

RIKSWATERSTAAT
DIRECTIE W & W
„BIBLIOTHEEK“

Rijkswaterstaat
Directie Waterhuishouding
en Waterbeweging
Studiedienst Vlissingen

1560 12/77
Memo Vl. 76.22

Bw-X 5

100012-76-4022

EMPIRISCHE BEPALING VAN DE AANZANDING VAN DE
TUNNELSLEUF VAN DE VASTE OEVERVERBINDING WES-
TERSHELDE.

Proj.nr. Vl. 76.5.308.1

Vlissingen, december 1976.

INHOUD

Par. 1	Inleiding	blz. 1
Par. 2	Berekening aanzanding tunnelsleuf volgens de in juli 1976 direct toepasbare kennis	blz. 1
2.1	Aanzanding zinkersleuf 1965	blz. 1
2.2	Aanzanding tunnelsleuf V.O.W.	blz. 3
2.3	Discussie	blz. 4
Par. 3	Conclusies	blz. 6
	Litteratuur	blz. 8
	Lijst van bijlagen.	blz. 9

1 INLEIDING

In de vergaderingen van de projectgroep Vaste Oeververbinding Westerschelde is door het Hoofd van de Studiedienst Vlissingen toegezegd de in 1972 uitgevoerde berekeningen betreffende de aanzanding van de tunnelsleuf van de Vaste Oeververbinding Westerschelde te doen actualiseren.

In 1972 heeft ir. M. Meulenberg zandtransporten boven de tunnelsleuf berekend op basis van in het model gemeten stroomsnelheden en een uit de toen beschikbare materiaaltransportmetingen afgeleid verband tussen stroomsnelheid en zandtransport (litt. 1). Inmiddels zijn er stroommetingen ter plaatse van de tunnelsleuf uitgevoerd en is het verband tussen stroomsnelheid en zandtransport herzien op basis van recentere metingen en een gewijzigde meetmethode. Met deze gegevens zijn opnieuw berekeningen uitgevoerd en de berekeningen van 1972 zijn hiermee achterhaald.

De nieuwe berekeningsmethode die in par. 2 wordt uiteengezet is op vrijdag 25 juni 1976 besproken met ir. J. Tonnissen van de Combinatie Westerschelde, ir. J. van Geest van de Directie Sluizen en Stuwen en ir. W.T. Bakker en ir. E.H. Ebbens van de Studiedienst Vlissingen.

Bij deze bespreking is vastgesteld dat de Studiedienst de toezegging betreffende het actualiseren van de aanzandingsberekening is nagekomen met de in par. 2 omschreven berekening.

De conclusies zijn samengevat in par. 3.

2 BEREKENING AANZANDING TUNNELSLEUF VOLGENS DE IN JULI 1976 DIRECT TOEPASBARE KENNIS.

2.1 Aanzanding zinkersleuf 1965.

Van de in 1965 gegraven zinkersleuf bij de Ballastplaat zijn de uit lodingen bepaalde aanzandingshoeveelheden vergeleken met de hoeveelheden berekend uit stroomsnelheden. Bij deze laatste berekeningen is gebruik gemaakt van een uit simultane stroom- en sedimentgehaltemetingen bepaalde empirische relatie voor de Westerschelde tussen stroomsnel-

heid en zandtransport. De afleiding van deze relatie is omschreven in memo Vl. 75.8 van de Studiedienst Vlissingen (litt. 2). De zinkersleuf van 1965 is aangegeven in bijlage 10 en 11.

Zowel voor eb als voor vloed is een bovengrens van aanzanding berekend. Deze bovengrens is gedefinieerd als het verschil tussen het volgens de empirische relatie berekende transport aan de bovenstroomse rand van de sleuf en het transport in het diepste gedeelte van de sleuf.

Het quotiënt van de gemeten aanzanding (uit lodingen) en de volgens bovenstaande berekende bovengrens van aanzanding is hier het rendement van de sleuf als zandvang genoemd. Verschillende waarden voor dit rendement zijn bepaald en uitgezet in bijlage 1 als functie van de verhouding tussen waterdiepte buiten de sleuf en waterdiepte op de bodem van de sleuf. Dit rendement hangt niet alleen af van deze verhouding, maar ook van de korrelgrootte van het getransporteerde materiaal, het verloop van de stroomsnelheden over het getij en de vorm van het uitgangsprofiel van de sleuf.

Bij extrapolatie van de in bijlage 1 gevonden rendementswaarden naar de toekomstige sleuf van de V.O.W. moet hiermee rekening worden gehouden.

Uit de beschikbare metingen blijkt dat het verloop van de stroomsnelheden over het getij bij de zinkersleuf van 1965 goed overeenkomt met dat bij het tunneltracé (bijlage 4). De korrelgrootte van het bodemmateriaal bij de zinkersleuf van 1965 is iets fijner dan bij de tunnelsleuf (bijlage 6^{a,b}). Bij vergelijking van materiaaltransportmetingen is geen significant verschil in de relatie stroomsnelheid-materiaaltransport tussen de zinkersleuf en het tunneltracé gevonden, zodat aangenomen mag worden dat de korrelgrootte van het getransporteerde materiaal niet essentieel verschillend is. Extrapolatie van de resultaten van de zinkersleuf naar de toekomstige tunnelsleuf lijkt daarom toelaatbaar mits rekening met de vorm van het uitgangsprofiel en beïnvloeding van het stroombeeld door de tunnelsleuf zelf wordt gehouden en enige onzekerheid in de vorm van betrouwbaarheidsgrenzen in acht wordt genomen.

2.2 Aanzanding tunnelaflaef V.O.W.

Voor drie punten van het toekomstigetracé (tracé oost) is de bovengrens van aanzanding (gedefinieerd in par. 2.1) berekend uit de beschikbare stroomgegevens op dezelfde wijze als bij de slaef van 1965.

Hierbij is rekening gehouden met de oriëntatie van de slaef ten opzichte van de overheersende stroomrichting (zie bijlage 2).

Door toepassing van het verband van bijlage 1 is het rendement van de slaef als zandvang bepaald.

Vervolgens is de aanzanding bepaald als het produkt van rendement en bovengrens aanzanding. De berekening is samengevat op een tabel (bijlage 3). De resultaten worden volledigheidshalve hieronder in tabel 1 herhaald.

punt ¹⁾	aanzanding
1	30 ± 15
2 ^a	160 ± 80
2	110 ± 55

1) zie bijlage 2 voor situering

Aan de hand van de spreiding van de punten "A" en "B" in bijlage 1 kan de betrouwbaarheid van het in deze bijlage gegeven verband worden geschat op een standaardafwijking van ca 10%. Hierbij is dan inbegrepen de betrouwbaarheid van het verband tussen stroomsnelheid en zandtransport en van de gebruikte stroommetingen en de toevallige fouten van de lodingen, omdat het rendement wordt bepaald door al deze factoren. Omdat een systematische fout in de lodingen tot de mogelijkheden behoort en deze geen invloed op de spreiding van de gemeten aanzandingen van bijlage 1 heeft, is een standaardafwijking van 20% aangehouden voor het verband van bijlage 1, uitgaande van het feit dat deze geldt ter plaatse van de zinkerslaef.

Voor de berekende aanzanding van de sleuf van het V.O.W.-tracé is een standaardafwijking van 50% aangehouden. Dit vanwege de bijkomende onzekerheid over de beïnvloeding van het stroombeeld door het tunneltracé, de invloed van de vorm van de sleuf op de aanzanding en de eventueel afwijkende korrelgrootte van het getransporteerde zand.

2.3 Discussie.

Bovenstaande empirische berekening moet als voorlopig beschouwd worden. Wel is de gebruikte relatie tussen stroomsnelheid en zandtransport een verbetering ten opzichte van de relatie in 1972. Toen waren er nog weinig metingen beschikbaar en bovendien is sindsdien de wijze van meten verbeterd. Door het Waterloopkundig Laboratorium wordt een op theoretische basis geschoeide numerieke berekening ontwikkeld. Van de kant van de Studiedienst wordt een analytische theoretische berekening ontwikkeld, om op snelle wijze inzicht in de orde van grootte en de wijze van aanzanding voor verschillende profielvormen te kunnen krijgen.

Westelijk van het tracé op de zuidelijke geuloever worden bodemribbels opgewekt. Deze verplaatsen zich noord-oostwaarts en zijn ter hoogte van de sleuf overwegend klein (ribbelhoogte ca 1 à 2 m) ten opzichte van de afmetingen van de sleuf (bijlage 8 en 9).

Omdat deze ribbels zich met een gemiddelde snelheid van 2 à 3 m/week voortplanten is de maximaal te verwachten extra aanzanding ten gevolge van de ribbelbeweging ca $4 \text{ m}^3/\text{week}$. m^3 sleuf. Deze aanzanding zal hoofdzakelijk op de bovenkant van het talud plaatsvinden.

De onderwatertaluds van de geul ter plaatse van het tracé kunnen afwisselend aanzanden of eroderen ten gevolge van het algemene stroom- en zandtransportregiem in de rivier, zoals blijkt uit de regelmatig getekende dwarsprofielen

langs het tracé (bijlage 5). Hierdoor kan tijdelijk een extra verondieping van ca 5 - 10 cm/week optreden.

Dit komt overeen met een mogelijke extra aanzanding van maximaal ca $600 \times 0,1 = 60 \text{ m}^3/\text{m}^1$ week. Deze hoeveelheid is vrij groot ten opzichte van de reeds genoemde getallen van aanzanding t.g.v. het langstransport (zie tabel 1 in par. 2.2). Een van de oorzaken hiervan is dat behalve het in par. 2.2 besproken langstransport loodrecht op de tunnelsleuf er een aanzienlijke mate van dwarstransport in de geul (transport in de richting van de as van het tracé) kan optreden.

De aanzanding van de sleuf zal min of meer gelijkmatig over de taluds verdeeld zijn. Aan de zijde waar het grootste transport vandaan komt, zal vermoedelijk de aanzanding het grootste zijn. De hellingen van de sleuf zullen waarschijnlijk een maximale evenwichtshelling in de orde van 1 : 8 hebben met op het ondiepere gedeelte vooral aan de zijde waarnaar het overheersend transport gericht is een flauwere overgang naar de sleufbodem. Gezien de ervaringen bij de zinkersleuf bij Bath zal de aanzanding op de bodem van de sleuf waarschijnlijk groter zijn dan de voor het sleufprofiel gemiddelde aanzanding (men zou kunnen denken aan een factor 2).

De gevonden relatie is tevens globaal geijkt aan de aanzanding in een val bij de Platen van Ossenissee. Door het ontbreken van stroomgegevens ter plaatse, de grillige bodemstructuur en de wijze van loden (loodrecht op de plaatrand) is het niet mogelijk om aan de hand van de aanzanding een uitspraak over de betrouwbaarheid van de gebruikte relatie te doen.

De invloed van baggeren in of nabij de sleuf op de mate van aanzanding kan aanzienlijk zijn en moet eventueel ter zijner tijd apart onderzocht worden.

3 CONCLUSIES

1. De relatie tussen enerzijds de uit lodingen bepaalde aanzanding van de zinkersleuf 1965 als percentage van het uit de stroomsnelheden berekende zandtransport en anderzijds de verhouding van de bodemdiepte buiten de sleuf en de bodemdiepte in de sleuf kan met een standaard-afwijking van ca 10% bepaald worden.
Het hiervoor afgeleid verband is aangegeven op bijlage 1. Het zandtransport wordt hierbij berekend volgens een empirische relatie omschreven in memo 75.8 (litt. 2). Indien rekening met een mogelijke systematische fout in de lodingen wordt gehouden kan de standaardafwijking van het verband van bijlage 1 op 20% geschat worden.
2. Voor toepassing van het verband op de tunnelsleuf van de V.O.W. is een standaardafwijking van 50% aangehouden vanwege de onzekerheid over de invloed van het tunnel-tracé op het stromingsbeeld, de invloed van de vorm van de sleuf op de aanzanding en de invloed van de korrelgrootte van het getransporteerde materiaal. De resultaten van de berekening van de aanzanding van de tunnelsleuf zijn aangegeven op bijlage 1 en op tabel 1 in par. 2.2.
3. Behalve door de aanzanding van de sleuf zoals bepaald in par. 2.2 kan de bodemligging nog aanzienlijk variëren door de verplaatsing van bodemribbels en de verandering van de ligging van de geul mede ten gevolge van dwarstransport in de geul (zie par. 2.3).

4. De invloed van baggeren in of nabij de sleuf op de mate van aanzanding kan aanzienlijk zijn en moet even-
tueel ter zijner tijd apart onderzocht worden.

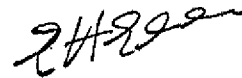
Gezien:

Het Hoofd van de Studiedienst
Vlissingen,



(ir. W.Th.J.N.P. Bakker)

De ingenieur 1^e klasse,



(ir. E.H. Ebbens)

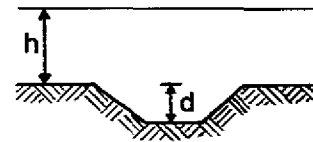
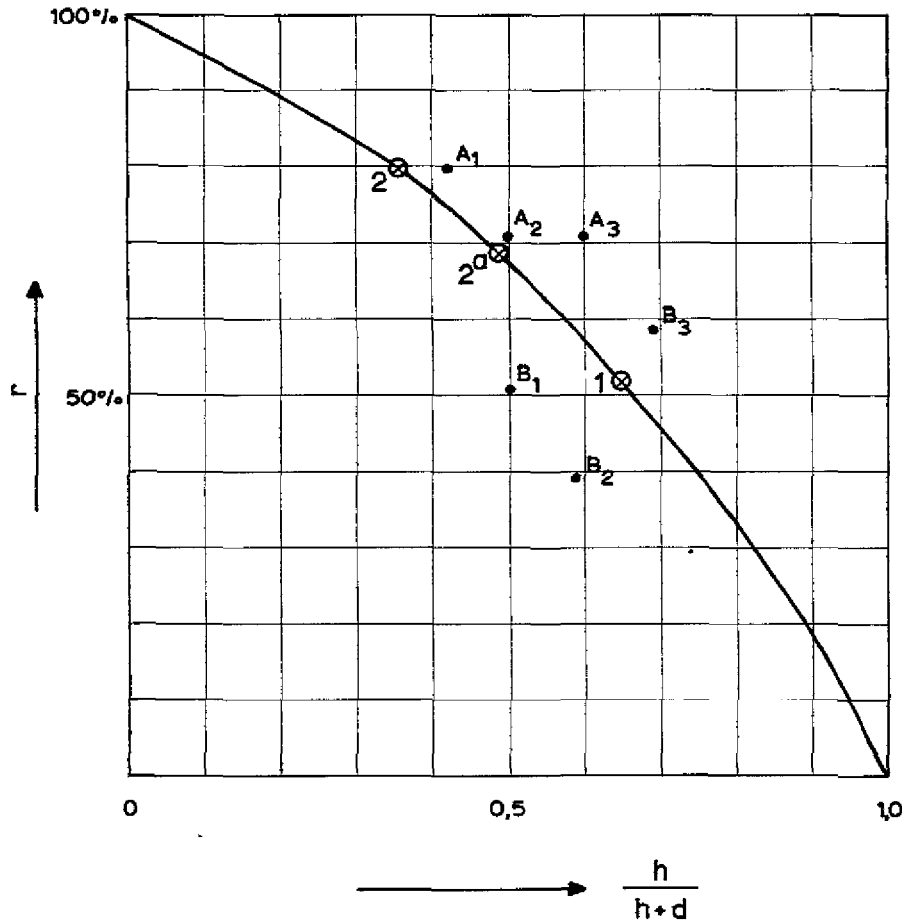
LITTERATUURLIJST

- litt.1 ir. M. Meulenberg.
Eerste bericht betreffende een empirische methode ter
bepaling van zandtransporten in de Westerschelde.
Memo 74.7. Studiedienst Vlissingen, Rijkswaterstaat.
- litt. 2 ir. E.P. Kooiker.
Tweede bericht betreffende een empirische methode ter
bepaling van zandtransporten in de Westerschelde.
Memo 75.8. Studiedienst Vlissingen, Rijkswaterstaat.

LIJST VAN BIJLAGEN.

- 1 Rendement r van de sleuf als zandvang; empirische benadering.
- 2 Berekening bovengrens aanzanding in m^3/m' getij.
- 3 Aanzanding tunnelsleuf V.O.W.
- 4 Gemiddelde stroomsnelheden bij de zinkersleuf en bij de tunnelsleuf van V.O.W.
- 5 Dwarsprofielen gemeten langs de as van het tunneltracé.
- 6^{a,b} Korrelgrootteverdeling van bodemmateriaal bij de zinkersleuf en bij het tunneltracé.
- 7 Situatie oostelijk deel Westerschelde.
- 8 Bodemribbels langs raai I (coördinatenas $x = -79\ 500$)
- 9 Bodemribbels langs raai II.
- 10 Langsdoorsnede zinkersleuf 1965.
- 11 Dwarsdoorsneden zinkersleuf 1965.

TOELICHTING



PRINCIPE-SCHETS

- ZINKERSLEUF 1965 (GEMETEN WAARDEN)
- ⊗ TUNNELSLEUF V.O.W. (AFGELEZEN WAARDEN)
- μ = UIT DE METING AFGELEIDE GEMIDDELDE BETREKKING

$$\gamma = \frac{\text{WERKELIJKE AANZANDING}}{\text{BOVENGRENS AANZANDING}} = \frac{A_w}{A_b}$$

$$A_b = S_{\text{rand}} - S_{\text{bodem}}$$

S_{rand} = BEREKEND ZANDTRANSPORT OP DE RAND VAN DE SLEUF (EB+VLOED)

S_{bodem} = BEREKEND ZANDTRANSPORT OP DE BODEM VAN DE SLEUF (EB+VLOED)

A_1, A_2, A_3 = VERHOUDING GELDEND VOOR DWARSDOORSNEDE A VAN DE ZINKERSLEUF OP VERSCHILLENDE TIJDSTIPPEN

B_1, B_2, B_3 = IDEM VOOR DWARSDOORSNEDE B

Nb.: VOOR DE BEREKENING VAN S_{rand} EN S_{bodem} IS UITGEGAAN VAN:

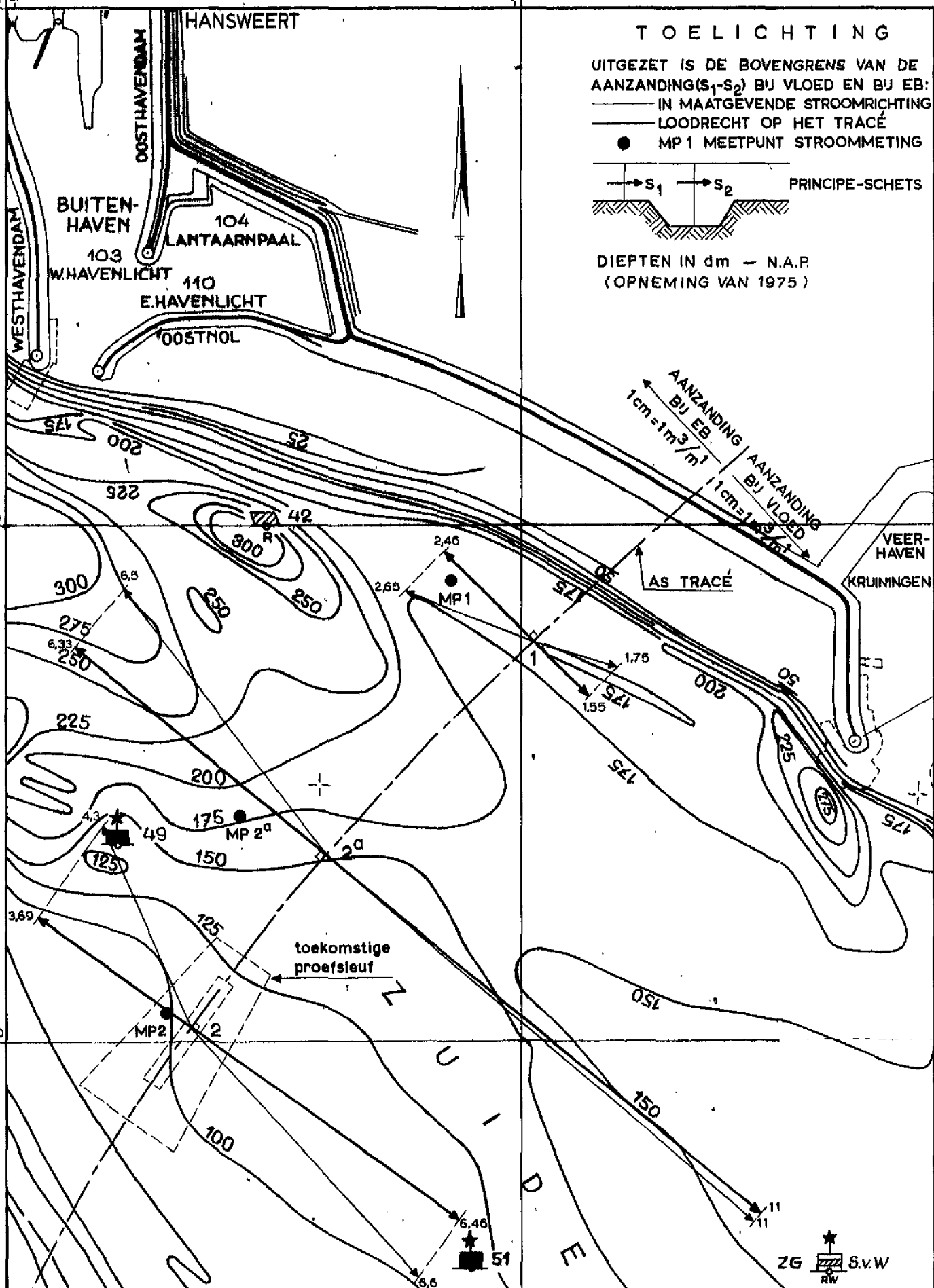
- GEMIDDELDE GETIJDOMSTANDIGHEDEN (MAATGEVEND VOOR HET GEMIDDELD ZANDTRANSPORT VOLGENS LITT.1 EN 2)
- EEN PORIËNGEHALTE VAN HET ZAND VAN 40%

GET.	GEZ.	GEC.	AKK.	RUKSWATERSTAAT DIRECTIE WATERHUISHOUDING EN WATERBEWEGING STUDIEDIENST VLISSINGEN		
NOV.1976 A.S.B.	<i>B</i>	<i>e</i>	<i>W</i>	RENDEMENT γ VAN DE SLEUF ALS ZANDVANG; EMPIRISCHE BENADERING	A1	76.831

-78000

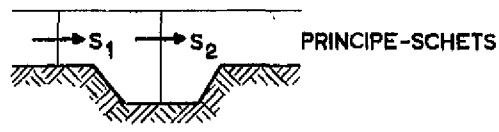
95000

95000



TOELICHTING

UITGEZET IS DE BOVENGRENS VAN DE AANZANDING (S_1-S_2) BIJ VLOED EN BIJ EB:
 — IN MAATGEVENDE STROOMRICHTING
 — LOODRECHT OP HET TRACÉ
 ● MP 1 MEETPUNT STROOMMETING



DIEPTEN IN dm — N.A.P.
 (OPNEMING VAN 1975)

AANZANDING BIJ EB: $1\text{cm} = 1\text{m}^3/\text{m}^3$
 AANZANDING BIJ VLOED: $1\text{cm} = 1\text{m}^3/\text{m}^3$

AS TRACÉ

toekomstige proefsleuf

Z
U
I
D
E

ZG S.v.W
RW

GET.	GEZ.	GEC.	AKK.	RUKSWATERSTAAT DIRECTIE WATERHUISHOUDING EN WATERBEWEGING STUDIEDIENST VLISSENGEN	SCHAAL 1 : 10 000
NOV. 1976 A.S.B.				BEREKENING BOVENGRENS AANZANDING IN m^3/m^3 . GETUJ	A1 76.832

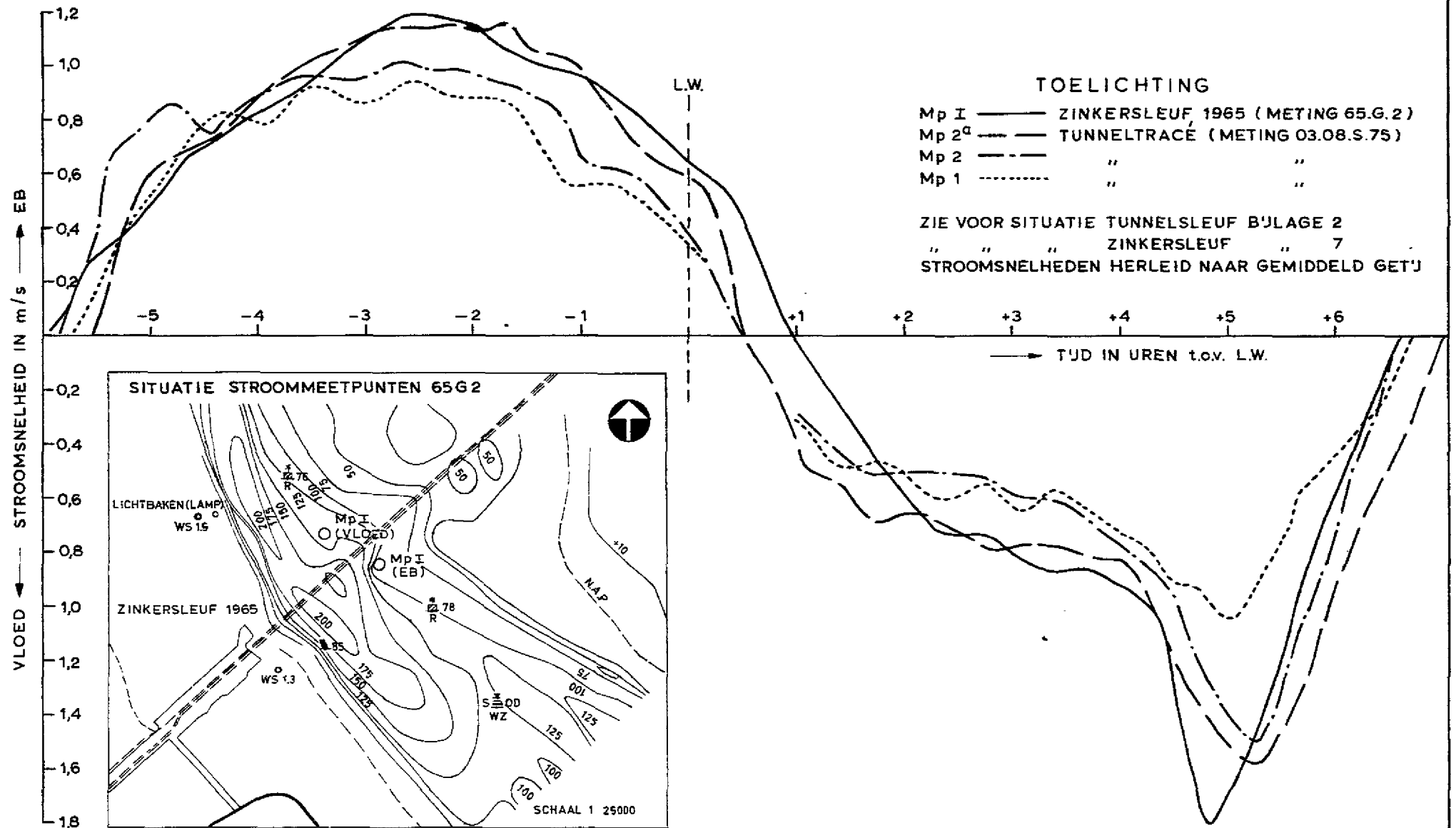
Aanzanding tunnelsleuf V.C.W.

Punt ¹⁾	Inhoud sleuf in m ³ /m'	Bovengrens aanzanding in m ³ /m' getij			Rendement sleuf als zandvang in % (volgens bijlage 1)	Verwachte aanzanding ²⁾ in m ³ /m'	
		vloed	eb	totaal		per getij	per week (± standaard- afwijking)
1	1370	1,55	2,46	4,01	53	2,13	30 ± 15
2 ^a	2730	11,00	6,33	17,33	68	11,78	160 ± 80
2	2910	6,46	3,69	10,15	80	8,12	110 ± 55

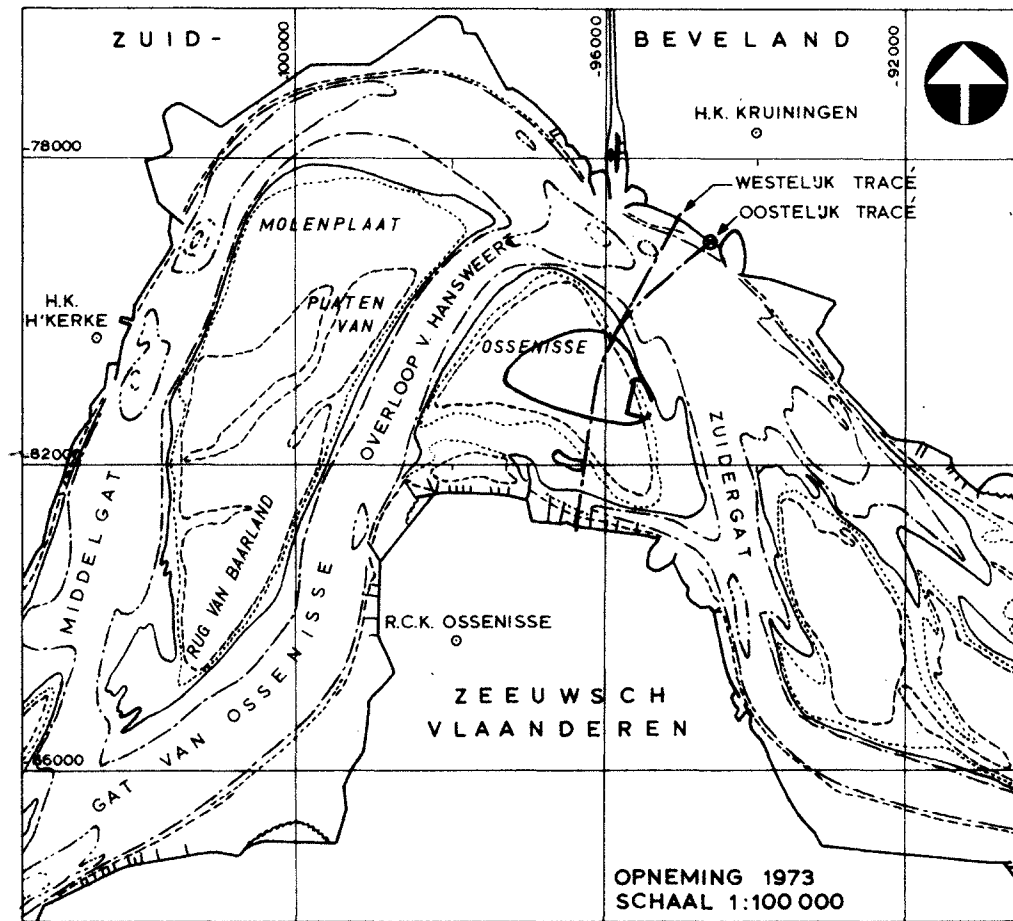
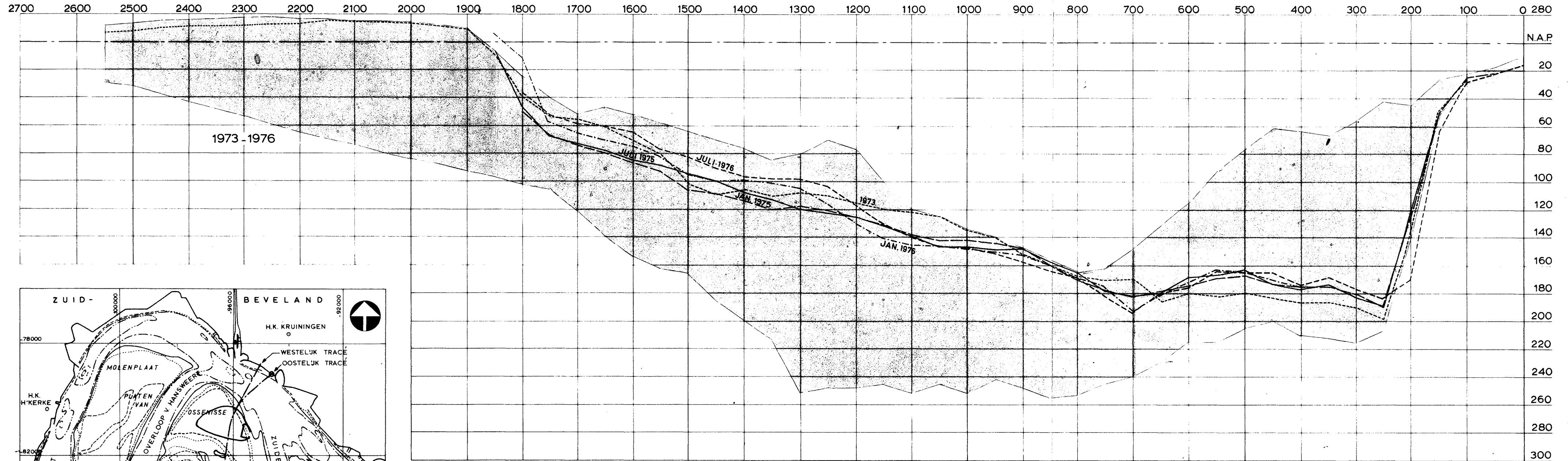
Opmerking: zie voor mogelijke verdere veranderingen van bodemligging par. 2.3

1) zie voor situatie bijlage 2

2) over de sleufbreedte



GET.	GEZ.	GEC.	AKK.	GEMIDDELTE STROOMSNELHEDEN BIJ DE ZINKERSLEUF EN BIJ DE TUNNELSLEUF VAN DE V.O.W.	
19-1-77 K.B.	<i>B</i>	<i>E</i>	<i>W</i>	A1	77.147



TOELICHTING
 - - - - - DIEPTELIJN VAN G.L.L.W.S. - 20 dm
 - - - - - " " " " - 50 "
 - - - - - " " " " - 80 "
 - - - - - " " " " - 200 "
 ○ NULPUNT OOSTELIJK TRACÉ
 - - - - - TRACÉ PROFIELEN

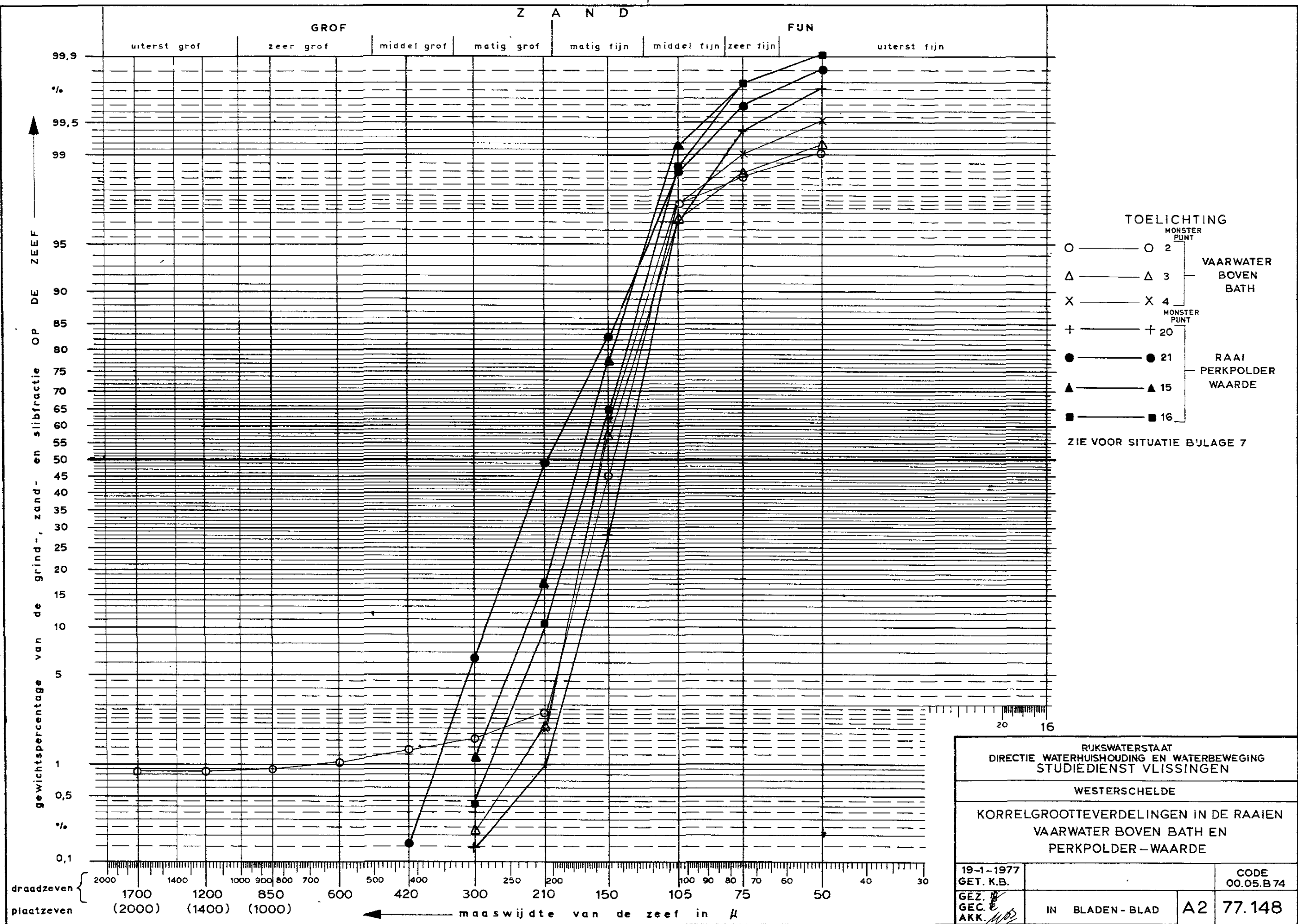
BUGEWERKT D.D.	GET.	GEZ.
29 september 1976	L.P.	ε.

----- 1973
 - - - - - JAN. 1975
 - - - - - JULI 1975
 - - - - - JAN. 1976
 - - - - - JULI 1976

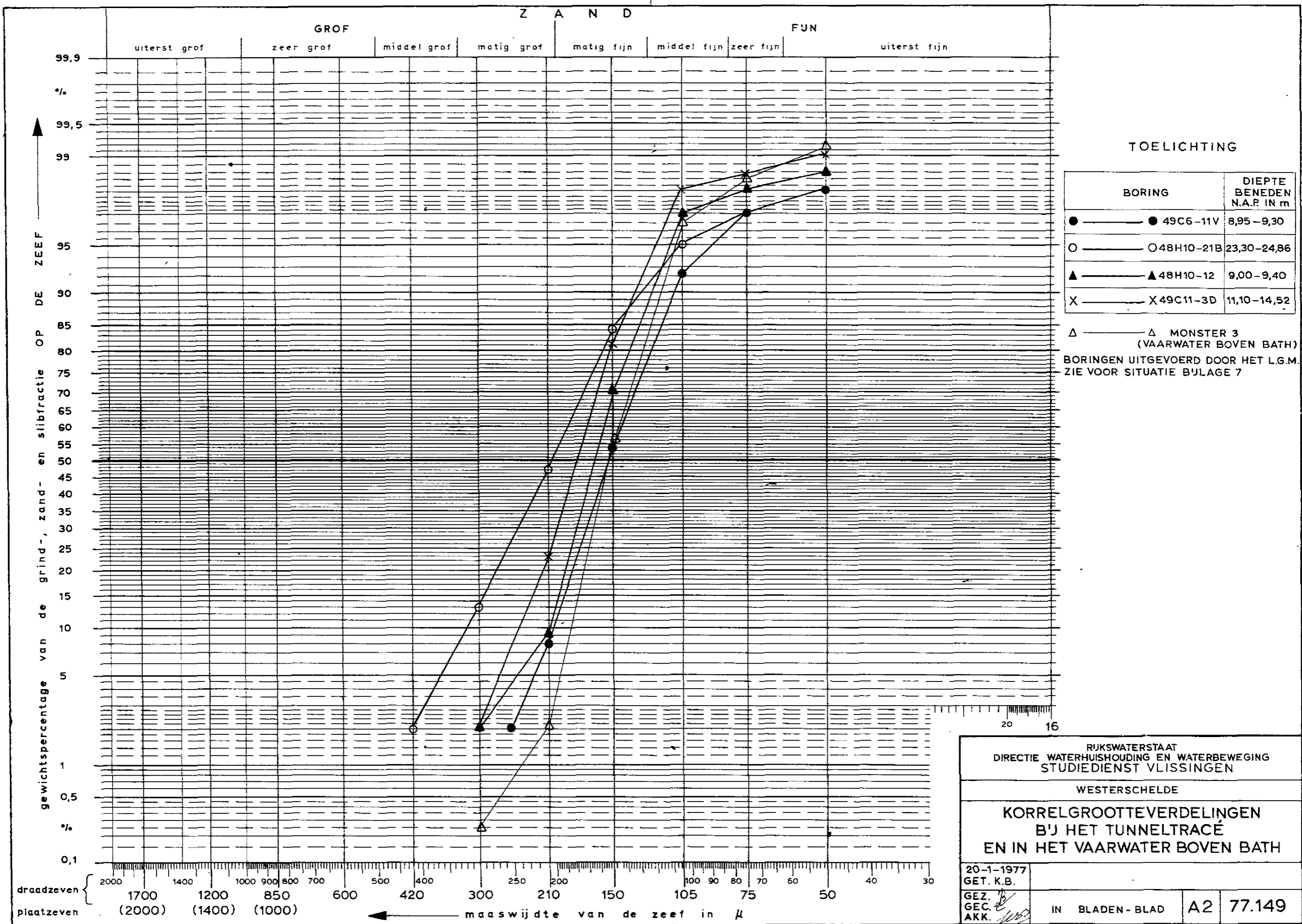
TOELICHTING
 PROFIELEN SAMENGESTELD UIT:
 RIVIERLODINGEN EN DETAILLODINGEN
 RUKSWATERSTAAT (1973 1/2 m 1976)

LAAG DER VERANDERENDE BODEMLIGGING
 PERIODE 1921 1/2 m 1973 VOLGENS TEKENING C3-75.249

RUKSWATERSTAAT DIRECTIE WATERHUISSHOUDING EN WATERBEWEGING STUDIEDIENST VLISSINGEN	
WESTERSCHELDE	
MIDDELGAT-PLATEN VAN OSSENISSE WASTE OEVERVERBINDING TRACÉ 4 ^a (Oost) PROFIELEN 1973-1976	
NOV. 1975 GET. MK.	LENGTESCHAAL 1:5000 HOOGTESCHAAL 1:200
GEZ. GEC. AKK.	A3 77.131



RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE WATERHUISHOUDING EN WATERBEWEGING STUDIEDIENST VLISSINGEN		
WESTERSCHELDE		
KORRELGROOTTEVERDELINGEN IN DE RAAIEN VAARWATER BOVEN BATH EN PERKPOLDER - WAARDE		
19-1-1977 GET. K.B.		CODE 00.05.B 74
GEZ. <i>[handwritten]</i> GEC. <i>[handwritten]</i> AKK. <i>[handwritten]</i>	IN BLADEN - BLAD	A2 77.148



RUKSWATERSTAAT
 DIRECTIE WATERHUISHOUDING EN WATERBEWEGING
 STUDIEDIENST VLISSINGEN

WESTERSCHDELDE

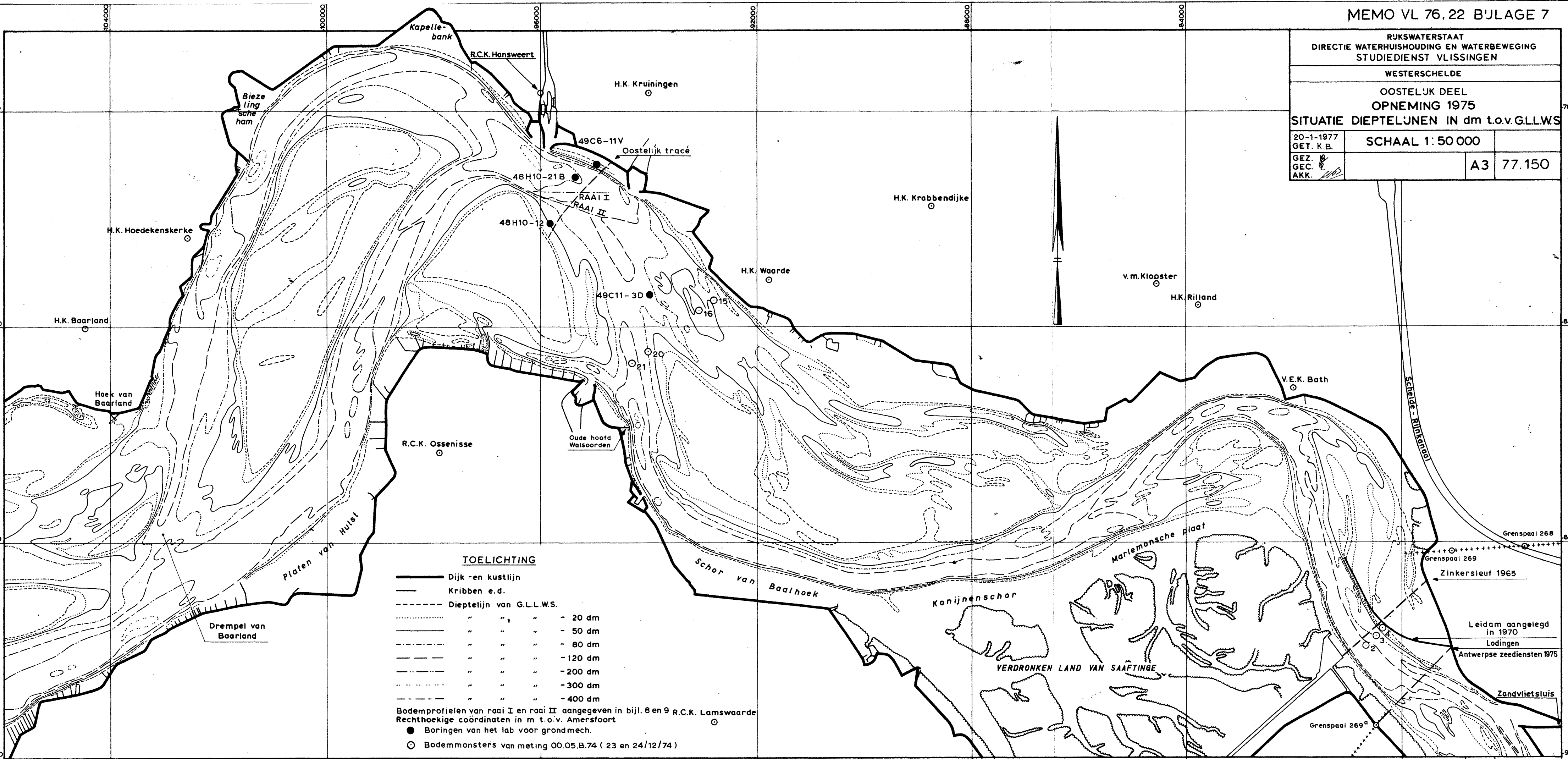
OOSTELJK DEEL
 OPNEMING 1975
 SITUATIE DIEPTELJNEN IN dm t.o.v.G.L.L.W.S.

20-1-1977
 GET. K.B.

GEZ.
 GEC.
 AKK.

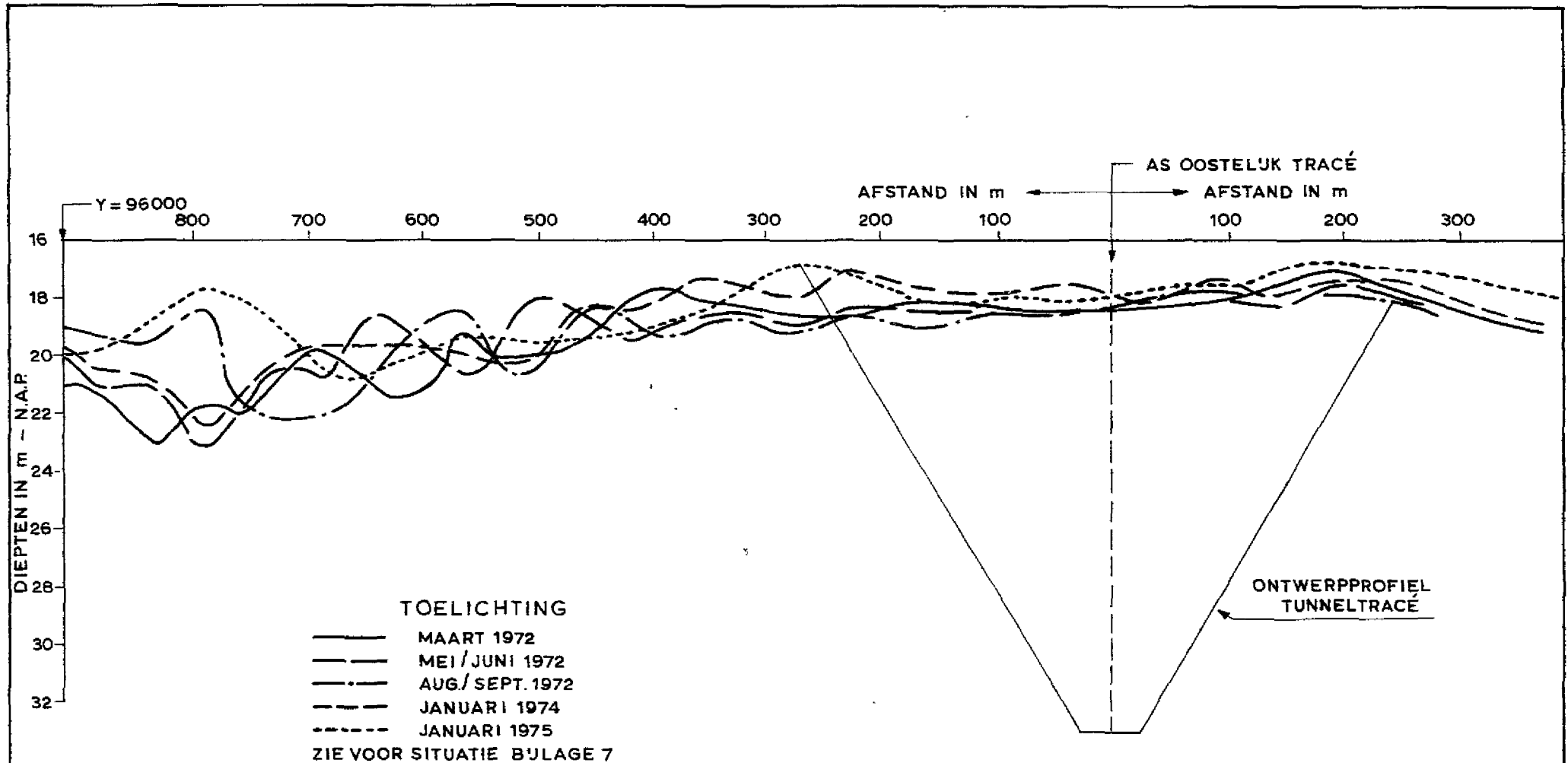
SCHAAL 1: 50 000

A3 77.150

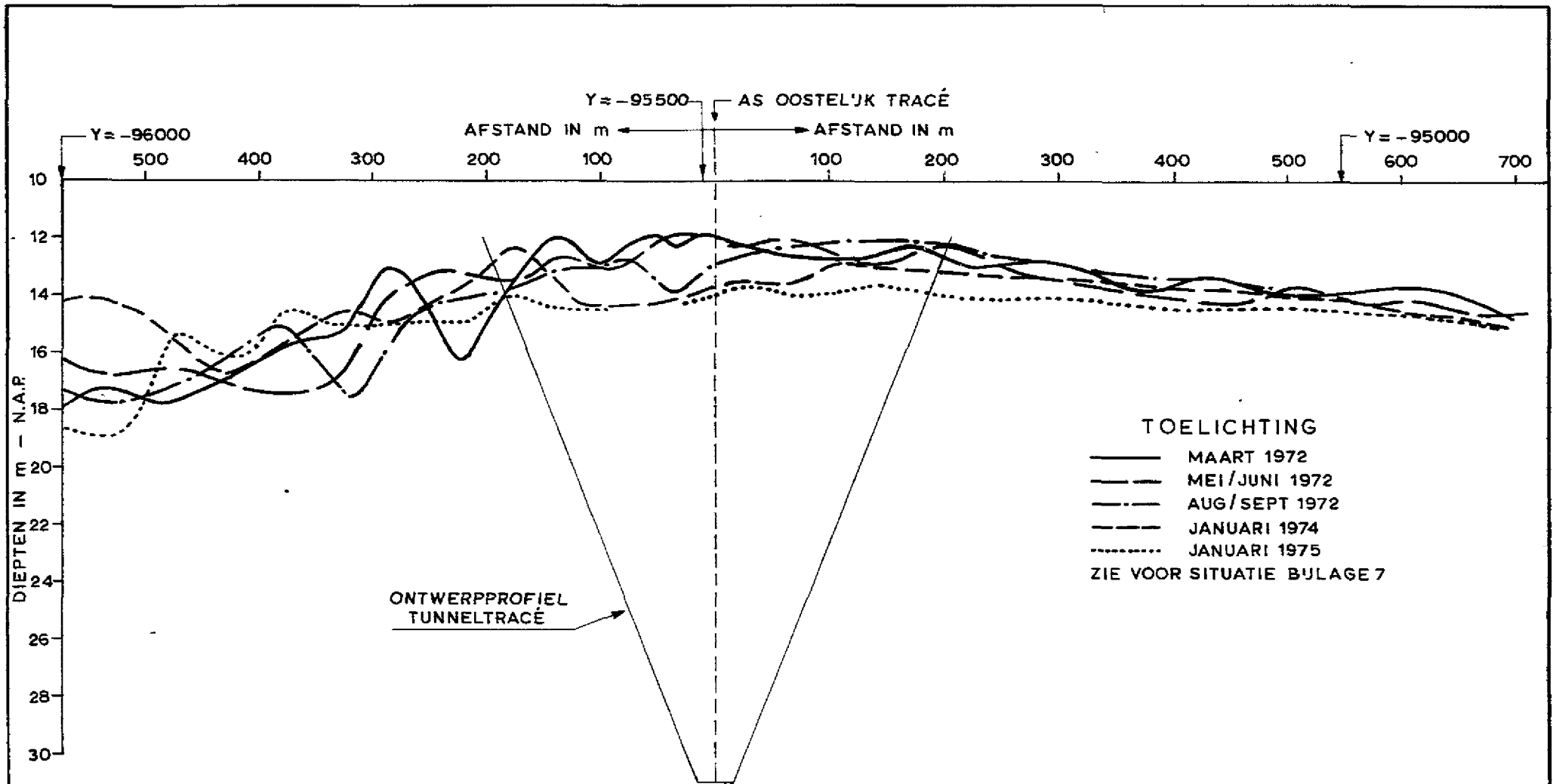


TOELICHTING

- Dijk - en kustlijn
 - Kribben e.d.
 - - - Dieptelijn van G.L.L.W.S.
 - " " " - 20 dm
 - " " " - 50 dm
 - " " " - 80 dm
 - " " " - 120 dm
 - " " " - 200 dm
 - " " " - 300 dm
 - " " " - 400 dm
- Bodemprofielen van raai I en raai II aangegeven in bijl. 8 en 9 R.C.K. Lamswaarde
 Rechthoekige coördinaten in m t.o.v. Amersfoort
- Boringen van het lab voor grondmech.
 - Bodemonsters van meting 00.05.B.74 (23 en 24/12/74)



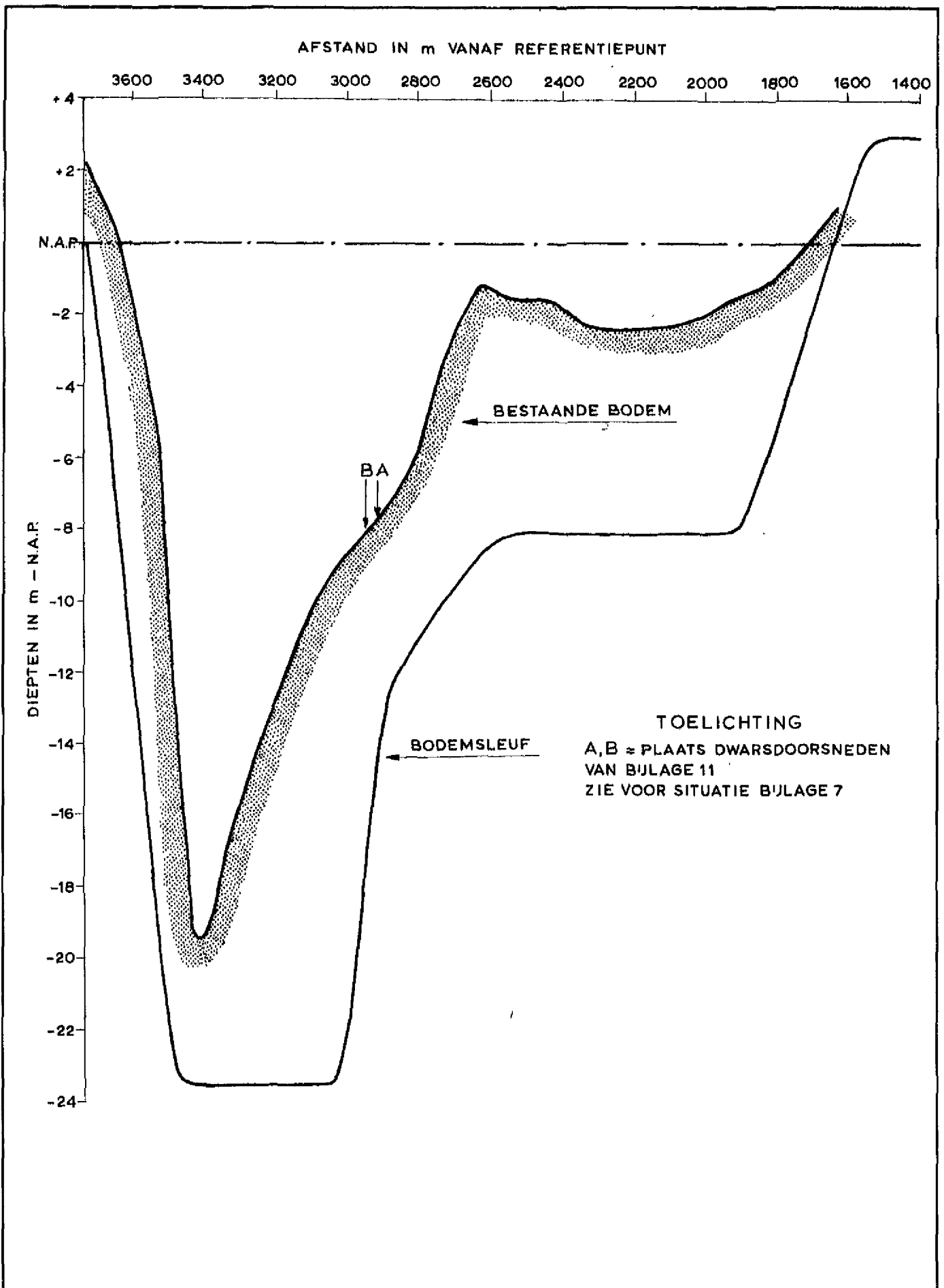
GET.	GEZ.	GEC.	AKK.	RIBBELS LANGS RAAI I	
24-1-77 K.B.	B	E	WDS	(COÖRDINAAT AS X = -79500)	A1 77.151



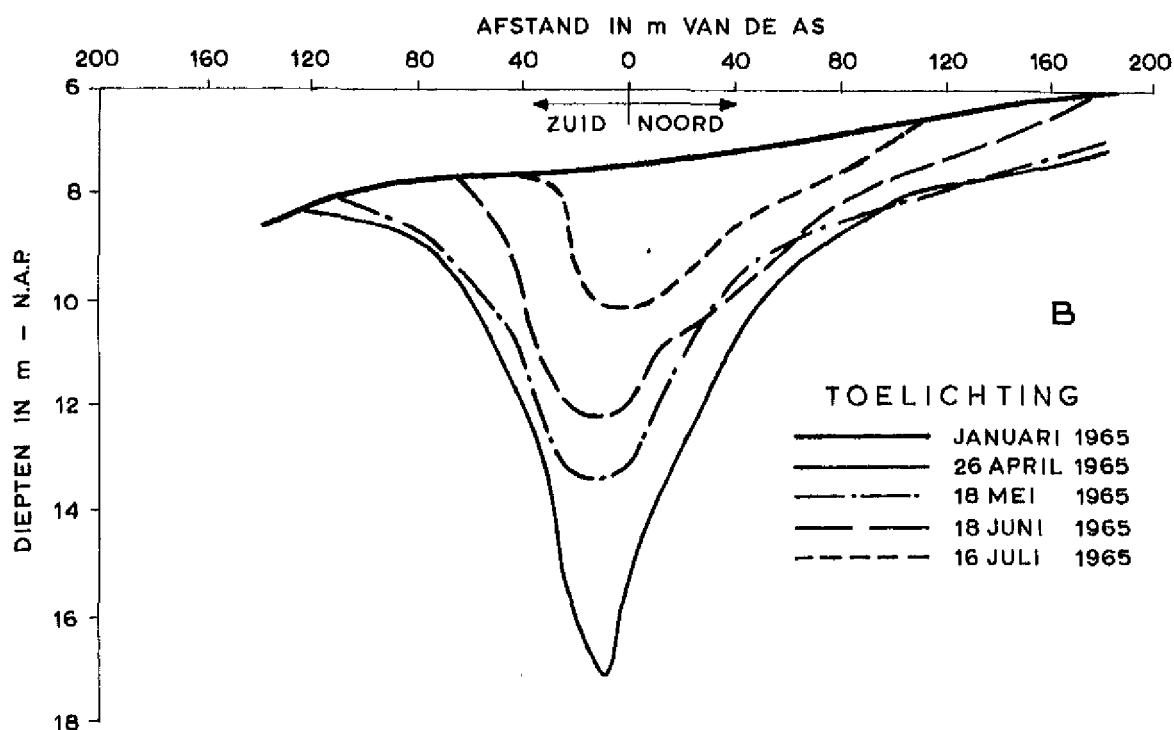
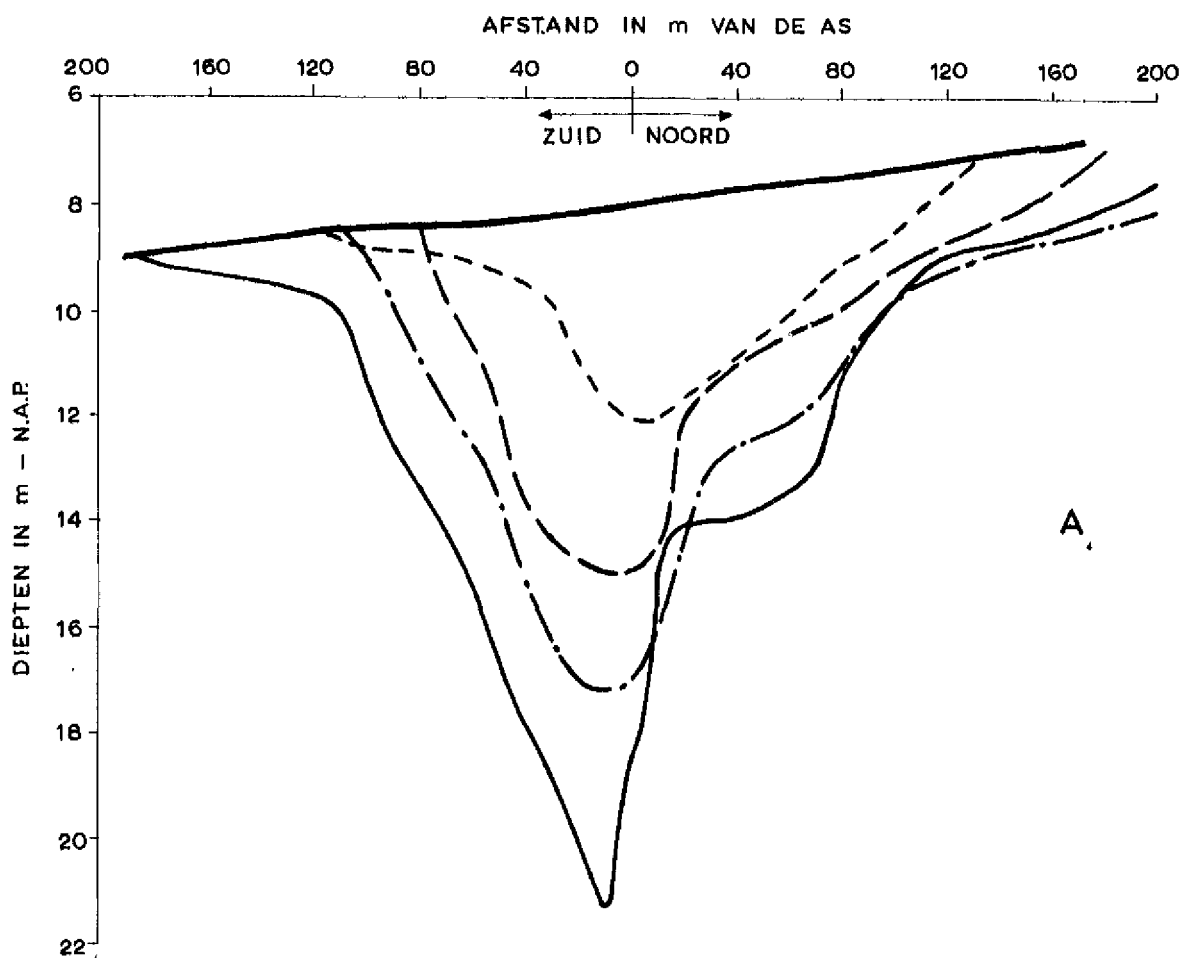
GET.	GEZ.	GEC.	AKK.
24-1-77 K.B.	<i>B</i>	<i>E</i>	<i>WOS</i>

RIBBELS LANGS RAAI II

A1 77.152



GET.	GEZ.	GEC.	AKK.	LANGSDOORSNEDE ZINKERSLEUF 1965	
26-1-77 K.B.	<i>B</i>	<i>E</i>	<i>WOS</i>		



GET.	GEZ.	GEC.	AKK.	DWARSDOORSNEDEN	
26-1-77 K.B.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	ZINKERSLEUF 1965	
				A1	77.154