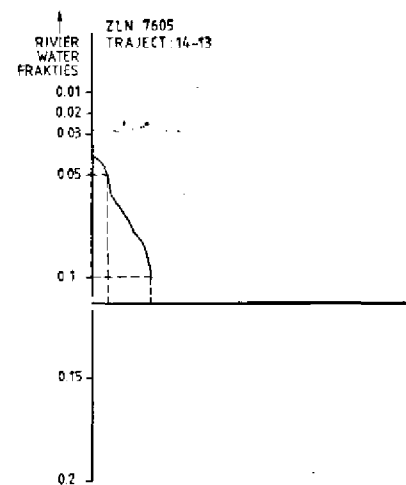
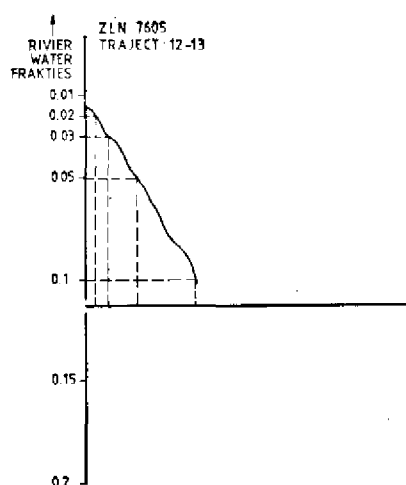
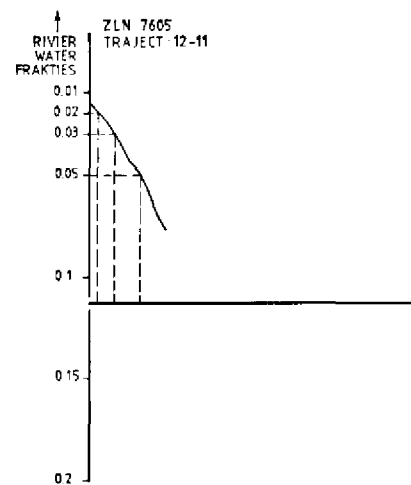
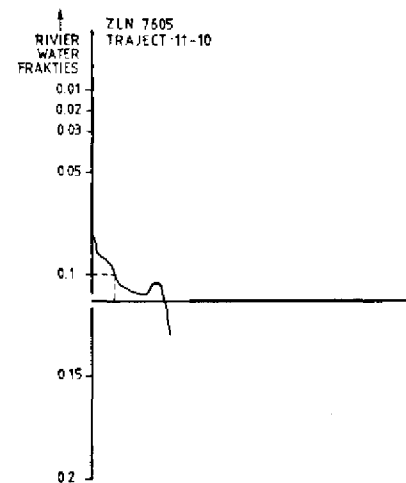
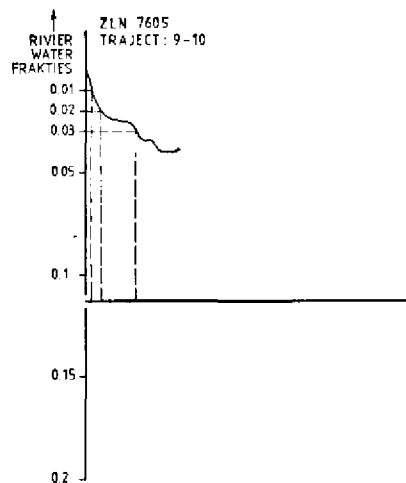
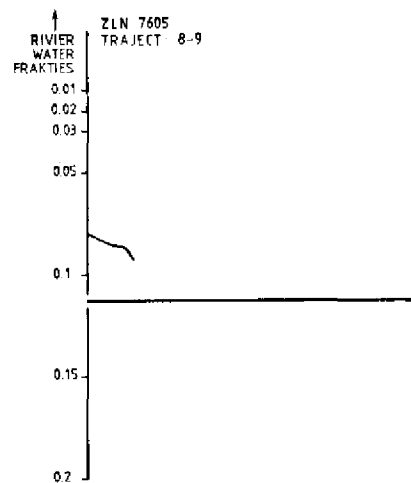
ORANJE EN EILANDDIJK	VERHOOGING WATERKERING TOT DELTAHOOGTE	code nr 1 30
-------------------------	---	-----------------

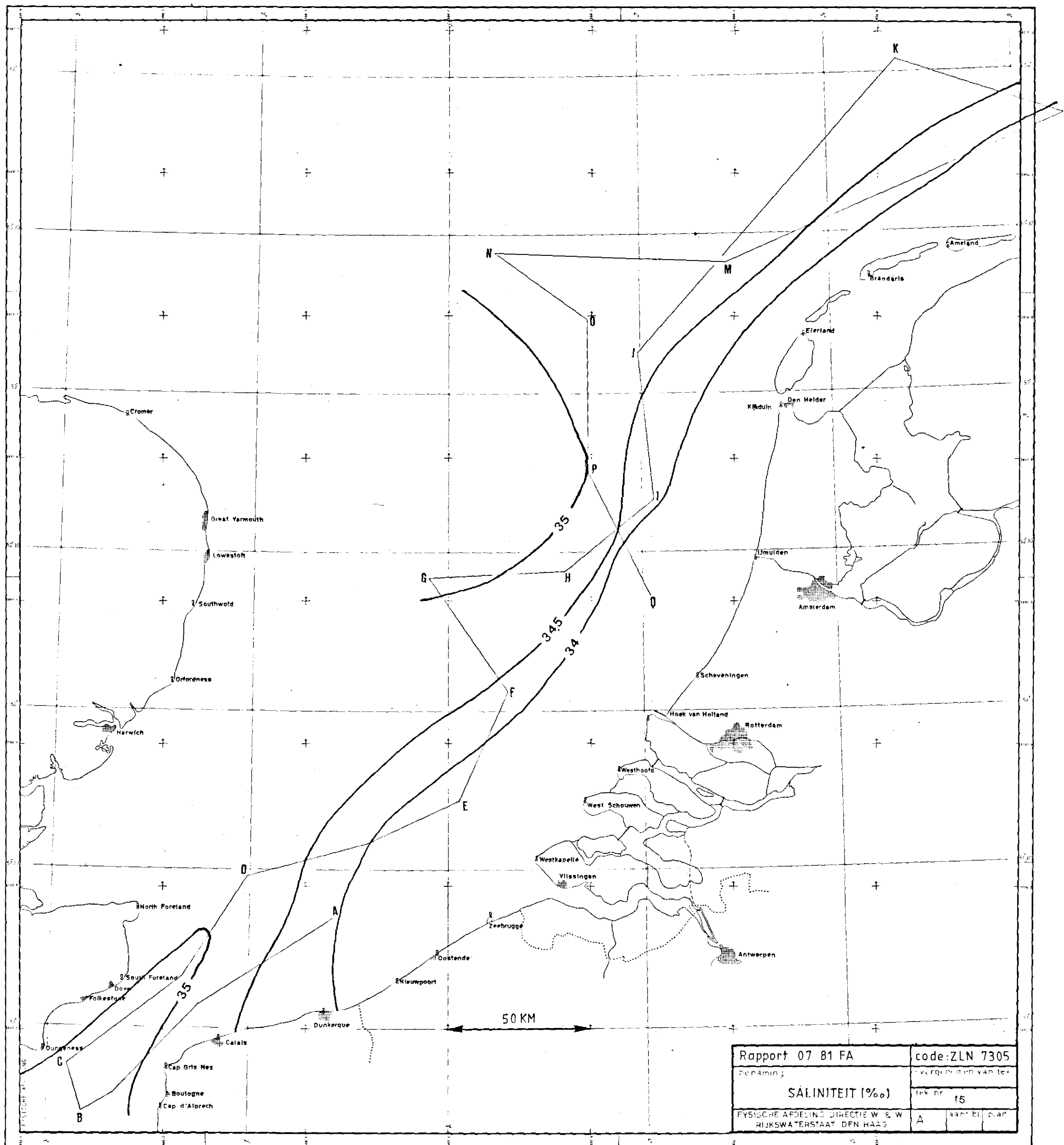
GEDEMPTE KOOPMANSHAVEN - VISSERSHAVEN MET SLUIS

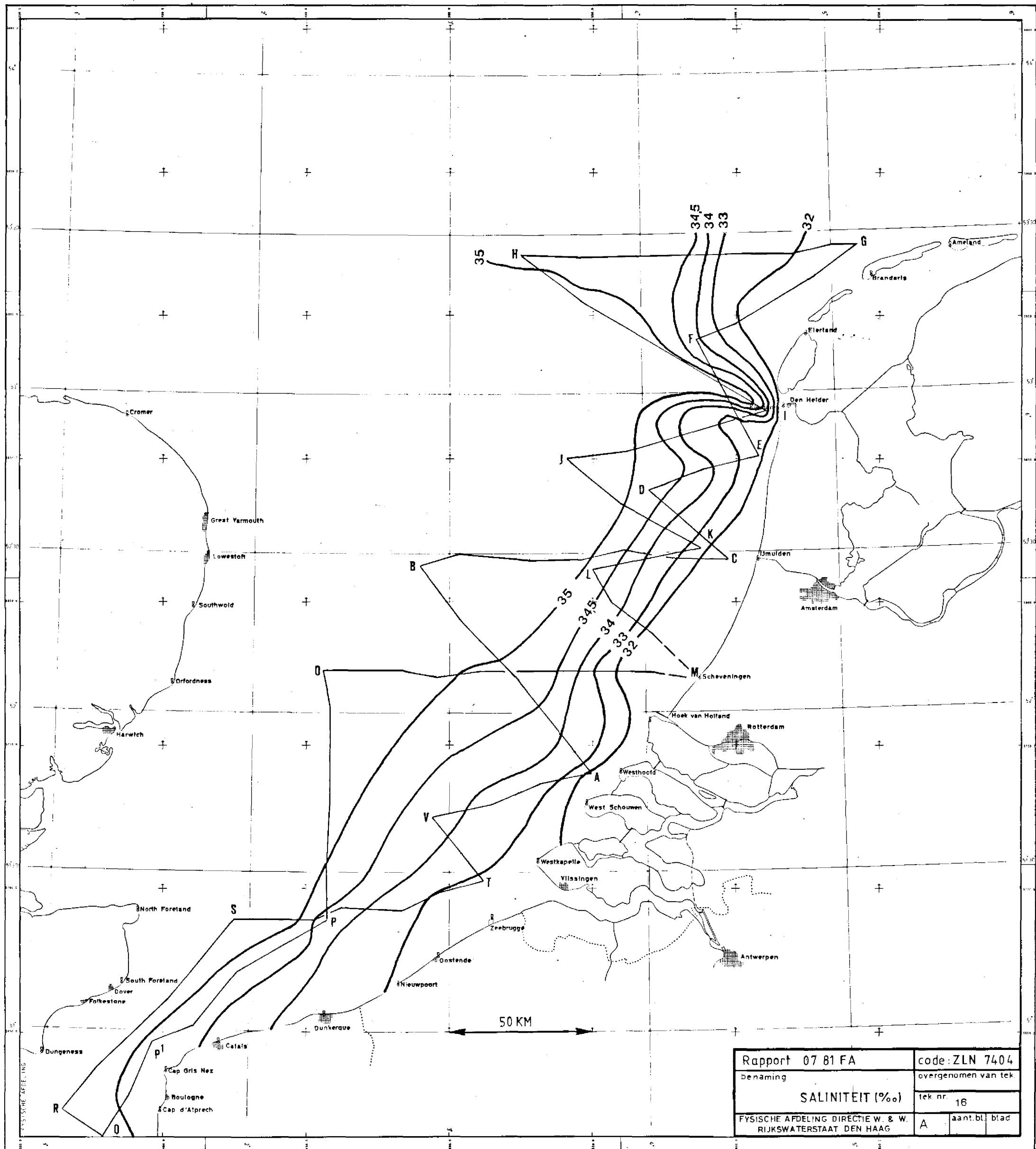
datum	opgen	gelekd	gecalq	gerontr	gezien	accord	SCHAAL 1 : 1000
paraaf	APR '74	APR '74					
gewijzigd	P.H.	P.H.					FORMAAT B 2
							NUMMER 74 - 123

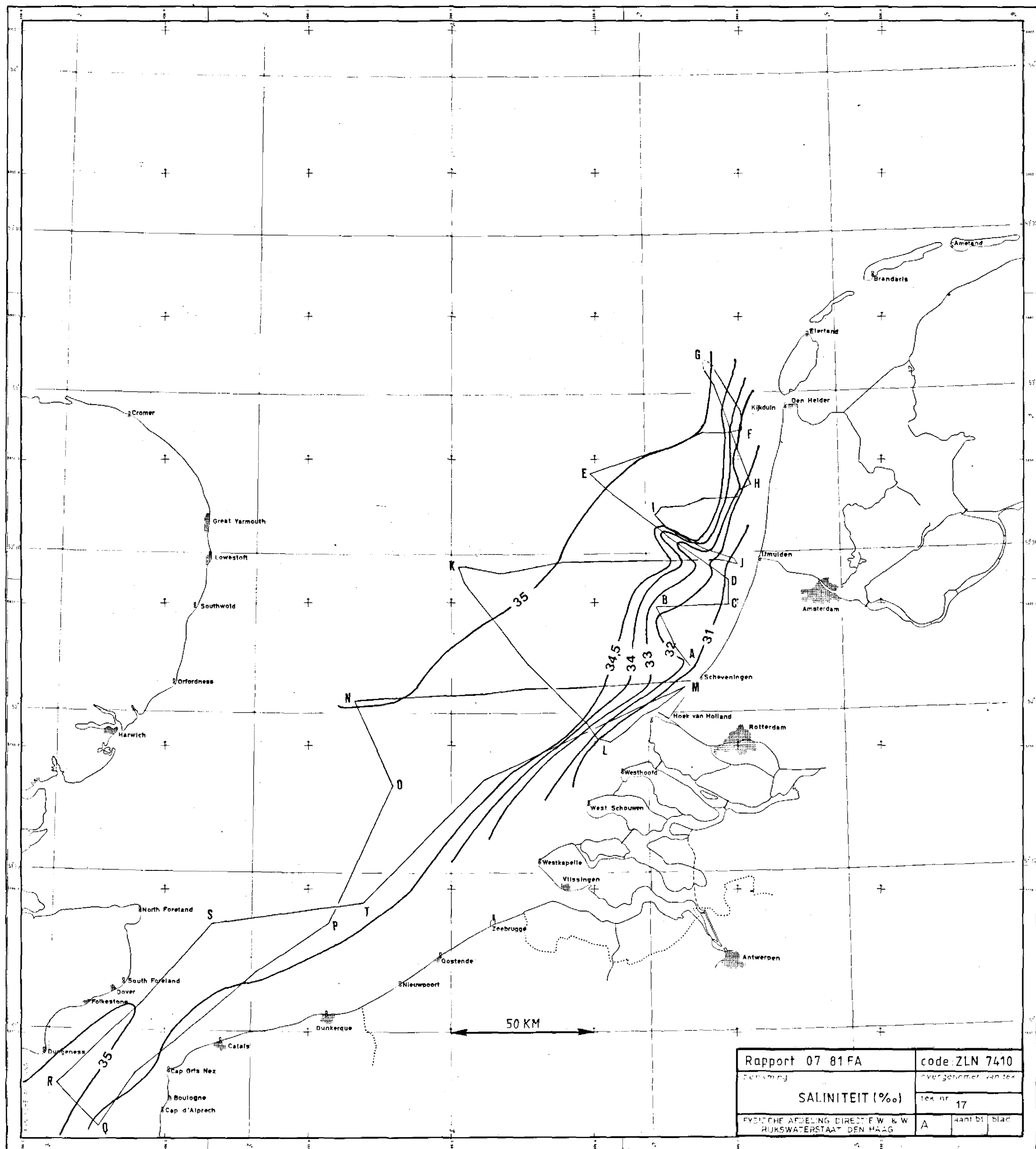


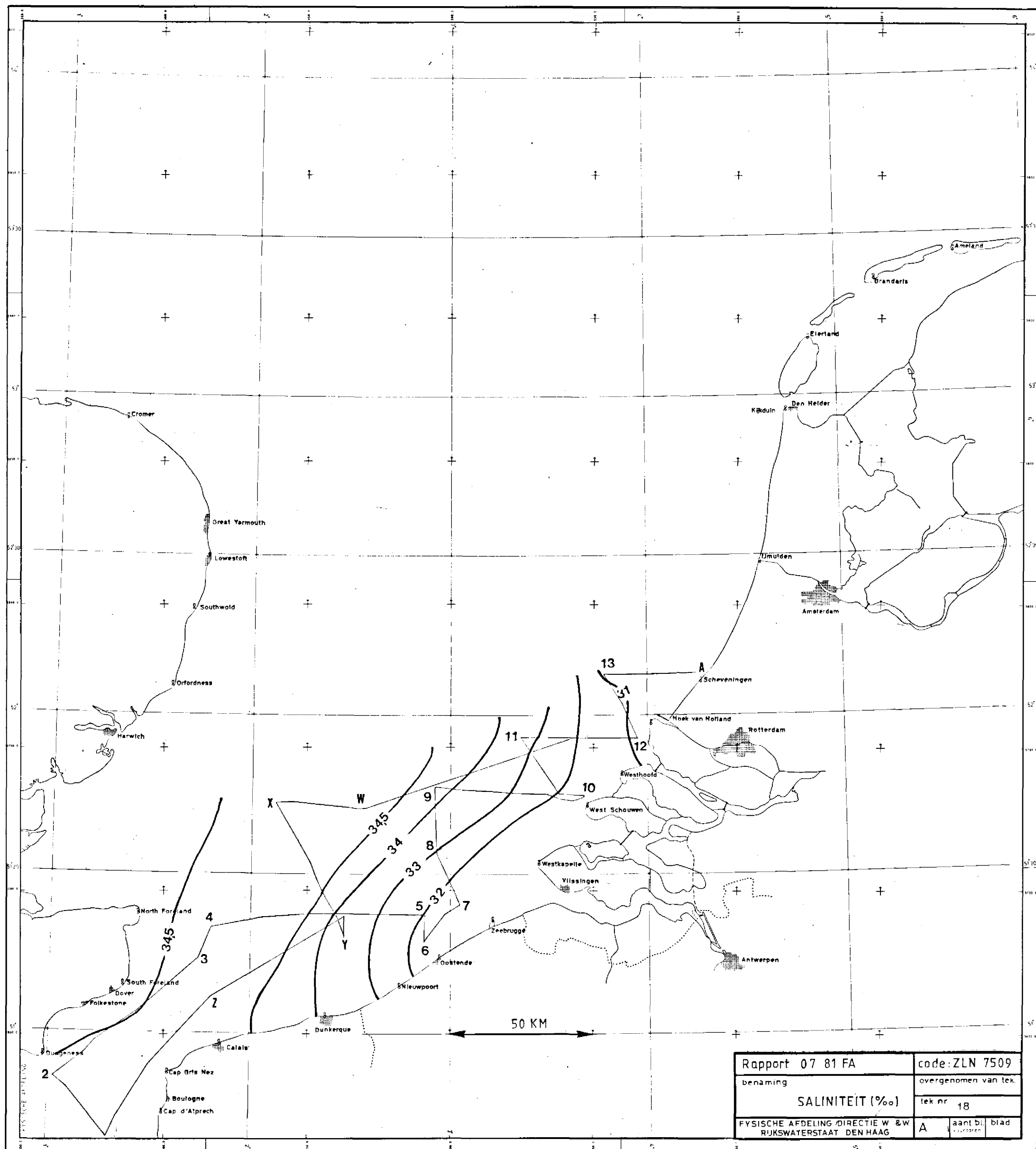


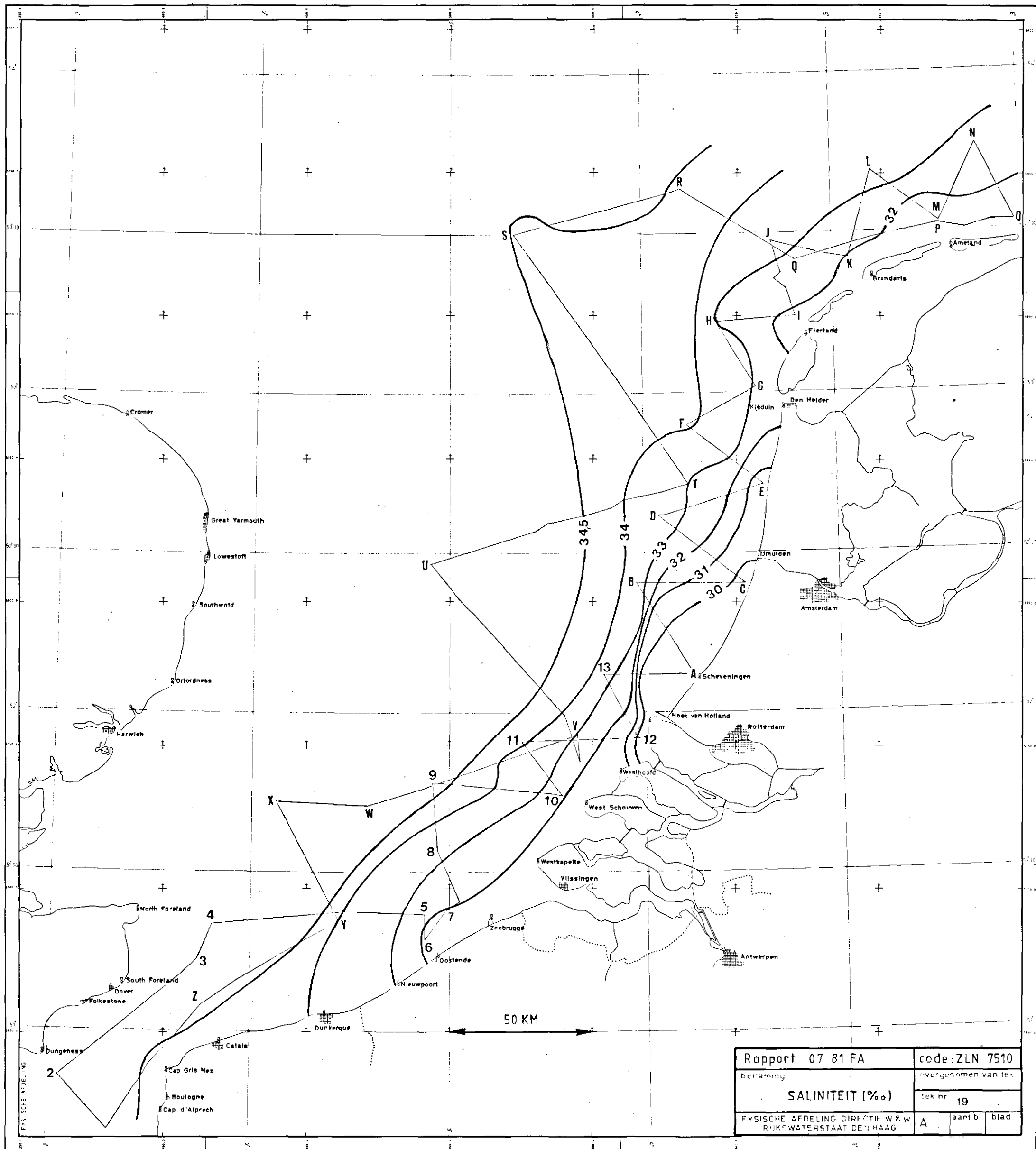


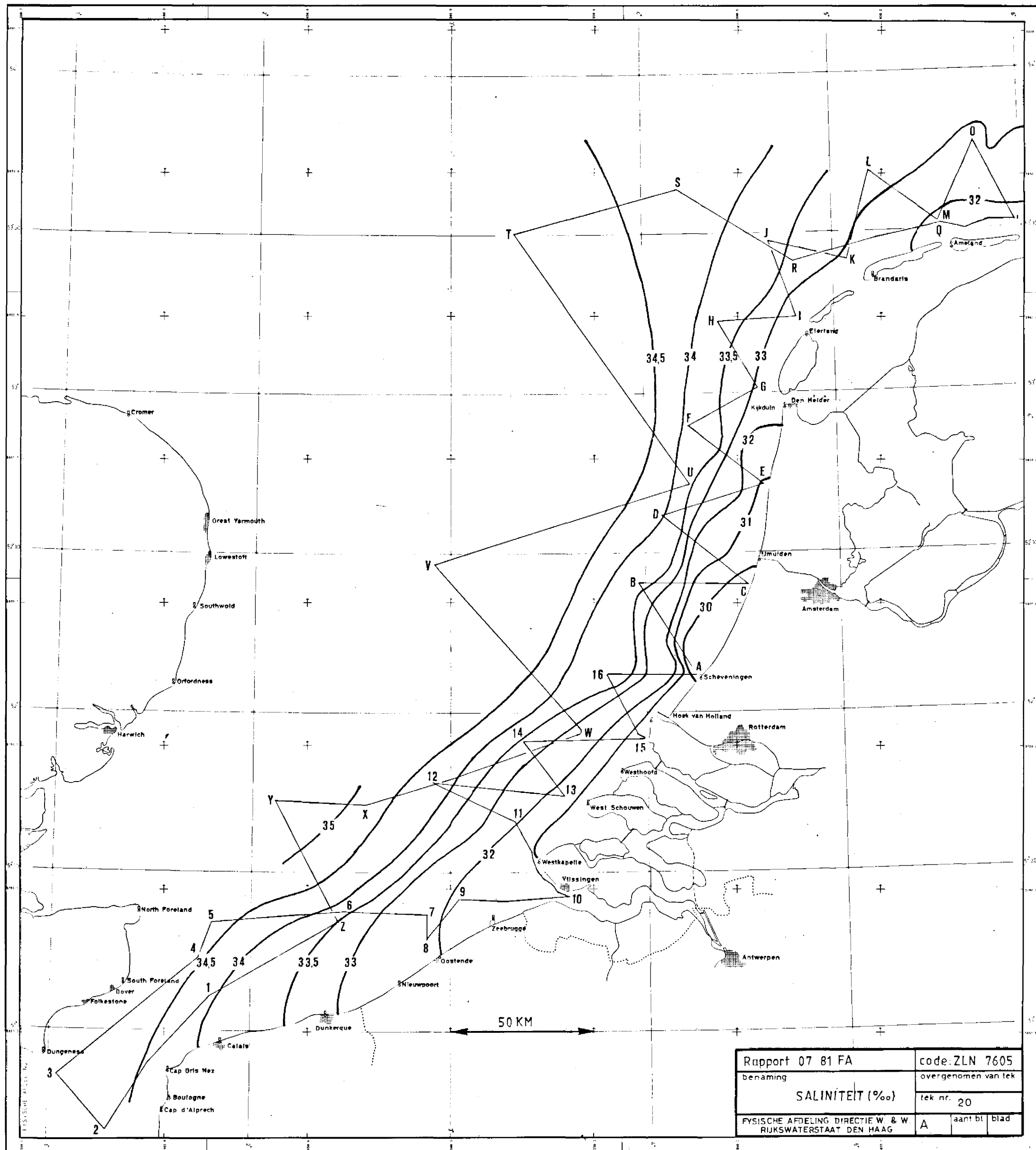




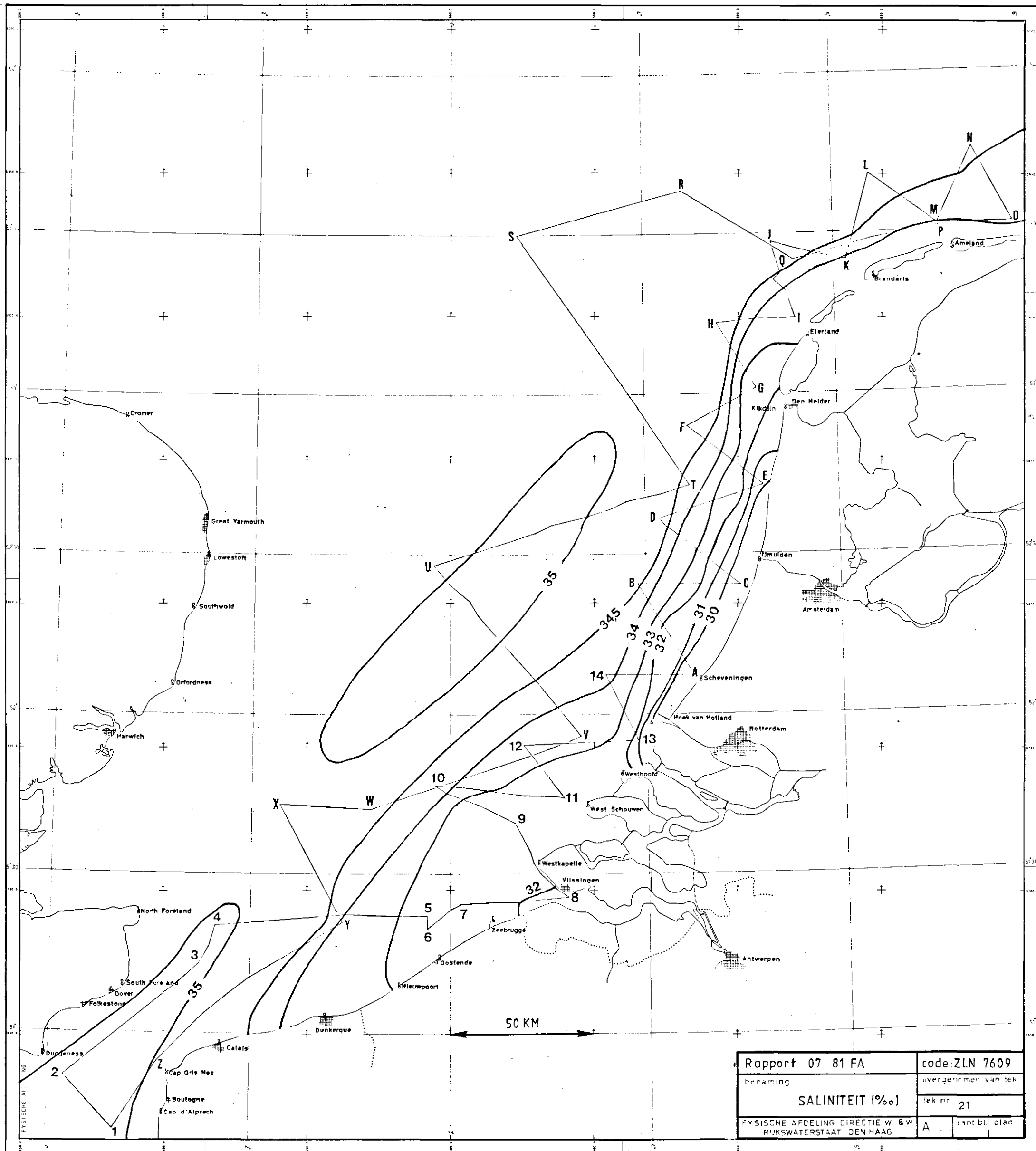




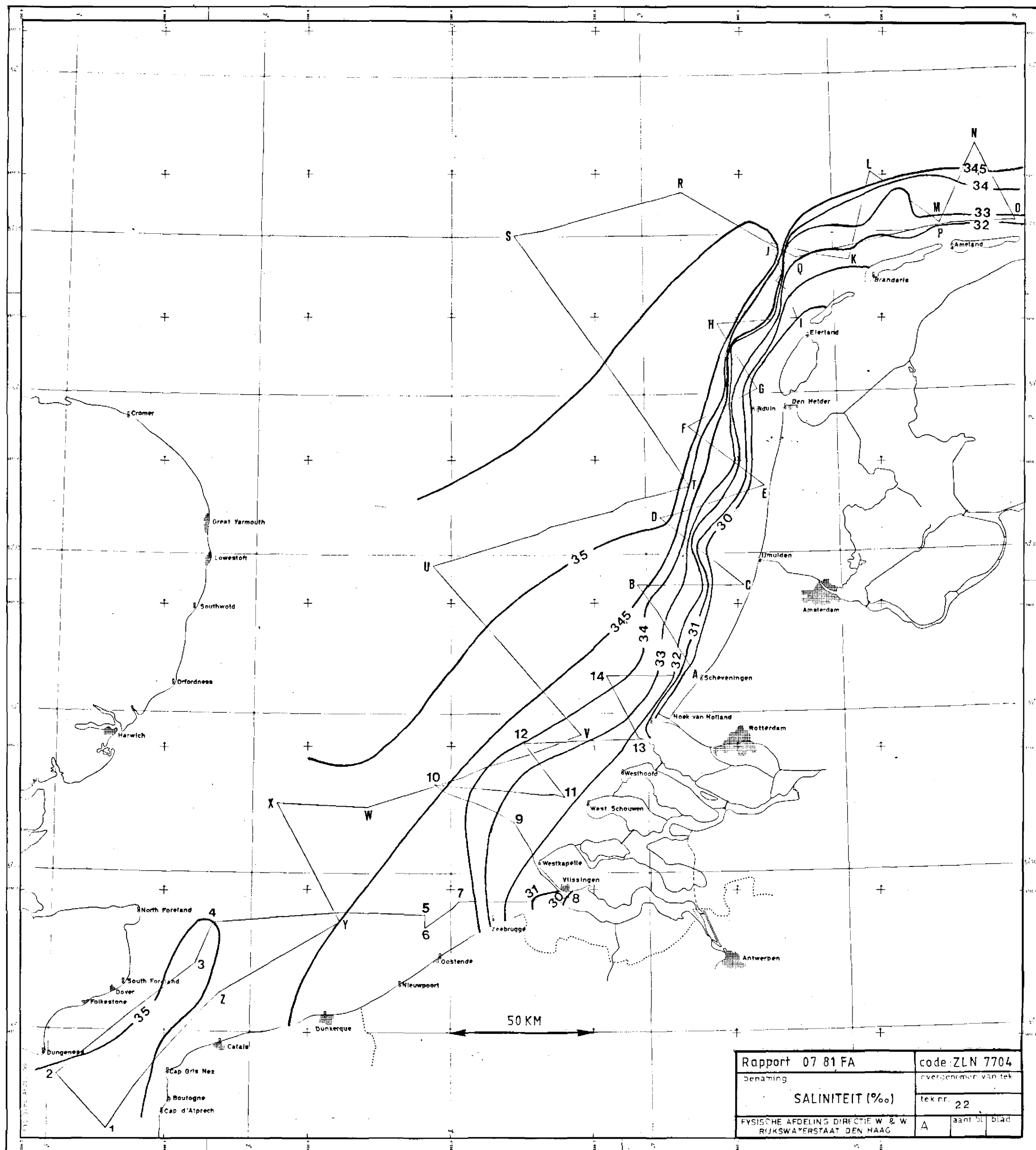


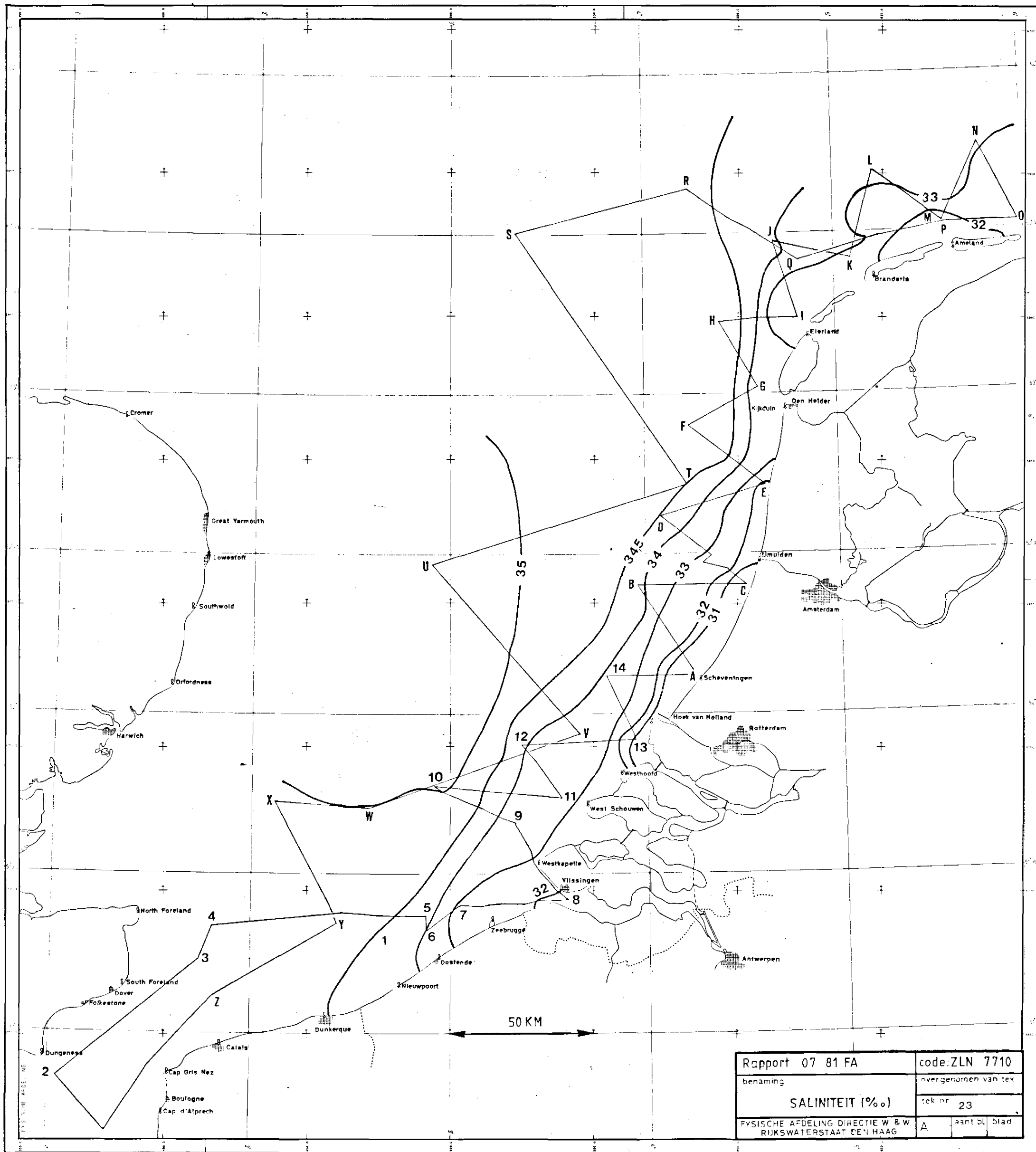


Rapport 07 81 FA	code: ZLN 7605
benaming	overgenomen van tek
SALINITEIT (‰)	tek nr. 20
FYSISCH AFD. DIRECTIE W. & W. RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	A
	aant bl. blad

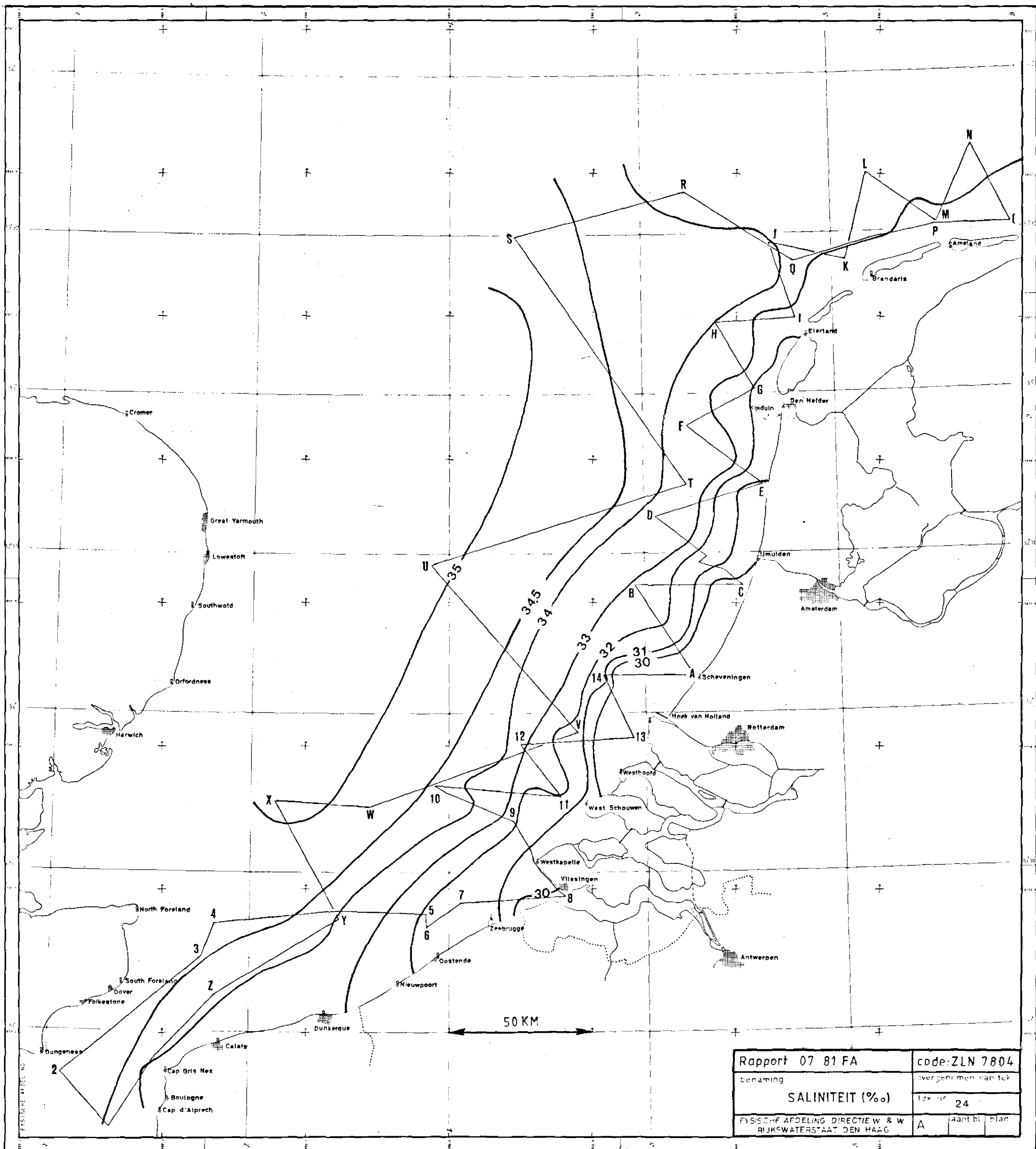


Rapport 07 81 FA	code ZLN 7609
benaming	overgenomen van tek
SALINITEIT (‰)	tek nr 21
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W & W RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	A - 1 ant bl 12 ac

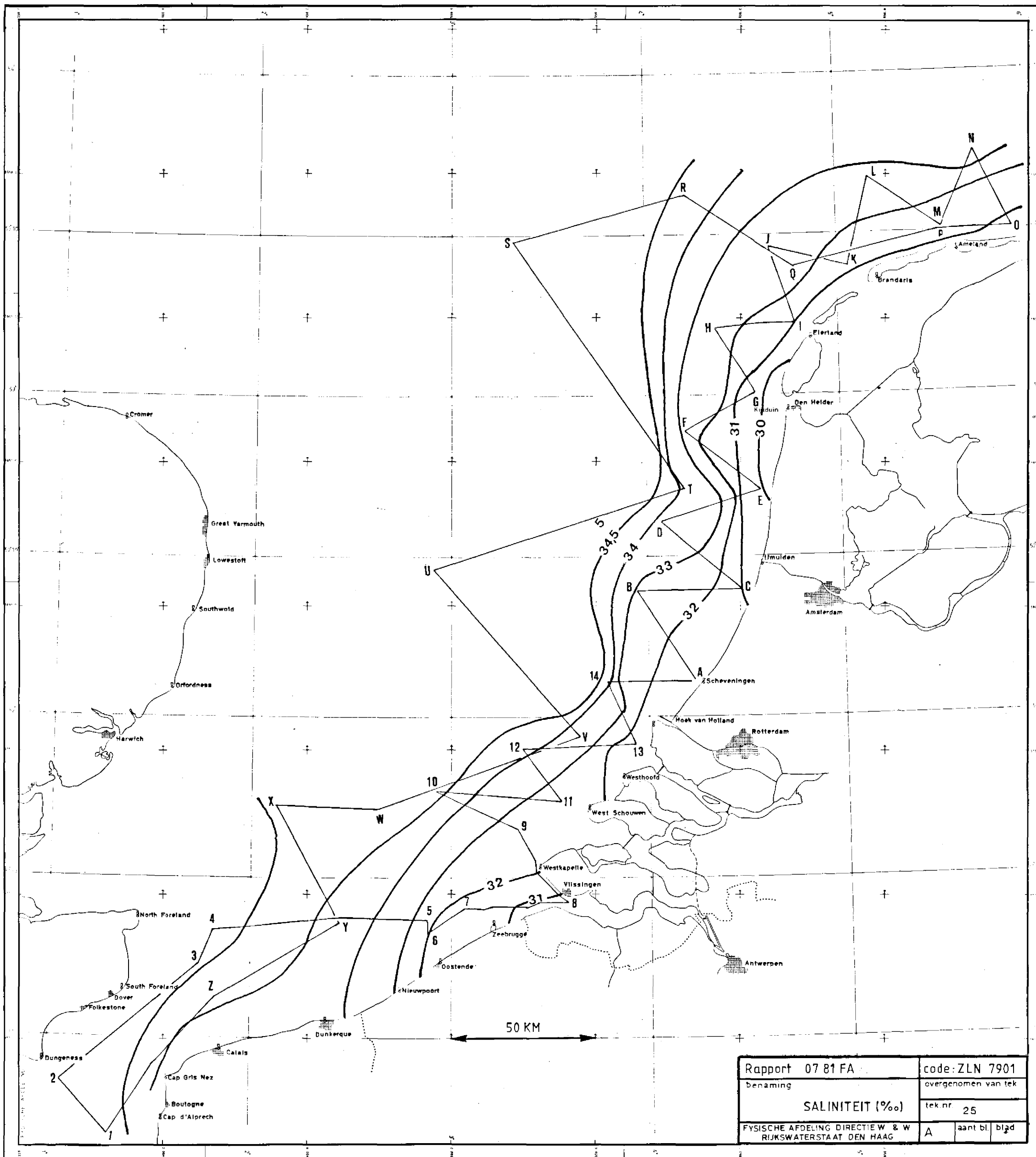




Rapport 07 81 FA	code: ZLN 7710
benaming	overgenomen van tek
SALINITEIT (‰)	tek nr 23
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W & W RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	A aant bl blad



Rapport 07 81 FA	code: ZLN 7804
benaming	overgenomen van tek
SALINITEIT (‰)	tek nr. 24
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W & W RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	A jaart bl. blad



5. De kaarten met lijnen van gelijke rivierwaterfracties

De problemen bij de constructie van deze lijnen zijn grotendeels van dezelfde aard als die van de isohalinen. Daarnaast moet men afspreken wat "puur" zeewater en rivierwater is. In dit geval worden deze watersoorten gekarakteriseerd door hun saliniteit.

Indien de saliniteiten van het rivierwater en het "pure" zeewater met S_r en S_z worden aangeduid, dan is de rivierwaterfractie F_r in het monster met een saliniteit S berekend met

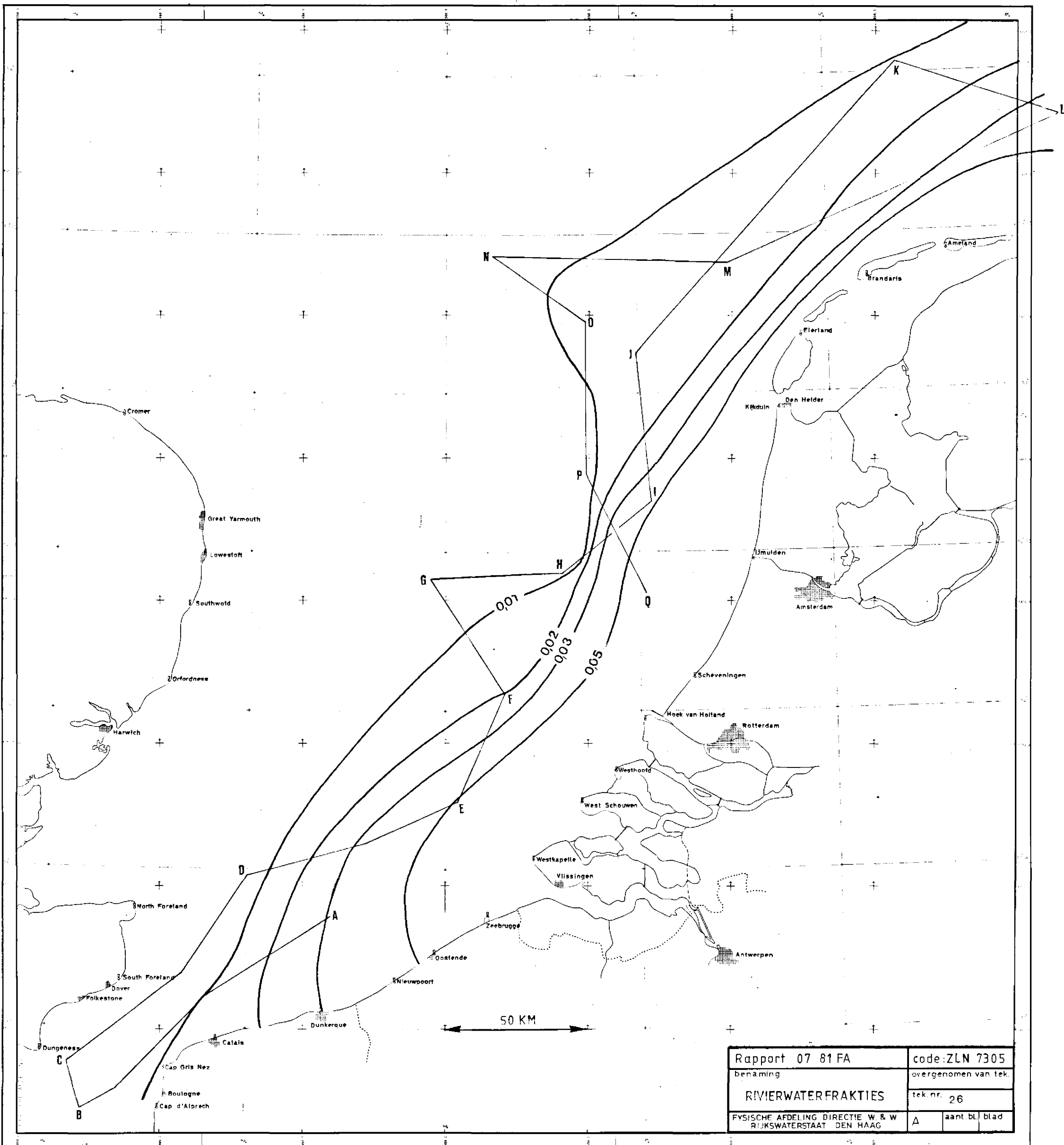
$$S_r F_r + S_z (1 - F_r) = S \quad (1)$$

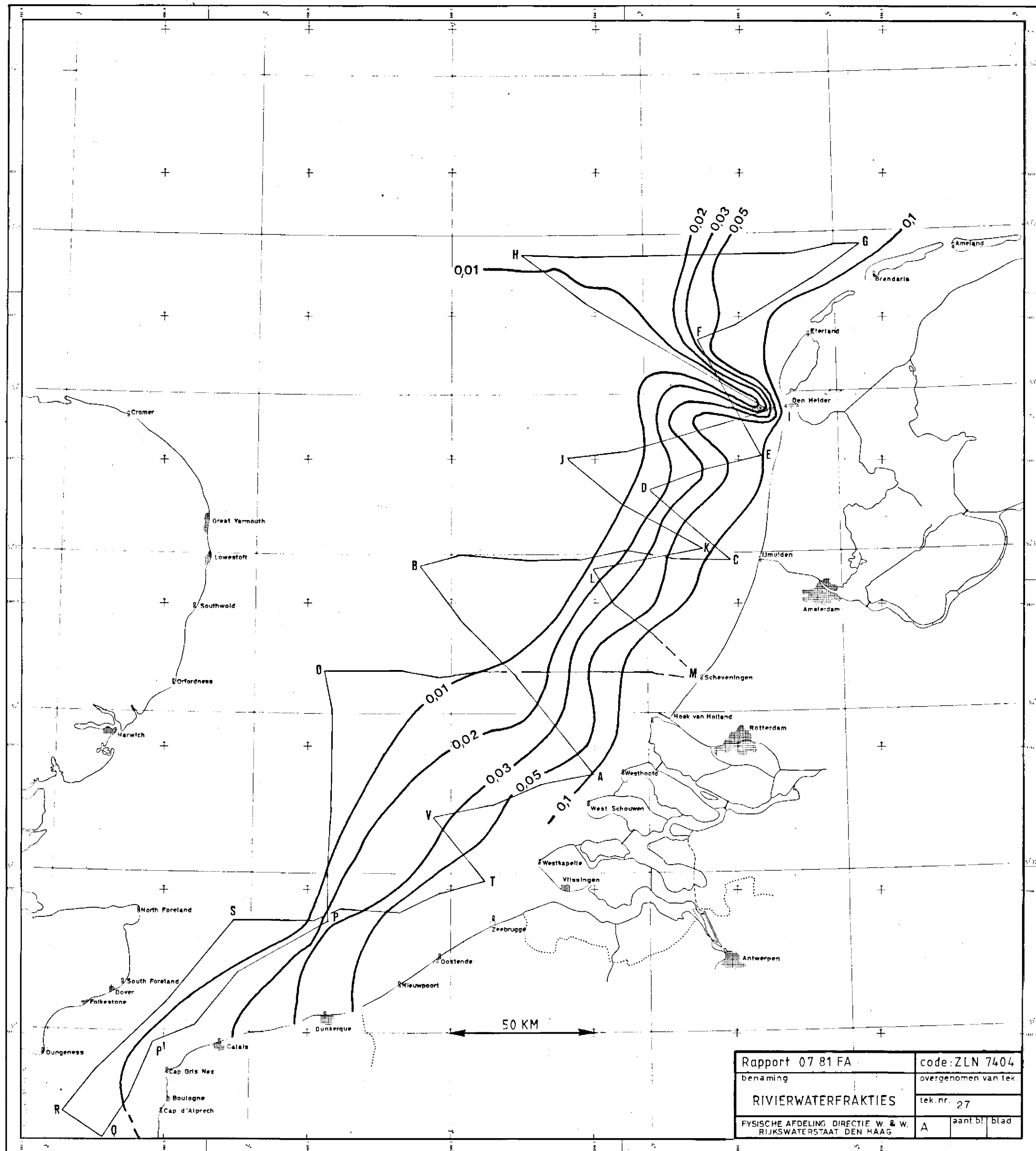
In tabel 2 zijn de waarden S_r en S_z vermeld, die gebruikt zijn. Op de bepaling ervan wordt in paragraaf 7 aandacht besteed.

Tabel 2 De zoutgehalten van "puur" zeewater en rivierwater S_z respectievelijk S_r , die bij de berekening van de rivierwaterfracties gebruikt zijn.

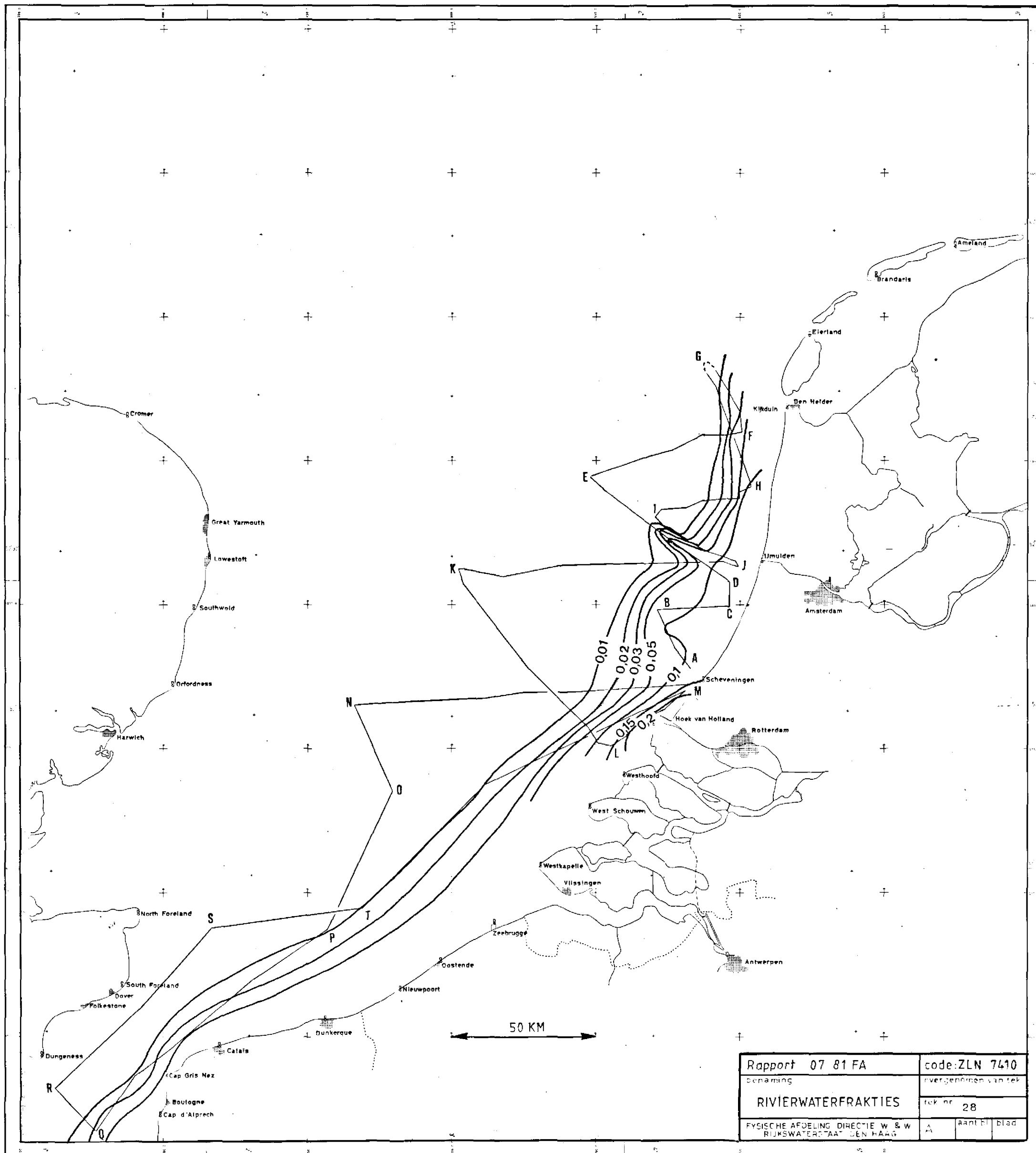
Project	S_z	S_r	standaarddeviatie in S_r
ZLN 7305	35,14	0,73	0,10
ZLN 7404	35,34	0,60	0,09
ZLN 7410	35,11	0,70	0,08
ZLN 7509	34,78	0,54	0,05
ZLN 7510	34,83	0,62	0,09
ZLN 7605	34,85	0,78	0,13
ZLN 7609	35,09	0,76	0,12
ZLN 7704	35,25	0,61	0,12
ZLN 7710	34,88	0,64	0,13
" " 1)	35,14	"	"
ZLN 7804	35,06	0,55	0,11
ZLN 7901	35,11	0,78	0,13

1) Van het project ZLN 7710 zijn twee rivierwaterfractiekaarten getekend, zie toelichting paragraaf 7.

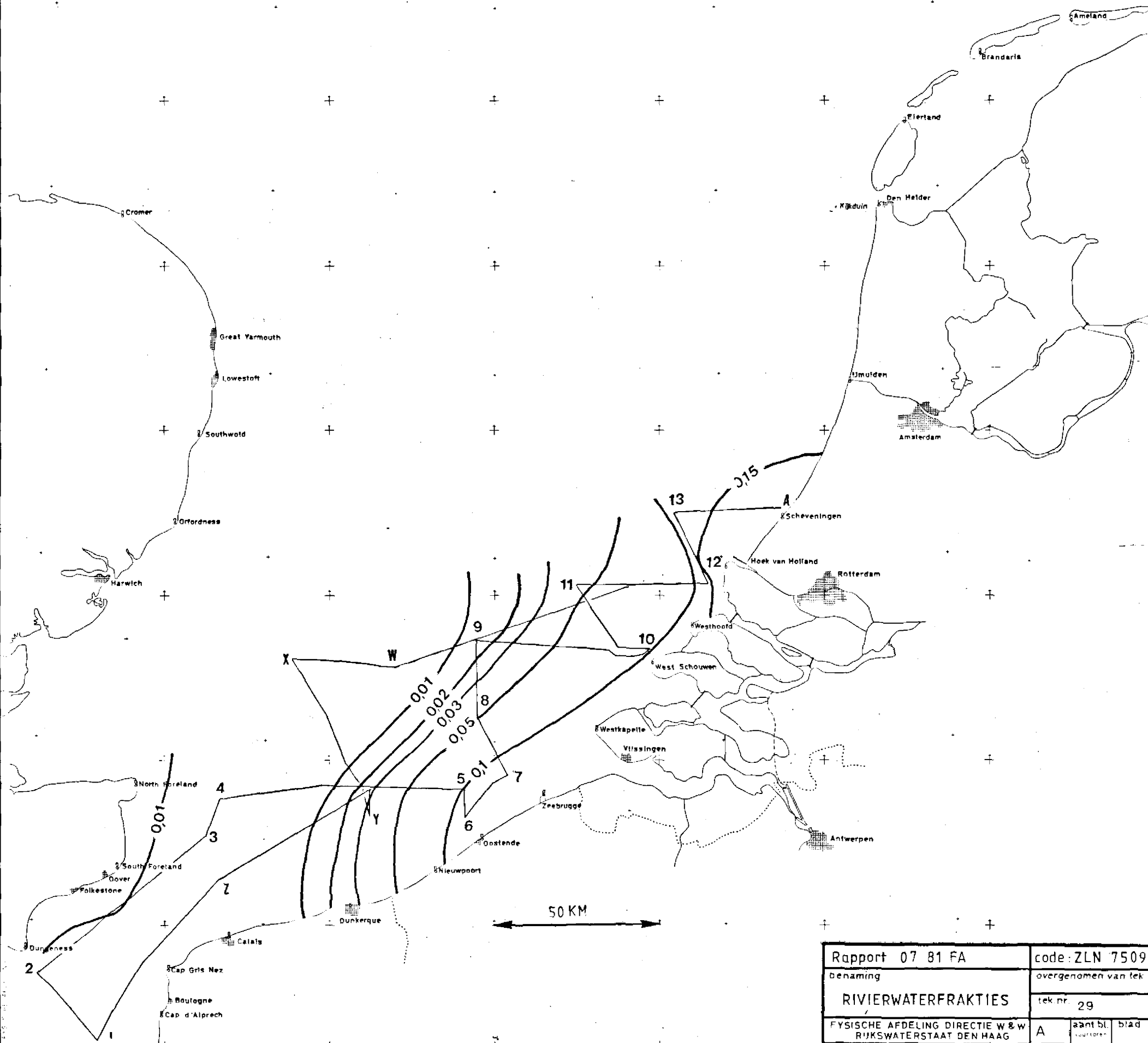




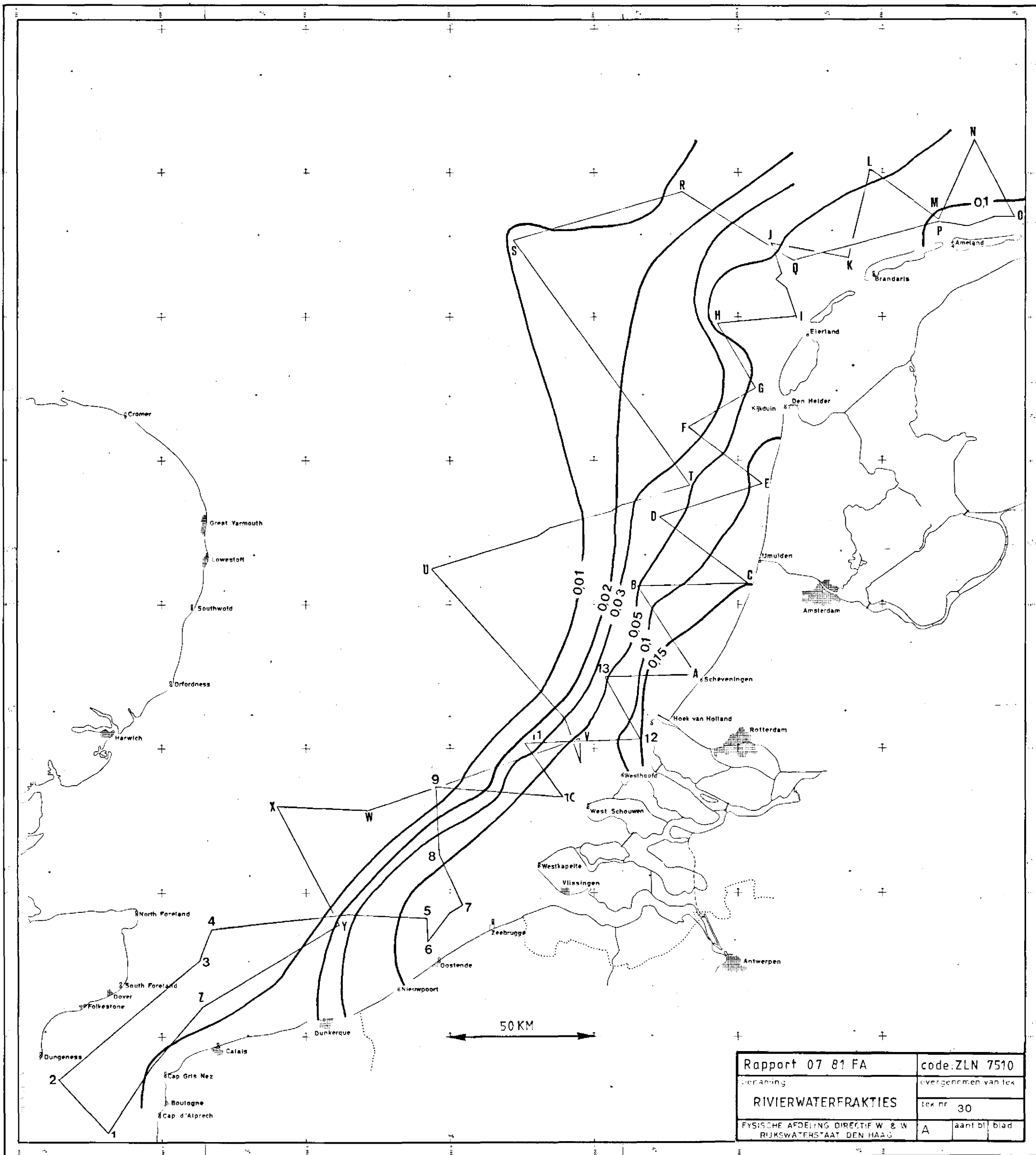
Rapport 07 81 FA		code: ZLN 7404	
benaming		overgenomen van tek.	
RIVIERWATERFRAKTIES		tek.nr. 27	
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W. & W. RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG		A	aant bl. blad

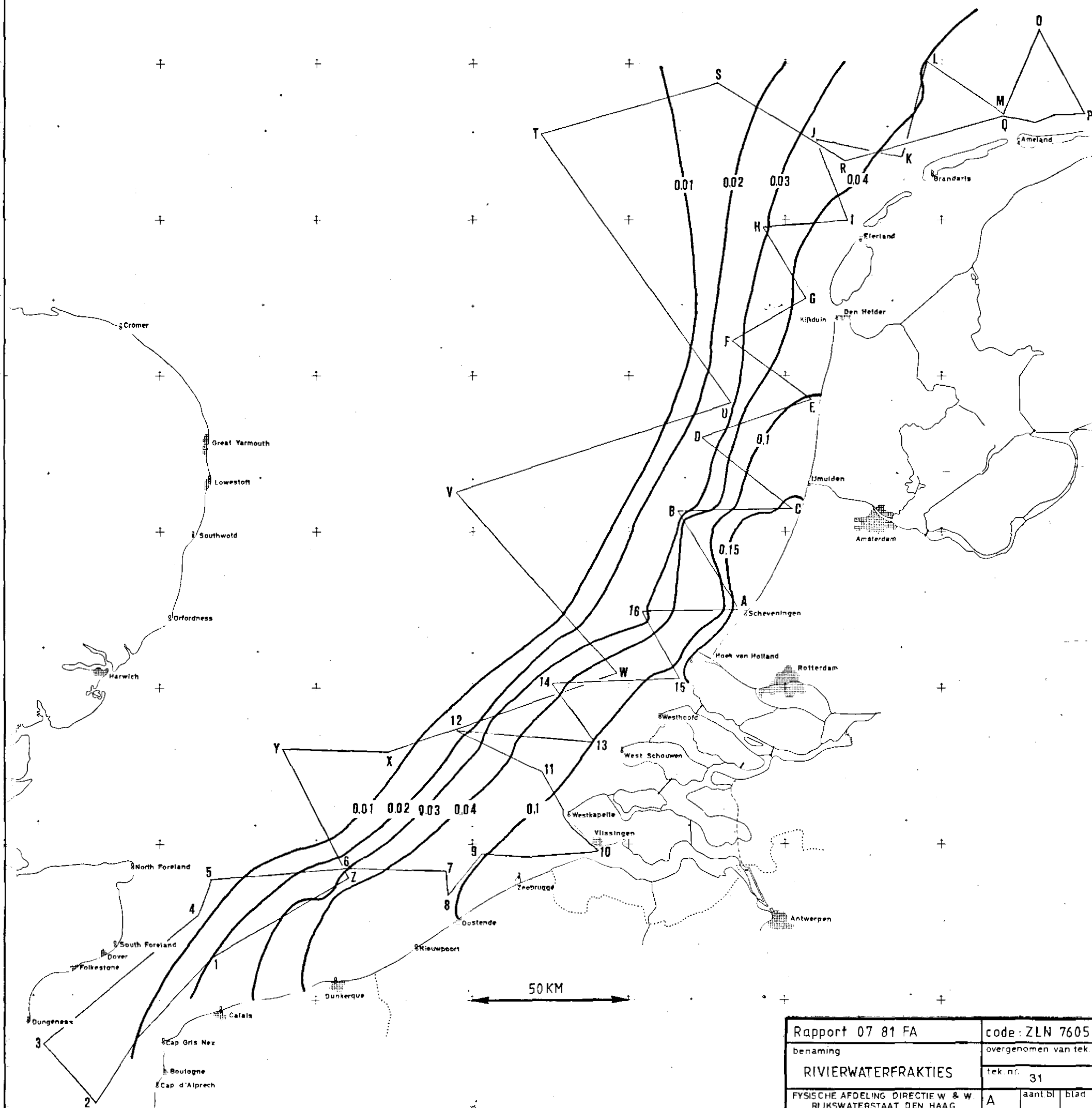


Rapport 07 81 FA	code: ZLN 7410
benaming	overgenomen van tek
RIVIERWATERFRAKTIES	tek nr 28
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W & W RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	A Aant bl blad

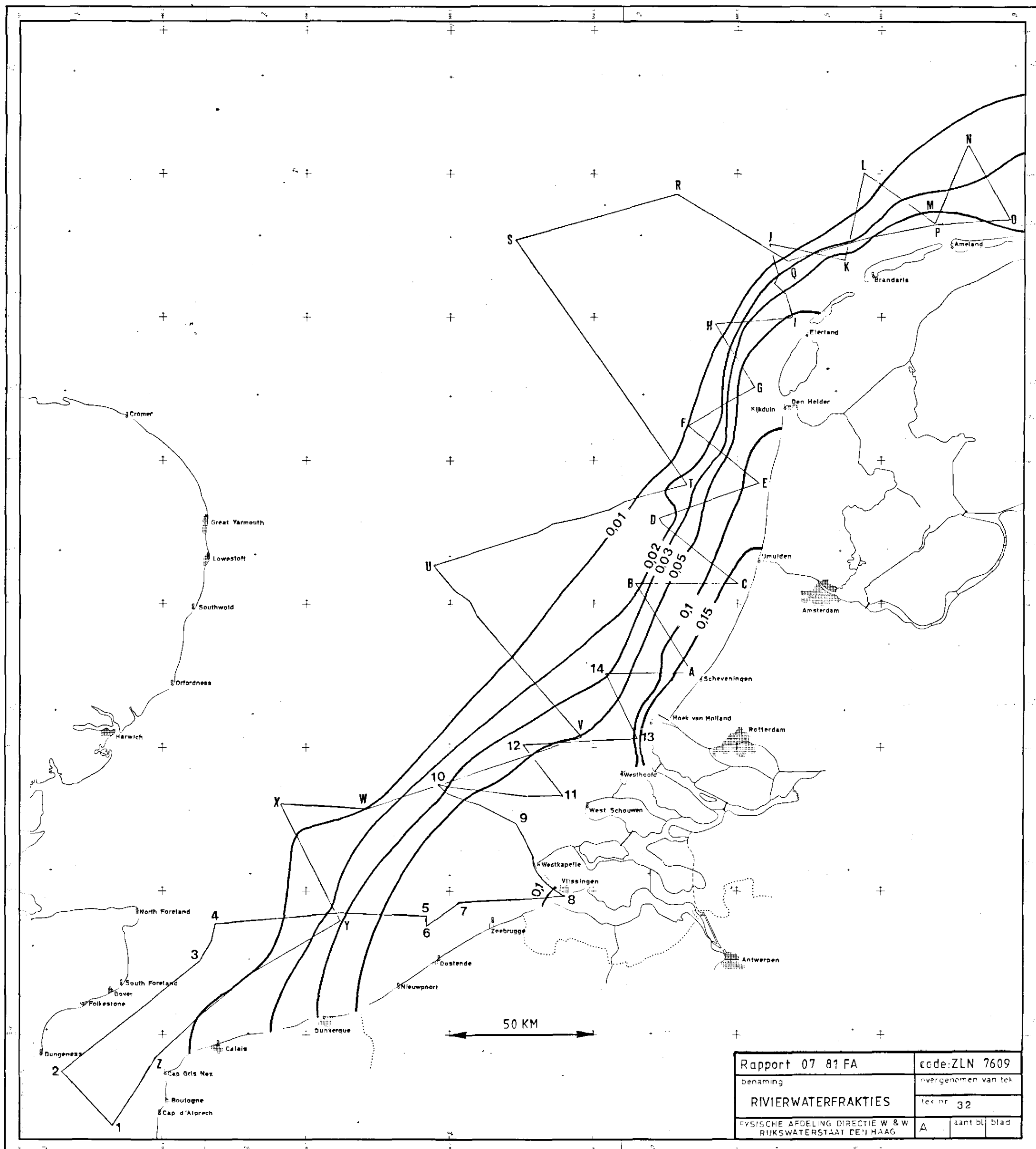


Rapport 07 81 FA	code: ZLN 7509
Benaming	overgenomen van tek
RIVIERWATERFRAKTIES	tek nr. 29
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W & W RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	A
	aant bl aant loren
	blad

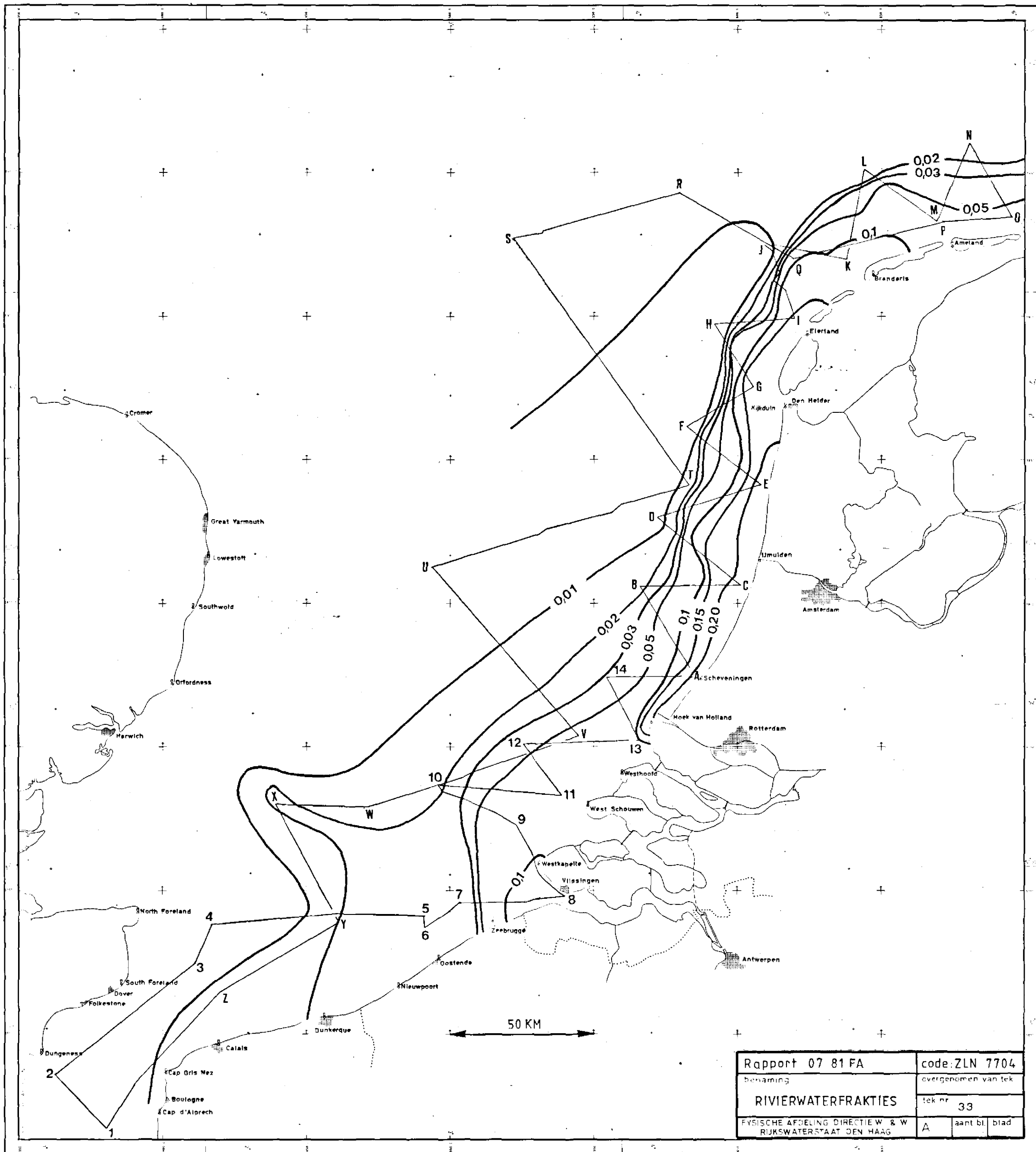




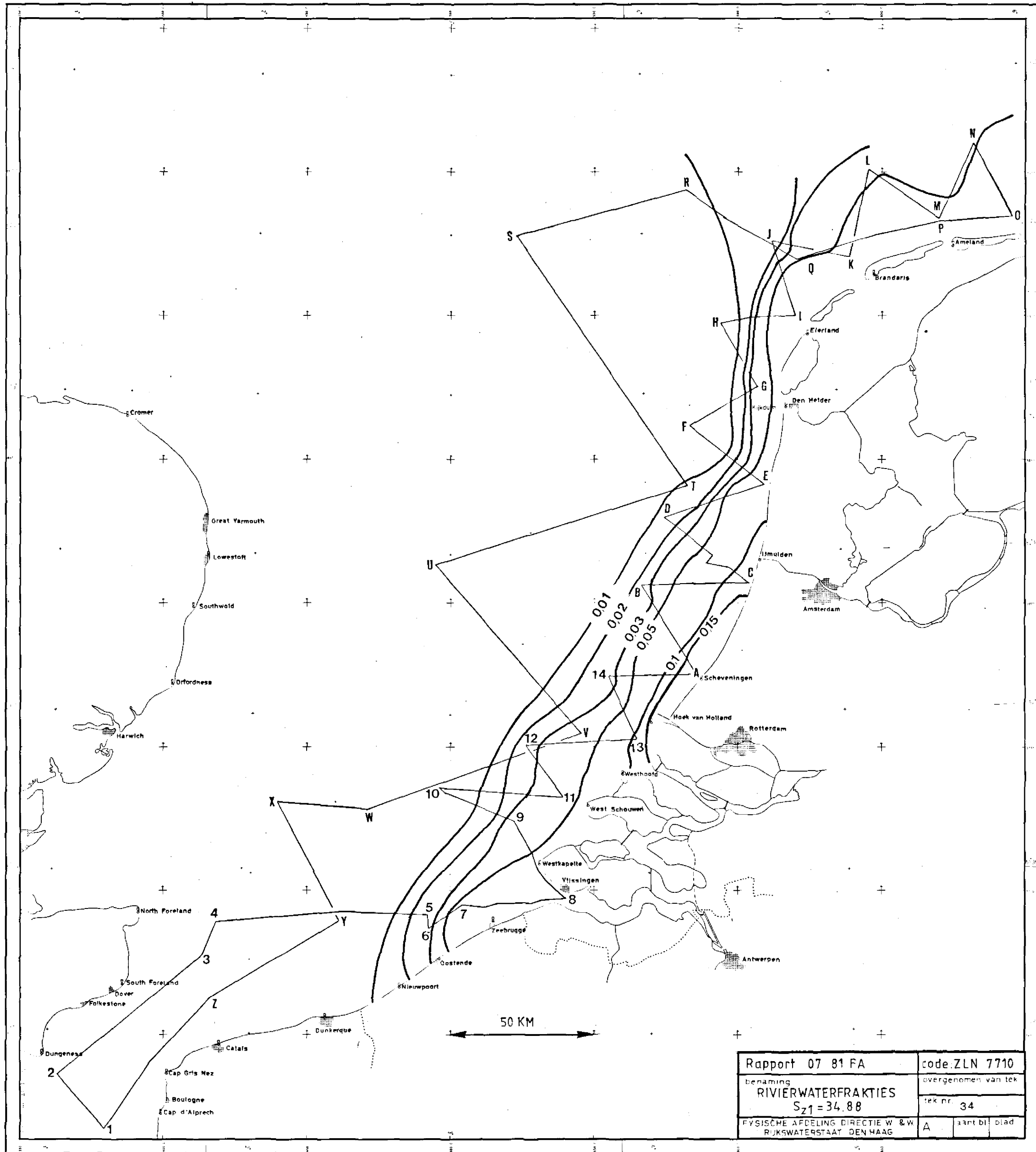
Rapport 07 81 FA	code: ZLN 7605
benaming	overgenomen van tek
RIVIERWATERFRAKTIES	tek. nr. 31
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W & W RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	A
	aant. bl. blad



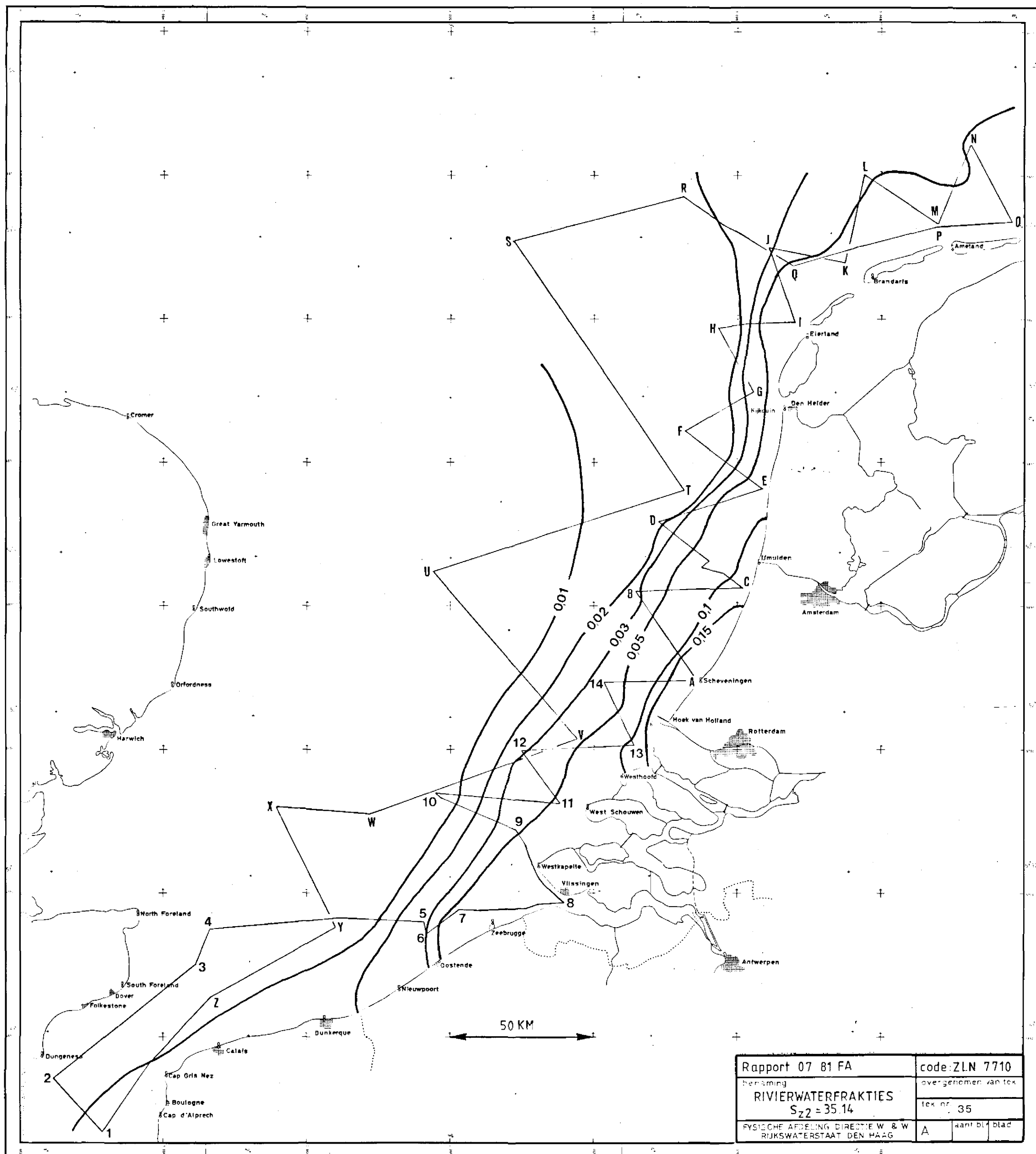
Rapport 07 81 FA	code: ZLN 7609
benaming	overgenomen van tek
RIVIERWATERFRAKTIES	tek nr. 32
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W & W RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	A



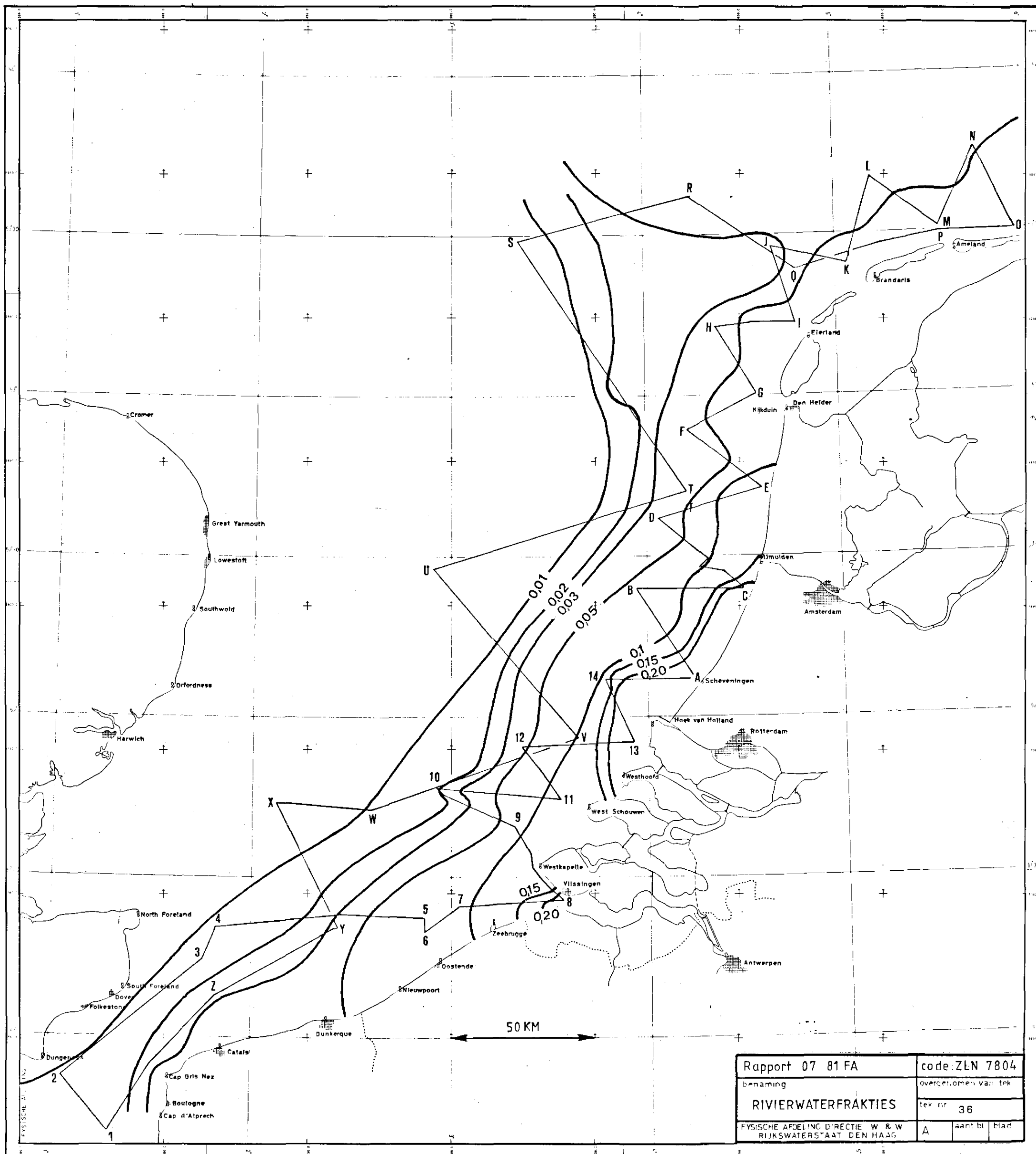
Rapport 07 81 FA	code: ZLN 7704
benaming	overgenomen van tek
RIVIERWATERFRAKTIES	tek nr 33
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W & W RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	A aant bl blad

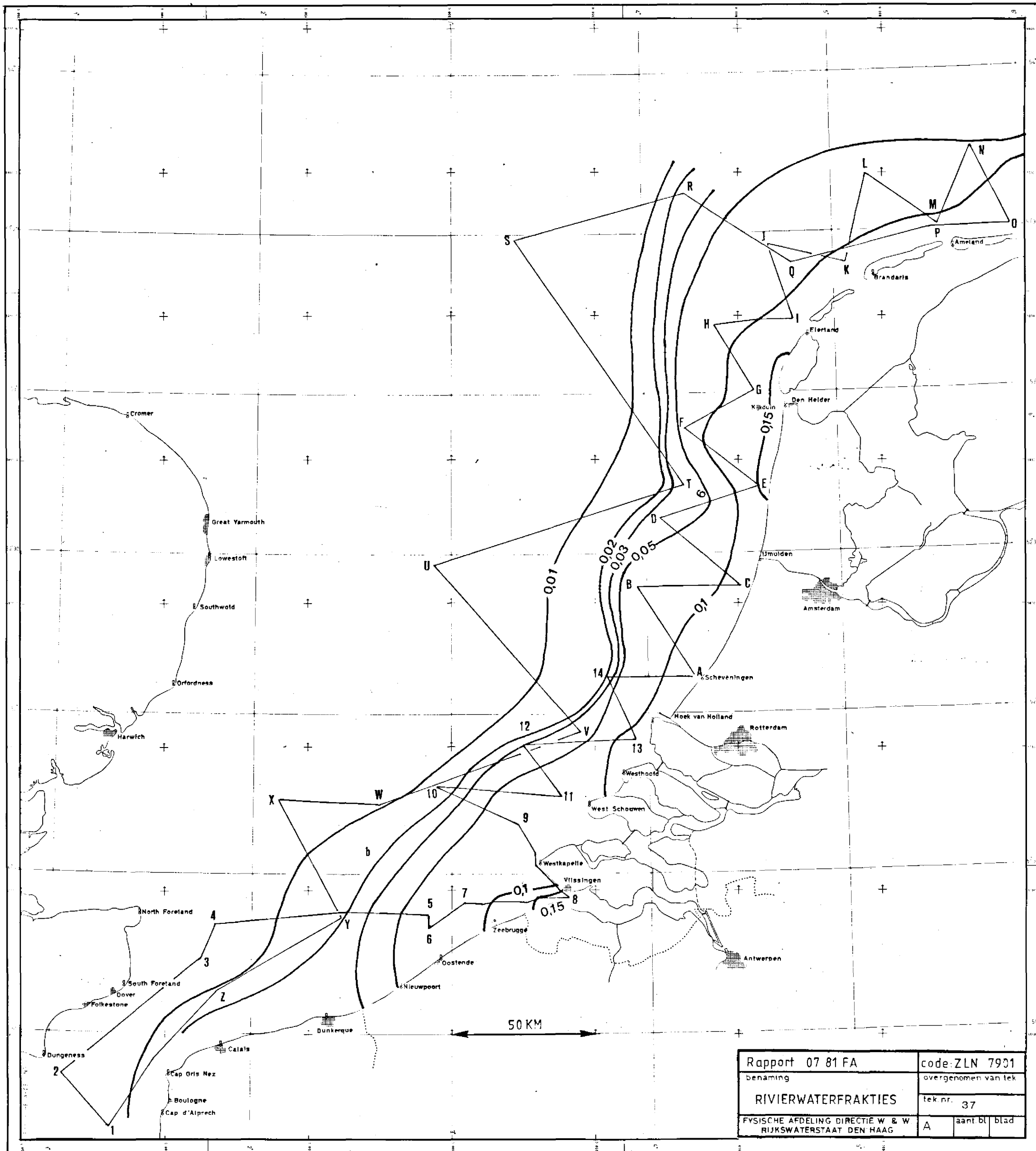


Rapport 07 81 FA	code ZLN 7710
benaming RIVIERWATERFRAKTIES S _{z1} = 34.88	overgenomen van tek
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W & W RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	tek nr 34
A	aant bl blad



Rapport 07 81 FA	code: ZLN 7710
benaming	overgenomen van tek
RIVIERWATERFRAKTIES	tek nr. 35
$S_{z2} = 35.14$	
FYSISCHE AFDELING DIRECTIE W & W RIJKSWATERSTAAT DEN HAAG	A aant bl blad





6. Mogelijke toepassing van de kaarten met rivierwaterfracties

Omdat een meting van het electrisch geleidingsvermogen geen uitsluitel geeft over de herkomst van het zoete water, zijn deze kaarten zonder extra informatie alleen toepasbaar in die zeegebieden waar één zoetwaterbron alle andere sterk overheerst. Dit is het geval in het zeegebied voor de Nederlandse kust tussen Goeree en Petten. Het rivierwater dat zich daar bevindt, bestaat voor het grootste gedeelte uit Rijn- en Maaswater, dat via het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg de zee bereikt.

Dit rivierwater is op zijn beurt een indicator van de erin opgeloste stoffen. Wanneer de stoffen conservatief zijn, d.w.z. als de stoffen niet uit het zeewater verdwijnen en daarin niet van aard veranderen, kunnen de concentraties in het eerder genoemde zeegebied voorspeld worden aan de hand van de gegevens in tabel 3, de rivierwaterfractiekaarten en formule (2).

Tabel 3. De maandgemiddelde afvoeren van de Rijn en Maas bij Lobith respectievelijk Lith voorafgaand aan vaartochten.

Voorjaarsprojecten

ZLN 7305	1049 ¹⁾ 458	1676 256	2103 244
ZLN 7404	2239 382	2549 512	2081 391
ZLN 7605	1832 350	1329 182	1130 113
ZLN 7704	4400 698	2471 367	2310 408
ZLN 7804	2390 525	4043 598	2844 486

jan febr mrt april mei

Najaarprojecten

ZLN 7410	1640 89	1314 96	2276 477
ZLN 7509	2622 101	1964 67	2048 69
ZLN 7510	1964 67	2048 69	1405 67
ZLN 7609	953 20	1141 13	1021 21
ZLN 7710	2061 129	1641 89	1134 63
ZLN 7901			1121 64
			1440 182
			2387 400

juli aug sept okt nov dec jan

¹⁾ Bovenste getal: afvoer Rijn in m³/s, benedenste getal: afvoer Maas. Voor de Rijn geldt: 2200m³/s is de afvoer die de helft van het jaar wordt over- of onderschreden. 1000m³/s en 4000m³/s worden 25 dagen per jaar onder- respectievelijk overschreden.

Indien de Rijn- en Maasafvoeren met R_r en R_m worden aangeduid en de concentraties met C_r respectievelijk C_m dan

geldt voor de concentratie C op zee van een conservatieve stof

$$C = F_r [(C_r R_r + C_m R_m) (R_r + R_m)^{-1} - C_z] + C_z \quad (2)$$

In (2) stelt F_r de rivierwaterfractie voor en C_z de concentratie die van nature in zee aanwezig is.

De tabel 3, waarin maandgemiddelde afvoeren voorafgaand aan de zoutmeettochten staan vermeld, is een leidraad bij het kiezen van de meest relevante rivierwaterfractiekaart.

In het geval dat de concentraties van bepaalde stoffen door metingen op de rivier en in zee al bekend zijn, kan nu omgekeerd met de rivierwaterfractiekaarten en formule (2) iets gezegd worden over bijvoorbeeld de aanwezigheid van onbekende bronnen stroomafwaarts op de rivier en de mate van het conservatief zijn van de bedoelde stoffen.

Voor een schatting van de verspreidingspatronen bij lage afvoeren zijn vooral de projecten ZLN 7605 en 7609 representatief, terwijl bij de hogere afvoeren dit geldt voor ZLN 7704 en 7804.

7. Schatting van de onnauwkeurigheid in de rivierwaterfracties

De onnauwkeurigheden in de rivierwaterfracties staan in tabel 4 geschetst als functie van de onzekerheden in S_z en S_r . Deze tabel is samengesteld m.b.v. formule 4 uit appendix II.

Tabel 4. Relatieve mogelijke fouten (percentages) in de rivierwaterfracties ten gevolge van de onzekerheden in de zoutgehalten van "puur" zeewater en rivierwater (zie voor de betekenis der symbolen par. 5 en appendix II).

rivierwaterfractie in monster	$\Delta S_r = 0,1$	$\Delta S_r = 0,2$		
	$\Delta S_z = 0,1$	$\Delta S_z = 0,05$	$\Delta S_z = 0,1$	$\Delta S_z = 0,2$
0,005	59	30	59	100
0,01	29	15	29	57
0,02	15	7,7	15	29
0,03	9,7	5,3	10	19
0,05	5,8	3,3	6	12
0,10	2,9	2,0	3,2	5,8
0,15	1,9	1,4	2,2	3,9
0,20	1,5	1,2	1,7	2,9

Uit de tabel blijkt dat de onzekerheid in de rivierwaterfracties met $F_r \leq 0,05$ hoofdzakelijk wordt bepaald door de onzekerheid in S_z .

Uit de kaarten met de zoutwaarnemingen (fig. 1 t/m 11) blijkt dat er geen eenvoudige zeerand is aan te wijzen, waar het zoutgehalte homogeen en het hoogste is.

De minst problematieke zeerand is nog het Nauw van Calais, maar ook daar is de zoutverdeling verre van homogeen. De invloed van de nabijgelegen rivieren is goed te merken geweest en vooral die van de Franse kant. Als meest representatieve zeerand is daarom traject D gekozen, zie fig. 1. In 7 van de 11 gevallen is langs dit traject de hoogste saliniteit waargenomen. Van de andere 4 gevallen is voor S_z eveneens de hoogste concentratie langs traject D gekozen, waarbij in één geval (ZLN 7710) ook nog de hoogste concentratie uit het hele veld is genomen. Vandaar dat er twee kaarten zijn van ZLN 7710. Deze kaarten illustreren het effect van een onzekerheid van ca. 0,2 in de saliniteit aan de zeerand.

Voor een overzicht van de variaties in ruimte en tijd van de zoutgehalten aan de zeerand wordt verwezen naar tabel 5.

Tabel 5 Illustratie van de saliniteitsverschillen in het "pure" zeewater.

1	2	3	4	5	6	7
project	gebruikte saliniteit puur zeew. S_z	waargenomen maximum saliniteit S_{max}	maximum saliniteit traject D $S_{max,D}$	minimum saliniteit traject D $S_{min,D}$	$S_{max}-S_z$	$S_{max,D}-S_{min,D}$
ZLN 7305	35,14	35,14	35,14	35,13	0	0,01
ZLN 7404	35,34	35,34	35,34	35,08	0	0,26
ZLN 7410	35,11	35,11	35,11	34,17	0	0,94
ZLN 7509	34,78	34,85	34,78	34,43	0,13	0,35
ZLN 7510	34,83	34,95	34,83 ¹	34,71	0,12	0,12
ZLN 7605	34,85	35,10	34,85	34,73	0,25	0,12
ZLN 7609	35,09	35,09	35,09	35,03	0	0,06
ZLN 7704	35,25	35,25	35,25	34,91	0	0,34
ZLN 7710 ²	34,88	35,14	34,88	34,76	0,26	0,12
" "	35,14	35,14	"	"	0	0,12
ZLN 7804	35,06	35,06	34,81	34,57	0	0,24
ZLN 7901	35,11	35,11	35,11	35,05	0	0,06

¹ De waarde 34,86 op het traject D tijdens ZLN 7510 is als een minder betrouwbare waarneming buiten beschouwing gelaten.

² Van dit project zijn twee rivierwaterfractiekaarten getekend.

Uit de kolommen 6 en 7 volgt dat variaties in de S_z van ca. 0,2 vrij normaal zijn. Om deze onzekerheden bij toekomstige metingen kleiner te maken is bemonstering van de verticaal in het Nauw van Calais gewenst. Hiervan mag verwacht worden dat in de verticaal gemeten zoutgehalten veel minder zullen variëren dan de gehalten in de oppervlaktelaag die sterk beïnvloed worden door de nabij gelegen rivieren.

In die gevallen waarin de onzekerheid in S_z in de buurt van 0,2 ligt of hoger, zijn de 1 en 2%-rivierwaterlijnen nauwelijks bruikbaar, zie tabel 4.

Voor de berekening van de saliniteit van het rivierwater is uitgegaan van het electrisch geleidingsvermogen van de Rijn bij Lobith, zoals dat in lit. 2 gepubliceerd wordt. Wegens de veel geringere afvoer van de Maas is de bijdrage van deze aan de saliniteit te verwaarlozen. De berekeningswijze van de riviersaliniteit is geschetst in appendix I. Zoals al eerder opgemerkt is de toepassing van formule (1) gebonden aan een stationaire toestand. Uit lit. 1 en lit. 2 blijkt dat dit op de rivier nauwelijks het geval is. De standaarddeviaties in S_r blijken echter nauwelijks groter te zijn dan 0,1 (tabel 2), zodat de variaties in S_r nauwelijks in de getekende rivierwaterfracties doorwerken, zie tabel 4. Om representatieve waarden voor S_r te verkrijgen is het rekenkundig gemiddelde genomen over de 13 weken voorafgaand aan de meettochten.

Appendix I

De berekening van de saliniteit van de rivier

De saliniteit is berekend met de volgende formule;

$$S_r = \frac{35(13)^{-1} \sum_{i=1}^{13} \text{geldh}_i}{47910} \quad (3)$$

S_r : saliniteit berekend met betrekking 3

47910 : geleidingsvermogen van zeewater bij 20°C

(Siemens 10⁶) en een saliniteit van 35

geldh_i : geleidingsvermogen van de Rijn bij Lobith bij

20°C in de week i vóór de meettocht

Om representatieve waarden voor S_r te krijgen is voor het geleidingsvermogen het rekenkundig gemiddelde genomen over 13 weekcijfers.

Elders zal aangetoond worden dat bovenstaande formule een redelijke benadering is van de saliniteit.

Appendix II

Schatting van de onzekerheid in de rivierwaterfracties.

Met behulp van de methode van de totale differentiaal uit de foutenleer kan een schatting gegeven worden van het effect van de onnauwkeurigheid in S_z en S_r op de onnauwkeurigheid op F_r . Voor niet al te grote fouten of onzekerheden kan men uitgaande van formule (1) de volgende betrekking afleiden:

$$\frac{\Delta F_r}{F_r} = \frac{\Delta S_r}{S_z - S_r} + \frac{(1 - F_r) \Delta S_z}{F_r (S_z - S_r)} \quad (4)$$

ΔF_r : mogelijke fout in F_r

F_r : rivierwaterfractie

ΔS_r : onzekerheid in S_r

ΔS_z : onzekerheid in S_z

ΔF_r

— : relatieve mogelijke fout in F_r

F_r

Literatuur

1. De jaarboeken der waterhoogten. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, 1973-1979.
2. Verslagen van de resultaten van het kwaliteitsonderzoek in de rijkswateren.
Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor de volksgezondheid. Rijksinstituut voor drinkwatervoorziening, 1973-1979.
3. Cox R.A., F. Culkin en J.P. Riley, The electrical conductivity/chlorinity relationship in natural sea water. Deep-Sea Research, 14, 203-220, 1967.
4. Bennett A.S., Conversion of in situ measurements of conductivity to salinity. Deep-Sea Research, 23, 157-165, 1976.