INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA 470, d.d. 6 juni 1968

Een overzicht van uitkomsten verkregen uit berekeningen met grondwaterstanden onder invloed van een bronbemaling op de noordelijke oever van de Maas

ir Ph.Th. Stol

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

Inhoud | Blz.

Bij deze nota behoren de figuren 68c76.1 tot en met 31/3.1

en bijlagen 1 tot en met 9

1. Inleiding

Ten behoeve van de bouw van de Benelux-tunnel en het nieuwe Feyenoordd-dok in de omgeving van Vlaardingen-Pernis, werden de waterstanden in de omgeving van deze projecten ten tijde van de bouw aanmerkelijk verlaagd. Deze verlaging vond plaats zowel op de noordelijke als op de zuidelijke oever van de Maas. Deze nota heeft tot doel de resultaten van bewerkingen aan de hand van de waterstandsmetingen verricht op de noordelijke oever van de Maas ten tijde van de bronbemaling, samen te vatten.

Uitvoerig verslag van de metingen op de noordelijke oever vóór het in werking stellen van de bronbemaling werd gedaan in I.C.W.-nota 289: 'Een onderzoek naar de gedragingen van het diepe grondwater in de omgeving van het Benelux-tunnelproject op de noordelijke oever van de Maas'. Waar nodig zal naar deze nota welke kortheidshalve zal worden aangeduid met 'Noord-voor' worden terug verwezen. Vermeld wordt nog dat in I.C.W.-nota 459 de overeenkomstige bewerkingen voor de zuidelijke oever worden besproken (Zuid-voor en Zuid-na).

2. Het waterstandsbuizennet

Op de noordelijke oever werden tijdens de periode van bronbemaling metingen verricht in 22 meetpunten, gesitueerd volgens figuur 1. Het net van waterstandsbuizen werd op 22 juni 1963 aangevuld met een zelf registrerend meetpunt nr 114.

De metingen werden uitgevoerd van 10 november 1964 7.00 uur tot en met 13 november te 7.00 uur met intervallen van 1/2 uur, in enkele meetpunten van 1/1 uur. De in de verdere bewerkingen gebruikte rivierstanden werden ontleend aan een peilschrijver in de rivier aan de ingang van de Vlaardinger vaart gelegen (zie fig. 1).

3. Bewerkingsmethode

De methode van bewerken van de gegevens is in nota 289 (Noord-voor) uitvoerig uiteengezet. Ook onder de gewijzigde situatie (verlaging van het diepe grondwater door middel van bronbemaling) werd de methode gevolgd waarbij de waterstanden van willekeurige meetpunten 'P' in het gebied van onderzoek beschreven worden gedacht met behulp van de rivierfluctuaties en mogelijke

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

plaatselijke effecten. In het geval dat geen bronbemaling werd toegepast werden aanwijzingen verkregen dat deze plaatselijke effecten sterk samenhangen met industriële concentraties in het onderzoeksgebied. Ook nu werd het bestaan van een dergelijke samenhang als punt van onderzoek opgenomen.

De toegepaste herleiding van stambuis 16, die de plaatselijke effecten beschrijft, op de rivierstanden gaf aanleiding tot de verschilreeks

$$S_{'16'} = P_{16} - 0.1454\ R - 419{,}81 \qquad (1)$$

waarin alleen de gegevens die betrekking hebben op de metingen tijdens de dag-uren (hiervoor werden genomen de metingen van 8-19 u) werden opgenomen. In totaal betrof dit 71 gegevens. De standaardafwijking van de parameters bedroeg respectievelijk 0.0184 en 3,86 terwijl voor de correlatie-coëfficiënt een waarde van 0.69 gevonden werd. Hiermede werd dus de verschilreeks (1) verkregen.

Volledigheidshalve wordt nog vermeld dat indien alle gegevens (n = 143) benut worden de schatting van de parameters luidt (met standaardafwijking):

0.1595(0.0105) resp. 415,15(2.08) met r = 0.79

De verschilreeks (1) is in figuur 2 grafisch weergegeven. De verschillen ten opzichte van de uit de rivierstanden berekende waarden vertonen grotere waarden dan voor Zuid-na werden geconstateerd (nota 459, fig. 11) en liggen voor de absolute waarde, in de orde van 10 tot 20 centimeter maximaal. De beweging vertoont een zekere periodiciteit, dusdanig dat de afwijkingen die aanleiding zijn tot - relatief - diepere waterstanden steeds optreden tussen 10 en 22 uur.

Met behulp van deze reeks '16', representerend het plaatseffect, werden de volgende parameters bepaald: de faseverschuiving t_o, de amplitudeverhouding (regressie-coëfficiënt) b_1 met de rivier en die met de stambuis b_2, en het intercept b_o volgens

$$P(t - t_o) = b_1\ R(t) + b_2\ S_{'16'}(t) + b_o + \varepsilon_i \qquad (2)$$

De bepaling van de parameters geschiedde zodanig dat de som van kwadraten van afwijkingen geminimaliseerd werd.

De resultaten zullen in het kort worden samengevat.

4. Karakterisering van de waterstanden

De algemene gedaante van de tijdstijghoogtelijnen zijn sinusoïden waarvan de amplitude in sterke mate met de afstand tot de rivier samenhangt. De lijnen vertonen een grotere onregelmatigheid dan vóór het in werking stellen van de bronbemaling het geval was. Met enkele figuren zal het algemene karakter van de tijdstijghoogtebeweging in het gebied geïllustreerd worden.

In figuur 3 worden de standen op de rivier weergegeven zoals deze door de peilschrijver werden geregistreerd tijdens de drie-daagse metingen. In de figuren 4 tot en met 8 wordt voor enkele meetpunten een vergelijking gegeven tussen de nu opgemeten waterstand en die van de periode van vóór het in werking stellen van de bronbemaling. Gezien het feit dat het hier twee verschillende data betreft vallen de toppen niet op hetzelfde tijdstip van de dag terwijl door de invloed van de bronbemaling het gemiddeld niveau uiteraard veel lager is komen te liggen (fig. 4). Opvallend is wel dat de amplitude geringer geworden is wat, zoals nog toegelicht zal worden in de nota met de slotbeschouwing (in voorbereiding), een rechtstreeks gevolg is van de niveauverlaging.

De figuren 4 en 5 tonen de vergelijking tussen de twee meetperioden voor een tweetal meetpunten, respectievelijk peilbuis A en 18 (voor de ligging zie fig. 1). De overeenkomst tussen de tijdstijghoogtelijnen is nog groot. Minder regelmatig is de tijdstijghoogtelijn van peilbuis 2 (zie fig. 6). Hoewel op het 1½ meter lagere niveau nog wel de toppen en dalen zijn te herkennen is de gehele waterstandsbeweging minder duidelijk interpreteerbaar dan die van vóór de periode van bronbemaling.

Iets dergelijks kan opgemerkt worden voor peilbuis 1 (fig. 7). Vóór de bemalingsperiode is de amplitude weliswaar niet groot doch de toppen en dalen zijn duidelijk te onderscheiden. Tijdens de bemalingsperiode komt het gemiddelde niveau van dit meetpunt dat op ruim 1200 meter van de bouwput is gelegen, 178 cm lager te liggen. De dagtop is nu nog wel duidelijk waarneembaar doch de top die omstreeks middernacht zou moeten optreden is niet meer duidelijk aanwijsbaar. Ook figuur 8 illustreert een geval (peilbuis 7) waarbij de

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

waterstanden tijdens de periode van bronbemaling veel onregelmatiger zijn dan zonder deze invloed. Ook in deze beide laatste figuren blijkt de amplitude een extra demping te hebben ondergaan.

In een aantal volgende figuren wordt een verdere numerieke karakterisering van de waterstanden en hun onderlinge samenhang gegeven.

Figuur 9 toont de gemiddelde standen in de verschillende meetpunten tijdens de 3 daagse periode van meting. Rond het centrum van de bronbemaling liggen de waterstanden op ruim 6 meter - N.A.P., terwijl op grotere afstanden het vlak van het diepe grondwater in westelijke richting stijgt volgens equipotentiaallijnen die ongeveer loodrecht op de rivieroever gericht zijn.

Vervolgens kan nagegaan worden hoe de waarnemingsreeksen van de verschillende meetpunten met de rivier en de stambuis gecorreleerd zijn. Figuur 10 geeft een topografische afbeelding van de correlatie-coëfficiënten met de rivierstanden. Zoals te verwachten zijn deze vlak langs de rivier hoog om met toenemende afstand tot de oever af te nemen. De correlaties van de waarnemingsreeksen met de reeks '16' voor het plaatseffect blijkt het hoogst voor die meetpunten die in de bebouwing van Schiedam gesitueerd zijn (fig. 11). De waarde van de correlatie-coëfficiënt in het centrum is ongeveer 0.70 om hier van uit in alle richtingen af te nemen. Beide basisreeksen (rivier en '16') vullen elkaar in zoverre aan dat praktisch het gehele gebied met multipele correlatie-coëfficiënten groter dan 0.80 kan worden beschreven (fig.12). Uitgezonderd zijn het gebied ten oosten van de Schie en de meest noordelijk gelegen meetpunten uit het gebied van onderzoek. In het laatste geval zijn de fluctuaties in waterstand echter zo gering dat van een praktitisch constant niveau kan worden gesproken, afwijkingen waarvan niet of nauwelijks verband houden met de fluctuaties op de rivier

Op het feit dat bij het gemiddeld lagere niveau de amplituden zijn afgenomen werd reeds gewezen. Het onderlinge verband bleef bewaard zoals met figuur 13 wordt aangetoond. Deze figuur geeft de amplitudeverhouding met de rivier weer. Lijnen die gelijke waarden verbinden hebben een verloop dat bij benadering evenwijdig aan de rivieroever is. Figuur 14 brengt de amplituden zelf in beeld. Op de rivier was de gemiddelde amplitude tijdens de driedaagse meting 73 cm, op ongeveer 1 km van de rivier bedroeg de amplitude nog 10 cm. In de figuren valt een regelmatige demping van amplitude waar te nemen met

toenemende afstand tot de rivier.

In grote lijnen komt het patroon van figuur 13 en 14 overeen met dat van figuur 15 waarin de toeneming van de fasevertraging staat weergegeven. Toch blijkt uit de afzonderlijke gegevens, bij de meetpunten bijgeschreven, dat de toename van de vertraging niet zo regelmatig met toenemende afstand tot de rivier plaatsvindt als de amplitudedemping. Hierop wordt later nog teruggekomen.

Naast de regressie-coëfficiënt b_1 uit (2) die de amplitudeverhouding met de rivier weergeeft kan de coëfficiënt b_2 die de verhouding weergeeft waarmede de fluctuatie van het type dat door '16' gerepresenteerd wordt, zich in andere meetpunten manifesteert. Het blijkt - zie hiervoor figuur 16 - dat in het centrum van Schiedam de hoogste coëfficiënten voorkomen waarbij het opvalt dat buiten de bebouwing geen hoge waarden meer voorkomen, op enkele negatieve waarden die op een tegengestelde beweging duiden. Een duidelijke verklaring is hiervoor echter niet te geven.

De kritieke waarden voor de afwijkingen ε uit (2) die met 1% kans naar één zijde (n.l. dieper dan verwacht) overschreden zullen worden staan in figuur 17 weergegeven. De hoogste waarden worden gevonden langs de Schie in het centrum van Schiedam, namelijk 20 centimer. In het overige deel van het gebied wordt deze waarde nauwelijks meer bereikt en zal het verschil tussen berekende en te meten waarden minder dan 15 cm bedragen.

Behalve langs de Schie neemt de kritieke waarde met toenemende afstand tot de rivier duidelijk af. Hiermede wordt het totaalbeeld gecompleteerd. Op ongeveer 1500 meter van de rivier is de amplitude van de beweging van het diepe grondwater bijna nihil geworden en de waterstanden zijn dan niet meer met de rivier gecorreleerd. De geringe amplitude, of - met andere woorden - de praktisch constante waterstand maakt het evenwel mogelijk de stijghoogten vrij nauwkeurig te schatten wat met de geringe kritieke waarde kwantitatief wordt weergegeven.

5. Toepassing van de methode Steggewenz

Toepassing van de methode Steggewenz voor dit type metingen is in het rapport over Noord-vóór (I.C.W.-nota 289) uitvoerig behandeld. Voor de

berekende parameterwaarden van Noord-ná zullen een aantal overeenkomstige bewerkingen besproken worden.

Begonnen werd het verband tussen amplitudeverhouding en afstand te analyseren door uit te zetten de waardeparen

$$(x, y) = (D_r , \log b_1) \text{ resp. } (D_o , \log b_1)$$

waarin D_r de afstand tot de geschematiseerde rivieroever voorstelt en D_o de afstand tot het voor elk meetpunt meest dichtbij gelegen open water, $\log b_1$ is hierin de log van de amplitudeverhouding. De figuren die hiermee ontstaan worden gegeven in figuur 18, voor raai I en 19 voor raai II en III (zie voor de topografische ligging fig. 1). Figuur 20 tenslotte geeft het verband met D_o voor beide raaien.

In figuur 18 en 19 zijn de amplitudeverhoudingen uitgezet tegen de afstand tot de rivieroever. De gegevens uit de raaien II en III die onderling veel overeenkomst vertonen en afwijken van die van raai I, werden samengevoegd. Daar de rivierinvloed zich tot hoogstens ongeveer 1500 meter uitstrekt werden alleen die gegevens die binnen deze afstandsmarge vallen in de verdere bewerking opgenomen. Samenhang met de afstand tot de rivieroever als randvoorwaarde is ook nu weer duidelijk waarneembaar, terwijl het alternatief - samenhang met de kortste afstand tot het open water - weer minder duidelijke resultaten oplevert (fig. 20). Het mede in beschouwing nemen nu van die meetpunten waarvoor $D_r > 1500$ m doch $D_o < 1500$ m - in de figuur aangeduid met de bijgeschreven ordinaatwaarde - doet de mate van samenhang weliswaar toenemen doch voornamelijk door het grotere traject dat nu door de gegevens bestreken wordt. De standaardafwijkingen zijn echter steeds vele malen groter dan in het eerste geval waarbij D_r werd beschouwd.

Gedetailleerde numerieke uitkomsten worden in de bijlagen 4 en 5 vermeld.

Hieronder volgt daarvan een korte samenvatting waarin significant van 0 verschillende correlatie-coëfficiënten worden aangeduid met ——— bij 1% risico en met ----- bij 5% risico.

	n	Correlatie-coëfficiënten		Standaardafwijkingen	
		$\log b_1 = f(D_r)$	$\log b_1 = f(D_o)$	$\log b_1 = f(D_r)$	$\log b_1 = f(D_o)$
raai I	10	- 0.969	- 0.816	0.076	0.18
raai II, III	5	- 0.954	- 0.348	0.16	0.50
raai I	13		- 0.950		0.22
raai II, III	6		- 0.815		0.44

De faseverschuiving of naijling ten opzichte van de rivier vertoont in de theorie van Steggewenz een lineair verband wanneer gebruik wordt gemaakt van de coördinaten

$$(x, y) = (D_r , t_o) \text{ resp. } (D_o , t_o)$$

zie figuren 21, 22 en 23.

Ook voor de uitkomsten verkregen met de resultaten van het hier beschreven deel van het onderzoek geldt weer dat de fasevertraging een minder duidelijk interpreteerbaar beeld geeft dan de amplitudeverhouding in verband met de afstand. Een samenvatting van de belangrijkste uitkomsten ziet er nu als volgt uit

	n	Correlatie-coëfficiënten		Standaardafwijkingen (min)	
		$t_o = f(D_r)$	$t_o = f(D_o)$	$t_o = f(D_r)$	$t_o = f(D_o)$
raai I	10	0.366	0.335	35.2	35.6
raai II, III	5	0.687	- 0.183	63.1	85.3
raai I	13		0.752		35.0
raai II, III	6		0.556		78.8

De resultaten met de alternatieven voor de afstanden volgens D_r respec-

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]

tievelijk D_o vertonen onderling wel enige overeenkomst doch in beide gevallen is de mate van samenhang niet groot. De standaardafwijking bedraagt voor raai I nog wel een aanvaardbare waarde van 35 minuten, doch moet voor raai II op meer dan een uur gesteld worden. Dit houdt verband met het feit dat de meeste buizen in raai I met een frequentie van 2 x per uur zijn waargenomen, die van raai II en III voornamelijk met een frequentie van 1 x/uur.

6. Samenhang tussen amplitude en fase

De wijze waarop amplitudedemping en fasevertraging met elkaar samenhangen kan bestudeerd worden door de afstand D uit de betrekkingen te elimineren waardoor verkregen wordt (STOL, I.C.W.-nota 459: I-6).

$$\log b_1 = p_o \cdot t_o + q_o$$

en een lineaire relatie is verkregen.

In figuur 24 staat deze relatie grafisch weergegeven. De spreiding is nu echter groter dan voor de raaien op de zuidelijke oever werd gevonden. Het resultaat, weergegeven als correlatie-coëfficiënt tussen $\log b_1$ en t_o luidt als volgt:

	n	Correlatie tussen $\log b_1$ en t_o
raai I	10	- 0.499
raai II, III	5	- 0.838

De samenhang is dus slechts gering.

7. Conclusies en slotopmerkingen

Door de bronbemaling waren de stijghoogten van het diepe grondwater, in het centrum van de onttrekking, in de periode waarin de waterstanden werden gemeten, tot ruim 6½ m - N.A.P. verlaagd. De invloed van de waterstanden op de rivier op de stijghoogten van het diepe grondwater bleef aanwezig doch

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]

[illegible]

de amplituden waren in dezelfde meetpunten minder groot dan vóór de bemalingsinvloed, terwijl groter onregelmatigheden in de tijdstijghoogten vielen waar te nemen dan bij Noord-voor.

Ook de effecten van de waterstandsbeweging in de stedelijke bebouwing viel weer duidelijk als afzonderlijke invloed waar te nemen. Vergelijk hiervoor figuur 16 van deze nota met de overeenkomstige figuur (fig. 27) van nota 289 (Noord-voor).

De betrekkingen tussen amplitudeverhoudingen en fasevertraging met de alternatieven D_r en D_o - respectievelijk afstand van het meetpunt tot de rivieroever en het dichtst bij gelegen open water (haven) - laten weer zien dat voornamelijk de gevonden betrekking voor $\log b_1 = f(D_r)$ goed bij de theorie van Steggewenz aansluit. De bewerking waarin de fasevertraging t_o een rol speelt levert minder duidelijke resultaten op. De standaardafwijking hangt ook hier weer sterk samen met de frequentie van opmeten van de waterstandsbuizen waardoor geen nauwkeuriger uitkomsten verkregen konden worden dan overeenkomend met 30, respectievelijk 60 min verschil in fase.

Appendix

Overeenkomstige uitkomsten van de metingen op de noordelijke oever vóór de invloed van de bronbemaling

Hoewel de resultaten van de waterstandsmetingen op de noordelijke oever voor de invloed van de bronbemaling uitvoerig in I.C.W.-nota 289 zijn behandeld, volgt hier nog een korte samenvatting. De motivering is deze dat door de bewerking van de gegevens betrekking hebbend op Zuid-voor, Zuid-na (nota 459) en Noord-na duidelijker is geworden hoe de samenhang tussen de uitkomsten moet worden beschreven. Verder zijn de numerieke resultaten van de eerder besproken onderzoekingen in een aantal overeenkomstig ingerichte bijlagen weergegeven zodat het voor het verkrijgen van een volledig overzicht gewenst is ook de resultaten van Noord-voor in dezelfde vorm vast te leggen.

De bijlagen, genummerd 7, 8 en 9 behoeven weinig commentaar. De belangrijkste punten worden echter ook in enkele figuren weergegeven waaraan het volgende kan worden toegevoegd.

Het verband tussen amplitudeverhouding en afstand voldoet weer het beste aan de theorie door als randvoorwaarde de rivieroever te kiezen. Voor de gegevens binnen een afstand van 1500 meter staan de grafieken weergegeven in figuur 25 en 26, voor respectievelijk raai I en raaien II en III die weer werden samengevoegd. In verband gebracht met de afstand tot het dichst bij gelegen open water wordt een veel minder duidelijk beeld verkregen (fig. 27). Ook nu werden als alternatief in deze laatste bewerking de meetpunten waarvoor $D_r > 1500$ m doch $D_o < 1500$ m opgenomen. Met betrekking tot de statistische nauwkeurigheid van de vaststelling van het vereiste lineaire verband ontstaat het volgende overzicht, ontleend aan de bijlagen 7 en 8.

	n	Correlatie-coëfficiënten		Standaardafwijkingen	
		$\log b_1 = f(D_r)$	$\log b_1 = f(D_o)$	$\log b_1 = f(D_r)$	$\log b_1 = f(D_o)$
raai I	9	- 0.975	- 0.793	0.057	0.16
raai II, III	5	- 0.987	- 0.355	0.062	0.36
raai I	12		- 0.935		0.18
raai II, III	8		- 0.593		0.43

De uitkomsten vertonen een sterke overeenkomst met die van de eerder behandelde bewerkingen van Noord-na, zowel wat de tendensen als de orde van grootte van getallen betreft.

Vervolgens worden in de figuren 28, 29 en 30 de overeenkomstige betrekkingen maar nu voor de faseverschuiving gegeven. Samengevat zijn de numerieke uitkomsten thans:

	n	Correlatie-coëfficiënten		Standaardafwijkingen in min	
		$t_o = f(D_r)$	$t_o = f(D_o)$	$t_o = f(D_r)$	$t_o = f(D_o)$
raai I	9	0.347	0.613	39.0	32.9
raai II, III	5	0.876	0.027	18.5	38.5
raai I	12		0.846		53.69
raai II, III	8		0.879		38.6

Tenslotte wordt in een laatste figuur het verband tussen amplitudeverhouding en fasevertraging gegeven onder eliminatie van de afstand (fig. 31).

Evenals voor Noord-na het geval was blijkt de spreiding groter dan voor de zuidelijke oevers werd gevonden. In correlatie-coëfficiënten uitgedrukt werd gevonden

	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

	n	Correlatie tussen log b_1 en t_o
raai I		- 0.502
raai II, III		- 0.927

waarin de combinatie van de raaien II en III tenslotte nog een uitkomst opleveren die op de aanwezigheid van de verwachte samenhang tussen beide grootheden duidt.

[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]

[illegible]

Bijlage 1. Karakteristieken van tijdstijghoogtecurven berekend uit opnamen op de noordelijke oever van de Maas
10 november 1964 - 13 november

(N O O R D - N A)

Formule: $P(t - t_o) = b_1 R(t) + b_2 S_{'16'}(t) + b_o$

Meetpunt nr	Gemidd. stand t.o.v. N.A.P. in cm	Vertraging t_o t.o.v. rivier in min.	Amplitudeverhouding ten opzichte van rivier '16'		Afstand ten opzichte van open water		Amplitude in cm
			b_1	b_2	oever in m	kortste in m	
Rivier	+ 6	0	1.00	.16	-	-	73
114	- 397	30	.08	- .29	1000	225	6
A	- 662	6	.24	- .31	400	125	18
B	- 663	5	.37	- .26	150	150	27
C	- 583	55	.24	- .01	450	100	17
1	- 403	118	.04	.32	1275	450	3
2	- 432	0	.10	1.61	975	375	7
3	- 382	150	.01	.10	1625	800	1
4	- 442	120	.02	.50	1725	1050	1
5	- 323	65	.24	1.00	325	50	18
6	- 376	?	.002	- .14	2150	1350	0
7	- 473	0	.01	.23	2000	1200	1
8	- 417	186	.02	.12	1125	200	2
9	- 428	7	.01	.01	2900	1750	1
10	- 440	0	.004	- .18	1750	675	0
11	- 322	4	.12	.02	725	250	9
12	- 303	67	.06	.14	975	250	4
13	- 301	191	.005	.05	1625	925	0
14	- 253	0	.26	.11	225	225	19
15	- 357	31	.21	- .04	550	75	16
16	- 447	20	.15	1.00	875	75	11
17	- 370	65	.28	.10	275	50	20
18	- 450	32	.16	.03	725	100	11

Bijlage 2. Coëfficiënten en intercept (zie bijlage 1) waaronder vermeld de bijbehorende standaardafwijking

(N O O R D - N A)

Meetpunt nr	Amplitudeverhouding ten opzichte van rivier b_1	Amplitudeverhouding ten opzichte van '16' b_2	Intercept b_o	Meetpunt nr	Amplitudeverhouding ten opzichte van rivier b_1	Amplitudeverhouding ten opzichte van '16' b_2	Intercept b_o
114	.0781	- .289	389.69	8	.0246	.116	414.99
	.0055	.045	.62		.0061	.049	.67
A	.246	- .31	638.7	9	.012	.009	426.8
	.015	.12	1.6		.011	.087	1.2
B	.3721	- .259	617.46	10	.0041	- .181	439.2
	.0082	.067	.91		.0093	.075	1.0
C	.236	- .008	560.6	11	.1253	.019	310.60
	.010	.082	1.1		.0061	.050	.68
1	.0365	.318	399.82	12	.0566	.138	297.70
	.0034	.028	.37		.0042	.034	.46
2	.099	1.61	423.6	13	.0049	.047	300.42
	.022	.18	2.5		.0019	.016	.21
3	.0129	.101	380.64	14	.2658	.113	227.72
	.0033	.027	.37		.0071	.057	.78
4	.0206	.506	440.54	15	.2147	- .035	336.89
	.0039	.032	.44		.0042	.034	.46
5	.242	1.00	300.3	16	.1451	1.0001	434.41
	.014	.11	1.5		.0012	.0095	.13
6	.0020	- .145	375.30	17	.275	.10	344.3
	.0019	.015	.21		.020	.16	2.2
7	.012	.23	472.3	18	.1551	.028	435.37
	.019	.16	2.2		.0054	.044	.59

Bijlage 3. Uitkomsten ter karakterisering van de betrouwbaarheid van de resultaten

N O O R D - N A

Meetpunt nr	Aantal waar-nemingen per uur	Variantie s^2	Kritieke waarde in cm bij 1% risico (n = 56) eenzijdig	Correlatie-coëfficiënt x 100 ten opzichte van		
				Rivier	'16'	Multipel
Rivier	2	-	-	100.0	6.1	-
114	2	5.53	6	81.5	- 33.4	84.3
A	2	40.77	15	90.3	- 8.5	91.4
B	2	12.21	8	98.4	- 2.4	98.7
C	1	18.46	10	95.5	5.4	95.5
1	1	2.03	3	67.2	70.2	91.7
2	1	90.77	23	39.7	73.0	81.1
3	2	2.00	3	44.7	43.5	60.6
4	2	2.80	4	33.6	87.4	91.9
5	1	34.87	14	84.4	46.4	94.0
6	1	0.61	2	- 7.1	- 78.9	79.4
7	1	71.39	20	7.1	19.3	20.9
8	1	6.65	6	48.1	29.9	55.1
9	1	20.42	11	15.1	2.4	15.2
10	1	15.45	9	3.9	- 30.9	31.5
11	1	6.74	6	94.2	7.6	94.3
12	1	3.10	4	85.7	30.4	89.4
13	1	0.68	2	32.9	37.4	48.4
14	2	8.99	7	98.1	11.1	98.2
15	2	3.12	4	99.0	4.1	99.0
16	2	0.25	1	77.8	67.3	99.9
17	1	71.35	20	88.5	9.5	88.6
18	2	5.17	6	97.0	8.1	97.0

Bijlage 4. Gebruikte gegevens en uitkomsten bij het onderzoek naar de relatie tussen amplitudedemping, fasevertraging en afstand

N O O R D - N A , R A A I I , C E N T R U M

Nr	Afstand in m tot		Amplitude-verhouding	log idem	Fase-vertraging in min
	rivier	open water			
	D_r	D_o	b_1	$\log b_1$	t_o
114	1000	225	.08	- 1.09691	30
A	400	125	.24	- 0.61979	6
B	150	150	.37	- 0.43180	5
C	450	100	.24	- 0.61979	55
1	1275	450	.04	- 1.39794	118
2	975	375	.10	- 1.00000	0
15	550	75	.21	- 0.67778	31
16	875	75	.15	- 0.82391	20
17	275	50	.28	- 0.55284	65
18	725	100	.16	- 0.79588	32
6	2150	1350	.002	- 2.69897	?
4	1725	1050	.02	- 1.69897	120
3	1625	800	.01	- 2.00000	150
9	2900	1750	.01	- 1.00000	7

9: b_1 niet significant (op 5% basis)

6: b_1 niet significant (op 5% basis), t_o niet vast te stellen

[illegible]

Bijlage 4. Vervolg: Noord - na, raai I, centrum

$y = px + q$	$\log b_1 = f(D_r)$	$\log b_1 = f(D_o)$	$t_o = f(D_r)$	$t_o = f(D_o)$
aantal	10	10	10	10
$\bar{y}$	- 0.80166	- 0.80166	36.20	36.20
antilog $\bar{y}$	0.158	0.158	-	-
$\bar{x}$	667.50	172.50	667.50	172.50
p	- 0.000781	- 0.00174	0.036	0.087
s_p	0.000070	0.00044	0.032	0.087
q	- 0.280	- 0.502	12.1	21.1
antilog q	0.52	0.32	-	-
s_q	0.053	0.094	24.3	18.7
r	- 0.969	- 0.816	0.366	0.335
$s_{y.x}$	0.076	0.18	35.2	35.6
aantal		13		12
$\bar{y}$		- 1.10881		52.67
antilog $\bar{y}$		0.287		-
$\bar{x}$		378.85		297.92
p		- 0.00150		0.118
s_p		0.00015		0.033
q		- 0.542		17.5
antilog q		0.078		-
s_q		0.083		14.0
r		- 0.950		0.752
$s_{y.x}$		0.22		34.97

Bijlage 5. Gebruikte gegevens en uitkomsten bij het onderzoek naar de relatie tussen amplitudedemping, fasevertraging en afstand

N O O R D - N A , R A A I II E N III , W E S T E N O O S T

Nr	Afstand in m tot rivier D_r	Afstand in m tot open water D_o	Amplitude-verhouding b_1	log idem $\log b_1$	Fase-vertraging in min t_o
II					
11	725	250	0.12	- 0.92082	4
12	975	250	0.06	- 1.22185	67
14	225	225	0.26	- 0.58503	0
III					
5	325	50	0.24	- 0.61979	65
8	1125	200	0.02	- 1.69897	186
II					
13	1625	925	0.005	- 2.30103	191
III					
7	2000	1200	0.01	- 1.00000	0
10	1750	675	0.004	- 2.39794	0

7 b_1 niet significant (op 5% basis)

10 b_1 niet significant (op 5% basis)

13 b_1 significant > 0, risico 5%

Bijlage 5. Vervolg: Noord-na, raai II en III, west en oost

$y = px + q$	$\log b_1 = f(D_r)$	$\log b_1 = f(D_o)$	$t_o = f(D_r)$	$t_o = f(D_o)$
aantal	5	5	5	5
$\bar{y}$	- 1,00929	- 1,00929	64.40	64.40
antilog $\bar{y}$	0,0979	0,0979	-	-
$\bar{x}$	675,00	195.00	675.00	195.00
p	- 0,00112	- 0,0019	0.131	- 0.16
s_p	0,00020	0.0030	0.080	0.51
q	- 0.25	- 0.63	- 24.1	96.4
antilog q	0.56	0.23	-	-
s_q	0.15	0.63	61.0	106.5
r	- 0,954	- 0.348	0.687	- 0.183
$s_{y.x}$	0.16	0.50	63.1	85.3
aantal		6		6
$\bar{y}$		- 1.22458		85.50
antilog $\bar{y}$		0.060		-
$\bar{x}$		316.67		316.67
p		- 0.00178		0.15
s_p		0.00063		0.11
q		- 0.66		36.9
antilog q		0,22		-
s_q		0.27		48.5
r		- 0.815		0.556
$s_{y.x}$		0.44		78.8

Bijlage 6. Samenvatting uitkomsten lineaire betrekkingen

N O O R D - N A

Amplitudeverhouding b_1 en afstand D_r

raai I			raai II en III		
b_1	log b_1	D_r (m)	b_1	log b_1	D_r (m)
0.52	- 0.280	0	0.56	- 0.25	0
0.158	- 0.80166	667.50	0.10	- 1.000	669.64
0.10	- 1.000	921.90	0.0979	- 1.00929	675.00
0.01	- 2.000	2202.30	0.01	- 2.000	1562.50
	helling	$- 0.781 \times 10^{-3}$			$- 1.12 \times 10^{-3}$
	n	10			5
	r	- 0.969			- 0.954
	s	0.076			0.16

Fasevertraging t_o en afstand D_r

t_o (min)	D_r (m)		t_o (min)	D_r (m)	
12.1	0		- 24.1	0	
36.20	667.50		64.40	675.00	
120	2997.22		120	1558.02	
180	4663.89		180	1100.00	
	helling	0.036			0.131
	n	10			5
	r	0.366			0.687
	s	35.2			63.1

Bijlage 7. Gebruikte gegevens en uitkomsten bij het onderzoek naar de relatie tussen amplitudedemping, fasevertraging en afstand

N O O R D - V O O R , R A A I I , C E N T R U M

Nr	Afstand in m tot		Amplitude-verhouding	log idem	Fase-vertraging in min
	rivier	open water			
	D_r	D_o	b_1	$\log b_1$	t_o
114	nog niet in bedrijf				
A	400	125	0.34	- 0.46852	0
B	150	150	0.42	- 0.37675	30
C	450	100	0.26	- 0.58503	100
1	1275	450	0.07	- 1.15490	95
2	975	375	0.15	- 0.82391	65
15	550	75	0.28	- 0.55284	15
16	875	75	0.18	- 0.74473	0
17	275	50	0.36	- 0.44370	33
18	725	100	0.21	- 0.67778	10
6	2150	1350	0.01	- 2.00000	335
4	1725	1050	0.06	- 1.22185	80
3	1625	800	0.04	- 1.39794	175
9	2900	1750	0.05	- 1.30103	20

alle b_1 significant > 0, risico 1%

[illegible]

Bijlage 7. Vervolg: Noord-voor, raai I, centrum

$y = px + q$	$\log b_1 = f(D_r)$	$\log b_1 = f(D_o)$	$t_o = f(D_r)$	$t_o = f(D_o)$
aantal	9	9	9	9
$\bar{y}$	- 0.64757	- 0.64757	38.67	38.67
antilog $\bar{y}$	0.225	0.225	-	-
$\bar{x}$	630.56	166.67	630.56	166.67
p	- 0.000644	- 0.00132	0.037	0.166
s_p	0.000056	0.00038	0.038	0.081
q	- 0.24	- 0.427	15.2	11.0
antilog q	0.57	0.37	-	-
s_q	0.04	0.082	27.3	17.4
r	- 0.975	- 0.793	0.347	0.613
$s_{y.x}$	0.057	0.16	39.0	32.9
aantal		12		12
$\bar{y}$		- 0.87066		78.17
antilog $\bar{y}$		0.135		-
$\bar{x}$		391.67		391.67
	-		-	
p		- 0.00103		0.184
s_p		0.00012		0.037
q		- 0.468		5.98
antilog q		0.34		-
s_q		0.071		21.14
r		- 0.935		0.846
$s_{y.x}$		0.18		53.69

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]			
70.00	70.00	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	20.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	1000.0	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
	[illegible]		[illegible]	
	[illegible]	[illegible]		
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	[illegible]			
[illegible]				
[illegible]		[illegible]		[illegible]
[illegible]		[illegible]		[illegible]
[illegible]		[illegible]		
[illegible]		[illegible]		[illegible]
[illegible]				
[illegible]		[illegible]		
[illegible]				

Bijlage 8. Gebruikte gegevens en uitkomsten bij het onderzoek naar de relatie tussen amplitudedemping, fasevertraging en afstand

N O O R D - V O O R , R A A I II E N III , W E S T E N O O S T

Nr	Afstand in m tot rivier D_r	Afstand in m tot open water D_o	Amplitude-verhouding b_1	log idem $\log b_1$	Fase-vertraging in min t_o
II					
11	725	250	0.17	- 0.76955	45
12	975	250	0.08	- 1.09691	90
14	225	225	0.36	- 0.44370	13
III					
5	325	50	0.27	- 0.56864	55
8	1125	200	0.06	- 1.22185	93
II					
13	1625	925	0.01	- 2.00000	240
III					
7	2000	1200	0.09	- 1.04576	?
10	1750	675	0.05	- 1.30103	126

alle b_1 significant > 0, risico 1%

Bijlage 8. Vervolg: Noord-voor, raai II en III, west en oost

$y = px + q$	$\log b_1 = f(D_r)$	$\log b_1 = f(D_o)$	$t_o = f(D_r)$	$t_o = f(D_o)$
aantal	5	5	5	5
$\bar{y}$	- 0.82013	- 0.82013	59.20	59.20
antilog $\bar{y}$	0.151	0.151	-	-
$\bar{x}$	675.00	195.00	675.00	195.00
p	- 0.000837	- 0.0014	0.074	0.01
s_p	0.000079	0.0022	0.023	0.23
q	- 0.255	- 0.54	9.1	57.1
antilog q	0.56	0.29	-	-
s_q	0.060	0.45	17.9	48.0
r	- 0.987	- 0.355	0.876	0.027
$s_{y.x}$	0.062	0.36	18.5	38.5
aantal		8		7
$\bar{y}$		- 1.05593		94.57
antilog $\bar{y}$		0.0879		-
$\bar{x}$		471.88		367.86
p		- 0.00070		0.209
s_p		0.00039		0.051
q		- 0.72		17.8
antilog q		0.19		-
s_q		0.24		23.7
r		- 0.593		0.879
$s_{y.x}$		0.43		38.6

Bijlage 9. Samenvatting uitkomsten lineaire betrekkingen

N O O R D - V O O R

Amplitudeverhouding b_1 en afstand D_r

r a a i I			r a a i II en III		
b_1	log b_1	D_r (m)	b_1	log b_1	D_r (m)
0.57	- 0.24	0	0.56	- 0.255	0
0.225	- 0.64757	630.56	0.151	- 0.82013	675.00
0.10	- 1.0000	1180.12	0.10	- 1.0000	890.08
0.01	- 2.0000	2732.92	0.01	- 2.0000	2084.83
	helling	$- 0.644 \times 10^{-3}$			$- 0.837 \times 10^{-3}$
	n	9			5
	r	- 0.975			- 0.987
	s	0.057			0.06

Fasevertraging t_o en afstand D_r

t_o (min)	D_r (m)		t_o (min)	D_r (m)	
15.2	0		9.1	0	
38.67	630.56		59.20	675.00	
120	2832.43		120	1498.65	
180	4454.05		180	2309.46	
	helling	0.037			0.074
	n	9			5
	r	0.347			0.876
	s	39.0			18.5

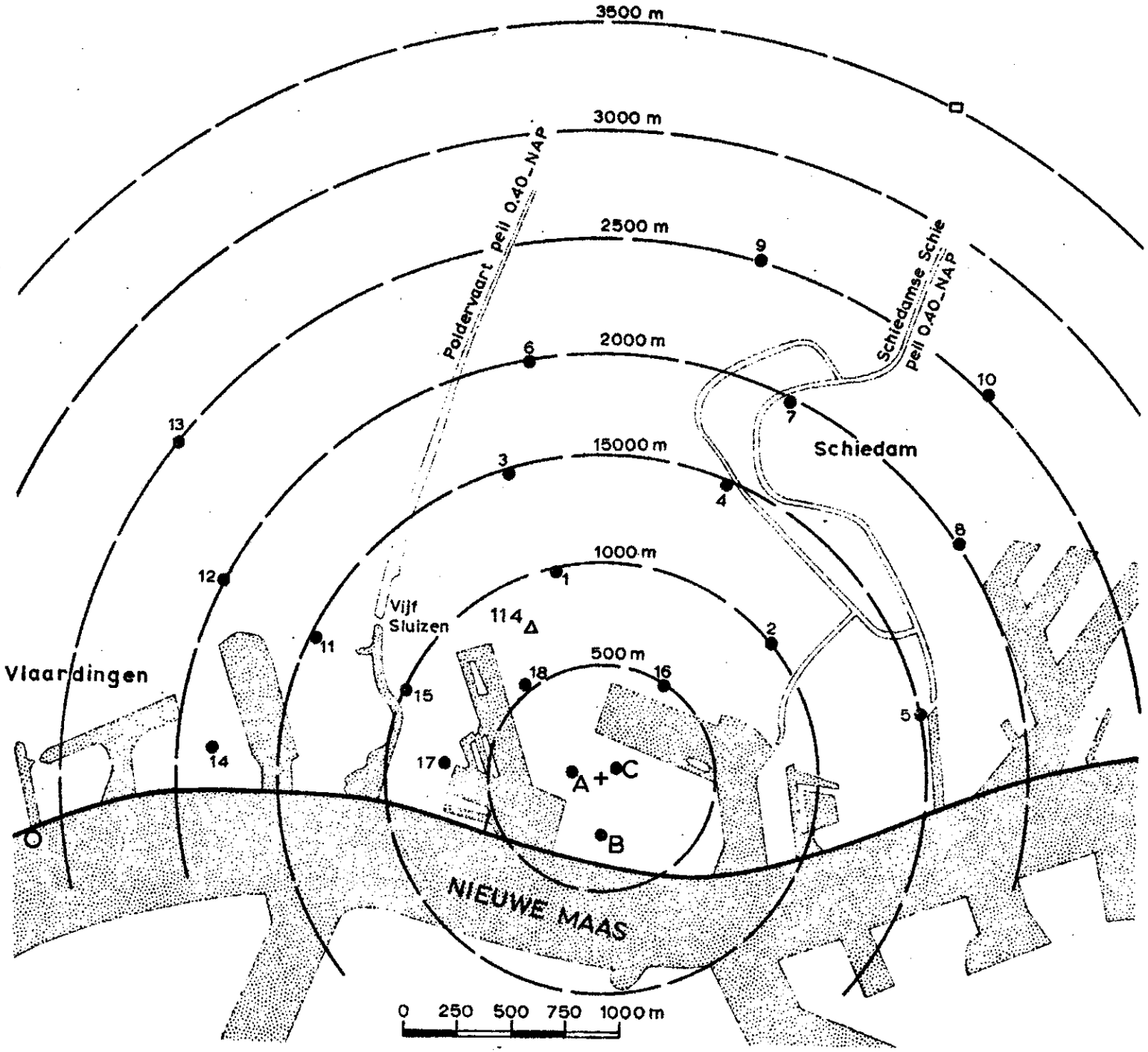


fig. 1

OVERZICHTSKAART
ligging peilbuizen voor het diepe grondwater op de noordelijke Maasoever

● opgemeten tijdens ijking van 9_12 okt. 1962

Δ zelfregistrerende meter vanaf 22 juni 1963

O meetpunt rivierpeil

+ middelpunt concentrische cirkels

▫ peilput van Archief van Grondwaterstanden

▒ in verbinding met open water

—— geschematiseerde rivieroever

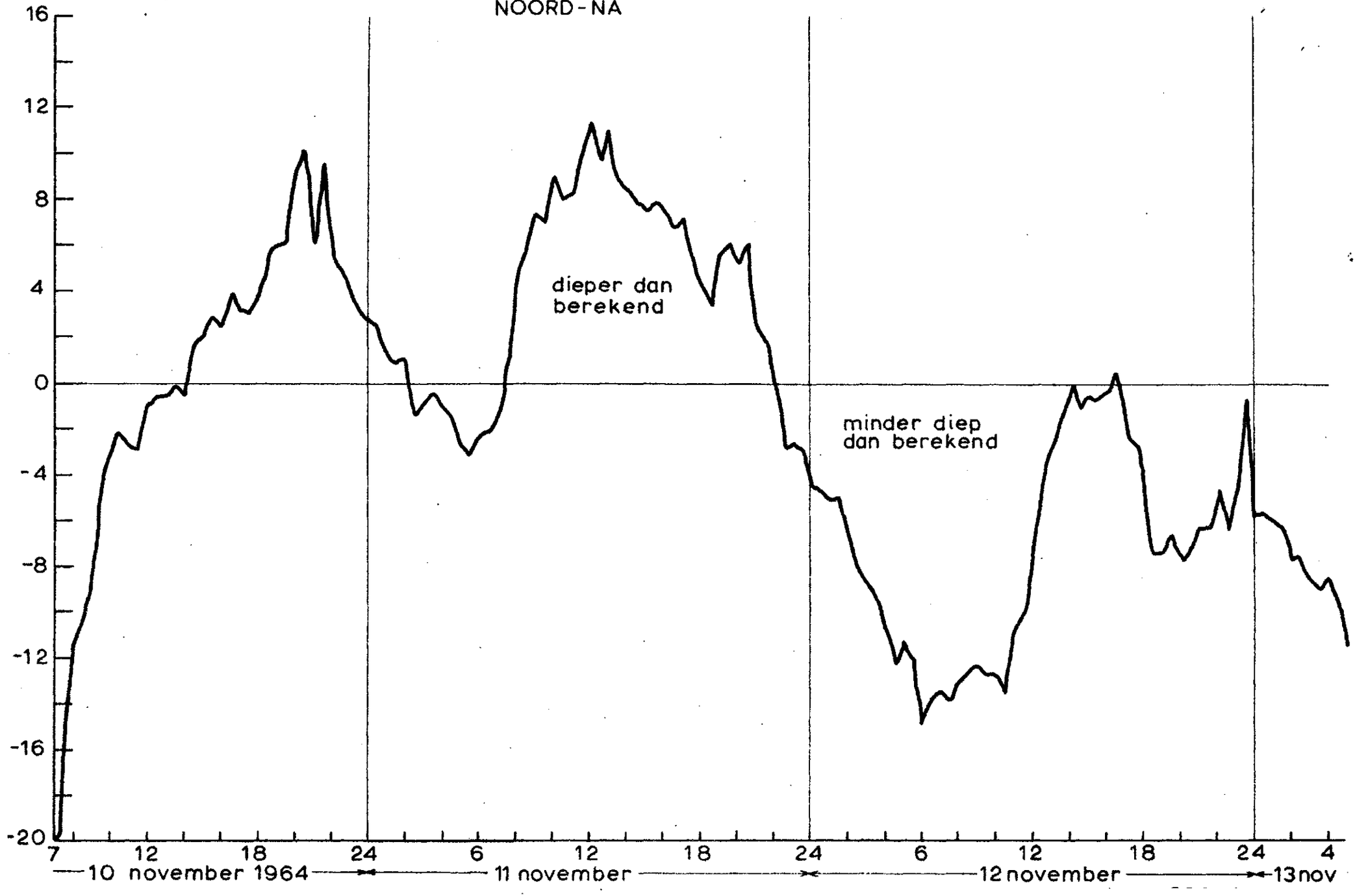
schaal 1 : 25 000

ontleend aan kaart van het afmalingsplan van de Commissie Wateronttrekking

68C. 76.1/3.1

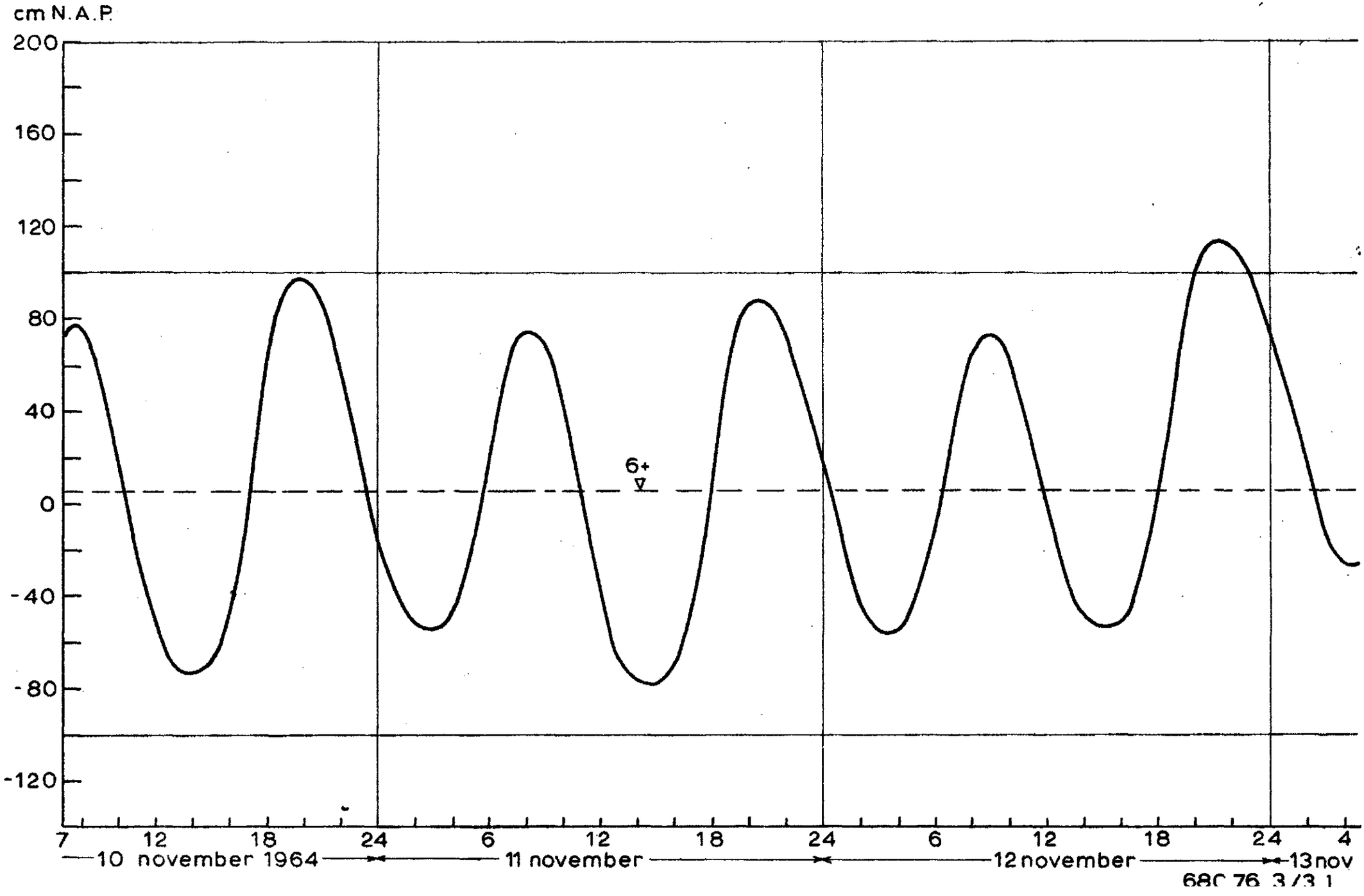
Verschillen tussen gemeten waterstanden in peilbuis 16
en met behulp van de rivierstanden berekende waarden
NOORD-NA

fig. 2



Rivierstand tijdens metingen van nov. 1964
NOORD - NA

fig. 3



68C 76 3/3 1

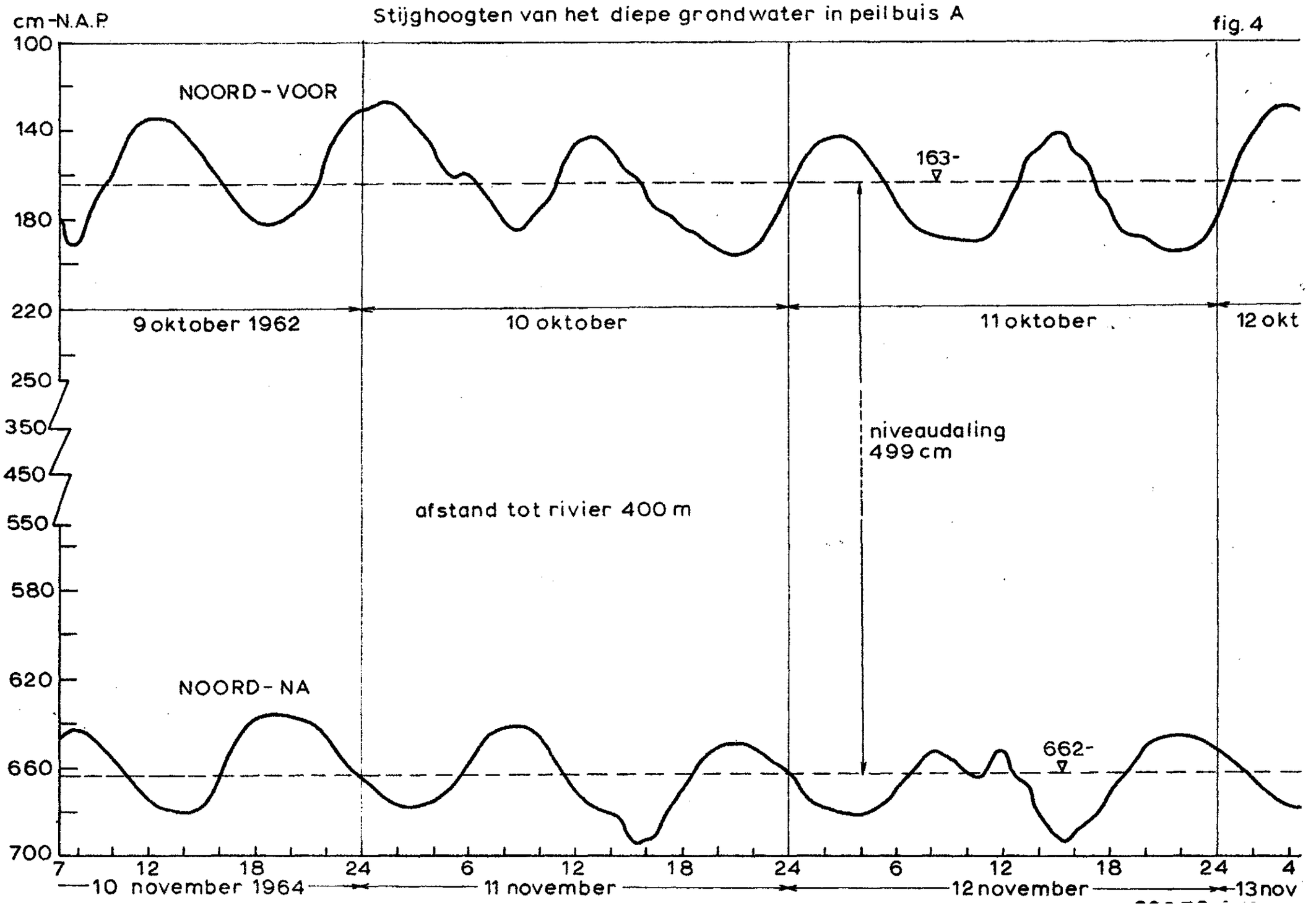
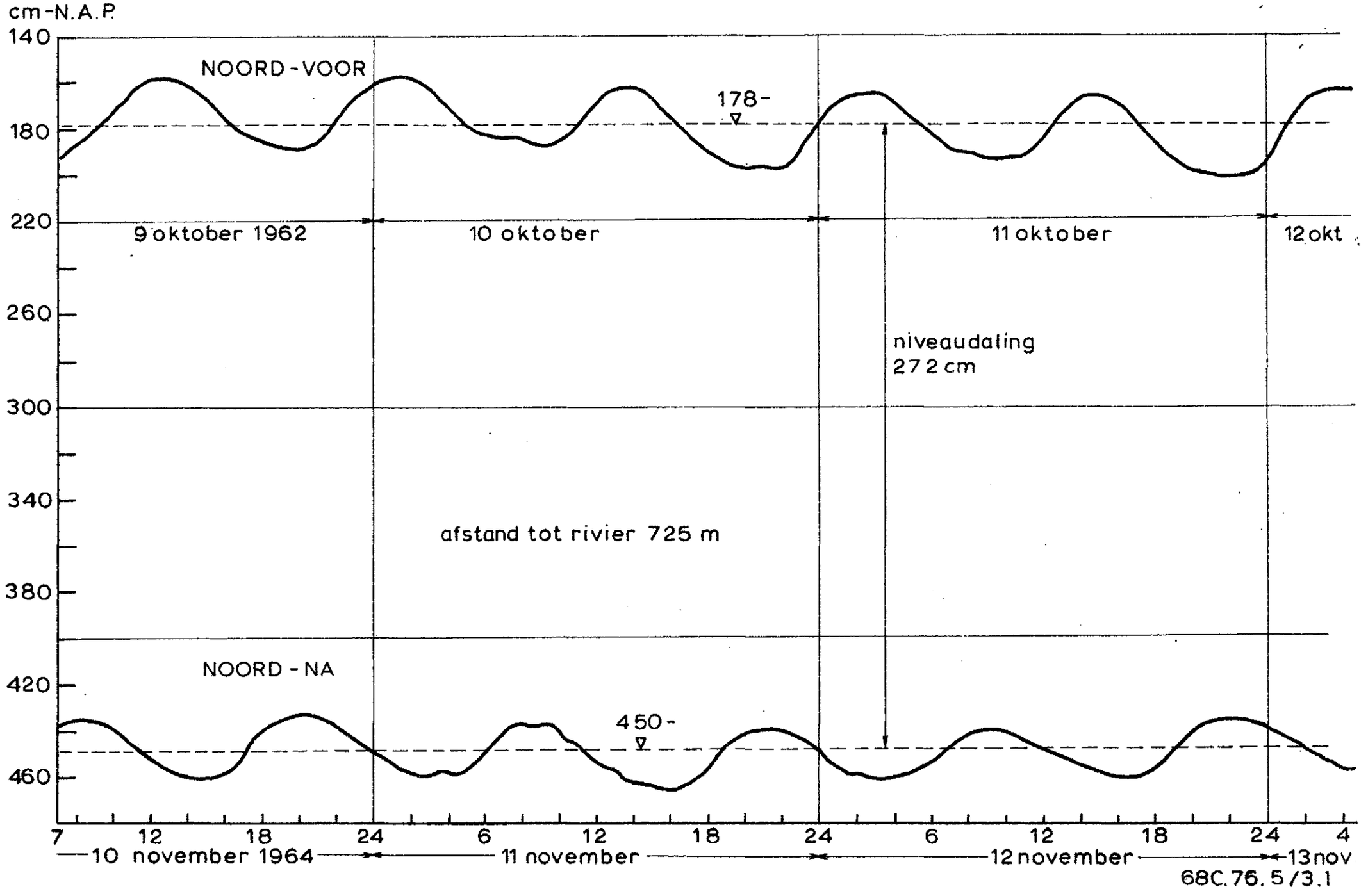

Stijghoogten van het diepe grondwater in peilbuis A
fig. 4
cm-N.A.P.
100
140
180
220
250
350
450
550
580
620
660
700
NOORD-VOOR
163-
9 oktober 1962
10 oktober
11 oktober
12 okt
niveaudaling
499 cm
afstand tot rivier 400 m
NOORD-NA
662-
7
12
18
24
6
12
18
24
6
12
18
24
4
10 november 1964
11 november
12 november
13 nov

fig. 5

Stijghoogten van het diepe grondwater in peilbuis 18



68C.76.5/3.1

fig. 6

Stijghoogten van het diepe grondwater in peilbuis 2

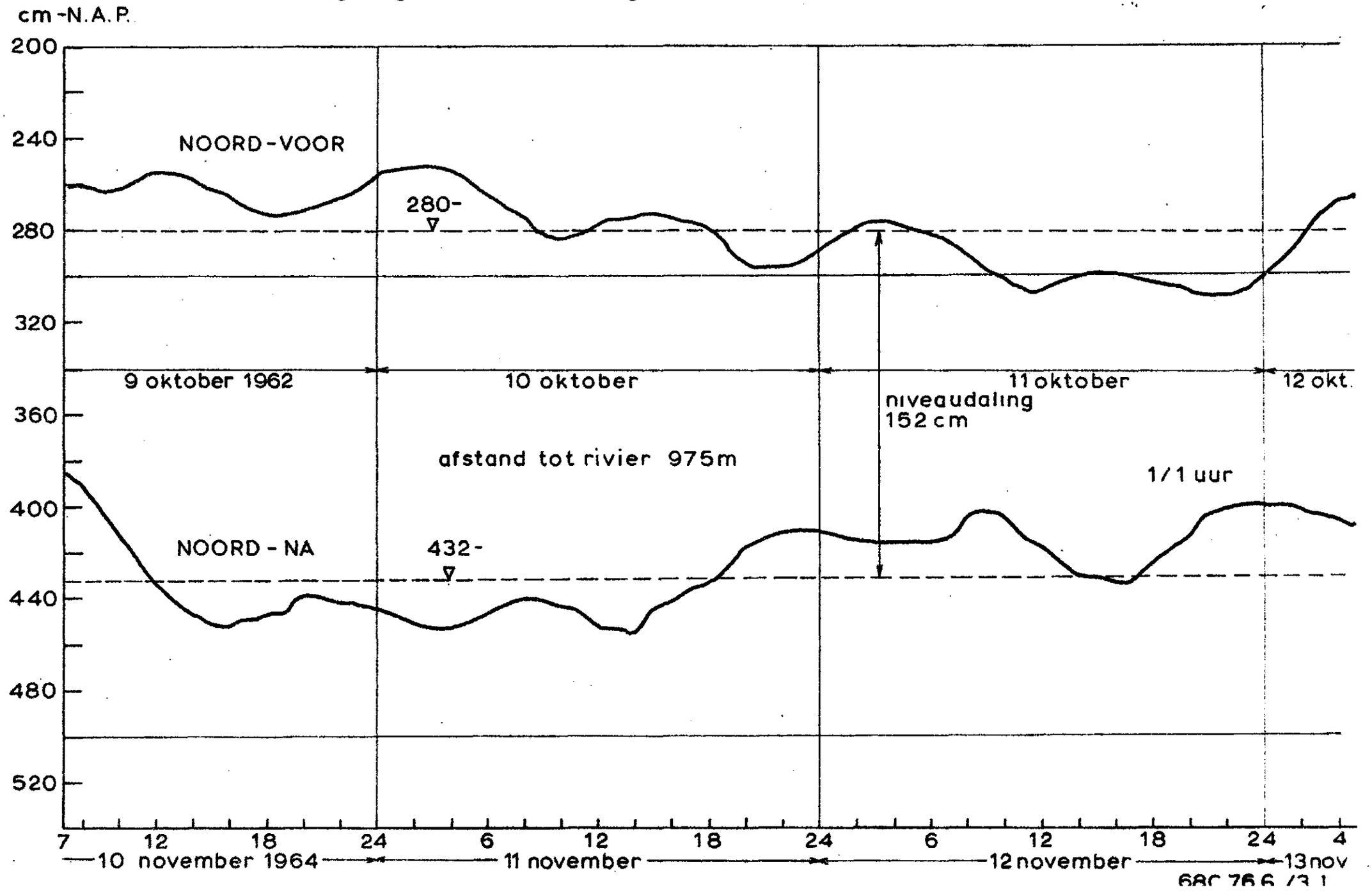


fig. 7

Stijghoogten van het diepe grondwater in peilbuis 1

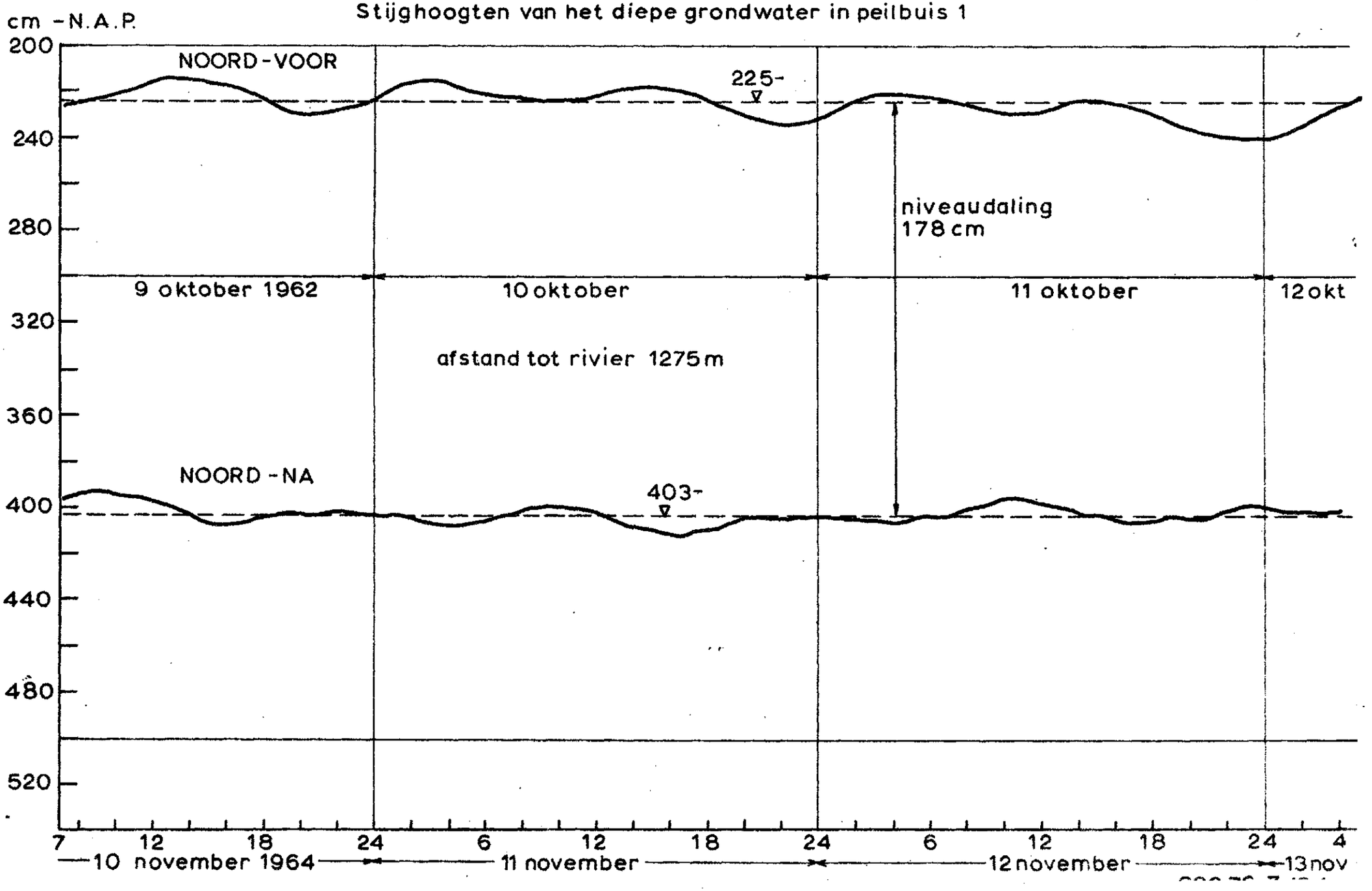
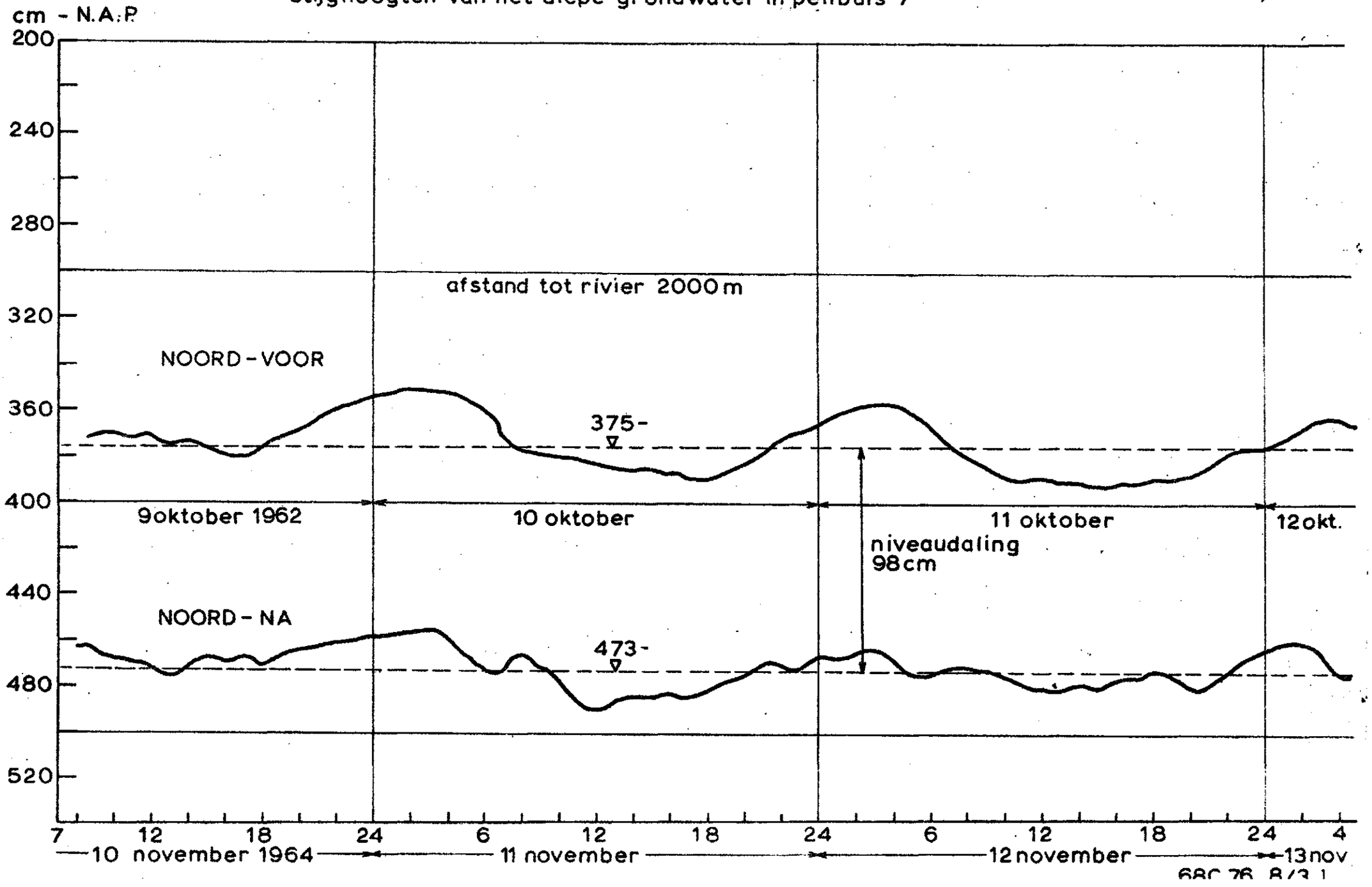
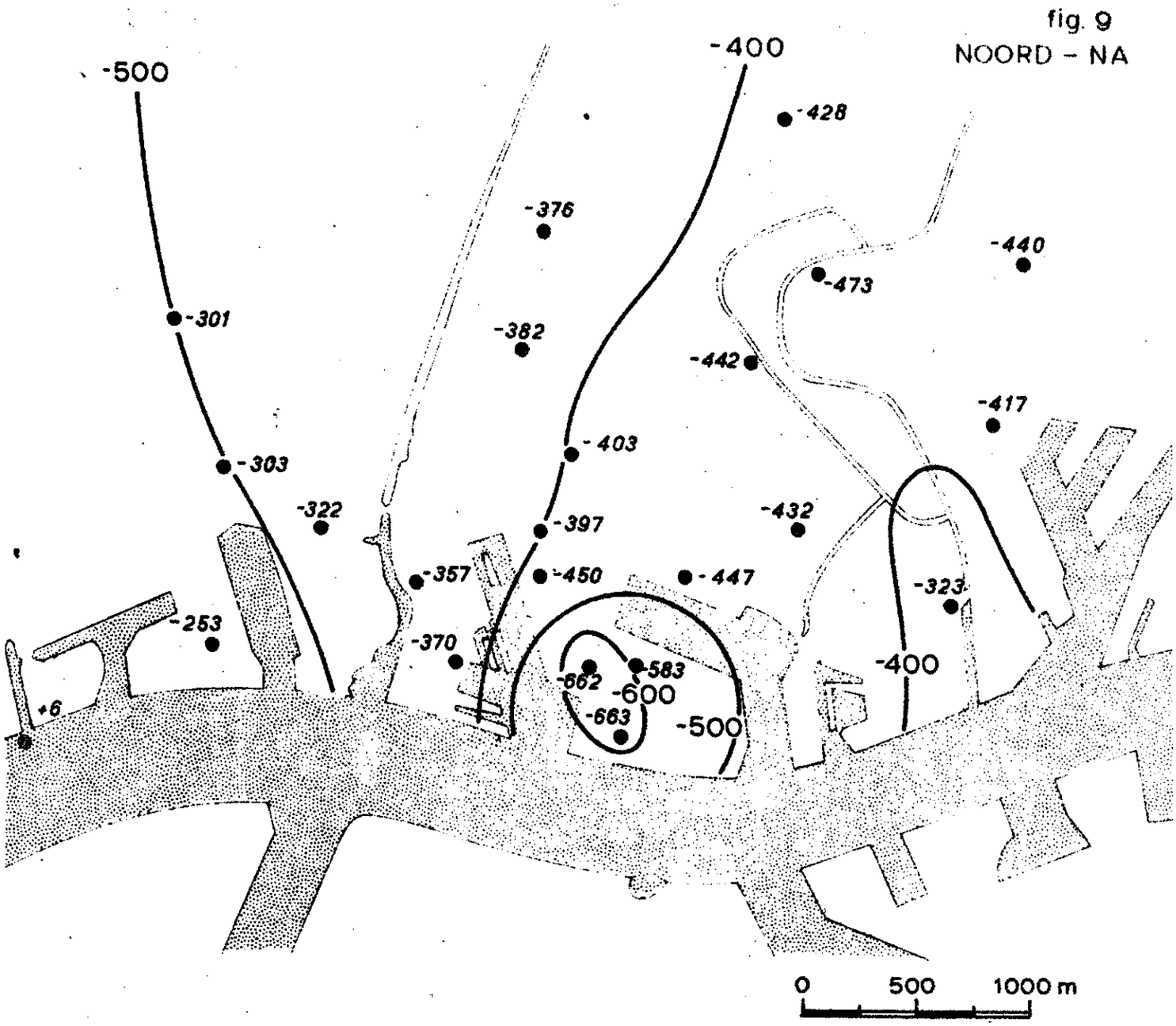


fig. 8

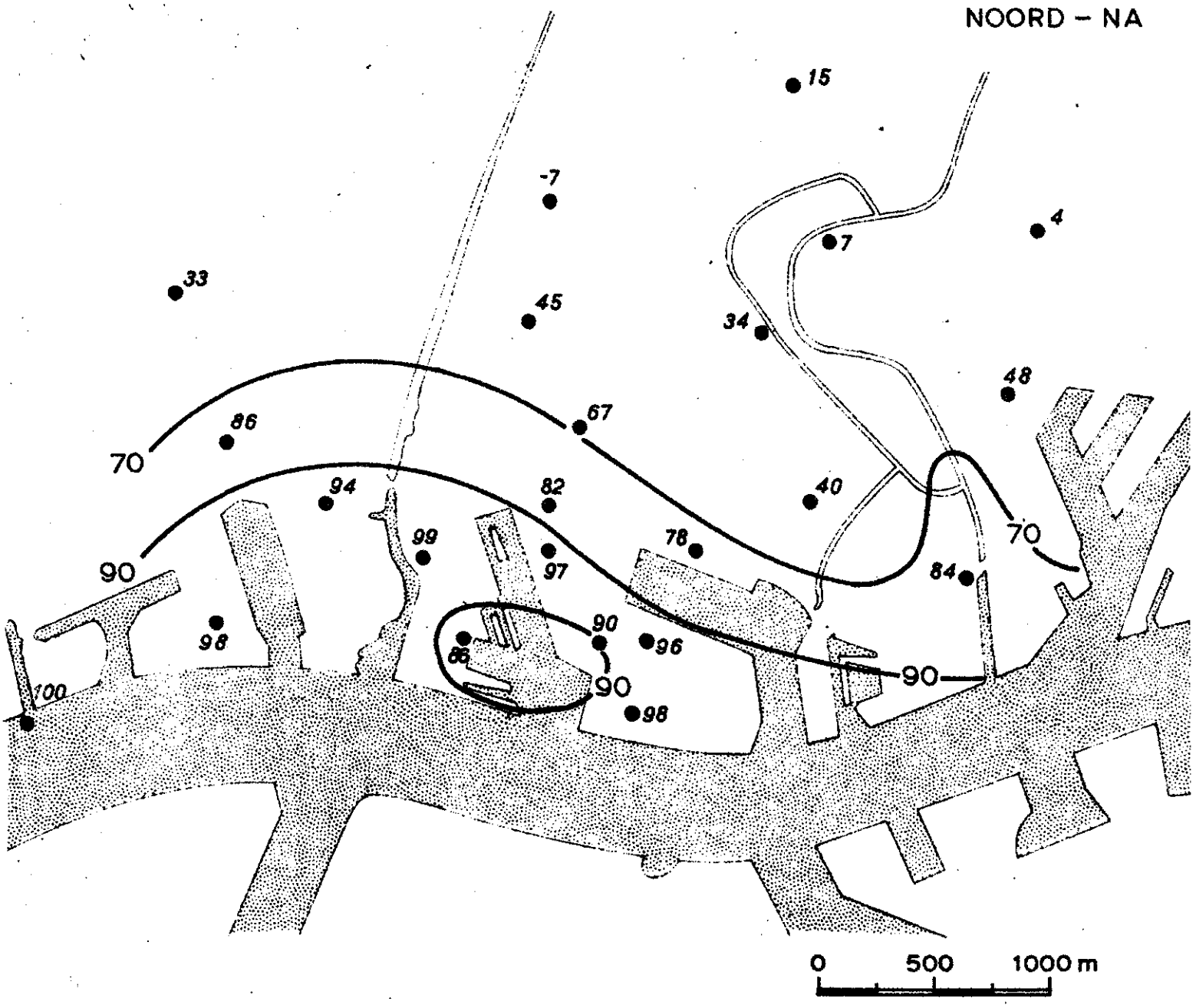
Stijghoogten van het diepe grondwater in peilbuis 7





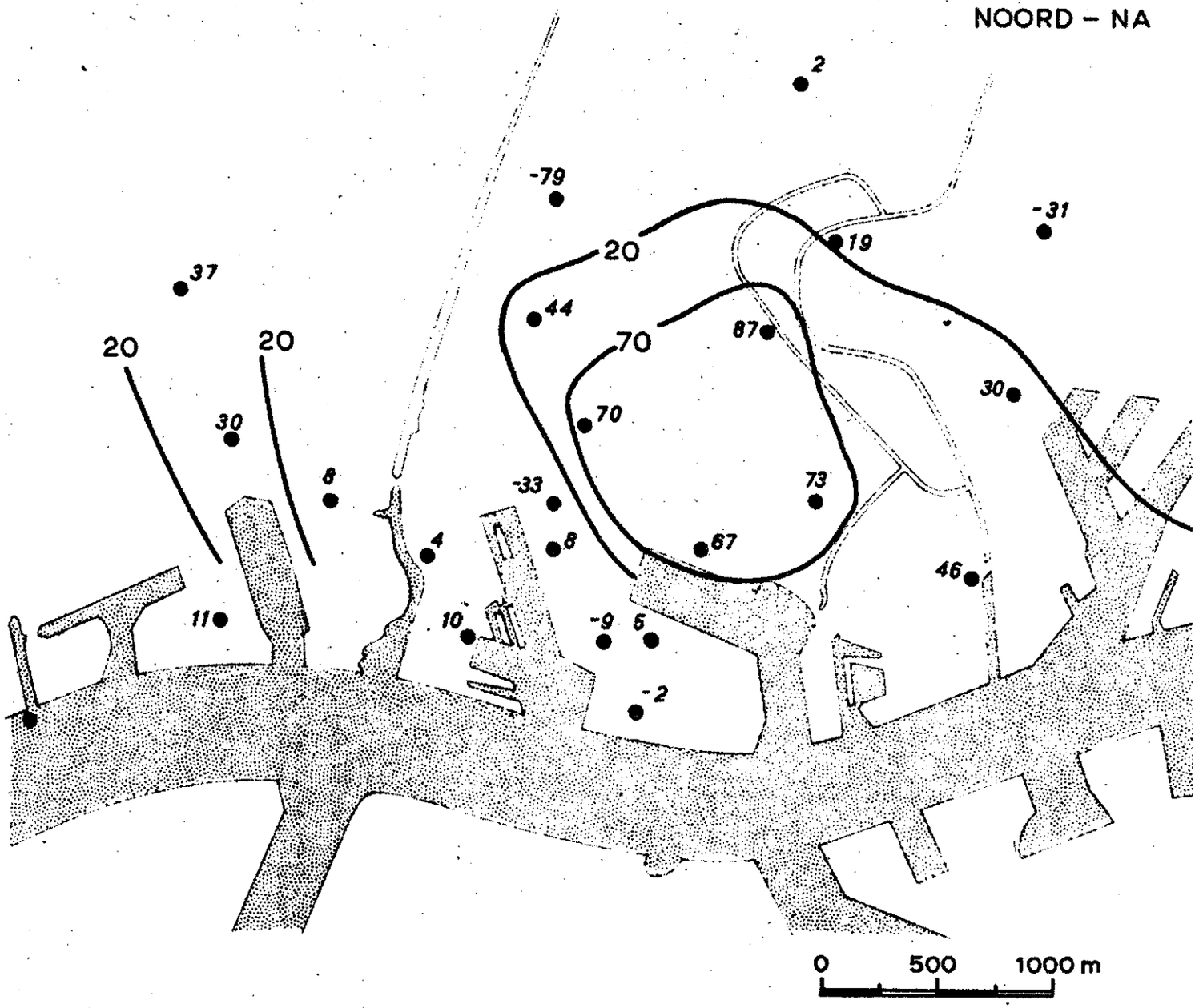
Gemiddelde stijghoogten van het diepe grondwater in cm t.o.v. N.A.P.
periode 10-13 november 1964

fig. 10
NOORD – NA



Correlatie coefficient (x 100) tussen rivierstanden en de stijghoogten van het diepe grondwater
periode 10 – 13 november 1964

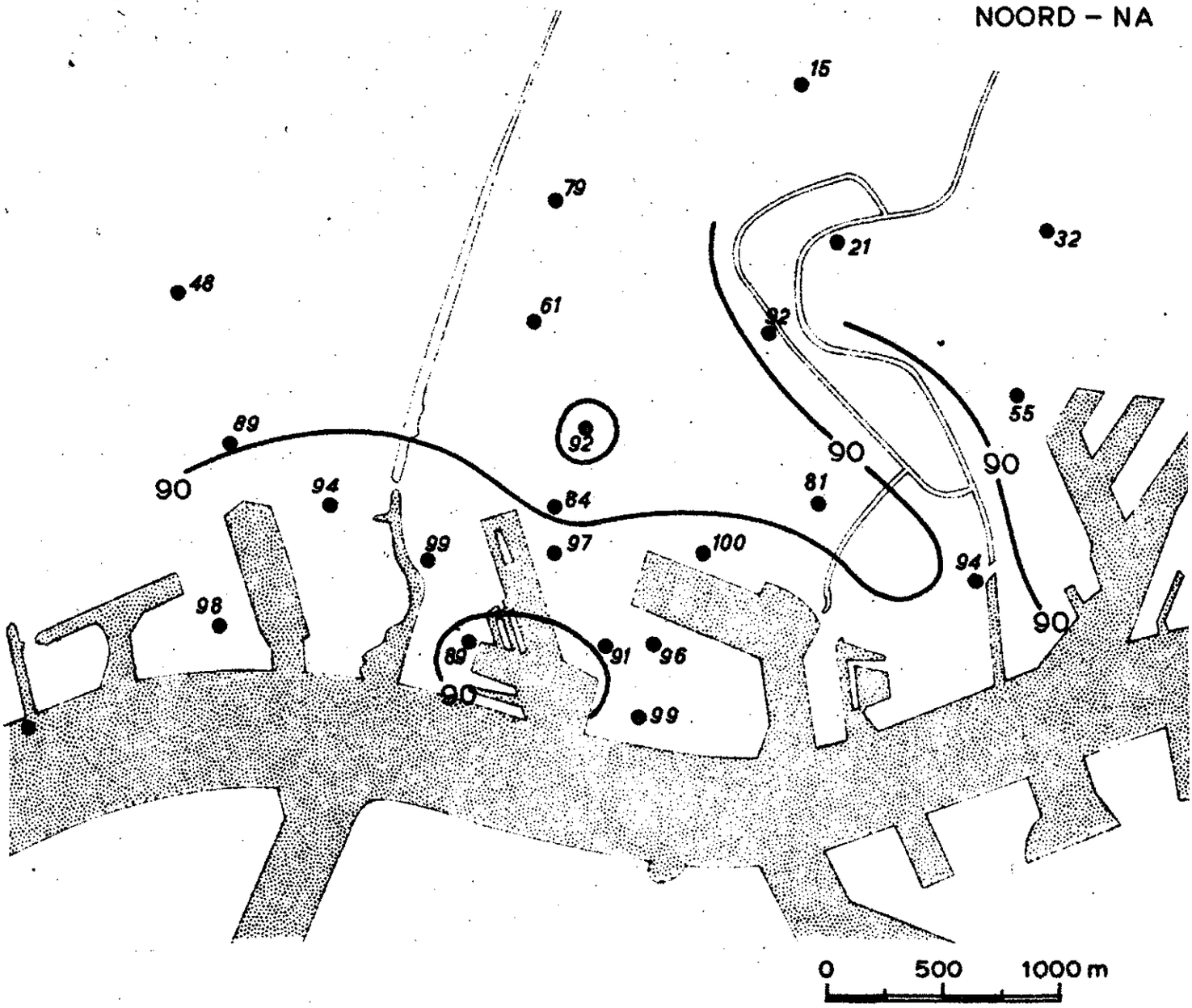
fig. 11
NOORD – NA



Correlatie coefficienten tussen "16" en de stijghoogten van
het diepe grondwater
periode 10- 13 november 1964

68C.76.11 / 3.1

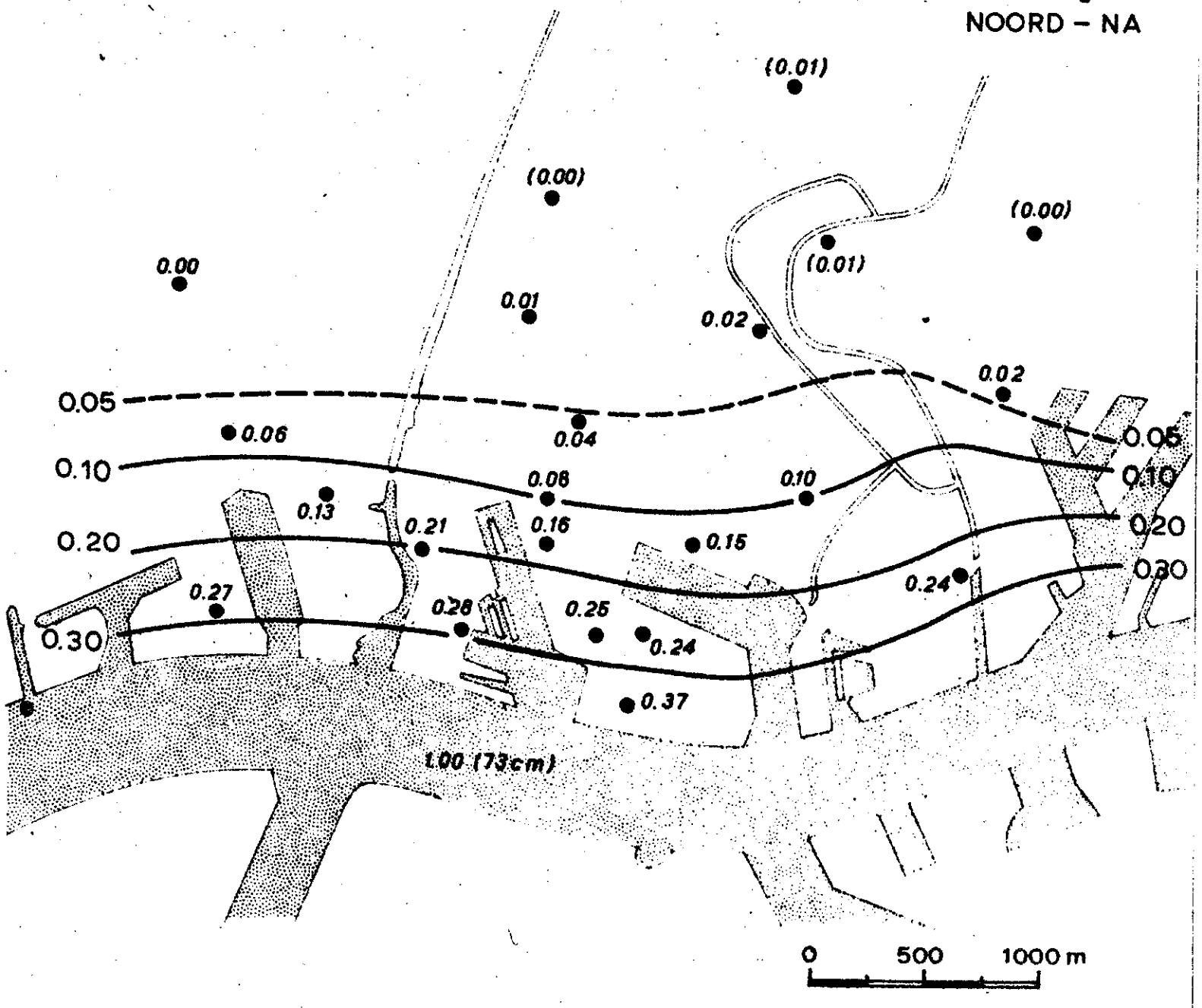
fig. 12
NOORD – NA



Multipele correlatie coefficienten bij het reconstrueren van stijghoogten uit rivierstanden en "16"
periode 10 - 13 november 1964

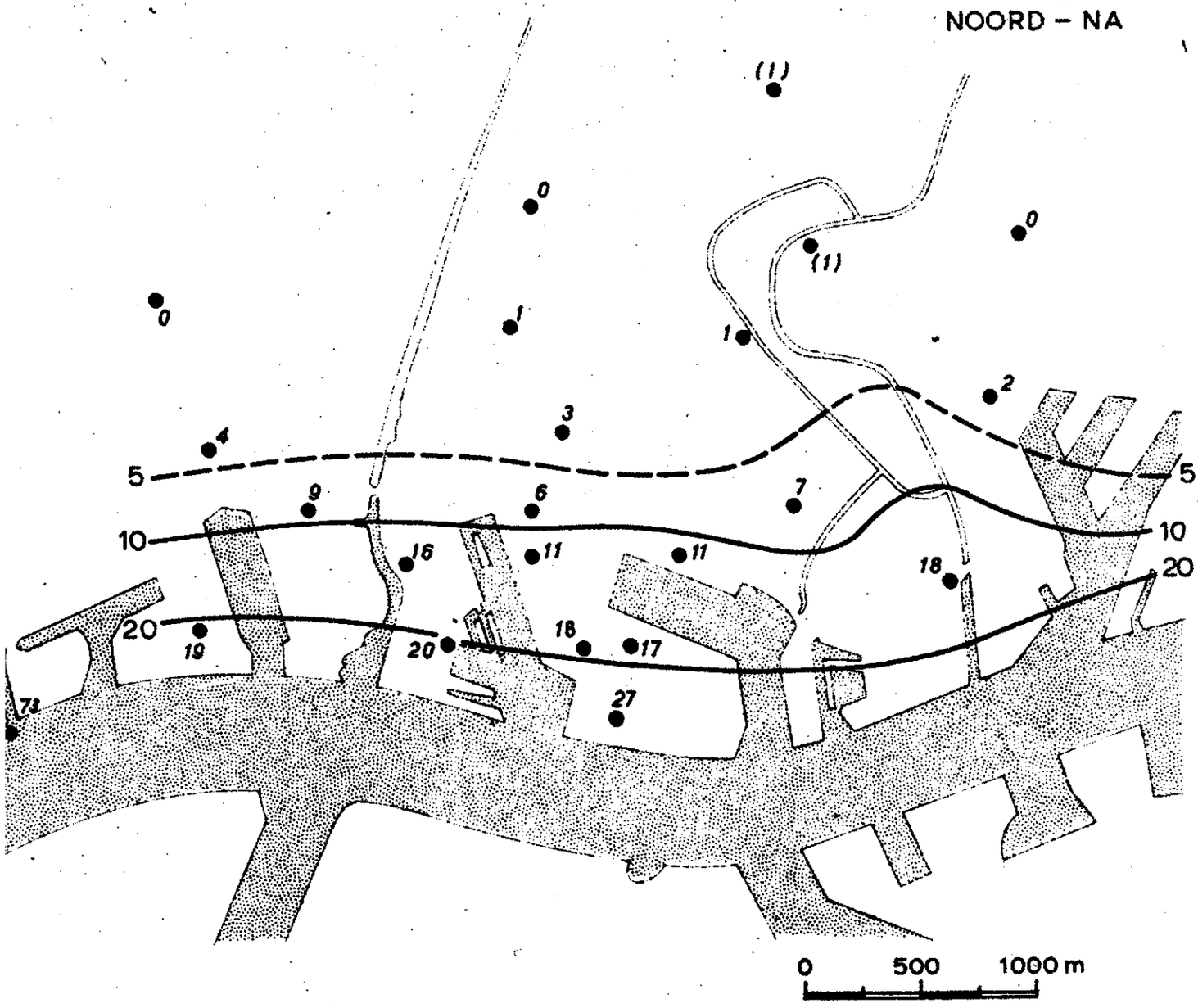
68 C. 76.12 / 3.1

fig. 13
NOORD – NA



Amplitudeverhouding met de rivier
periode 10 - 13 november 1964

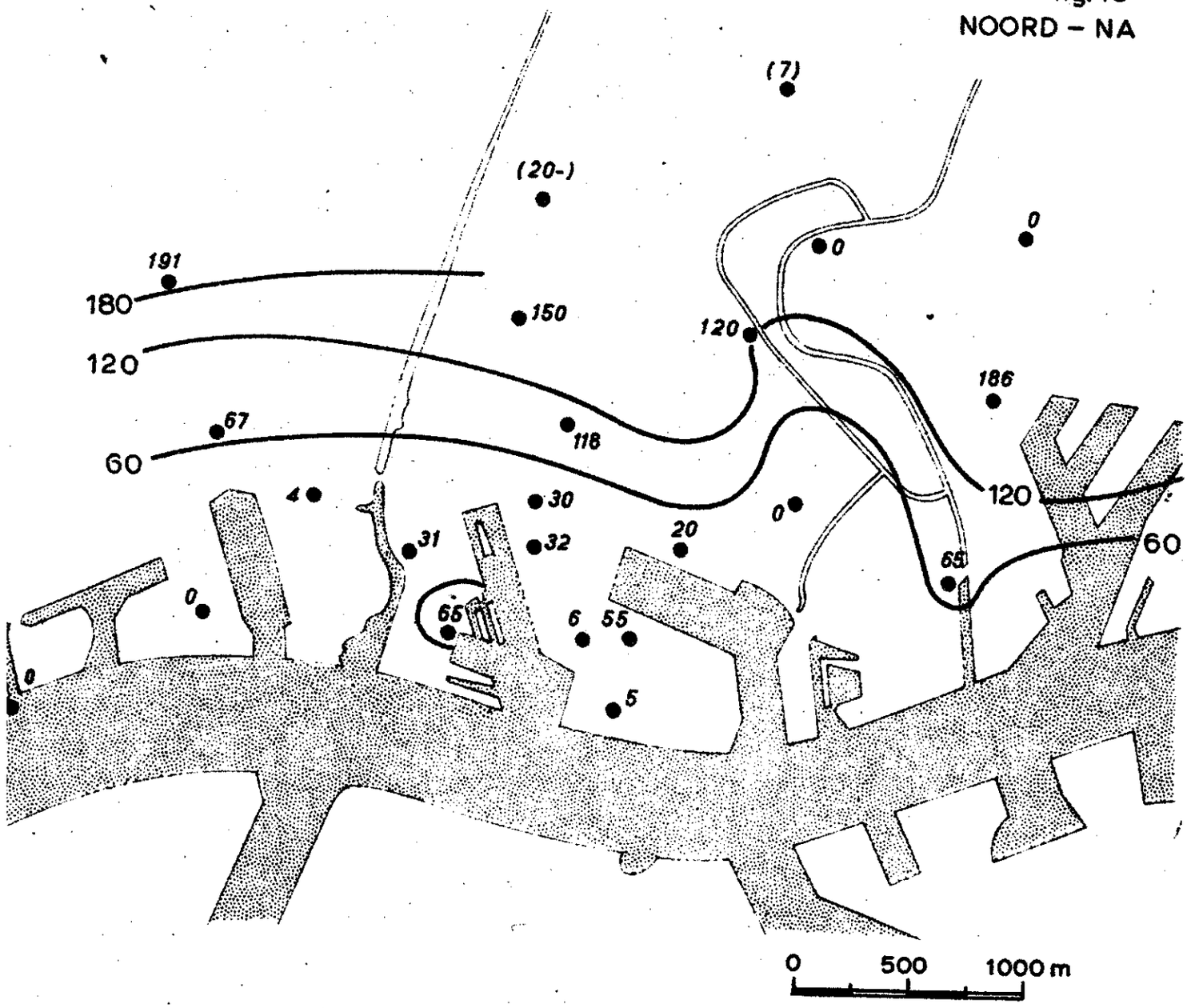
fig. 14
NOORD – NA



Gemiddelde amplitude in cm
periode 10 – 13 november 1964

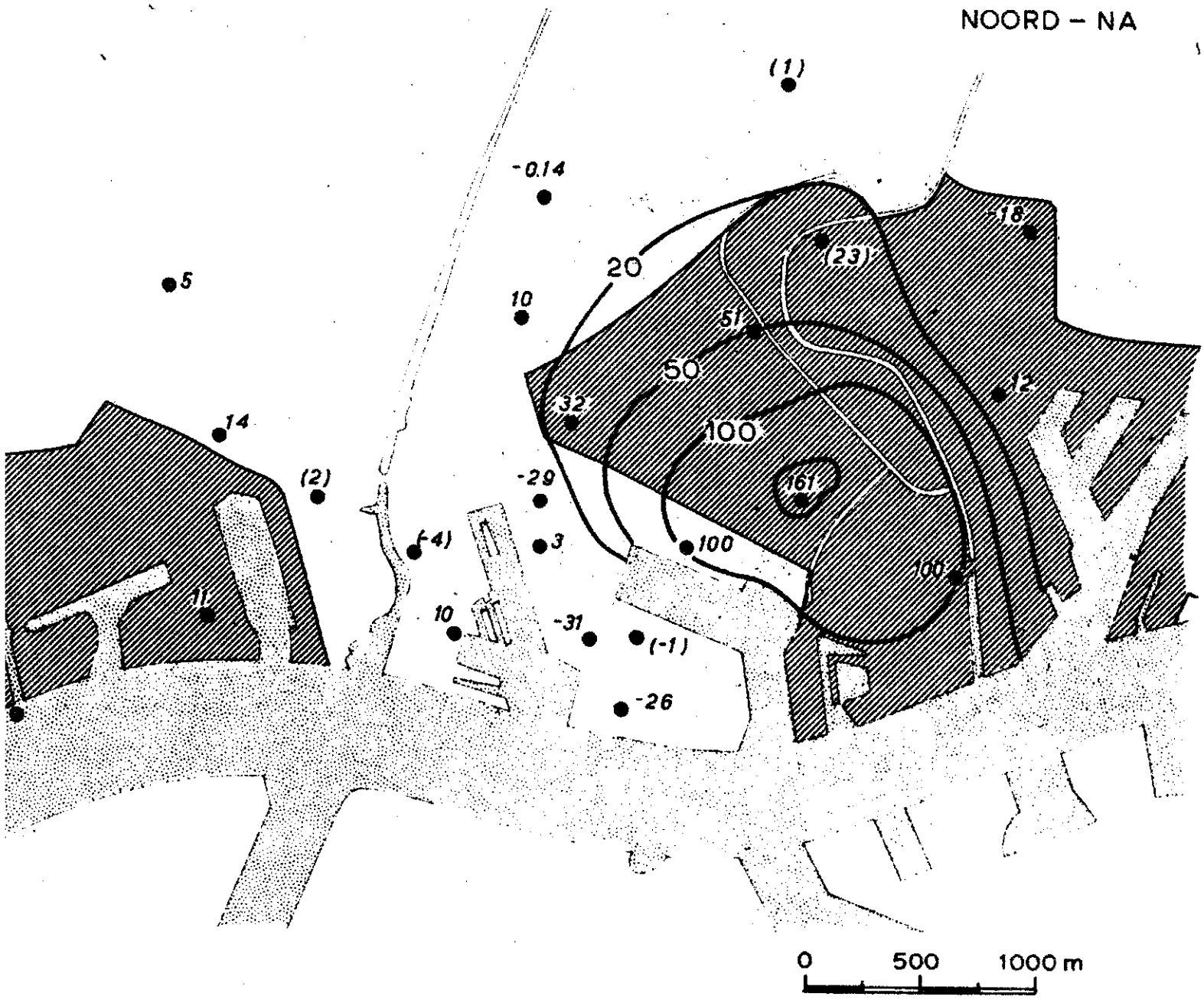
68 C. 76.14/3.1

fig. 15
NOORD – NA



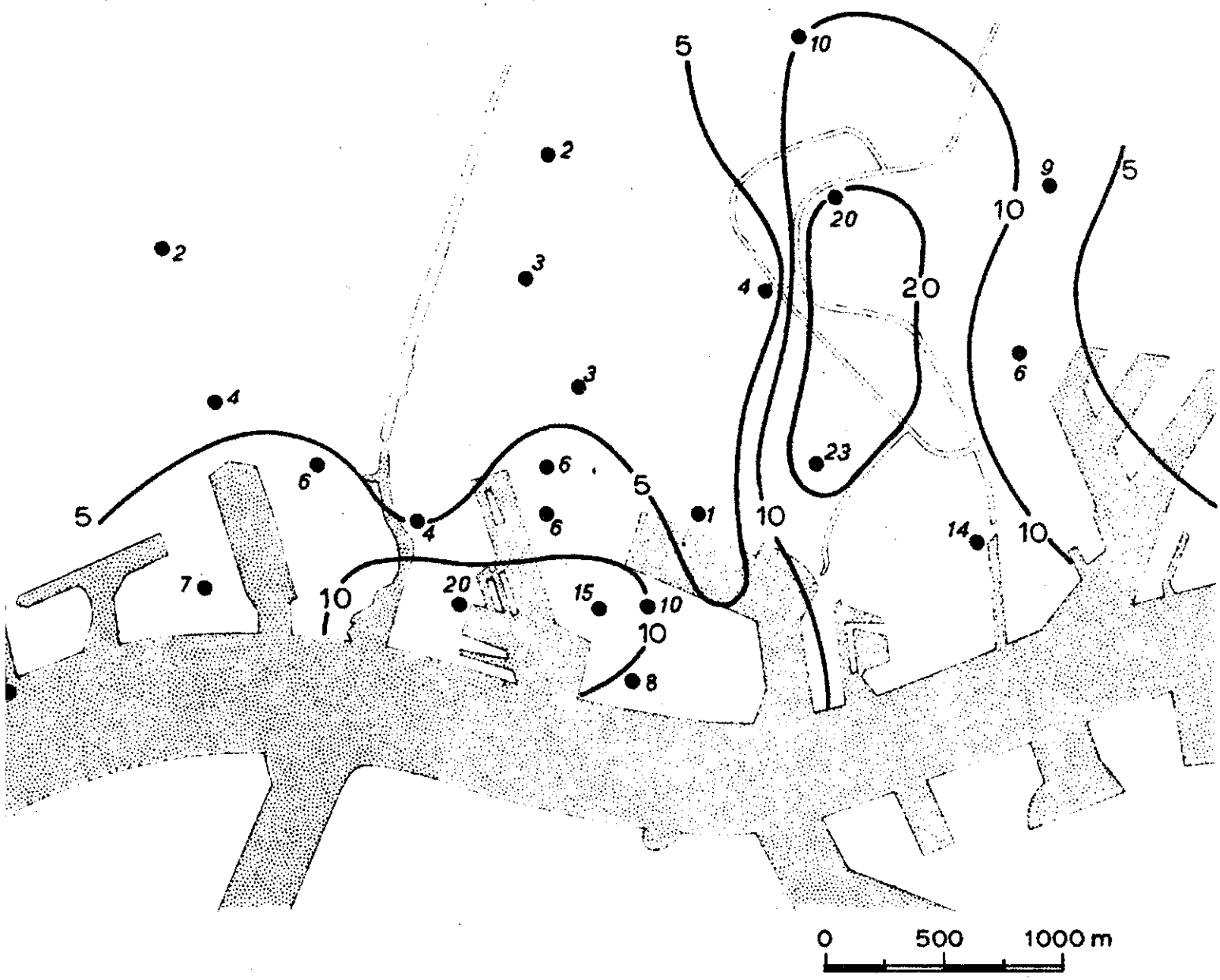
Vertraging in minuten van de waterstandsbeweging t.o.v. de rivier
periode 10 – 13 november 1964

fig. 16
NOORD – NA



Coefficienten b_2(x100) voor plaatseffect t.o.v. buis "16"
periode 10 - 13 november 1964

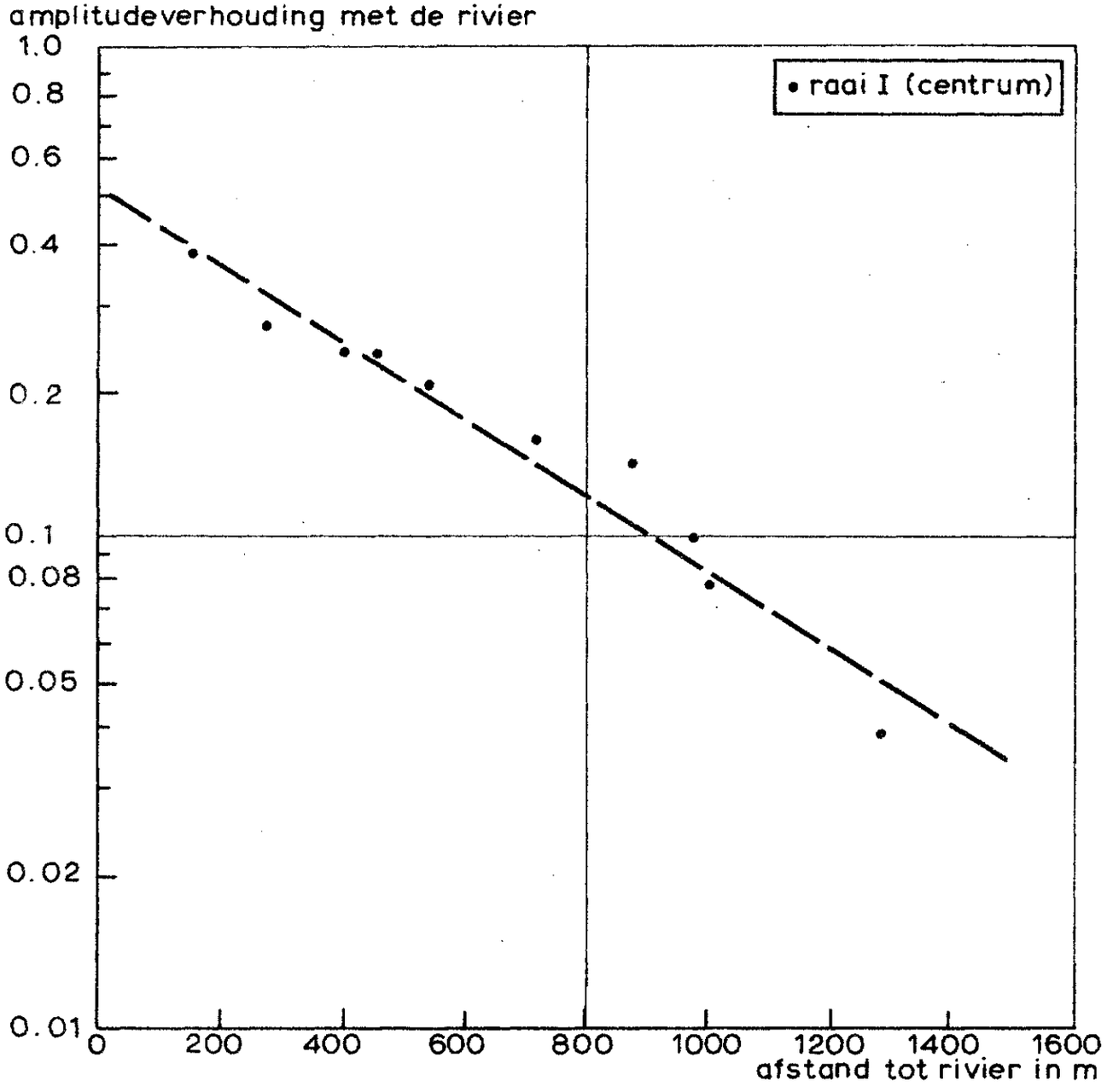
fig. 17
NOORD – NA



Verschillen in cm tussen gemeten en berekende stijghoogten die met een kans van 1 % (eenzijdig) overschreden worden.

fig. 18

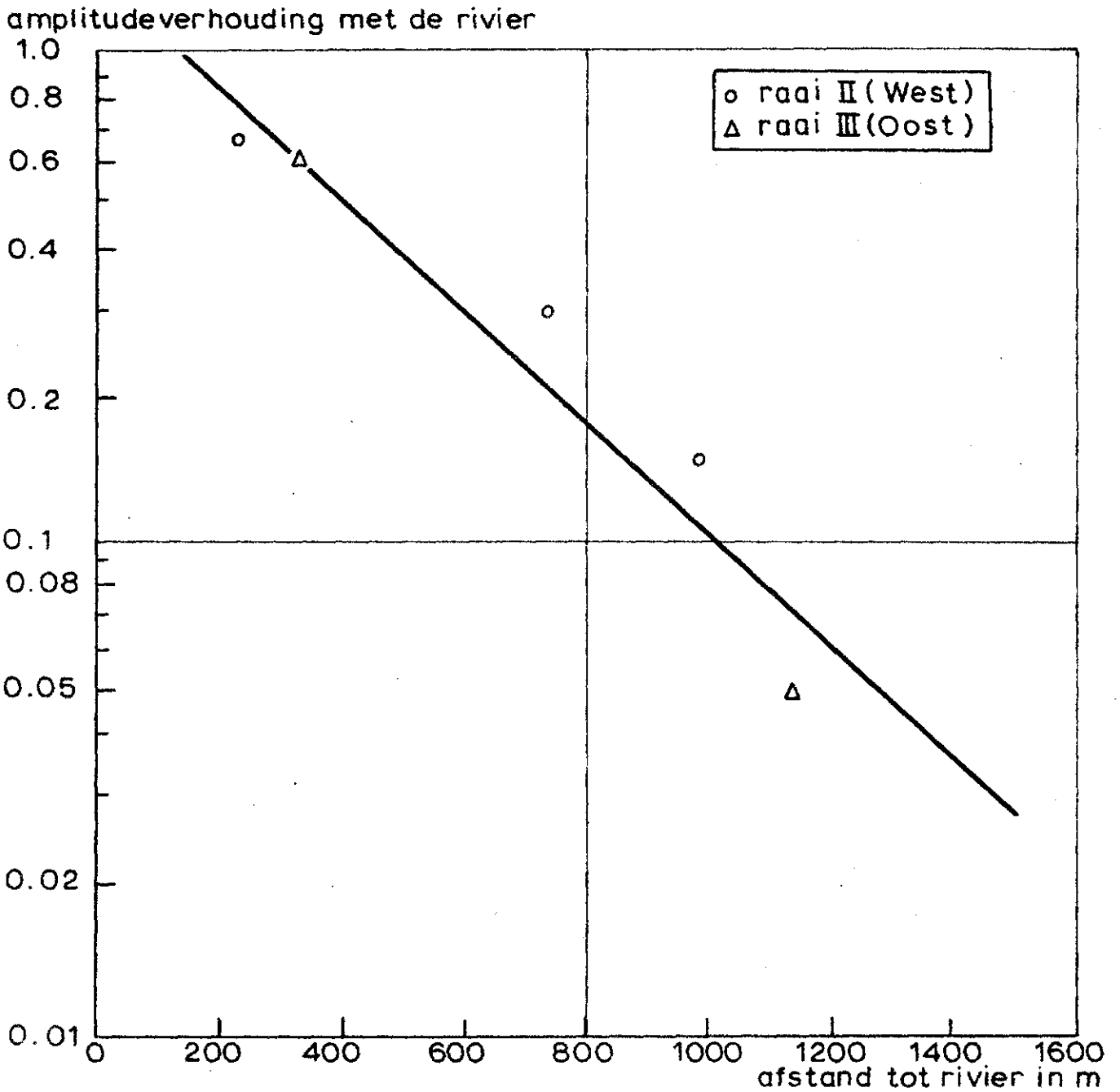
Het verband tussen amplitudeverhouding en afstand
NOORD - NA



68C.76.18/3.1

fig. 19

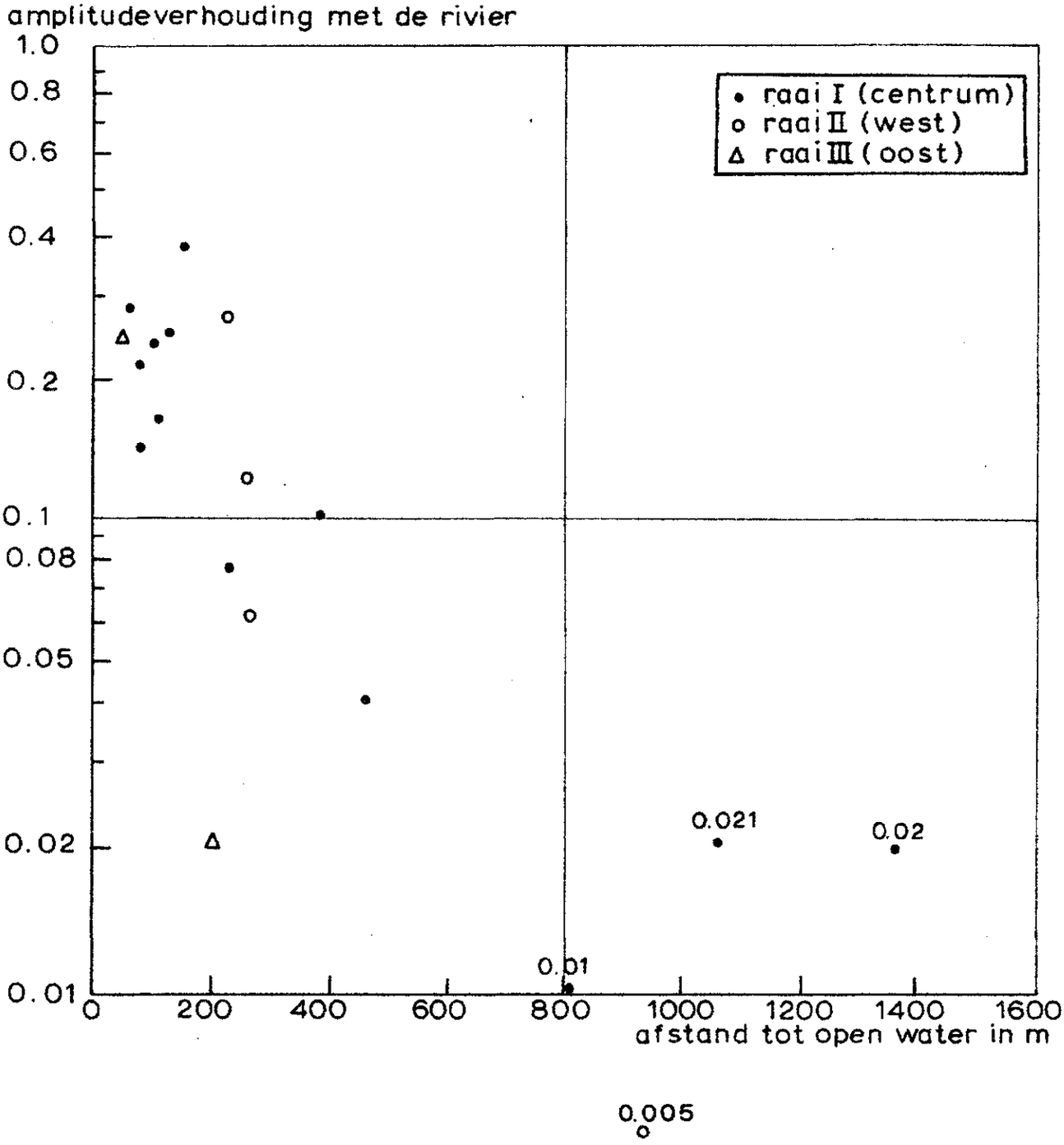
Het verband tussen amplitudeverhouding en afstand
NOOR - NA



68C. 76.19 / 3.1

fig. 20

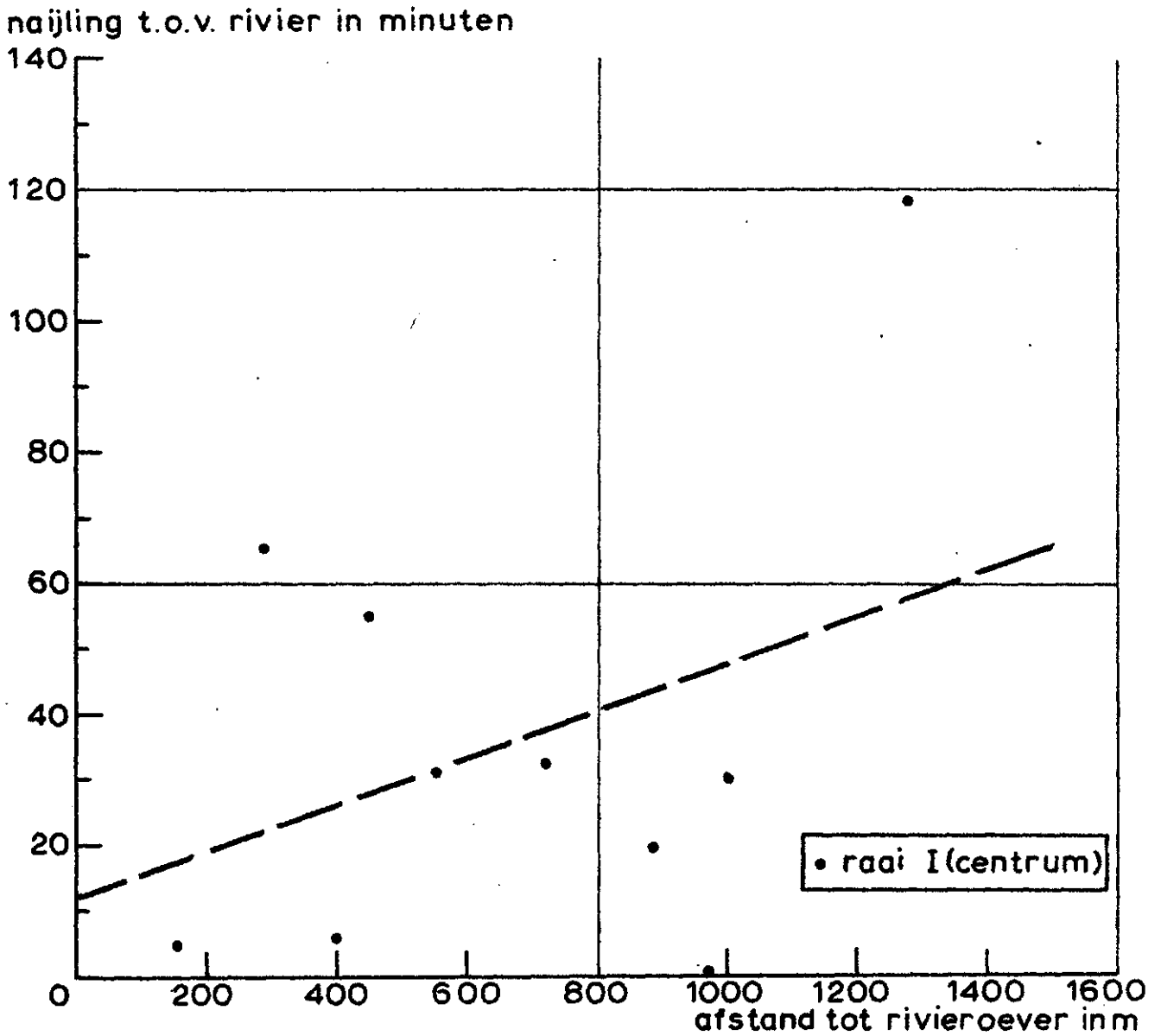
Het verband tussen amplitudeverhouding en afstand
NOORD - NA



68C. 76. 20/3.1

fig. 21

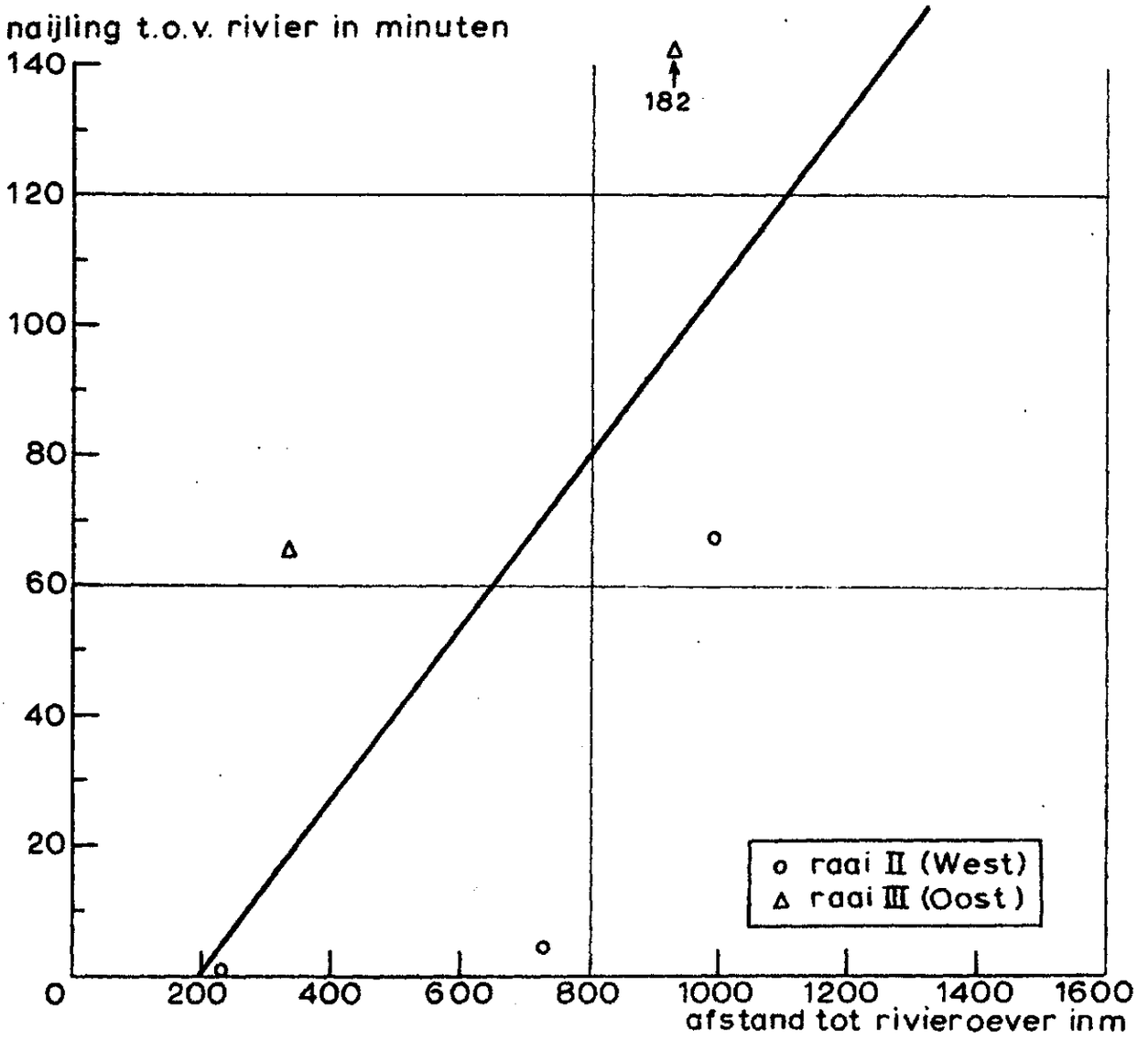
Het verband tussen naijling en afstand
NOORD - NA



68C. 76. 21/3.1

fig. 22

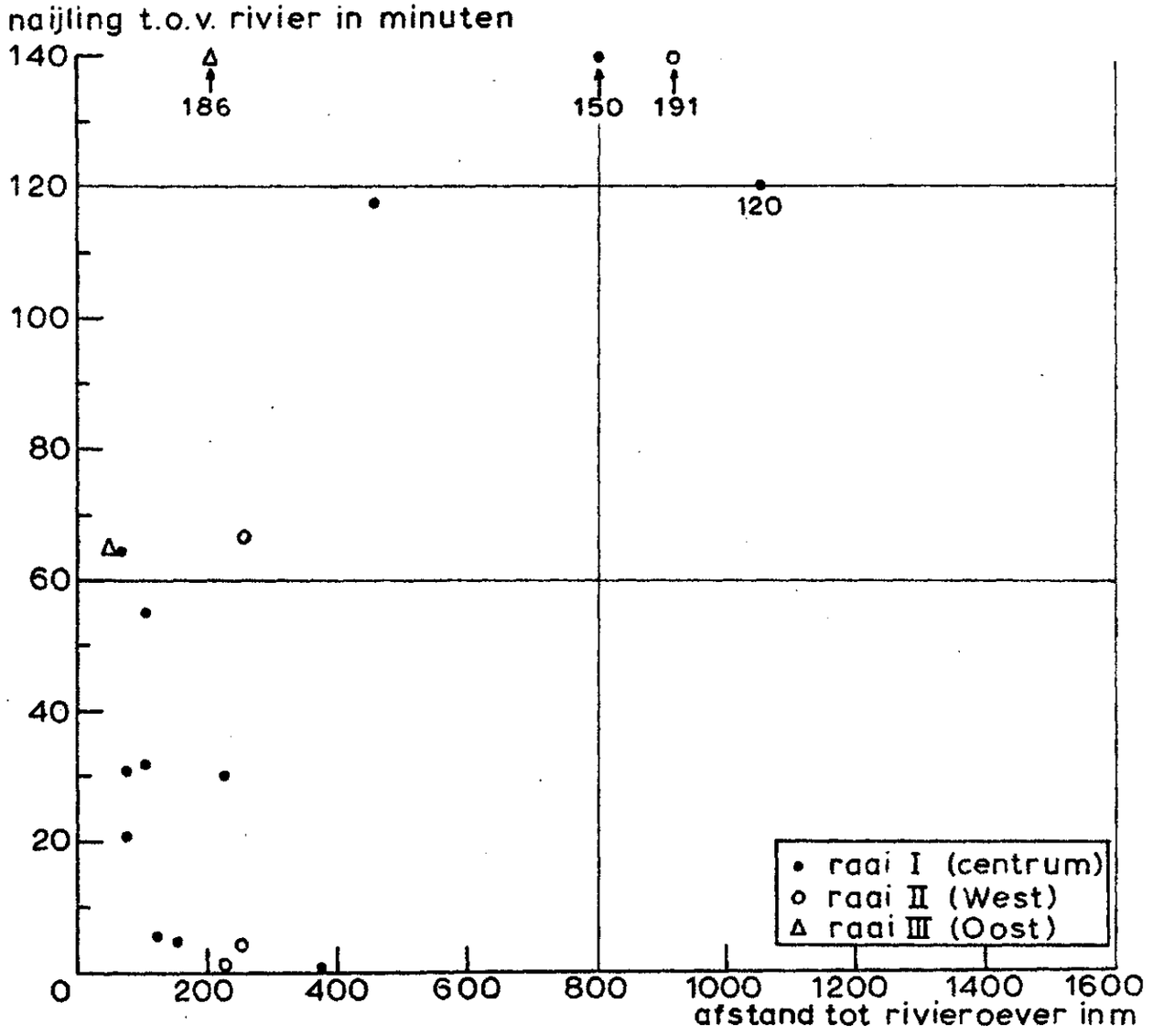
Het verband tussen naijling en afstand
NOORD-NA



68C.76.22/3.1

fig. 23

Het verband tussen naijling en afstand
NOORD - NA



68C. 76.23 / 3.1

Het verband tussen amplitudeverhouding en naijling
NOORD - NA

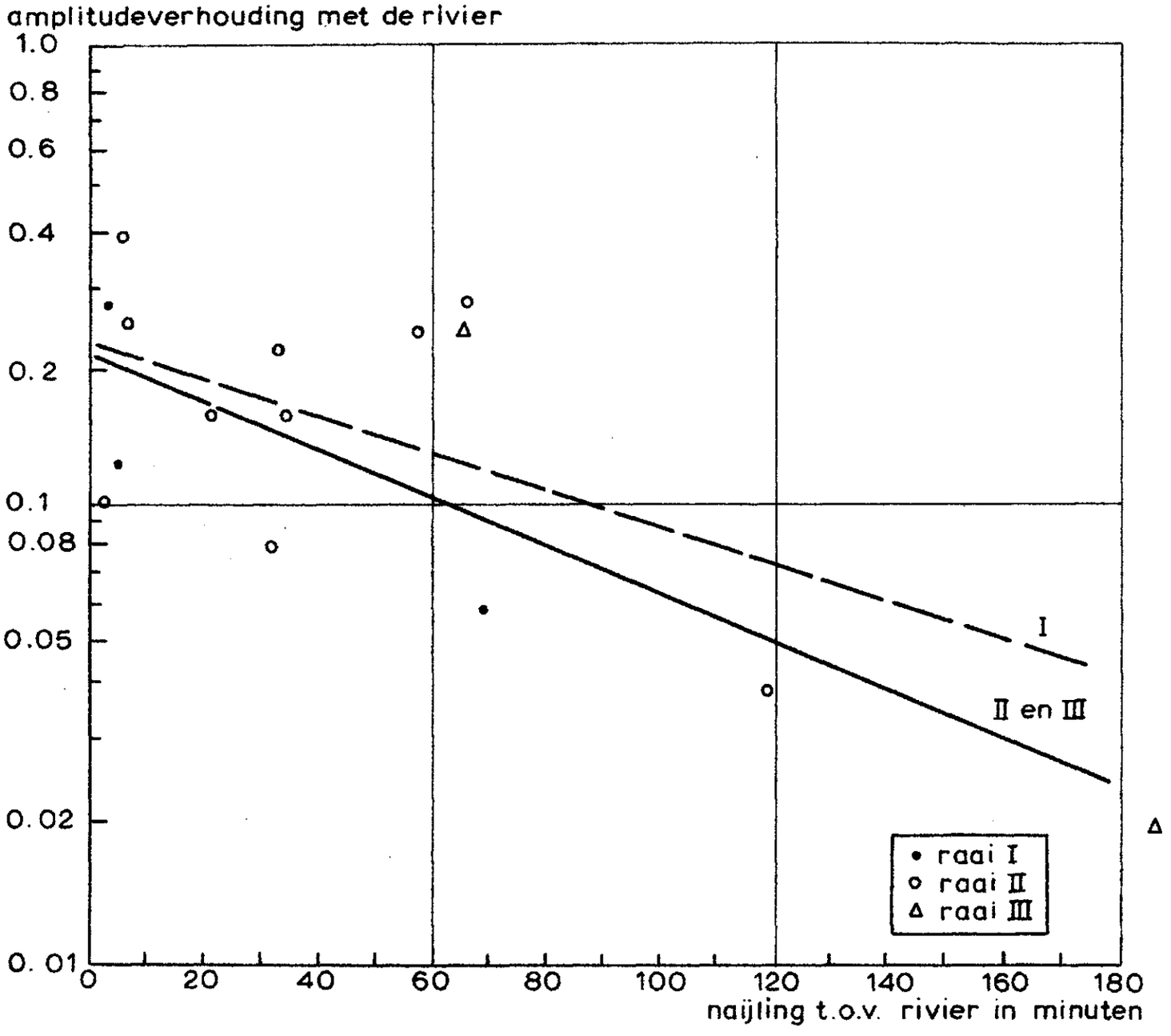
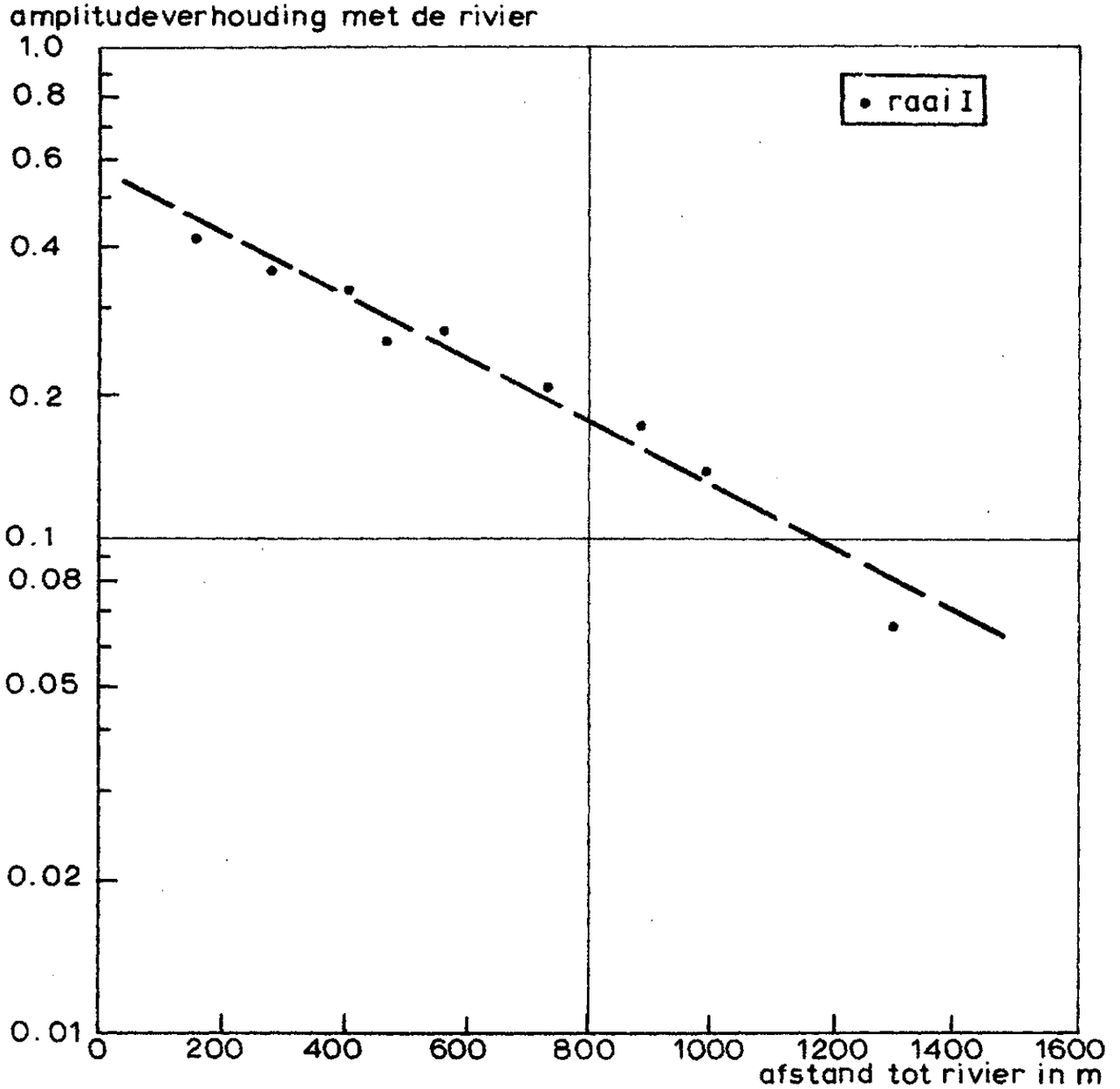


fig.25

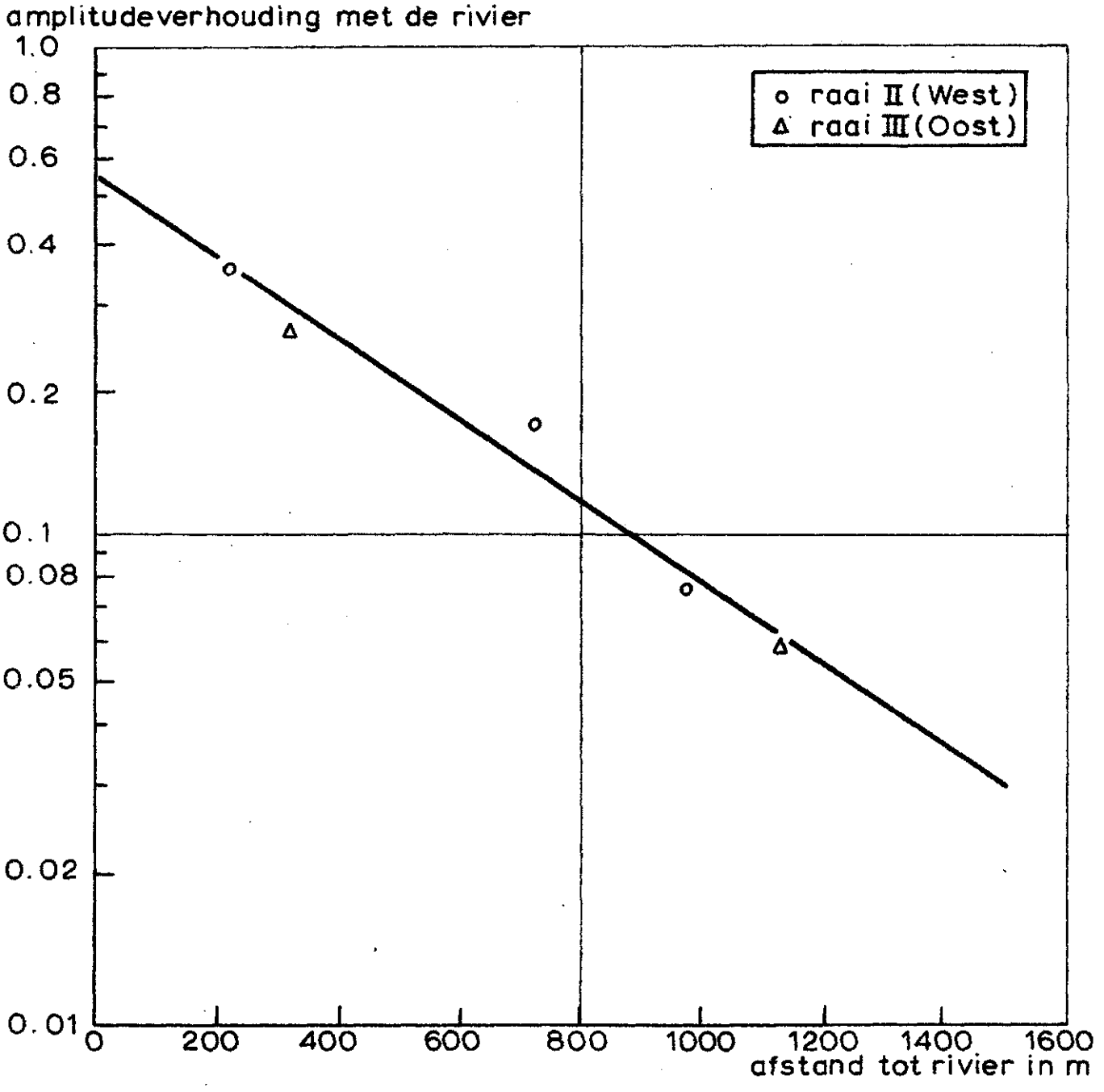
Het verband tussen amplitudeverhouding en afstand
NOORD - VOOR



68C.76.25/3.1

fig. 26

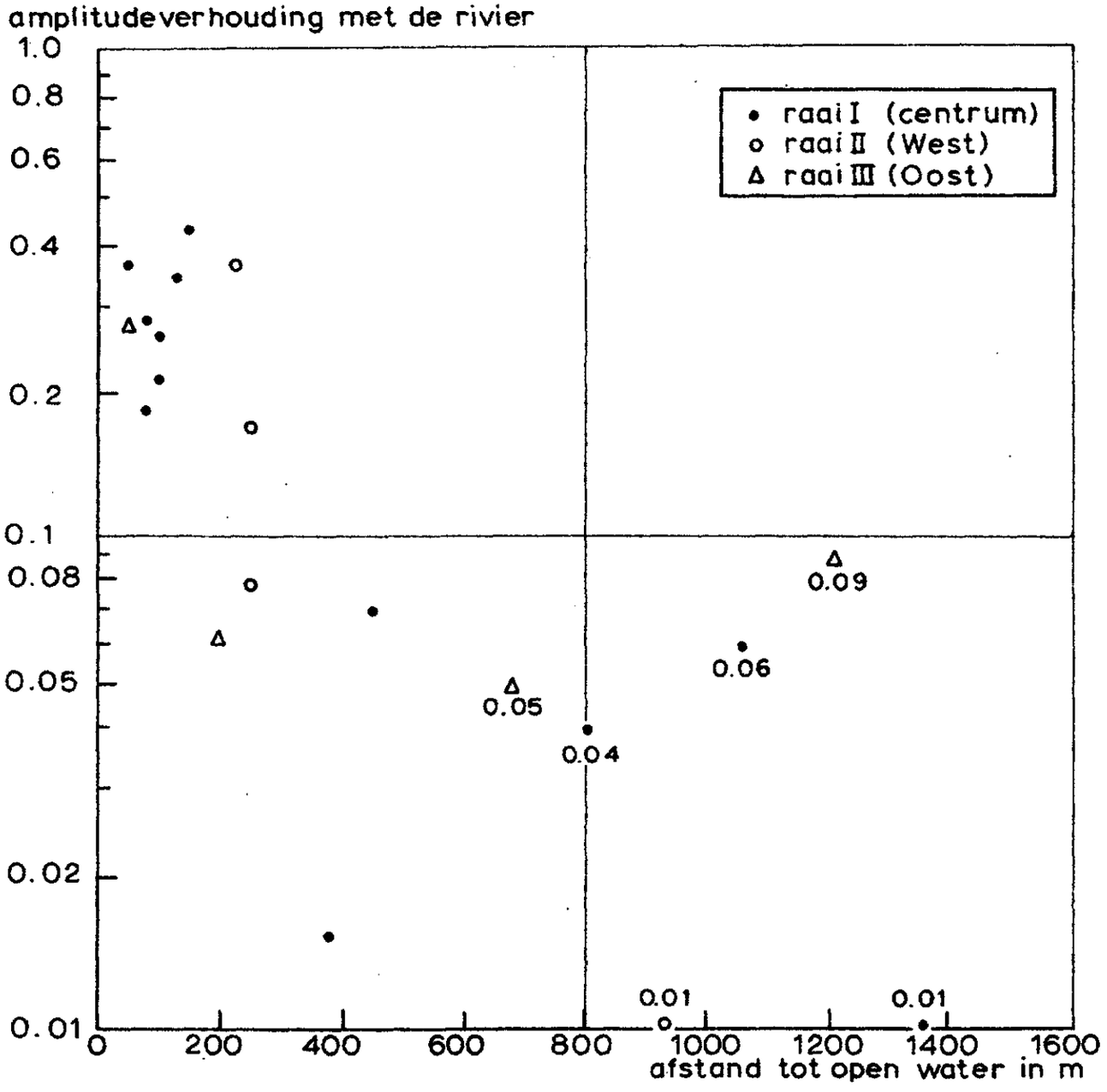
Het verband tussen amplitudeverhouding en afstand
NOORD - VOOR



68C.76.26 / 3.1

fig. 27

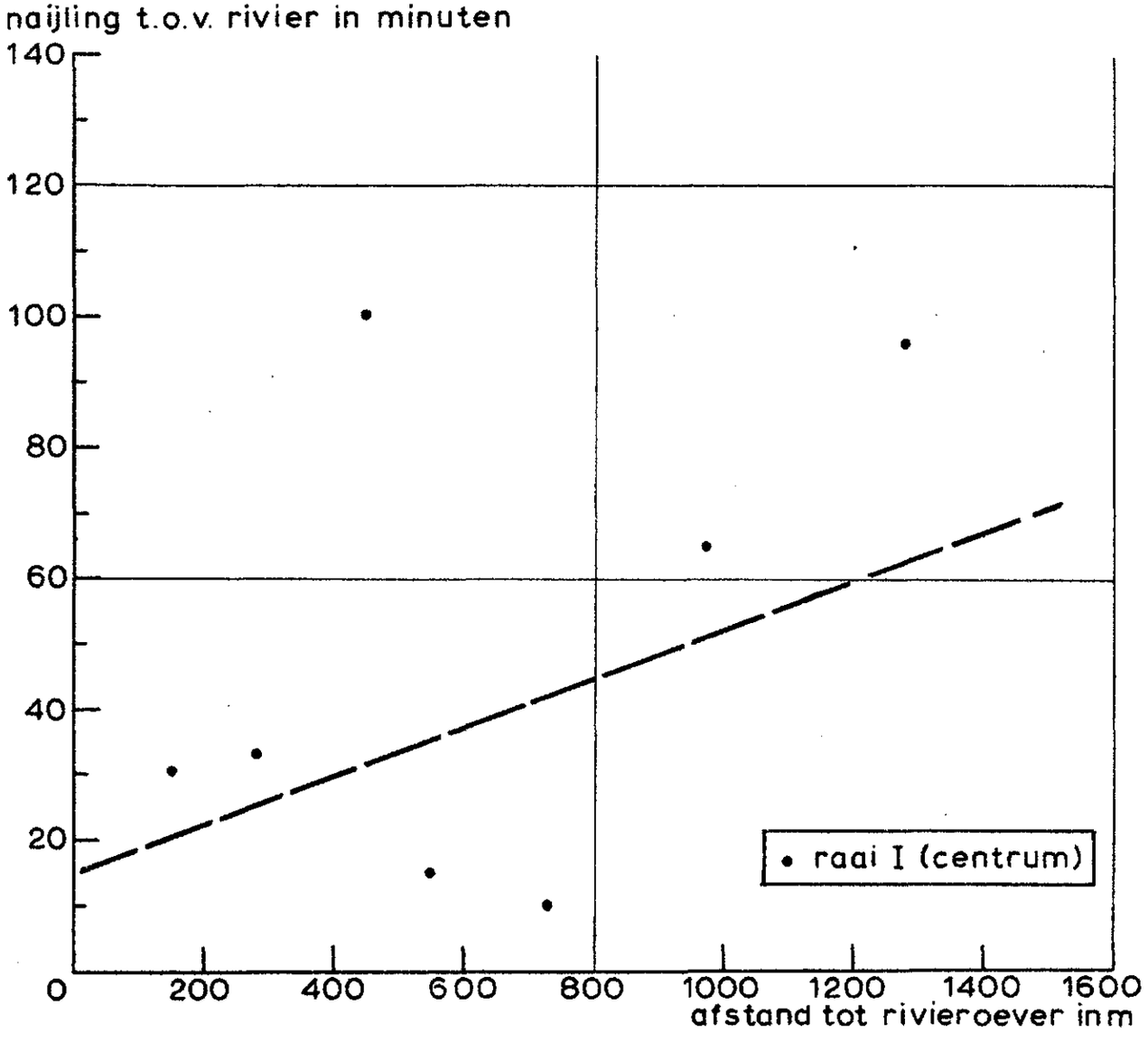
Het verband tussen amplitudeverhouding en afstand
NOORD - VOOR



68C. 76.27/3.1

fig. 28

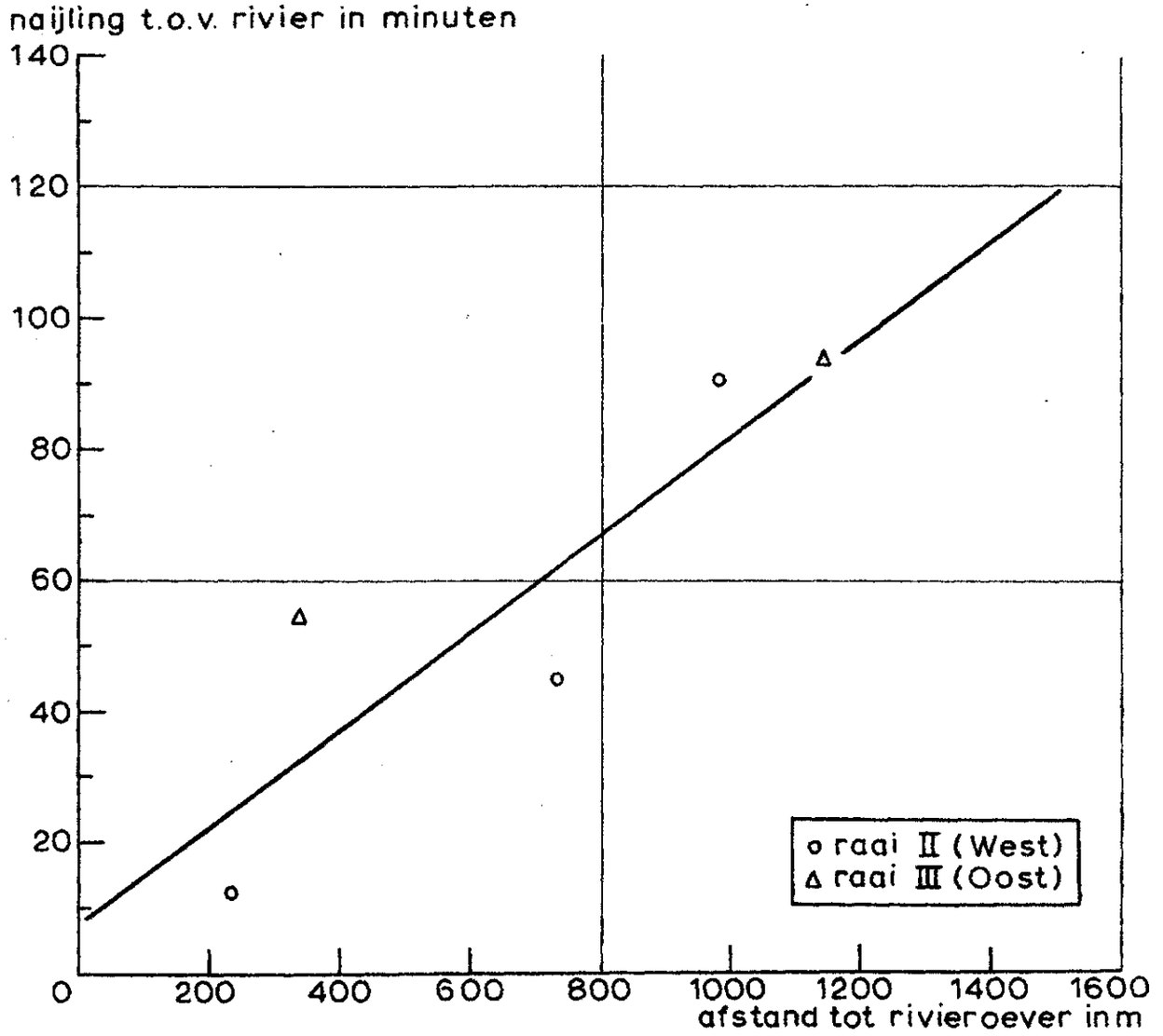
Het verband tussen naijling en afstand
NOORD-VOOR



68C.76.28 / 3.1

fig. 29

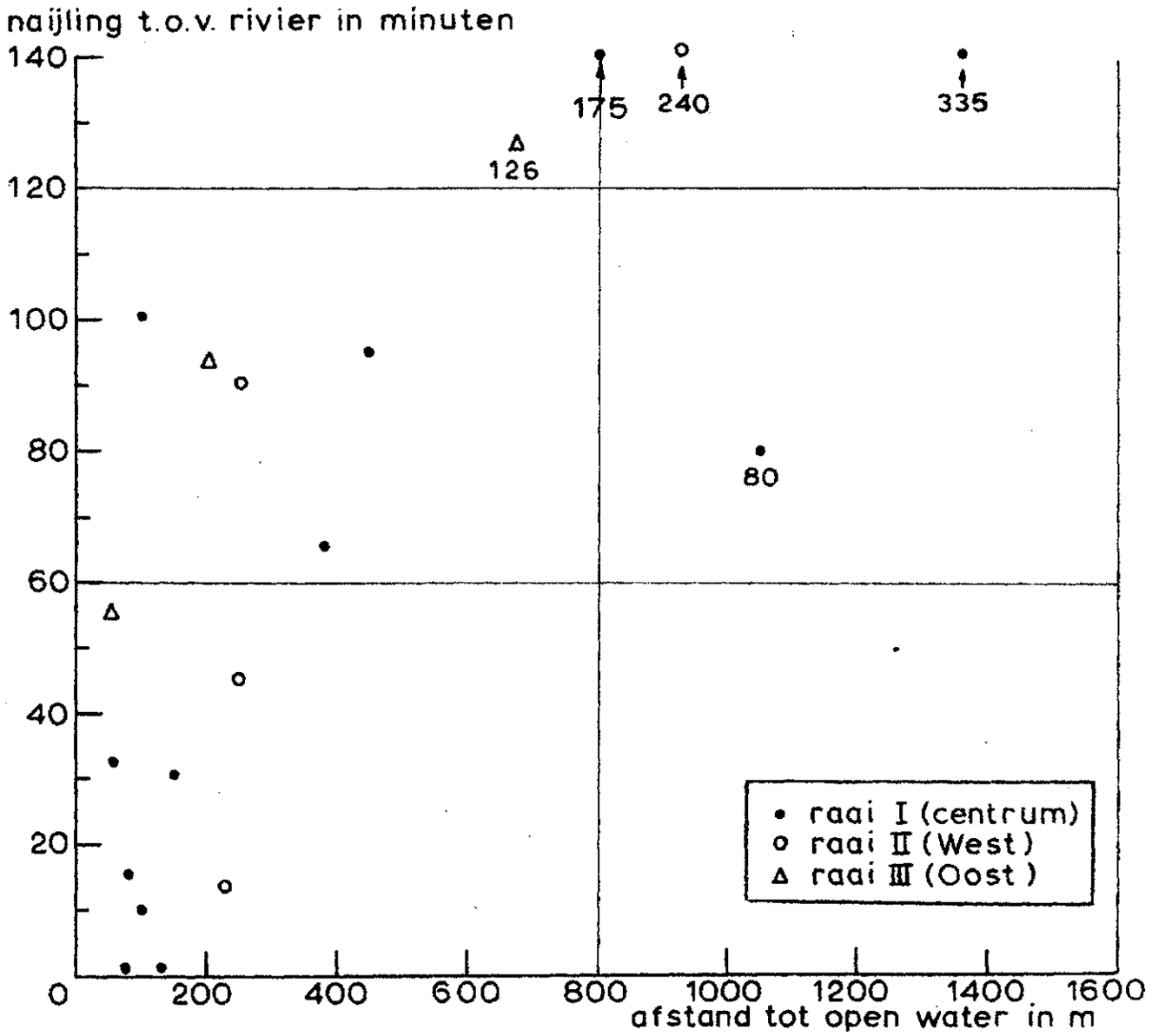
Het verband tussen naijling en afstand
NOORD-VOOR



68C 76. 29 / 3.1

fig. 30

Het verband tussen naijling en afstand
NOORD-VOOR



Het verband tussen amplitudeverhouding en naijling
NOORD - VOOR