

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst vlissingen

nota WWKZ-82.V007

Sedimentatie in de trog
welke is ontstaan rondom
het scheepswrak "Zamosc"
in het Pas van Terneuzen.

projectcode
V 8 0 0 7 A 1 5

auteur(s) : H. de Jong

datum : februari 1982

bijlagen : 31

samenvatting : Deze nota geeft een analyse van het sedimentatieproces in de trog die is ontstaan rondom het scheepswrak "Zamosc". Een inzicht in dit proces werd van belang geacht voor de aanzanding van de te baggeren tunnelsleuf van de Westerschelde Oeververbinding.

Bij het onderzoek is allereerst nagegaan in hoeverre de uit de materiaaltransportmetingen afgeleide sedimentatie correspondeert met de uit ladingen geconstateerde bodemveranderingen. Hiertussen blijkt een goede overeenkomst te bestaan. De nauwkeurigheid van de bepaalde hoeveelheden is echter zodanig dat hieraan geen vergaande betekenis kan worden toegekend.

De vastgestelde sedimentatie komt eveneens in redelijke mate overeen met de aanzandingsrelatie die destijds is afgeleid voor de in 1965 gebaggerde zinkersleuf (nota WWKZ-80.V002). Gezien het feit dat de sedimentatie is berekend op basis van het materiaaltransport vóór en in de trog (hetgeen op het stroomafwaarts gelegen talud gebeurt is namelijk buiten beschouwing gebleven) is de waarde van deze overeenkomst slechts beperkt.

Tenslotte blijkt uit het onderzoek de wijze van vormverandering van de stroom- en concentratieverticalen ter plaatse van de trog. Deze is mogelijk van belang voor een eventuele toetsing van het aanzandingsmodel van het Waterloopkundig Laboratorium Delft.

Inhoudsopgave

	<u>blz</u>
1. Inleiding.	1
2. Uitgevoerde metingen.	2
2.1 Stroom- en materiaaltransportmetingen.	2
2.2 Lodingen.	3
2.3 Bodemonsters.	3
3. Sedimentatie.	5
3.1 Uit lodingen vastgestelde sedimentatie.	5
3.2 Uit het materiaaltransport afgeleide sedimentatie.	5
4. De invloed van de verdieping op de vorm van de stroom- en concentratieverticalen.	11
4.1 Algemeen.	11
4.2 Stroomverticalen.	11
4.3 Concentratieverticalen.	11
5. Conclusies.	13
Literatuurlijst.	15
Lijst van bijlagen.	16

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
 datum: februari 1982
 bladnr: 1

1. Inleiding.

In het Pas van Terneuzen nabij het Stoombotengat lag tot voor kort het scheepswrak "Zamosc". Na berging van dit wrak in juli 1980 resteerde op de plaats waar het gelegen heeft een sleufvormige verdieping of trog (+ 7½ m beneden bodemoppervlak) (zie bijlage 1). Ten gevolge van sedimentatie zal na verloop van tijd de ontstane trog weer verdwijnen. Een analyse van dit sedimentatieproces werd van belang geacht voor de voorspelling van de aanzanding van de te baggeren tunnelsleuf van de Westerschelde Oeververbinding. Hiervoor zijn in en naast de ontstane trog stroommetingen en materiaaltransportmetingen uitgevoerd en tevens bodemonsters genomen. Ook zijn in het betreffende gebied lodingen uitgevoerd om een verband te kunnen leggen tussen de resultaten van de materiaaltransportmetingen en de door de sedimentatie ontstane verschillen in bodemdiepte. In hoofdstuk 2 worden de uitgevoerde metingen nader beschreven. Hoofdstuk 3 geeft berekeningen van de sedimentatie. Tevens zijn de vormverandering van de stroom- en concentratieverticalen ter plaatse van de trog beschouwd. Een dieper inzicht in deze verandering kan van belang zijn voor een eventuele toetsing van het aanzandingsmodel van het Waterbouwkundig Laboratorium Delft. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van deze beschouwing beschreven. Tenslotte geeft hoofdstuk 5 de conclusies van het gehele onderzoek.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 2

2. Uitgevoerde metingen.

2.1 Stroom- en materiaaltransportmetingen.

Op 10 en 24 september 1980 is een meting uitgevoerd waarbij stroomsnelheid en materiaaltransport werd gemeten. De lokaties van de meetpunten staan aangegeven op bijlage 1. In de trog werd tijdens het gehele getij gemeten (eb + vloed) (mp 2) en vervolgens tijdens de vloed in een punt westelijk van de trog gelegen (mp 1) en tijdens de eb in een punt oostelijk van de trog gelegen (mp 3). De resultaten van de meting van 10 september zijn niet gebruikt voor de bepaling van de aanzanding omdat er problemen waren met de positie-bepaling van de schepen.

Bij de stroommetingen¹⁾ werd op iedere hoogte in de verticaal, waar de stroomsnelheid werd bepaald, ook de stroomrichting gemeten (door middel van een zogenaamde Elmar-stroomrichtingsmeter) om de invloed van eventuele dwars- of retourstromingen te kunnen bepalen. Uit de verticalen die in de trog (mp 2) werden gemeten blijkt, dat tijdens de maximale stroomsnelheid de stroomrichting van het onderste gedeelte van de verticaal inderdaad aanzienlijk afwijkt van de stroomrichting van het bovenste gedeelte van de verticaal (de afwijking bedroeg 30° tot 65°).

Materiaaltransport werd elk halfuur gemeten²⁾ op 2/3 en 1/3 van de waterdiepte en op 0,5 m beneden het wateroppervlak. Gelijktijdig met het punt op 2/3 van de waterdiepte³⁾ werd er op respectievelijk 0,5, 1 en 2 m boven de bodem met behulp van een daartoe vervaardigd frame³⁾ ("DSS" = drievoudige stroom- en sedimentmeter) het materiaaltransport gemeten. Simultaan met het meten van het materiaaltransport aan de bodem werd op dezelfde hoogten ook de stroom gemeten¹⁾.

Bijlage 2 en 3 geven het verloop van de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal en het verloop van het zand- en slibtransport in de meetpunten 1 en 2 tijdens vloed weer. Bijlage 3 en 4 geven hetzelfde weer voor de meetpunten 2 en 3 tijdens eb. Het transport is bepaald als het product van de stroomsnelheid v en de concentratie c geïntegreerd over de verticaal en de tijd. De berekening van de transporten is uitgevoerd volgens de zogenaamde partiële methode van het Waterloopkundig Laboratorium Delft (zie lit [3]). Voor de herleiding van de transporten van g/m's

- naar -

¹⁾ d.m.v. een ott-molen

²⁾ d.m.v. verticaal geplaatste Vlissingse flessen in een conventioneel flessenrek

³⁾ met daaraan gemonteerde Vlissingse flessen onder 35°

⁴⁾ gemeten vanaf de bodem

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 3

naar m^3/m^2 uur is voor het s.g. van zand $2,65 \text{ g/cm}^3$ aangehouden bij een holterpercentage van 40%. Deze gegevens zijn ontleend aan notitie WWKZ-82.V259 [4]. De bijlagen 5, 6 en 7 geven op dubbel logaritmisch papier de lineaire regressie tussen de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal en het zandtransport in respectievelijk mp 1, mp 2 en mp 3 weer¹). Bijlage 8, 9 en 10 geven op dezelfde wijze het slibtransport als functie van de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal¹). De lineaire regressie is uitgevoerd op de logaritme van zowel de stroomsnelheid als het transport. Zowel het zandtransport als het slibtransport in alle meetpunten -uitgezonderd het zandtransport in mp 1- blijkt groter te zijn dan het zandtransport dat zou volgen uit het verband (tussen stroomsnelheid en zandtransport) dat bij vroegere metingen voor de Westerschelde gevonden werd. Over dit verband tussen stroomsnelheid en zandtransport is gerapporteerd in memo 75.9 [1].

2.2 Lodingen.

In het onderhavige gebied zijn op 8 september, 22 september en 6 oktober 1980 echolodingen uitgevoerd langs een raaienstelsel ongeveer loodrecht staande op de as van de trog (bijlage 1). De afstand tussen de raaien onderling was 20 m. Bijlage 11, 12 en 13 zijn de lodingskaarten die van deze opnemingen konden worden vervaardigd. Bij een onderlinge vergelijking van de opnemingen d.d. 8 september en 6 oktober 1980 blijkt, dat in de gehele trog sprake is van een aanzienlijke aanzanding (0,5 tot 1 m). Een duidelijk beeld hiervan geeft de verschillenkaart van de diepte-veranderingen tussen 8 september en 6 oktober 1980 (bijlage 14). In het diepste gedeelte van raai 8 wordt een maximale verondieping vastgesteld van 2,4 m. Bijlagen 15, 16 en 17 geven de dwarsprofielen van een gedeelte (150 m) van de raaien 5, 6 en 7 weer. Ter plaatse van deze raaien is een sleuf aanwezig die qua vorm en oriëntatie ten opzichte van de stroomrichtingen geschikt is om te onderzoeken in verband met de tunnelsleuf van de Westerschelde Oeververbinding.

2.3 Bodemmonsters.

Tijdens de kentering zijn in de meetpunten 1, 2 en 3 op de beide meetdata (10 en 24 september 1980) met behulp van een grijper bodemmonsters genomen. De resultaten van de monsters genomen d.d. 10 september 1980 bleken onbruikbaar (zie par. 2.1). De lokaties

- waarin -

¹) Uit de waarnemingen komen afwijkingen naar voren tussen het deel van de vloed waarin het water versnelt en het deel waarin het water vertraagt. In verband met het verkennend karakter van het onderzoek en in verband met het relatief gering aantal gegevens is met dit verschijnsel geen rekening gehouden.

rijkswaterstaat

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 4

waarin op 24 september 1980 monsters genomen zijn staan aangegeven op bijlage 18. Van deze bodemonsters is op het laboratorium o.a. het gewichtspercentage van verschillende zeeffracties bepaald. De percentages van de fractie $< 45\mu$ staan in tabel 1 vermeld. De fractie $< 45\mu$ kan beschouwd worden als de slibfractie.

Tabel 1: Gewichtspercentages van de zeeffractie $< 45\mu$.

mp 1	mp 2	mp 3
1,5% (pos. eb kent.) 15,9% (pos. vloed kent.)	23,6% (pos. eb kent.) 33,5% (pos. vloed kent.)	3,98% (pos. eb kent.) 4,6 % (pos. vloed kent.)
gem. 8,7%	gem. 28,6%	gem. 4,3%

pos. = positie tijdens

Uit deze tabel blijkt dat het gehalte aan slib in de trog (mp 2) 15 à 25% hoger is dan in het voor- en achterliggende gebied (mp 1 en mp 3). Op grond hiervan wordt aangenomen dat het gesedimenteerde materiaal in de trog voor 20 à 35% (gemiddeld ca. 29%) uit slib bestaat. Deze percentages zijn mogelijk nog van belang voor de zetting van afgezonken tunnelelementen.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 5

3. Sedimentatie.

3.1 Uit lodingen vastgestelde sedimentatie.

Door middel van kubering van de lodingen (zie par. 2.2) is vastgesteld hoeveel materiaal zich in het onderhavige gebied (raai 1 t/m 14, bijlage 11) door sedimentatie heeft afgezet. De hoeveelheden in de eerste periode (8 september t/m 22 september 1980) en de tweede periode (22 september t/m 6 oktober 1980) bleken vrijwel overeen te komen (15878 m^3 respectievelijk 16073 m^3). Voor raai 5, 6 en 7 (de in het kader van deze nota van belang zijnde raaien) is over een lengte van 150 m en een strook van totaal 60 m (per raai 20 m) apart de hoeveelheid gesedimenteed materiaal vastgesteld (zie bijlage 11). Hieruit bleek dat in dit gebied, zich in de eerste periode meer materiaal heeft afgezet dan in de tweede (respectievelijk 2423 m^3 en 1736 m^3). Hierbij dient wel bedacht te worden dat er de nodige spreiding in de resultaten zit doordat bij het peilen niet precies langs de raai gevaren wordt en één raai maatgevend wordt geacht voor een breedte van 20 m. Gesteld mag echter worden dat de eventuele afwijking kleiner is dan ca. 30% van de boven vermelde sedimentatie. Dit percentage is bepaald uit het verschil dat kon worden vastgesteld tussen twee opnamen op dezelfde dag van de raai 6 en 8. Deze raaien zijn speciaal dubbel opgenomen om een eventuele afwijking te kunnen vaststellen.

3.2 Uit het materiaaltransport afgeleide sedimentatie.

Door middel van de in par. 2.1 besproken grafieken van het zandtransport als functie van de stroomsnelheid (bijlagen 5, 6 en 7) is het mogelijk het zandtransport te schatten bij spring-, gemiddeld- en doortij als de gegevens van de gemiddelde stroomsnelheden die bij deze getijden optreden, ter beschikking staan. Dit was echter niet het geval. Derhalve zijn deze stroomsnelheden berekend met behulp van de meetresultaten van de flachseestroommeter 5025 die in deze omgeving van 28 maart 1977 t/m 21 april 1977 continu de stroom heeft geregistreerd (bijlage 1). Met de hieruit gevonden verhouding tussen de stroomsnelheden bij spring-, gemiddeld- en doortij was het mogelijk de stroomsnelheden in mp 1, mp 2 en mp 3 bij deze getijden te bepalen. Vervolgens kon het transport per getij worden bepaald door middel van bovengenoemde grafieken (bijlagen 5, 6 en 7). Opgemerkt dient te worden dat de stroomsnelheden v , waarbij een afwijking in richting werd waargenomen bij het onderste gedeelte van de verticaal (zie par. 2.1), gereduceerd zijn tot stroomsnelheid $v \cos \alpha$, waarbij α de afwijkingshoek is van de stroomrichting.

Met het gevonden transportverloop tussen spring-, gemiddeld- en doortij is het mogelijk het transport voor alle opgetreden getijden in de betreffende periodes te schatten. De som van al deze transporten is het totale zandtransport (S_x). Op dezelfde wijze kon het totale slibtransport worden berekend.

De sedimentatie in de verdieping is berekend als volgt:

$$\text{aanzanding (aanslibbing)} = S_1(\text{vloed}) + S_3(\text{eb}) - S_2(\text{eb} + \text{vloed})$$

waarbij

$$S_1 = \text{transport (mp 1) enz.}$$

Bij deze berekening is hetgeen op het stroomafwaarts gelegen talud gebeurt buiten beschouwing gebleven. De sedimentatie berekend op basis van het materiaaltransport vóór en in het midden van de trog is daardoor niet geheel juist. Het is daarom aan te bevelen om in de toekomst ook op de stroomafwaarts gelegen rand te meten.

Het vloedtransport in mp 2 is vooraf gereduceerd (factor 1,7) omdat het debiet in dit meetpunt een factor 1,7 groter bleek te zijn dan in mp 1 (bijlage 19). De oorzaak hiervan ligt in het feit dat de meetpunten 1 en 2 niet geheel in elkaars verlengde liggen betreffende de stroom en de bodemligging daar kennelijk aanleiding tot stroomcontractie bij vloed heeft gegeven (zie ook bijlage 18). Het debiet van mp 3 en mp 2 tijdens de eb, bleek nagenoeg overeen te komen zodat daarop geen correctie behoefde te worden toegepast.

Omtrent de niet-lineaire effecten kan worden gesteld dat deze buiten beschouwing zijn gelaten omdat het hier gaat om een globale wijze van sedimentatie berekenen.

Tabel 2 geeft de resultaten van de berekening van de zand- en slibtransporten voor de beide periodes afzonderlijk en voor de totale periode. Hierbij werd het transport in de meetpunten representatiefgeacht voor een strook van 60 m breed. Tevens is de hieruit berekende sedimentatie vermeld voor het in par. 3.1 (bijlage 11) genoemde gebied. De hoeveelheden zijn berekend door uit te gaan van een holtepercentage van 40% in het gesedimenteerde materiaal (zand en slib).

Tabel 2: Aanvoer zand en slib en de berekende sedimentatie in m³ (aangehouden holtepercentage voor zowel zand als slib 40%, soortelijke massa, inclusief poriën: 1,59 ton/m³).

jaar: 1980	zandaanvoer in m ³ (zand: zeeffractie > 50µ)				berekende aanzanding in m ³
	mp 1 vl	mp 3 eb	mp 2 vl	mp 2 eb	
1e periode 8 sept. t/m 22 sept.	463	7018	974	5114	1394
2e periode 22 sept. t/m 6 okt.	532	7599	1394	5726	1011
totale periode 8 sept. t/m 6 okt.	995	14617	2368	10840	2405

rijkswaterstaat

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
 datum: februari 1982
 bladnr: 7

Vervolg tabel 2:

jaar: 1980	slibaanvoer in m ³ (slib: zeeffractie < 50µ)				berekende aanslibbing in m ³
	mp 1 vl	mp 3 eb	mp 2 vl	mp 2 eb	
1e periode 8 sept. t/m 22 sept.	2442	15081	2794	13819	910
2e periode 22 sept. t/m 6 okt.	2799	16557	3845	15421	90
totale periode 8 sept. t/m 6 okt.	5241	31638	6639	29240	1000
jaar: 1980	aanvoer sedimentierend materiaal (zand en slib) in m ³				berekende sedimentatie in m ³
	mp 1 vl	mp 3 eb	mp 2 vl	mp 2 eb	
1e periode 8 sept. t/m 22 sept.	2905	22099	3768	18933	2304
2e periode 22 sept. t/m 6 okt.	3331	24156	5239	21147	1101
totale periode 8 sept. t/m 6 okt.	6236	46255	9007	40080	3405

Het vloedtransport in meetpunt 2 is volgens de berekeningen steeds groter dan dat in meetpunt 1. Waarschijnlijk berust dit op onnauwkeurigheden in de schematisatie (zie de op blz 6 genoemde factor 1,7). Daar de ebtransporten echter steeds een orde groter zijn dan de vloedtransporten is het belang hiervan niet doorslaggevend.

Uit tabel 2 blijkt dat de berekende aanzandingen in beide perioden goed overkomen. De berekende aanslibbing in periode 1 is 10x zo groot als in periode 2; de oorzaak hiervan kan worden verklaard door de grote gevoeligheid voor geringe afwijkingen in de verschillende slibtransporten.

Een alternatief wordt gegeven in tabel 3. In plaats van 1,59 ton/m³ droge stof (inhoudend een holtepercentage van 40%) is voor het slib s.m. 0,58 ton/m³ droge stof aangehouden overeenkomend met een holtepercentage van 78%. Laatstgenoemde gegevens zijn ontleend aan een onderzoek van de "minder vaste" laag van de havenbodem van de voormalige veerhaven Hoedekenskerke [4].

Ter vergelijking is in tabel 3 ook de berekende aanzanding en aanslibbing bij een holtepercentage van 40% gegeven (uit tabel 2).

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
 datum: februari 1982
 bladnr: 8

Tabel 3: Berekende sedimentatie in m³ bij verschillende holtepercentages voor slib.

variant 1	1e periode	2e periode	totaal	%
zand s.m. = (1,59 ton/m ³ droge stof; holtepercentage 40%)	1394	1011	2405	71
slib s.m. = (1,59 ton/m ³ droge stof; holtepercentage 40%)	910	90	1000	29
totaal	2304	1101	3405	100
variant 2	1e periode	2e periode	totaal	%
zand s.m. = (1,59 ton/m ³ droge stof; holtepercentage 40%)	1394	1011	2405	46,7
slib s.m. = (0,58 ton/m ³ droge stof; holtepercentage 78%)	2493	247	2740	53,3
totaal	3887	1258	5145	100

Een andere mogelijkheid is nog dat het slib voor zover mogelijk, zich bevindt in de holle ruimte tussen de zandkorrels (variant 3).

Dat zou betekenen dat de sedimentatie als volgt is opgebouwd:

zand 2405 m³ (inclusief 962 m³ slib in de holle ruimte)
 slib 1778 m³ (buiten de holle ruimte van het zand)
 totaal 4183 m³

Tabel 4 geeft een vergelijking van de berekende sedimentatie (zand en slib) met de door middel van echolodgingen vastgestelde sedimentatie voor de betreffende periodes.

Tabel 4: Vergelijking berekende- en gemeten sedimentatie in periode 1 en 2 (sedimentatie in de trog ter plaatse van de raaien 5, 6 en 7).

	berekende sedimentatie in m ³			d.m.v. echolodgingen vastgestelde sedimentatie in m ³
	variant 1	variant 2	variant 3	
1e periode 8 sept. t/m 22 sept.	2304	3887	3329	2423
2e periode 22 sept. t/m 6 okt.	1101	1258	1011	1736
totale periode 8 sept. t/m 6 okt.	3405	5145	4183	4159

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 9

Het totaal van de door middel van echolodingen vastgestelde sedimentatie blijkt tussen de beide eerste berekende waarden (variant 1 en 2) in te liggen. De derde mogelijkheid (variant 3) geeft de beste overeenkomst.

Over het algemeen kan gesteld worden, dat de nauwkeurigheid waarmee sedimentatie over een dergelijke korte periode kan worden bepaald, door berekening of door middel van echolodingen, betrekkelijk is. Daarom moet niet overdreven veel waarde aan de voornoemde overeenkomst worden gehecht.

Volgens de berekening van het sedimenttransport (volgens eerste deel tabel 3) zou het gesedimenteerde materiaal voor 29% uit slib bestaan. Uit de bodemsamenstelling in de trog blijkt eveneens een slibpercentage van ca. 29% gemiddeld (tabel 1, hoofdstuk 2.3). Ook in dit opzicht bestaat er overeenstemming tussen bodemverandering en materiaaltransport maar ook hier moet niet overdreven veel waarde aan gehecht worden mede gezien de spreiding in resultaten tussen de eerste en tweede periode. In ieder geval kan op basis van de gegevens van tabel 4 geen uitspraak over de waarschijnlijkheid van de drie onderzochte mogelijkheden van opbouw van het gesedimenteerde materiaal worden gedaan. Het is aan te bevelen om de samenstelling en laagopbouw van het gesedimenteerde materiaal in de toekomst te onderzoeken aan de hand van boringen. Tenslotte is het nog van belang om op te merken dat de op basis van het materiaaltransport buiten en in het midden van de verdieping berekende sedimentatie mogelijk onjuist is ten gevolge van het buiten beschouwing blijven van hetgeen op het stroomafwaarts gelegen talud gebeurt. Het is daarom aan te bevelen om in de toekomst ook op de stroomafwaarts gelegen rand van de verdieping te meten.

3.3 Vergelijking van de sedimentatiepercentages met eerder uitgevoerde berekeningen.

In deze paragraaf wordt een vergelijking gemaakt tussen de sedimentatiepercentages die vastgesteld kunnen worden bij de trog ontstaan rondom het wrak "Zamosc" en de aanzandingspercentages bij de zinkersleuf van 1965.

Nota WWKZ-80.V002 (lit. 2) geeft een aanzandingsrelatie die is afgeleid voor de in 1965 gebaggerde zinkersleuf in het oostelijk deel van de Westerschelde. Het betreft hier een relatie tussen de verhouding van de waterdiepte in- en buiten de verdieping en het percentage van het aangevoerde materiaal dat sedimenteert (bijlage 20). Nagegaan is welke verhoudingen tussen aanvoer en sedimentatie gelden volgens hoofdstuk 3.2. De berekening is apart voor het zand en het slib uitgevoerd voor de beide periodes. Bijlage 21 geeft de transporten waarmee gerekend is en de aldus berekende percentages (r) voor drie varianten. Variant 1, waarvan de verhouding tussen het zand en het slib (respectievelijk 71 en 29%) overeenkomt met de verhouding bij de bodemonsters (zie par. 3.2), is vergeleken met

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 10

de genoemde relatie in bijlage 20. De berekende percentages van het zand blijken in redelijke mate overeen te komen met hetgeen gevonden is bij de zinkersleuf van 1965. Daarnaast wordt geen overeenkomst gevonden voor het slib. Dit was te verwachten, omdat de relatie van de zinkersleuf van 1965 de sedimentatie van zand betreft. De oorzaak hiervan is dat de valsnelheid van slib ten opzichte van zand veel geringer is. Uit het feit dat variant 1 in redelijke mate correspondeert met de zinkersleuf van 1965, mag niet geconcludeerd worden dat de mogelijkheden gegeven onder variant 2 en 3 minder juist zouden zijn. Niet bekend is namelijk of de aanzandingsrelatie die afgeleid is voor de zinkersleuf van 1965 nabij de Ballastplaat, normatief gesteld kan worden voor het Pas van Terneuzen.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 11

4. De invloed van de verdieping op de vorm van de stroom- en concentratieverticalen.

4.1 Algemeen.

Ten behoeve van een eventuele toetsing van de berekening van het aanzandingsmodel van het Waterbouwkundig Laboratorium Delft is het van belang enig inzicht te verkrijgen in de vormverandering die de stroom- en concentratieverticalen ondergaan ter plaatse van de trog.

4.2 Stroomverticalen.

Bijlagen 22, 23, 24, 25, 26 en 27 geven de stroom- en concentratieverticalen van vóór en in de trog (respectievelijk mp 3 en mp 2). Het betreft hierbij verticalen van de ebstroom (van oost naar west). Uit deze bijlagen blijkt dat de stroomverticalen in de trog ongeveer als volgt gereduceerd worden:

- a stroomsnelheid aan de oppervlakte 15 à 20%
- b stroomsnelheid op $2/3$ van de waterdiepte 20 à 25%
- c stroomsnelheid op $1/3$ van de waterdiepte 50 à 55%
- d stroomsnelheid op 1 m + bodem 60 à 65%.

Uit de verschillende reducties op de respectievelijke waterdiepten blijkt ook dat vorm van de krommen geheel verschillend zijn. Dit blijkt ook uit bijlage 30. Om de vorm van de verticalen beter te kunnen vergelijken zijn de verticalen van mp 3 op deze bijlage omgerekend naar de verticaalhoogten van mp 2.

Bijlage 28 en 29 geven enkele stroom- en concentratieverticalen van de vloedstroom (van west naar oost). In tegenstelling tot wat bij de ebstroom kon worden vastgesteld blijken de stroomverticalen in deze richting niet essentieel van vorm te veranderen (bijlage 31). Mogelijk hangt dit samen met de in par. 3.2 geconstateerde stroomcontractie in de verdieping. Het geringe aantal gegevens beperkt echter de mogelijkheid te kunnen vaststellen in hoeverre deze verticalen karakteristiek zijn voor de vloedstroom. De bij de vloedstroom gemeten verticalen lijken echter vanwege de genoemde stroomcontractie niet representatief voor een tweedimensionale situatie.

4.3 Concentratieverticalen.

De concentratieverticalen van zand en slib in de trog (mp 2) tijdens de ebstroom (bijlagen 22, 23, 24, 25, 26 en 27) vertonen een gelijkmatiger beeld dan de verticalen van het gebied voor de trog gelegen (mp 3). Een verschil valt er waar te nemen tussen de vormverandering van de concentratieverticalen van het slib en het zand

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
 datum: februari 1982
 bladnr: 12

onderling. De concentratieverticalen van het slib lijken in de trog weinig of niet in vorm te veranderen terwijl bij de concentratieverticalen van het zand sprake is van een aanmerkelijke verandering. In de trog (mp 2) is het bodemtransport van het zand namelijk veel minder geconcentreerd. Een en ander wordt door bijlage 30 nog duidelijker geïllustreerd. De concentratieverticalen van de vloedstroom (bijlage 28 en 29) geven de indruk in de trog eveneens van vorm te veranderen. In tegenstelling tot datgene wat bij de ebstroom kon worden vastgesteld blijkt het bodemtransport tijdens de vloedstroom van zowel slib als zand ter plaatse van de trog toe te nemen. Duidelijk blijkt dit ook uit bijlage 31. Ook hiervan geldt dat de beschikking over een groter aantal gegevens noodzakelijk is om te kunnen vaststellen of hier sprake is van een toevalligheid of van een telkens optredend verschijnsel.

5. Conclusies.

- 1) Om de sedimentatie in een sleuf redelijk nauwkeurig te kunnen bepalen is het noodzakelijk dat minstens in een drietal posities tijdens het gehele getij gemeten wordt, te weten: vóór, in en achter de sleuf, bij voorkeur in meerdere raaien tegelijk.
- 2) Om gewichtspercentages van zand en slib te kunnen omrekenen naar m^3 , is het noodzakelijk dat het holtepercentage wordt vastgesteld uit een steekmonster dat in het betreffende gebied genomen is. Aanbevolen wordt om ca. een half jaar na de beschouwde periode steekmonsters te nemen waarbij dan ook de laagopbouw wordt geanalyseerd.
- 3) Het vloeddebiet in de trog (mp 2) blijkt een factor 1,7 groter te zijn dan het debiet gemeten in het gebied vóór de trog gelegen (mp 1). Dit feit toont aan dat de sedimentatie niet zonder meer kan worden berekend als het verschil in materiaaltransport tussen een tweetal meetpunten.
- 4) a Van de hoeveelheid getransporteerd slib bezinkt slechts een relatief klein gedeelte door de geringe valsnelheid.
b Door de sedimentatie van slib kan de bodem van de sleuf wel een relatief hoog gehalte aan slib krijgen. Bij de bepaling van de zetting van afgezonden elementen moet hier rekening mee worden gehouden.
c De uit de materiaaltransportmetingen afgeleide sedimentatie is in overeenstemming met de uit lodingen geconstateerde bodemveranderingen. De nauwkeurigheid van de bepaalde hoeveelheden is zodanig dat hieraan geen vergaande betekenis kan worden toegekend.
- 5) De vastgestelde sedimentatie komt in redelijke mate overeen met de eerder in nota WWKZ-80.V002 (lit. [2]) afgeleide aanzandingsrelatie.
- 6) Met behulp van de in par. 3.2 beschreven methode om de sedimentatie af te leiden uit het materiaaltransport, kan een voorspelling worden gedaan over het sedimentatieproces in de tijd. Door de beperkte nauwkeurigheid waarmee het sedimenttransport kan worden bepaald en de onzekerheid over de opbouw van het gesedimenteerde materiaal is de nauwkeurigheid van de bepaling van de bodemverandering nog niet erg groot. Om deze redenen is het verbeteren van het inzicht in de sedimentbeweging en de opbouw van de gesedimenteerde lagen (conclusie 2) noodzakelijk.
- 7) De stroom- en zandconcentratieverticalen van de ebstroom ondergaan ter plaatse van de trog een essentiële verandering, in tegenstelling tot de slibconcentratieverticalen die bijna geen verandering ondergaan. Het bodemtransport van het zand is in

behoort bij: nota

WWKZ nr. 82.V007

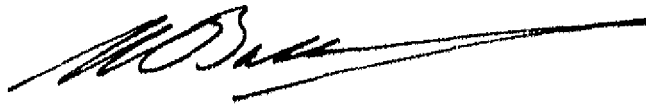
datum: februari 1982

bladnr: 14

de trog duidelijk minder geconcentreerd. Bij de vloedstroom zijn de veranderingen minder, mogelijk ten gevolge van de dan optredende stroomcontractie.

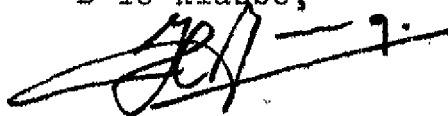
Gezien:

Het Hoofd van de Adviesdienst
Vlissingen,



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

De administratief ambtenaar
B 1e klasse,



H. de Jong.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 15

Literatuurlijst

- [1] Ir. E.P. Kooiker.
Tweede bericht betreffende een empirische methode ter
bepaling van zandtransporten in de Westerschelde.
Memo 75.8, Studiedienst Vlissingen, Rijkswaterstaat.
- [2] Ir. E.H. Ebbens.
Aanzanding van de bij de plaatval van 1977 ontstane ver-
dieping in de Platen van Ossenise.
Nota WWKZ-80.V002, Studiedienst Vlissingen, Rijkswaterstaat.
- [3] Ir. L.C. van Rijn.
Computerprogramma voor verwerken en toetsen van metingen
van sedimenttransport (SUDATA).
R 1267-1 Waterloopkundig Laboratorium Delft.
- [4] H. de Jong.
De wijze van berekening van sedimentatie uit zand- en slib-
transport bij de Adviesdienst Vlissingen.
Notitie WWKZ-82.V259, Adviesdienst Vlissingen, Rijkswaterstaat.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 16

Lijst van bijlagen

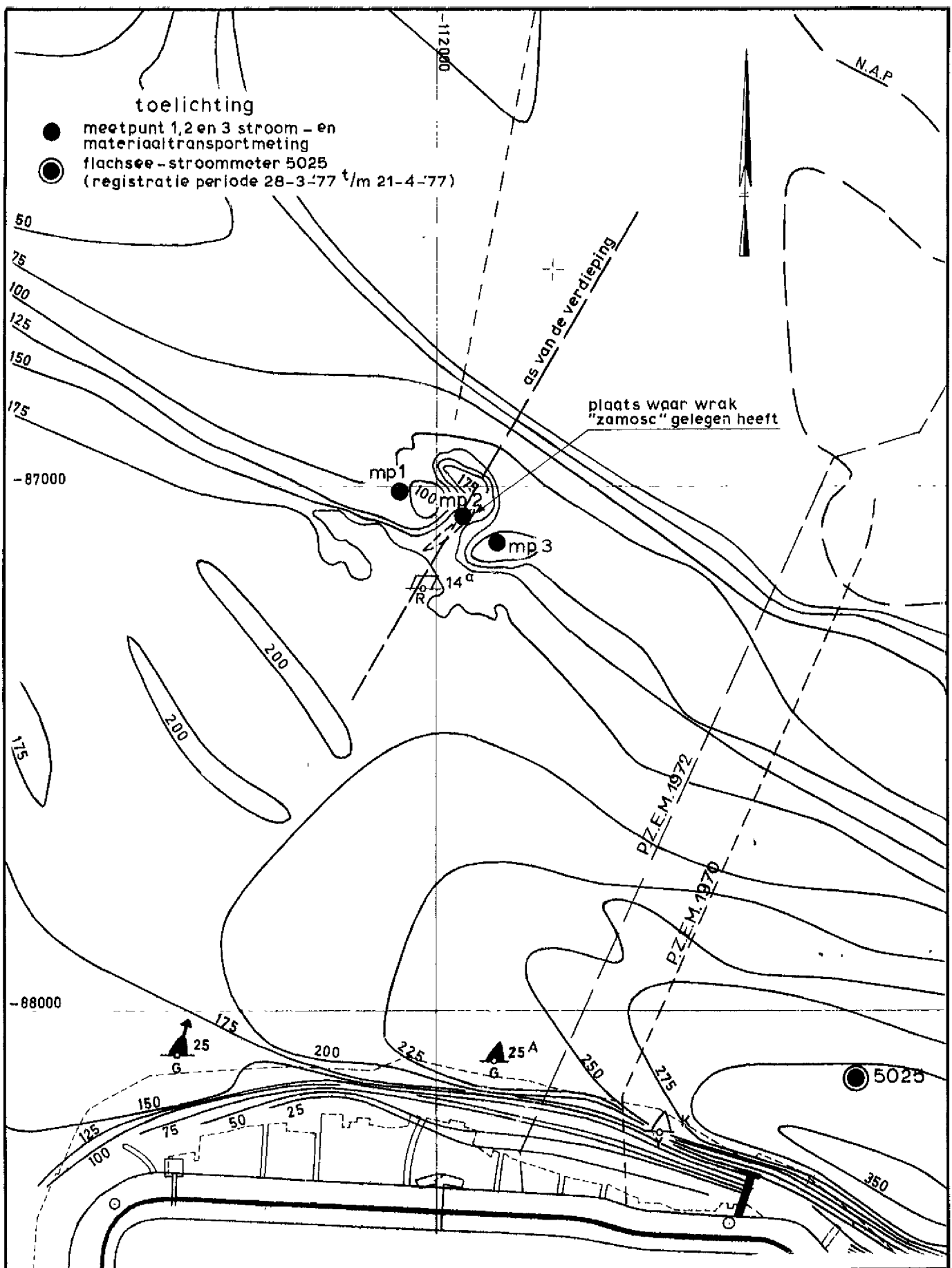
Bijlage nr.	Omschrijving	Tekening nr.
1	Situatie meetpunten, materiaaltransport-meting d.d. 24/09/1980.	A1-82.58
2	Verloop van gemiddelde stroomsnelheid, zand- en slibtransport in de tijd, in mp 1 d.d. 24/09/1980.	A1-81.503
3	Idem mp 2.	A1-81.504
4	Idem mp 3.	A1-81.505
5	Verband tussen zandtransport (log. S) en de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal (log. v) mp 1, 24 september 1980.	A1-82.59
6	Idem mp 2.	A1-82.60
7	Idem mp 3.	A1-82.61
8	Verband tussen slibtransport (log. S) en de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal (log. v) mp 1, 24 september 1980.	A1-82.62
9	Idem mp 2.	A1-82.63
10	Idem mp 3.	A1-82.64
11	Opneming omgeving v.m. wrak "Zamosc" d.d. 08/09/1980 dieptecijfers en dieptelijnen.	B2-81.5
12	Idem d.d. 22/09/1980.	B2-81.6
13	Idem d.d. 06/10/1980.	B2-81.7
14	Diepteverschillen tussen de opneming d.d. 08/09/1980 en 06/10/1980 in de trog ontstaan rondom het wrak "Zamosc".	B2-81.65
15	Dwarsprofielen van de trog ontstaan door het wrak "Zamosc", raai 5 d.d. 8 en 22 september en 6 oktober 1980.	A1-82.66
16	Idem raai 6.	A1-82.67
17	Idem raai 7.	A1-82.68

- vervolg -

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 17

Vervolg lijst van bijlagen:

Bijlage nr.	Omschrijving	Tekening nr.
18	Locaties waar d.d. 24 september 1980 bodem-monsters zijn genomen.	A1-82.69
19	Debiet in mp 1, 2 en 3 d.d. 24 september 1980.	A1-82.70
20	Sedimentatiepercentage r bij de trog van het v.m. wrak "Zamosc" (volgens variant 1) en de zinkersleuf in 1965.	A1-82.71
21	Sedimentatiepercentage r bij verschillende volumeverhoudingen tussen zand en slib van het gesedimenteerde materiaal.	A1-82.72
22	Stroom- en concentratieverticalen van mp 2 en mp 3 tijdens de ebstroom.	A1-82.73
23	Idem.	A1-82.74
24	Idem.	A1-82.75
25	Idem.	A1-82.76
26	Idem.	A1-82.77
27	Idem.	A1-82.78
28	Stroom- en concentratieverticalen van mp 1 en mp 2 tijdens de vloedstroom.	A1-82.79
29	Idem.	A1-82.80
30	Vergelijking van de stroom- en concentratieverticalen van mp 2 en mp 3 tijdens de ebstroom d.d. 24 september 1980.	A1-82.81
31	Idem mp 1 en mp 2 tijdens de vloedstroom.	A1-82.82

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
situatie meetpunten, materiaaltransportmeting
d.d. 24-9-'80

get.	k.b.	bijl. 1	
gec.	E.		
gez.	<i>[handwritten signature]</i>	schaal 1:10000	
akk.	<i>[handwritten signature]</i>	A1	nr. 82.58

slibtransport eb	=	m^3/m^1
" vloed	=	2,85 m^3/m^1
zandtransport eb	=	m^3/m^1
" vloed	=	1,05 m^3/m^1

toelichting:

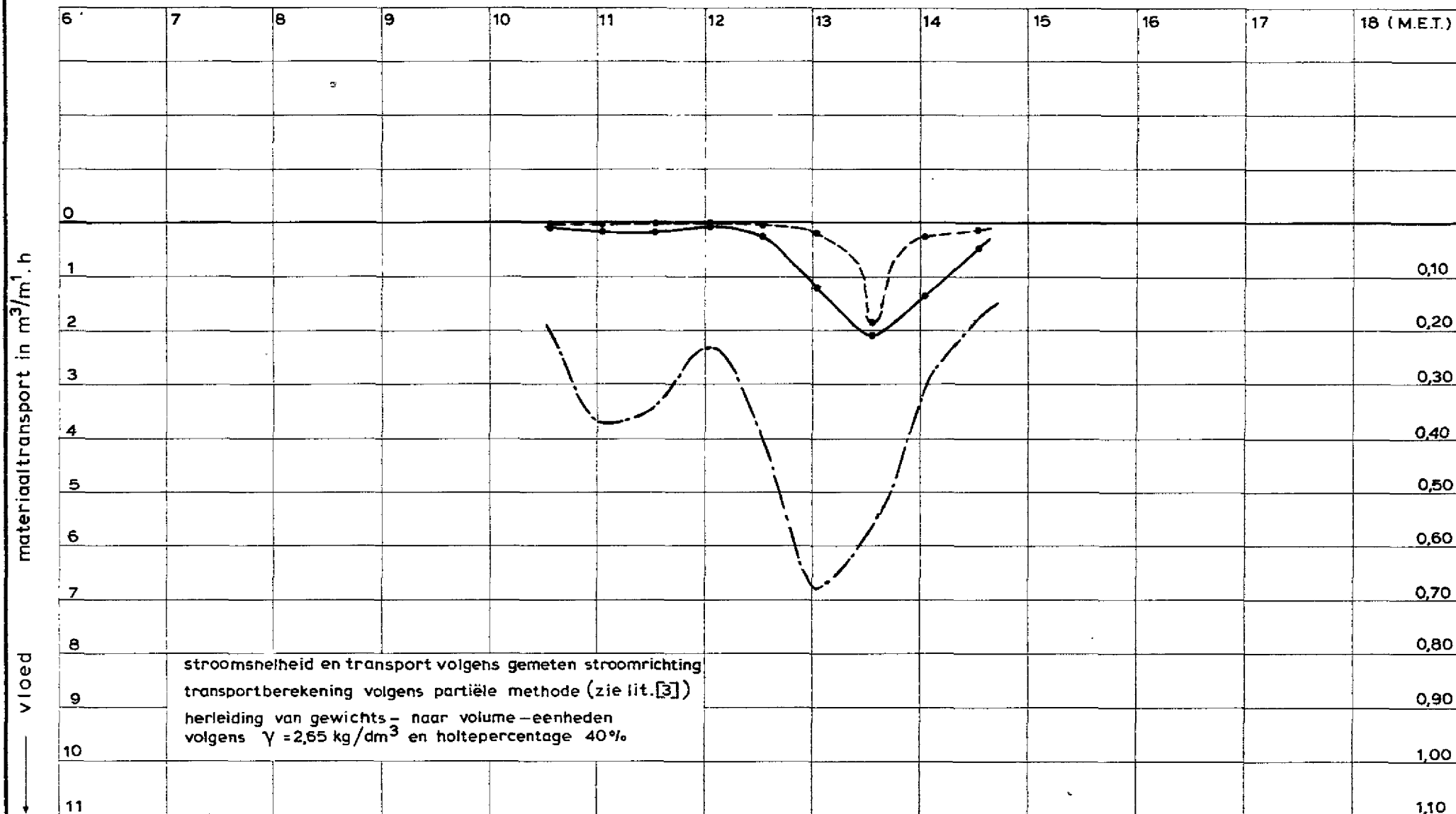
————— silbtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 - - - - - zandtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 - · - · - gem. stroomsnelheid in m/s

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
mp 1 d.d. 24-9-'80 verloop van de gemiddelde
stroomsnelheid, zand- en silbtransport in de tijd

get.	k.b.	bijl. 2	
gec.	ε.	code 05.20.M.80	
gez.	DM	schaal	
akk.	<i>[handwritten signature]</i>	A1	nr. 81.503



gem. stroomsnelheid in m/s

slibtransport eb	=	14,3	m^3/m^1
" vloed	=	8	m^3/m^1
zandtransport eb	=	5,9	m^3/m^1
" vloed	=	2,7	m^3/m^1

toelichting:

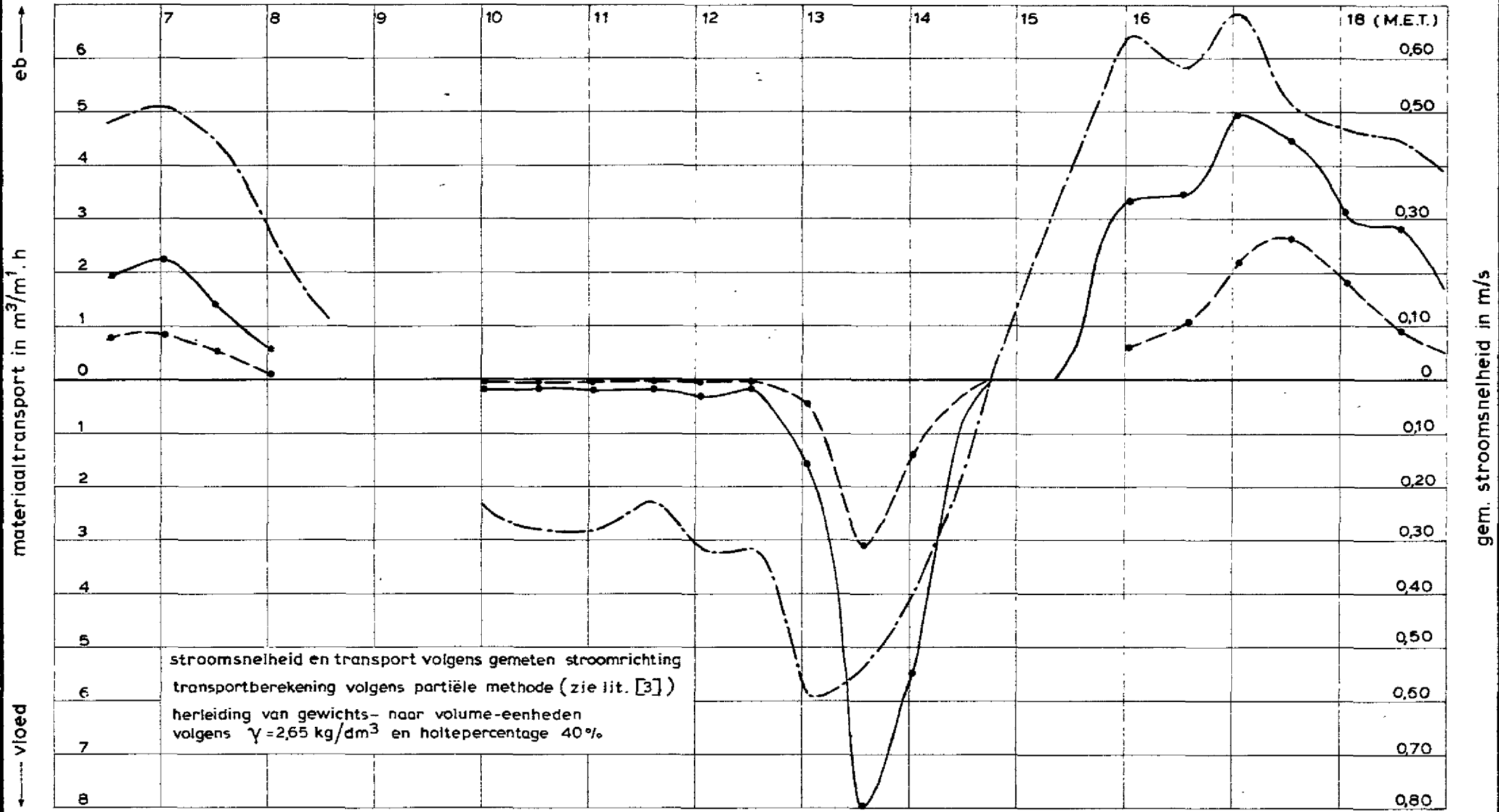
————— slibtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 - - - - - zandtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 ··········· gem. stroomsnelheid in m/s

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 mp 2 dd. 24-9-80 verloop van de gemiddelde
 stroomsnelheid, zand- en slibtransport in de tijd

get.	k.b.	bijl. 3	
gec.	ξ	code 05.20.M.80	
gez.	DM	schaal	
akk.	<i>dh</i>	A1	nr. 81.504



gem. stroomsnelheid in m/s

slibtransport eb	=	12,9	m^3/m^1
" vloed	=		m^3/m^1
zandtransport eb	=	6,55	m^3/m^1
" vloed	=		m^3/m^1

toelichting:

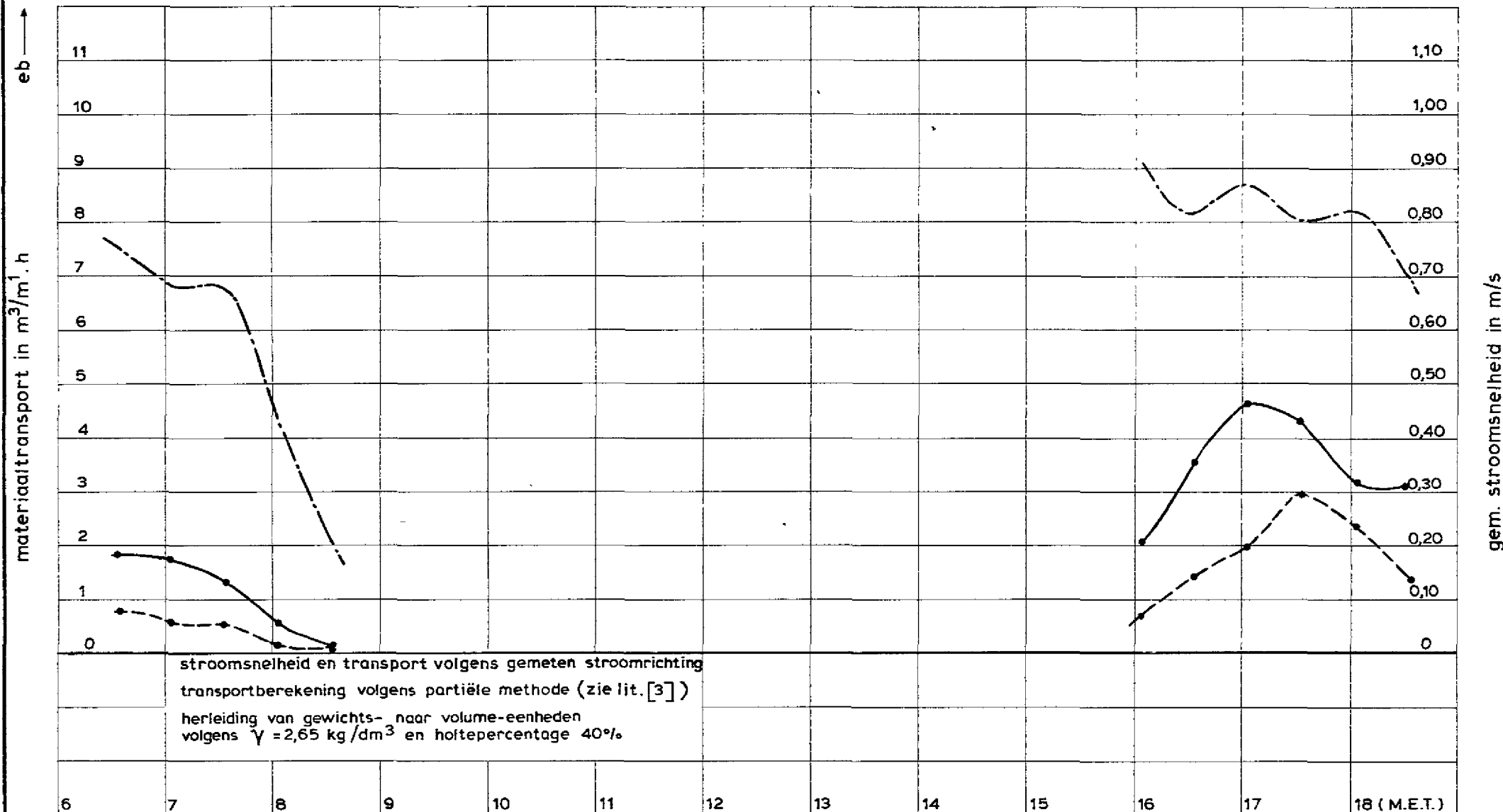
----- slibtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 ----- zandtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 ----- gem. stroomsnelheid in m/s

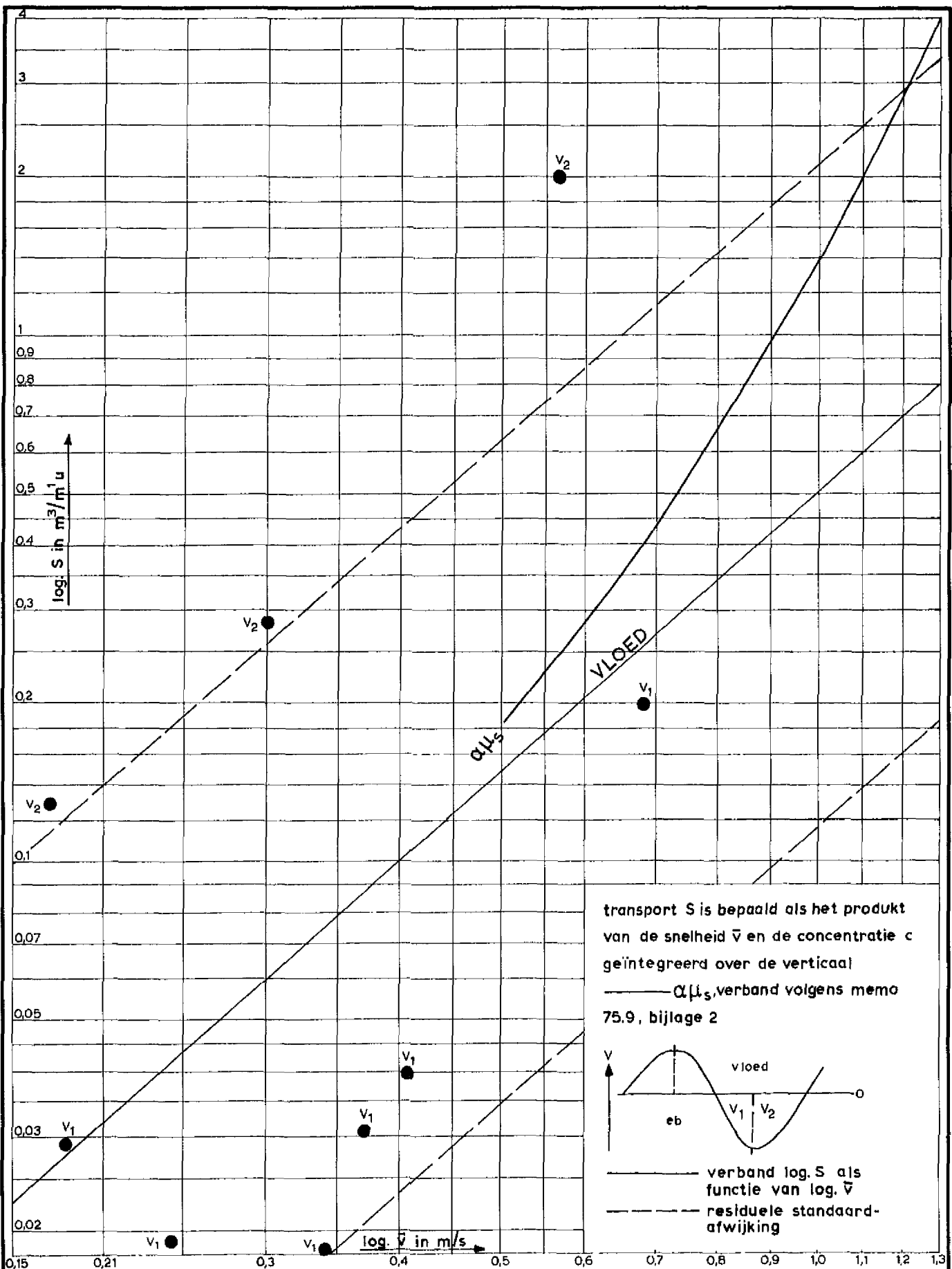
rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vlissingen

westerschelde - pas van terneuzen
mp 3 d.d. 24-9-'80 verloop van de gemiddelde
stroomsnelheid, zand- en slibtransport in de tijd

get.	k.b.	bijl. 4	
gec.	ξ	code 05.20.M.80	
gez.	DM	schaal	
akk.	<i>dm</i>	A 1	nr. 81.505



**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vllissingen

westerschelde - pas van terneuzen
verband tussen zandtransport ($\log S$) en de gem.
stroomsnelh. in de verticaal ($\log \bar{v}$). mp 1, 24 sept. '80

get. MK.

bijl. 5

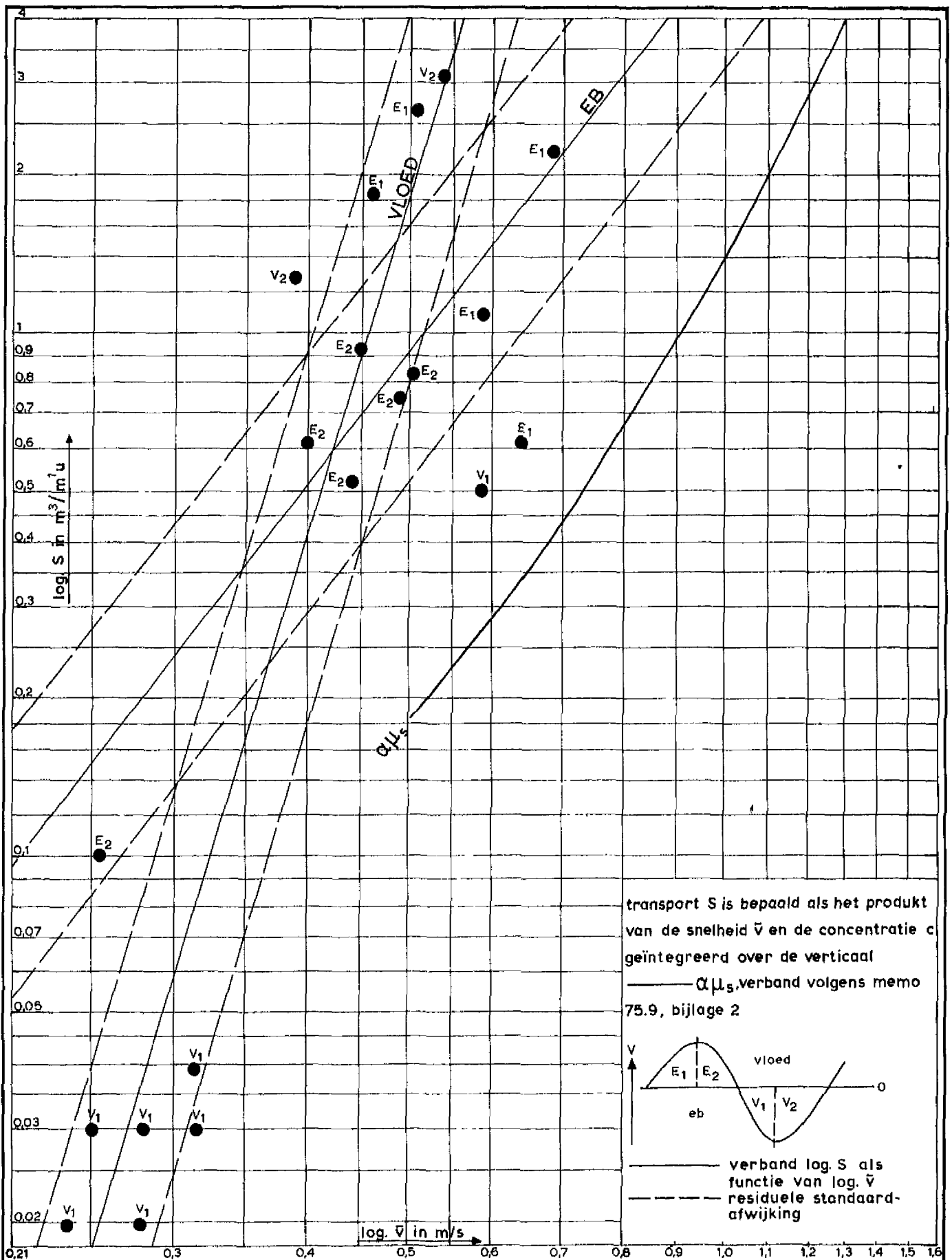
gec. ξ gez. *[handwritten]*

schaal

akk. *[handwritten]*

A1

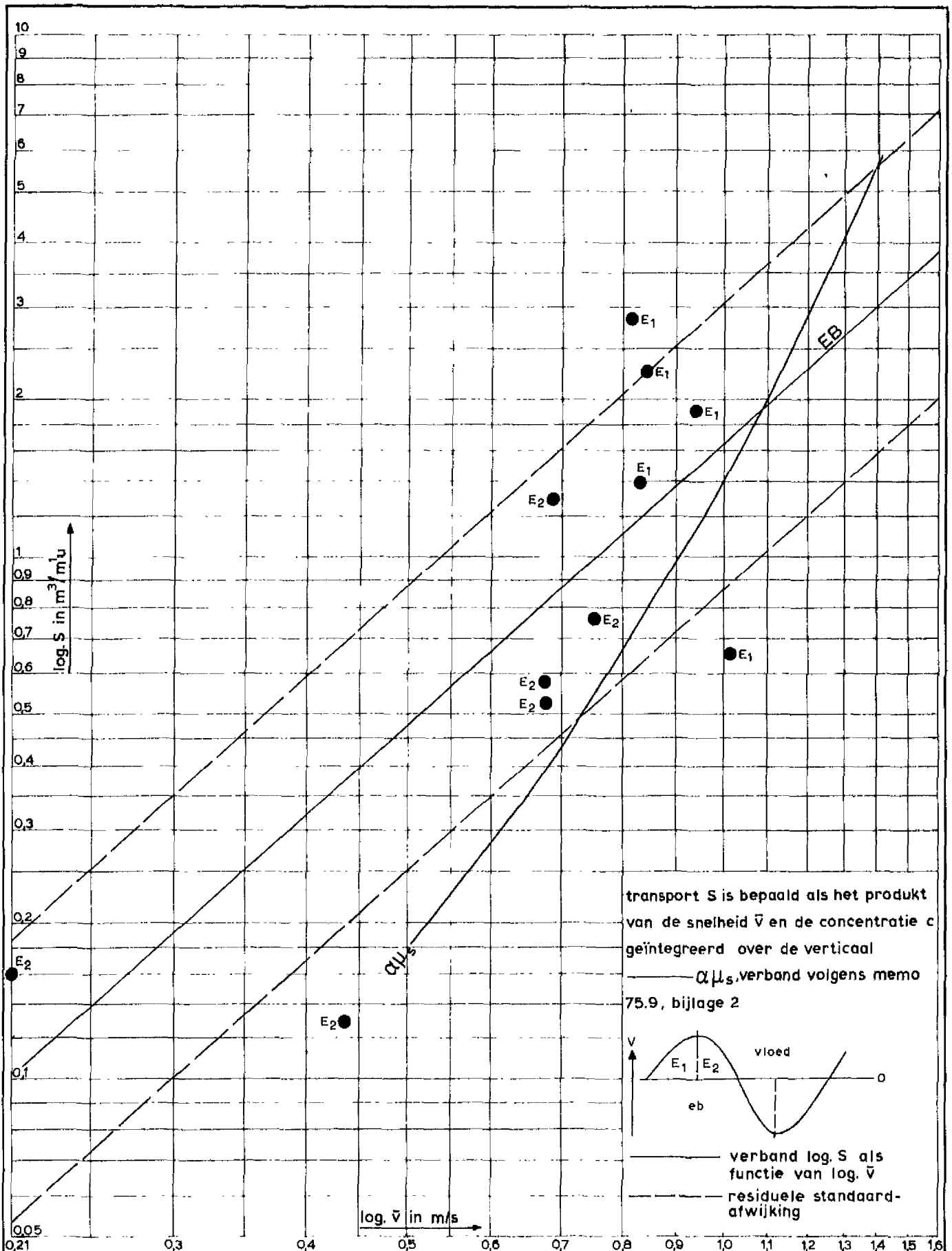
nr. 82.59


rijkswaterstaat

 directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

 westerschelde - pas van terneuzen
 verband tussen zandtransport ($\log S$) en de gem.
 stroomsnelh. in de verticaal ($\log \bar{v}$). mp 2, 24 sept. '80

get.	MK.	bijl. 6	
gec.	E		
gez.	<i>[initials]</i>	schaal	
akk.	<i>[initials]</i>	A 1	nr. 82.60


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
verband tussen zandtransport ($\log S$) en de gem.
stroomsnelh. in de verticaal ($\log \bar{v}$). mp 3, 24 sept. '80

get. MK

bijl. 7

gec. ξ

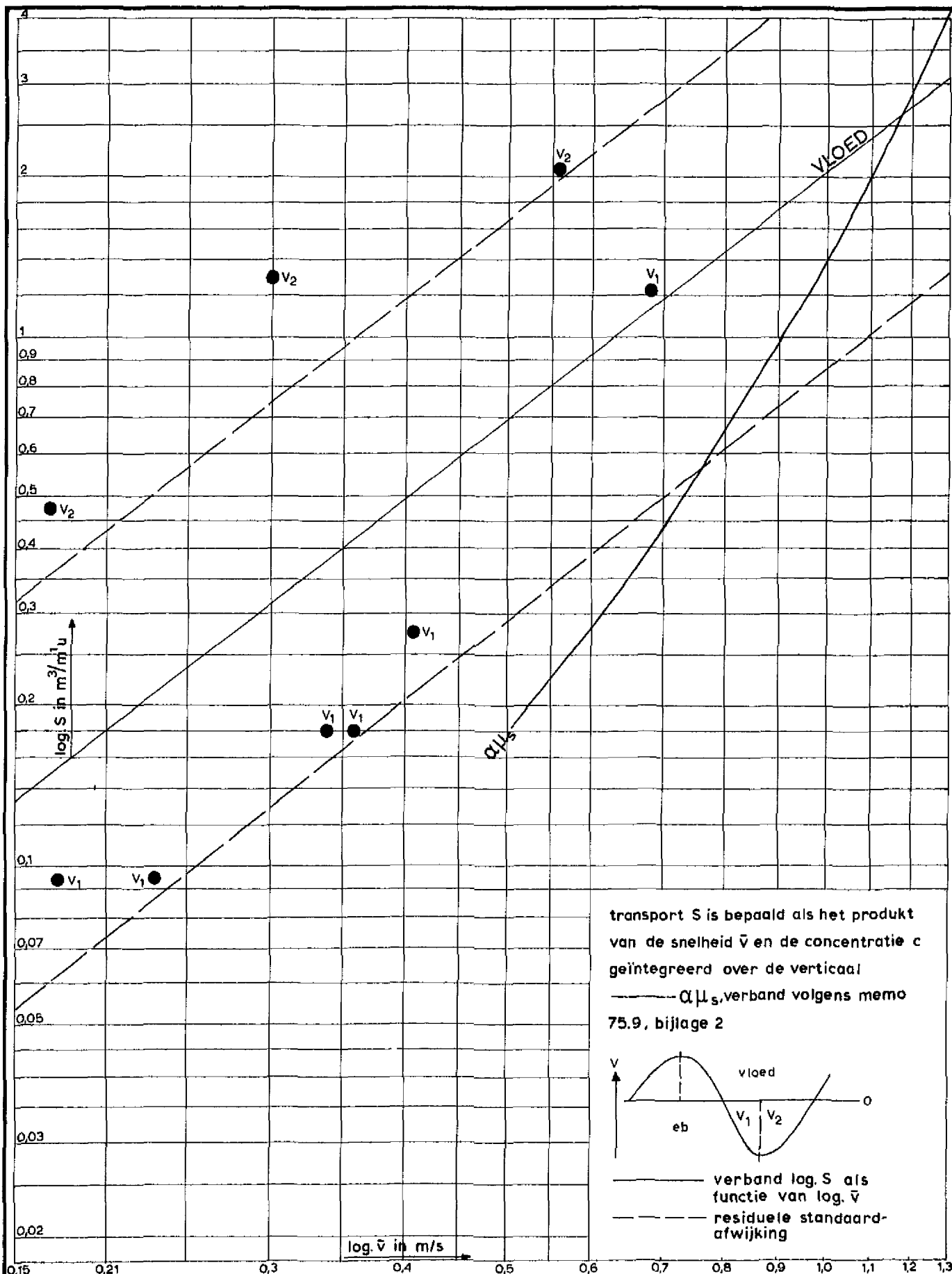
gez. *[signature]*

schaal

akk. *[signature]*

A1

nr. 82.61

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
verband tussen slibtransport ($\log S$) en de gem.
stroomsnelh. in de verticaal ($\log \bar{v}$). mp 1, 24 sept. '80

get. MK.

bijl. 8

gec. E

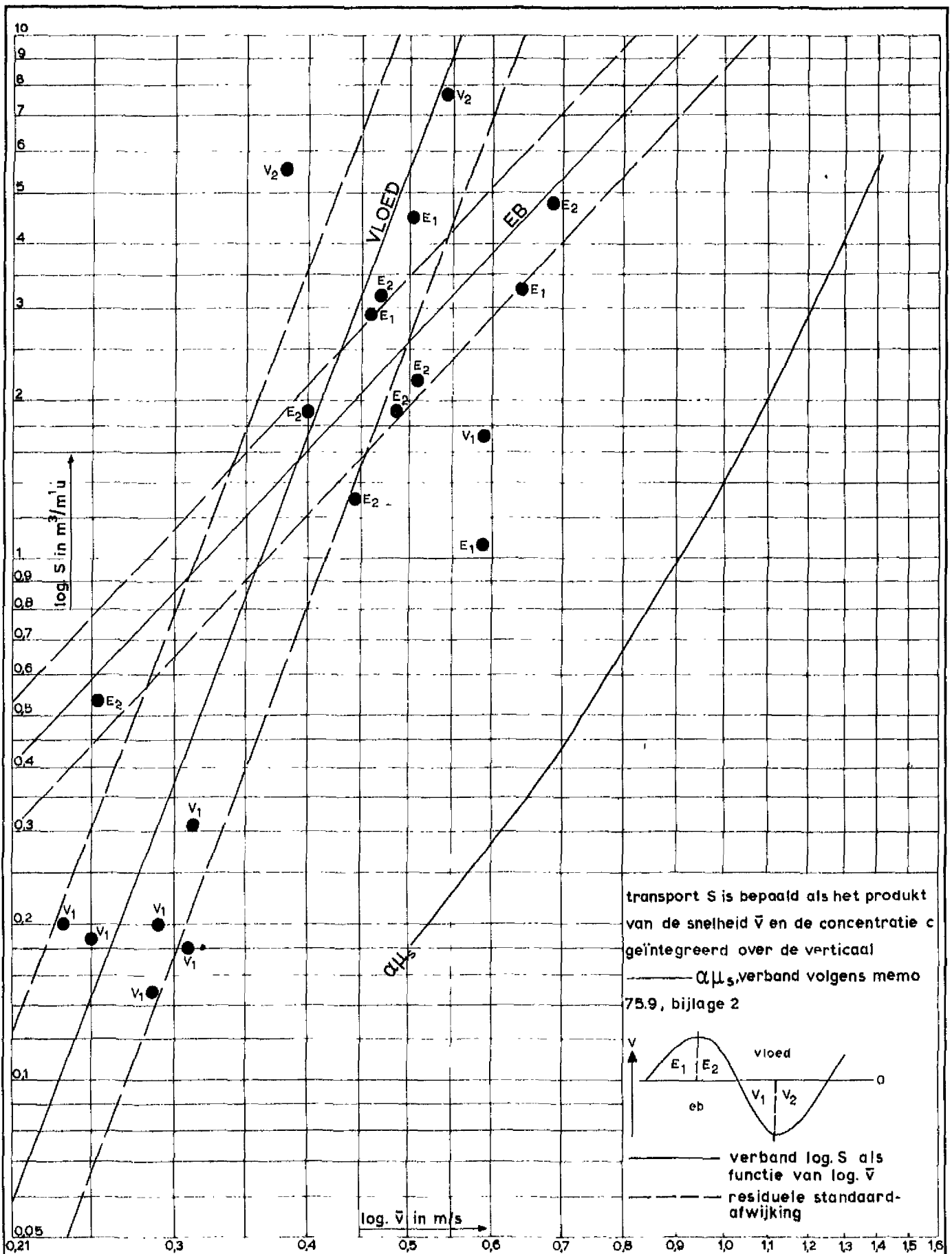
gez. *BA*

schaal

akk. *mm*

A 1

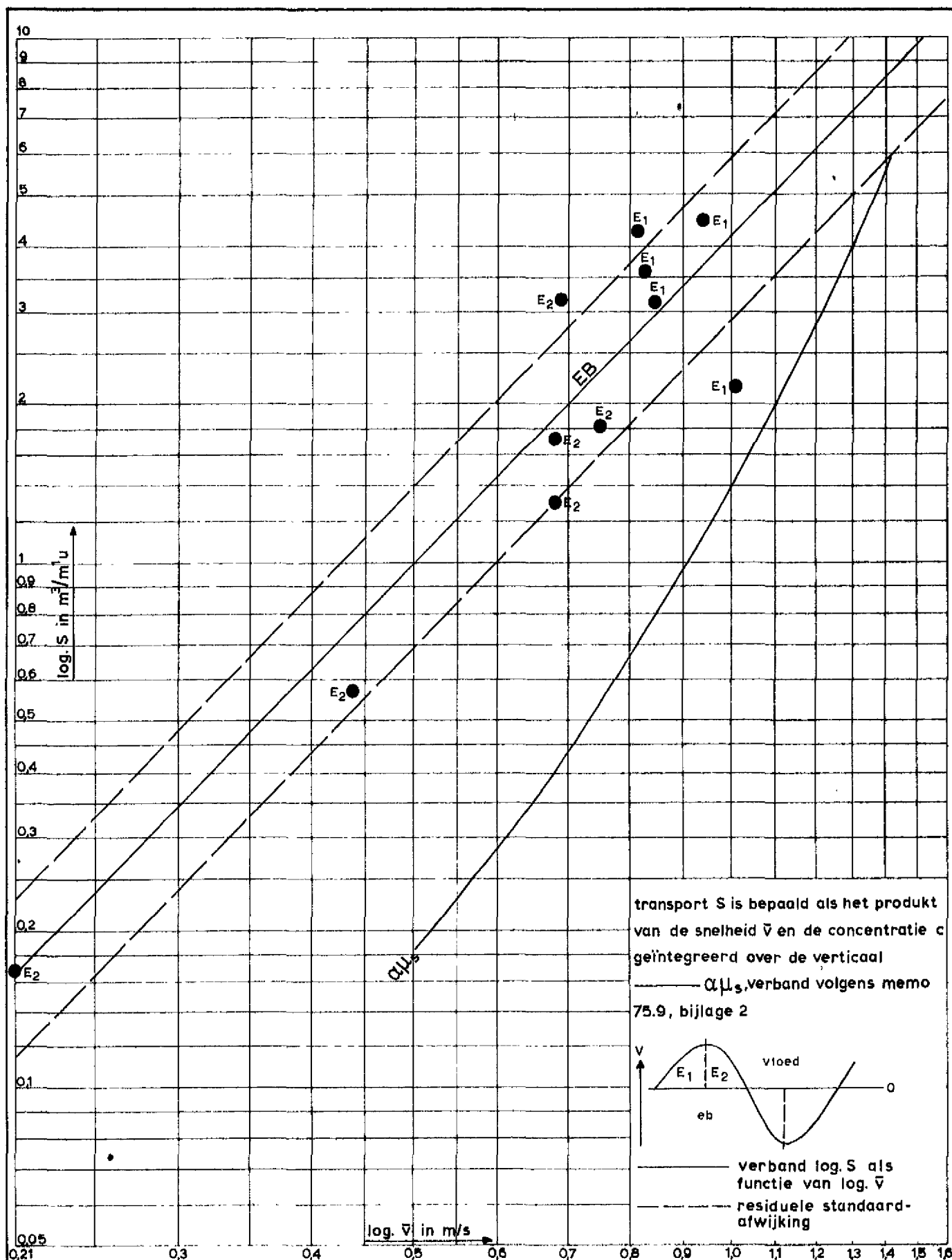
nr. 82.62

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
verband tussen slibtransport ($\log S$) en de gem.
stroomsnelh. in de verticaal ($\log \bar{v}$). mp 2, 24 sept. '80

get.	MK.	bijl. 9	
gec.	E		
gez.	<i>[Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Signature]</i>	A 1	nr. 82.63


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen

verband tussen slibtransport ($\log. S$) en de gem.
stroomsnelh. in de verticaal ($\log. \bar{v}$). mp 3, 24 sept. '80

get. MK.

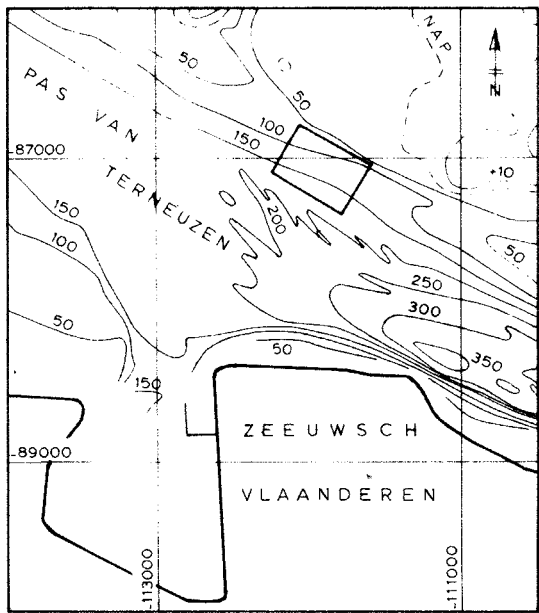
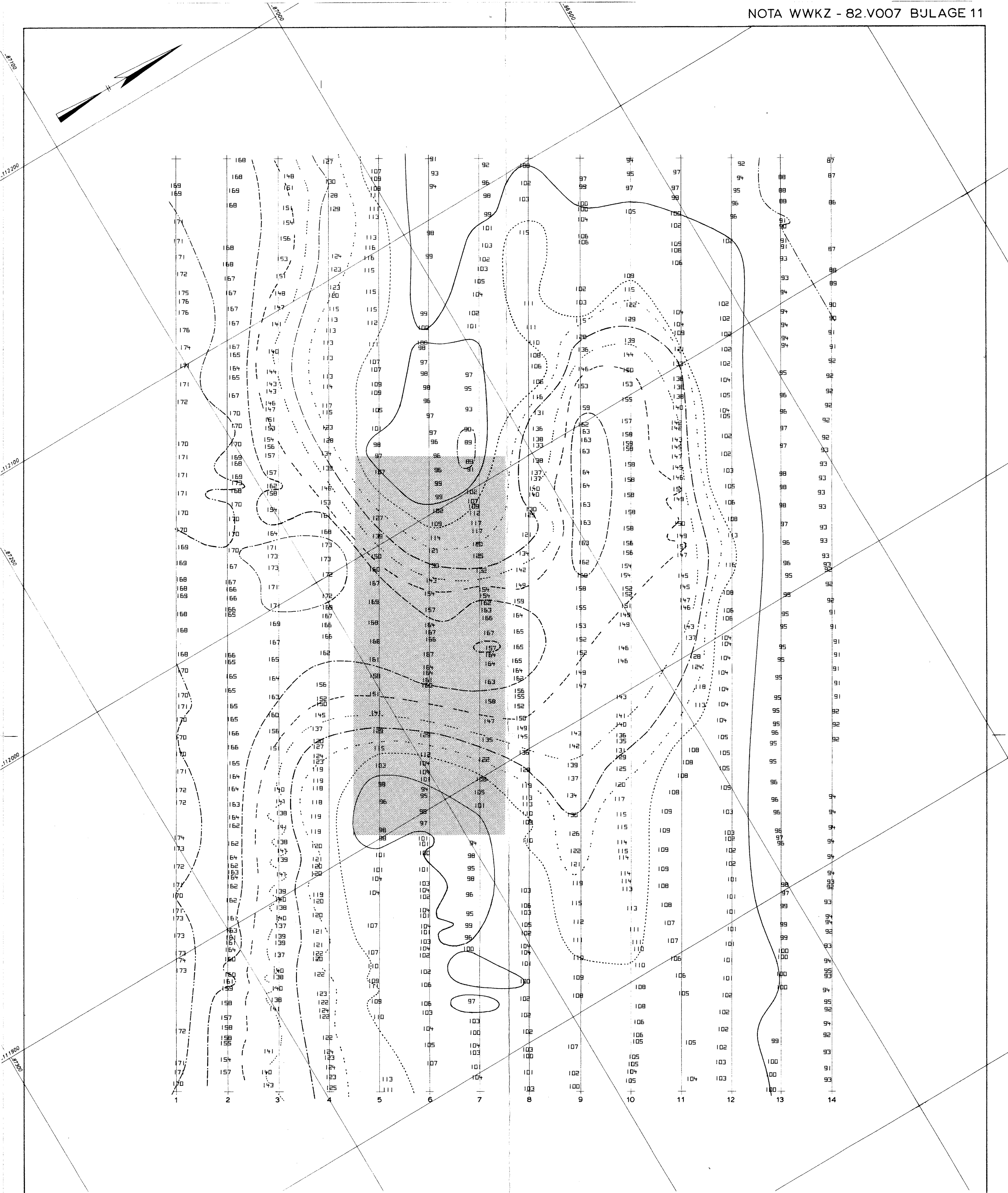
gez. E

akk. *[Signature]*

bijl. 10

schaal

A 1 nr. 82.64

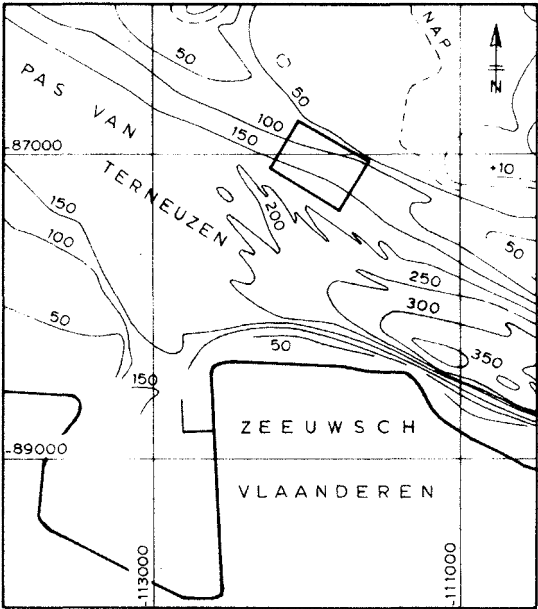


Toelichting

Rechthoekige coördinaten in m tov. Amersfoort
Situatie dieptecijfers en -lijnen in dm tov. nap.
Plaatsbepaling d.m.v. toran
Echolodingen verricht van 8 september 1980

- — — — — Lijn van nap. - 90 dm
 - — — — — " " " -100 dm
 - — — — — " " " -110 dm
 - — — — — " " " -120 dm
 - — — — — " " " -130 dm
 - — — — — " " " -140 dm
 - — — — — " " " -150 dm
 - — — — — " " " -160 dm
 - — — — — " " " -170 dm
- gebied waarin de hoeveelheid
gesedimenteerd materiaal is bepaald

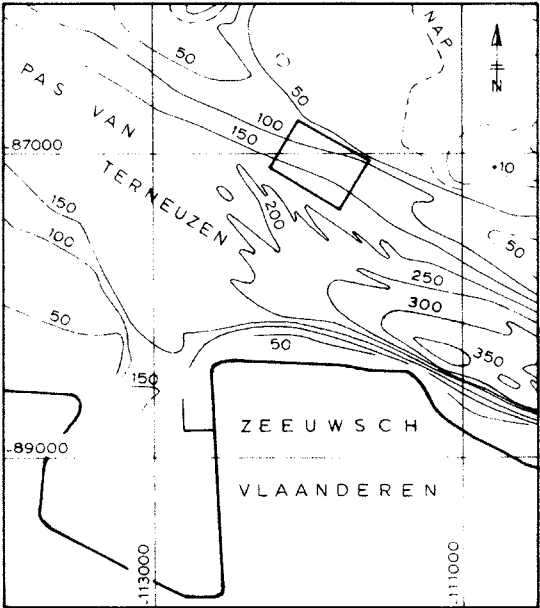
rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vlossingen	get	w.m.	biji 11	
	gec	<i>ER</i>	code 05.20.p.80	
pas van terneuzen nabij stoombotengat opneming omgeving v.m. wrak „zamosc“ sept.1980 dieptecijfers en -lijnen	gez	<i>W</i>	schaal 1:1000	
	akk	<i>W</i>	B2	nr 81.5



Toelichting
Rechthoekige coördinaten in m tov Amersfoort
Situatie dieptecijfers en -lijnen in dm tov. n.p.
Plaatsbepaling dmv. toran
Echolodingen verricht van 22 september 1980

- Lijn van n.p. - 90 dm
- " " " - 100 dm
- " " " - 110 dm
- " " " - 120 dm
- " " " - 130 dm
- " " " - 140 dm
- " " " - 150 dm
- " " " - 160 dm
- " " " - 170 dm

rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vliissingen pas van terneuzen nabij stoombotengat opneming omgeving v.m. wrak „zamosc“ sept. 1980 dieptecijfers en -lijnen	get	w.m.	bijl 12	
	gec	ES	code 05.20.p.80	
	gez	W	schaal 1:1000	
	akk	W	B2	nr 81.6



Toelichting

Rechthoekige coördinaten in m tov Amersfoort

Situatie dieptecijfers en -lijnen in dm tov. nap.

Plaatsbepaling dmv. toran

Echolodingen verricht van 6 oktober 1980

---	Lijn van nap. - 90 dm
---	" " " - 100 dm
---	" " " - 110 dm
---	" " " - 120 dm
---	" " " - 130 dm
---	" " " - 140 dm
---	" " " - 150 dm
---	" " " - 160 dm
---	" " " - 170 dm

rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vliissingen	get	w.m.	bijl 13	
	gec	Σ 80	code 05.20. p.80	
pas van terneuzen nabij stoombotengat opneming omgeving vm. wrak „zamosc“ okt.1980 dieptecijfers en -lijnen	gez	W	schaal 1:1000	
	akk	W	B2	nr 81.7

87.000

12.200

12.100

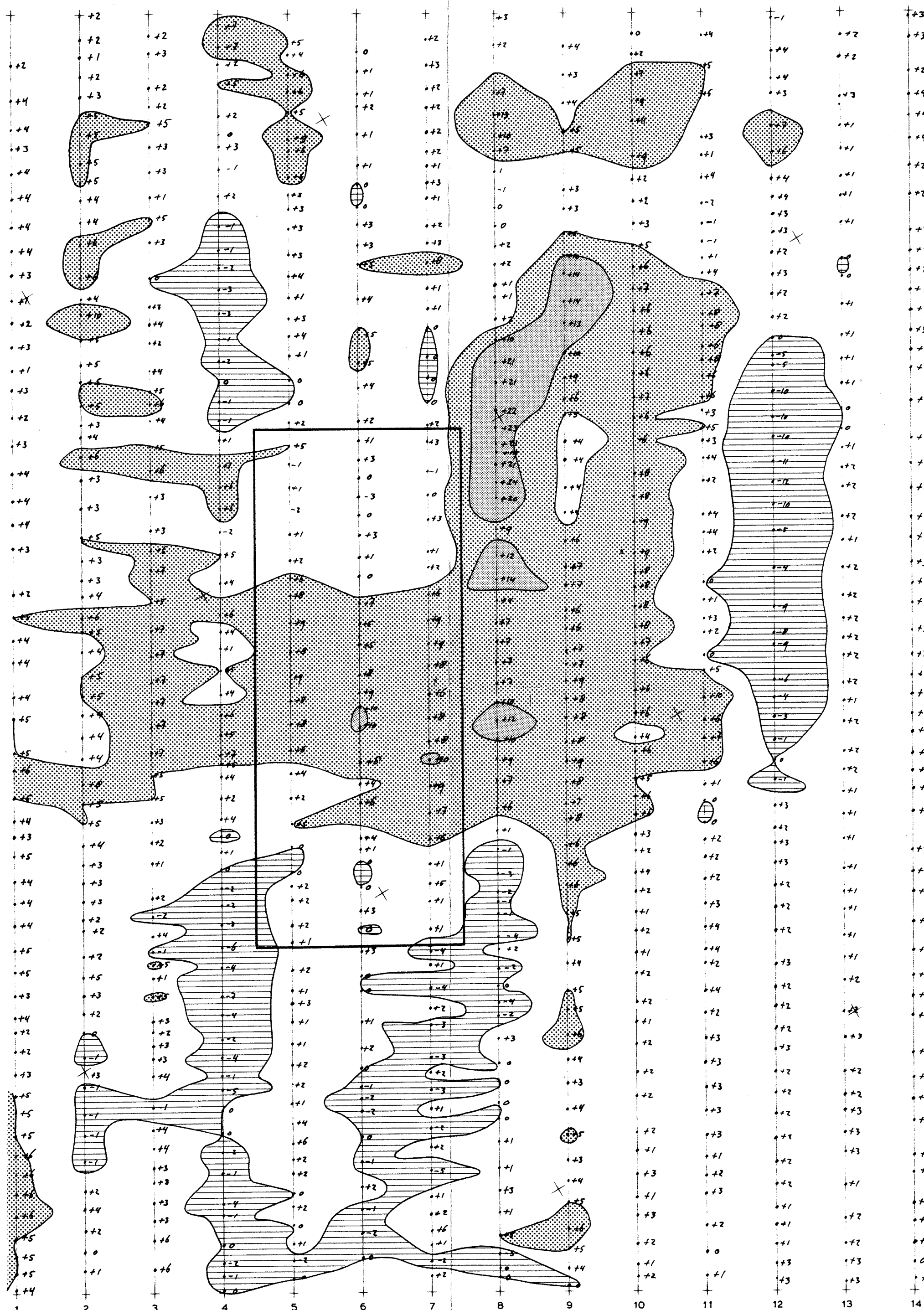
87.000

12.000

87.000

11.900

11.900



toelichting:

aanzanding groter dan 5 dm

aanzanding groter dan 10 dm

erosie

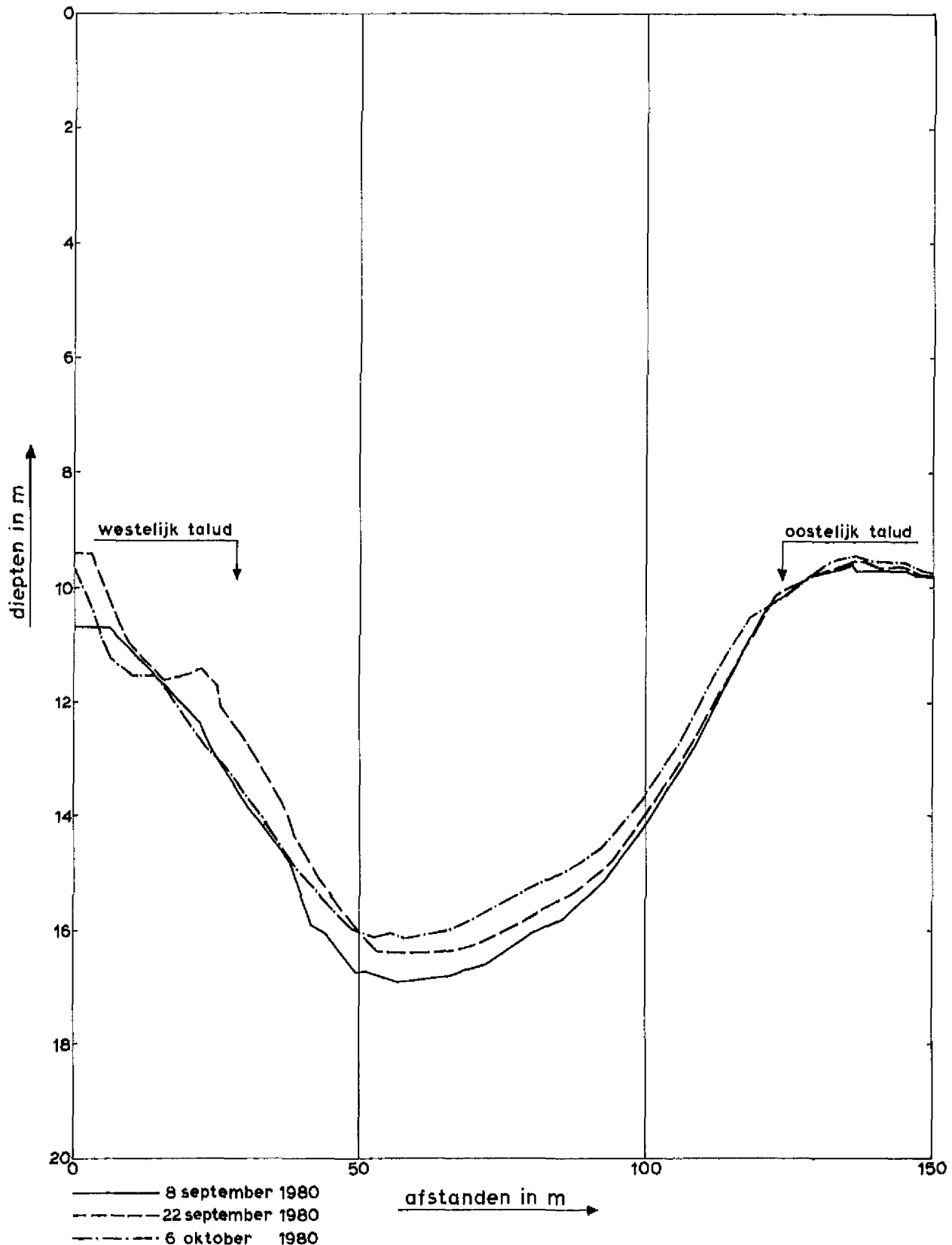
gebied waarin de hoeveelheid gesedimenteerd materiaal is bepaald

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
diepteverschillen tussen de opname dd. 8 sept. 1980 en
6 okt. 1980, in de trog ontstaan rondom het wrak „Zamosc“

get.	MK.	bijl. 14	
gez.	E.		
gez.		schaal 1:1000	
akk.		B 2	nr. 82.65

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 dwarsprofielen van de trog ontstaan
 door het wrak „Zamosc”, raai 5
 d.d. 8 september, 22 september en 6 oktober 1980

get. MK.

bijl. 15

gec. E

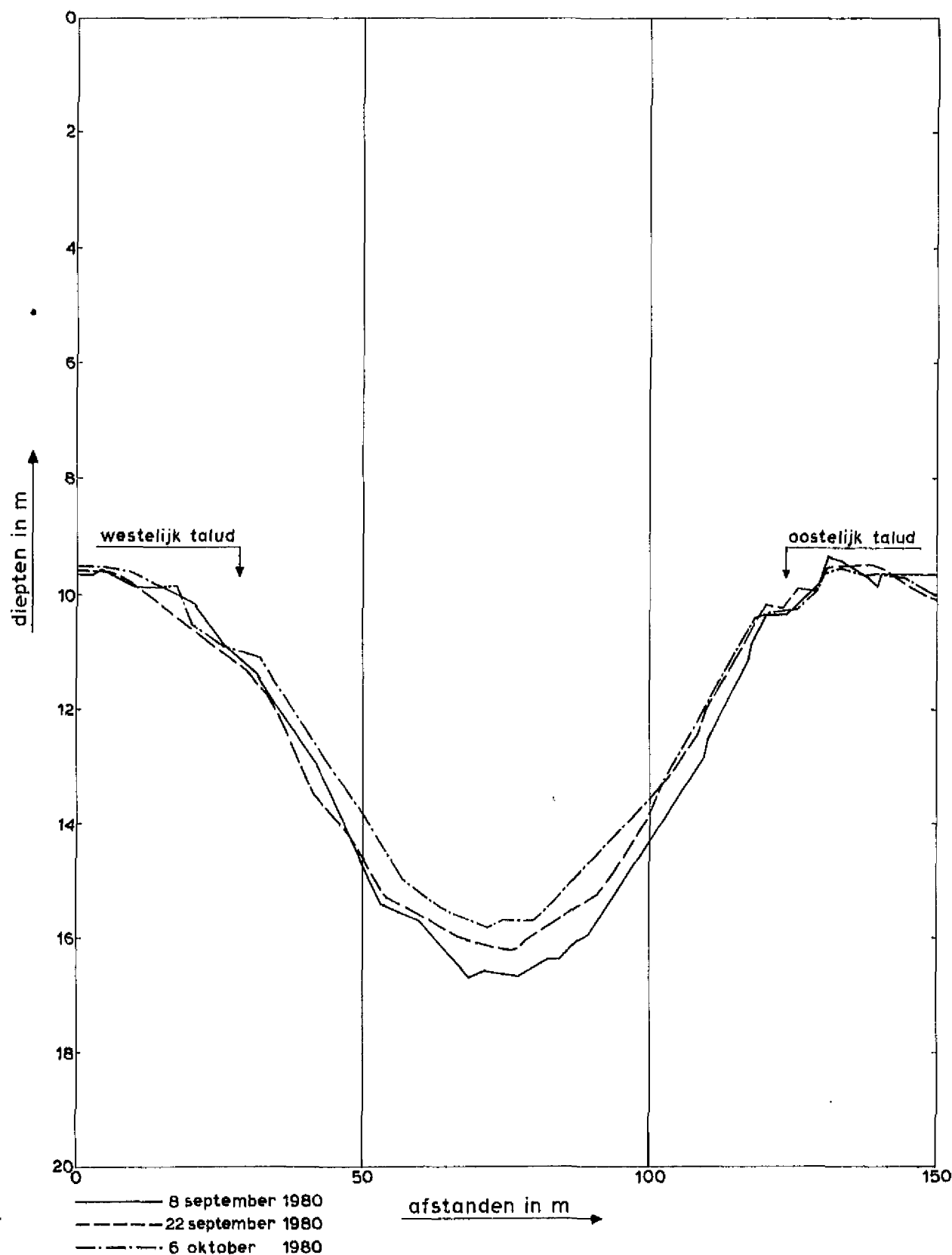
gez. *AB*

schaal

akk. *MM*

A 1

nr. 82.66

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 dwarsprofielen van de trog ontstaan
 door het wrak „Zamosc”, raai 6
 d.d. 8 september, 22 september en 6 oktober 1980

get. MK.

bijl. 16

gec. E.

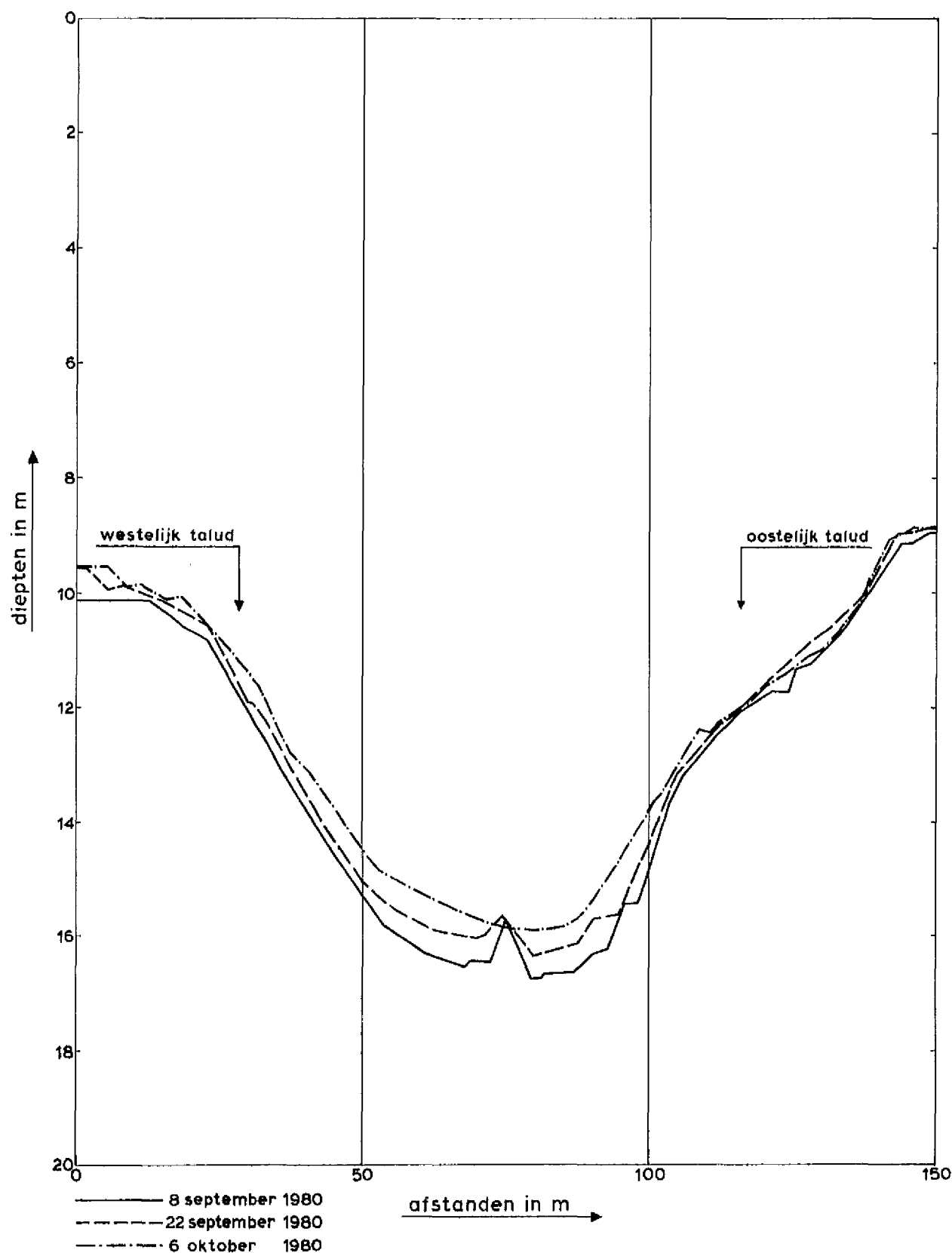
gez. *[handwritten signature]*

schaal

akk. *[handwritten signature]*

A1

nr. 82.67

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerscheide - pas van terneuzen
 dwarsprofielen van de trog ontstaan
 door het wrak „Zamosc”, raai 7
 d.d. 8 september, 22 september en 6 oktober 1980

get. MK.

bijl. 17

gec. E.

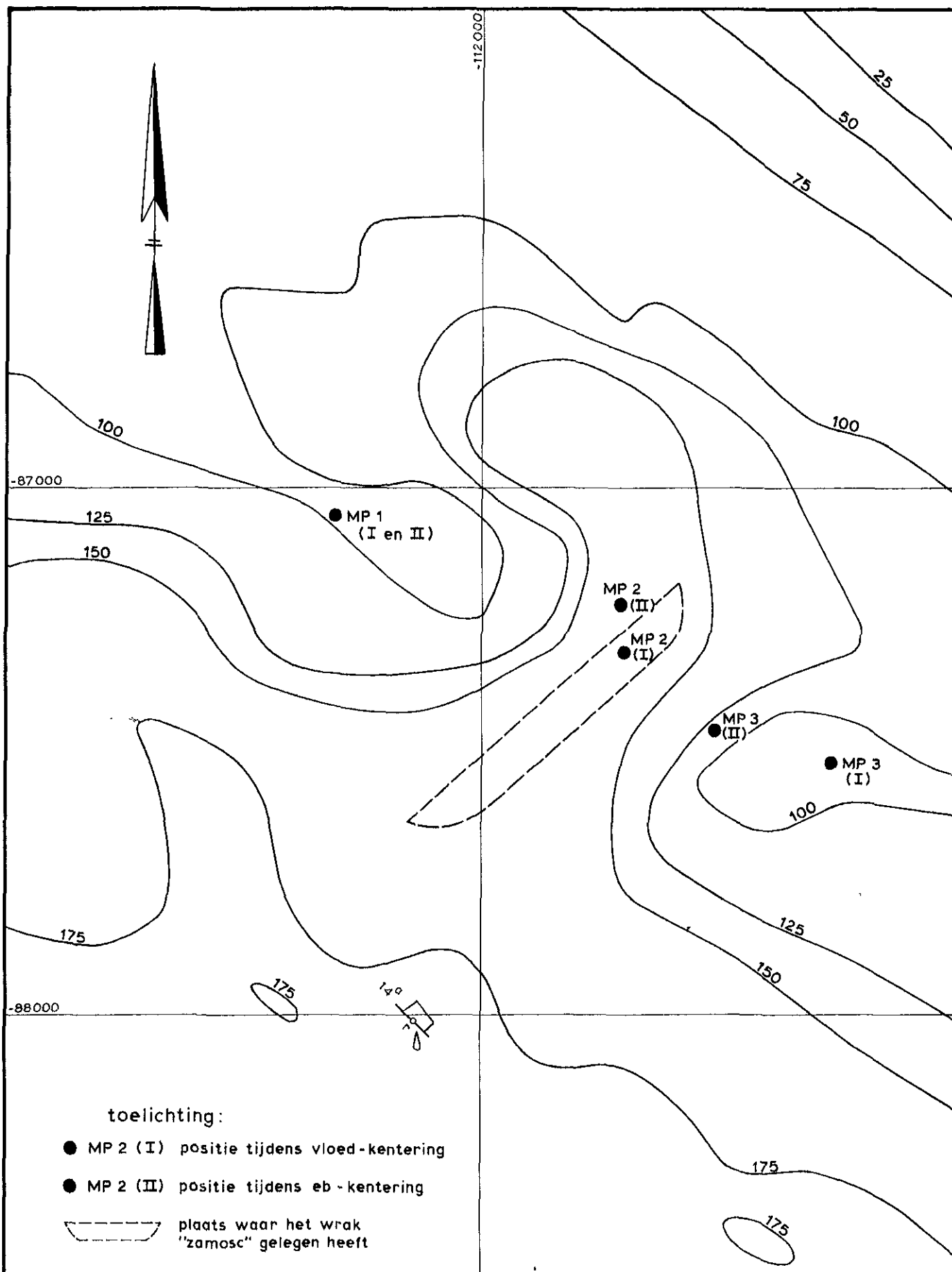
gez. *[signature]*

schaal

akk. *[signature]*

A 1

nr. 82.68



toelichting:

- MP 2 (I) positie tijdens vloed-kentering
- MP 2 (II) positie tijdens eb-kentering
- plaats waar het wrak "zamosc" gelegen heeft

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
lokaties waar d.d. 24 september 1980
bodemmonsters zijn genomen

get. MK

bijl. 18

gec. E

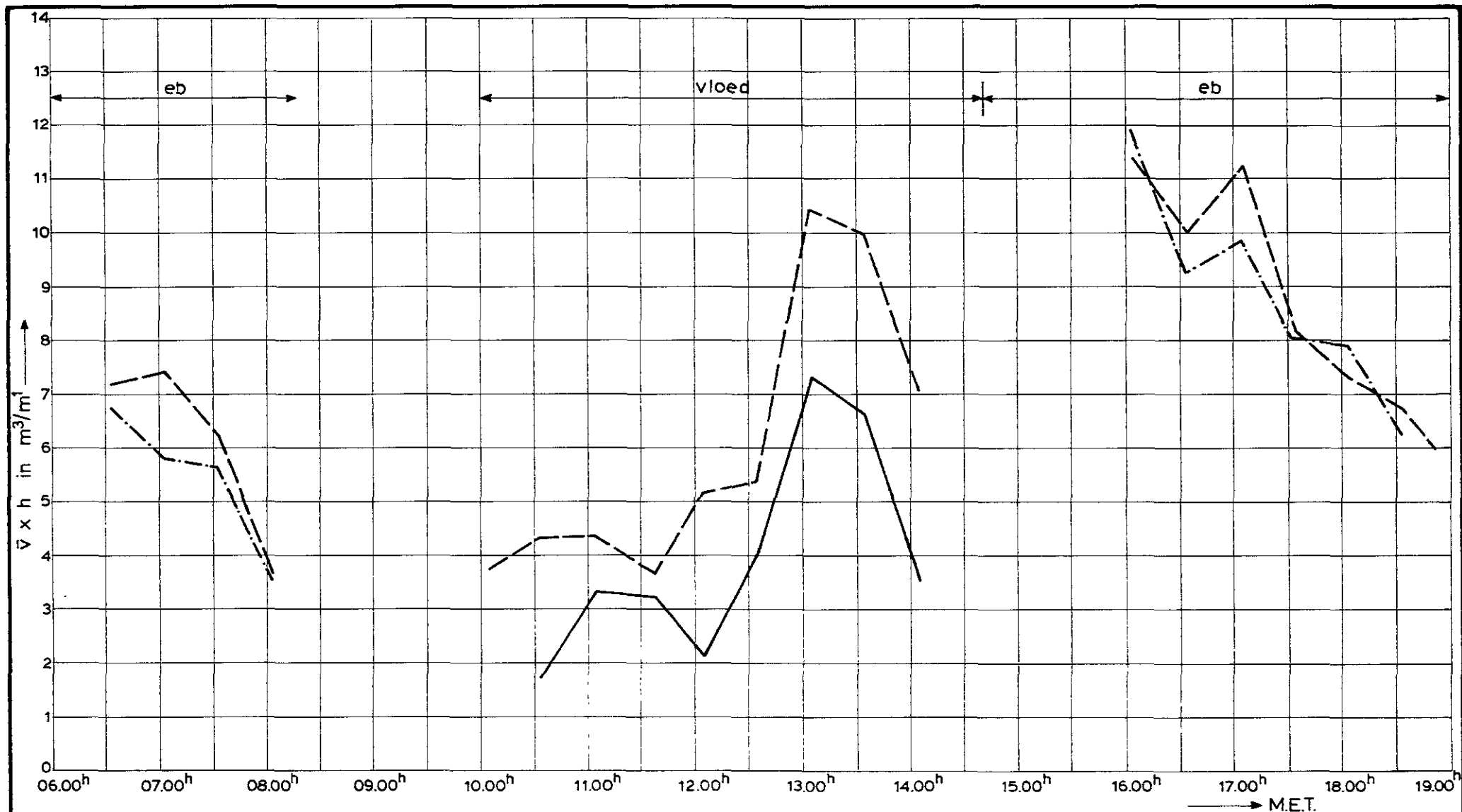
gez. *SA*

schaal 1:10 000

akk. *SA*

A 1

nr. 82.69



toelichting:

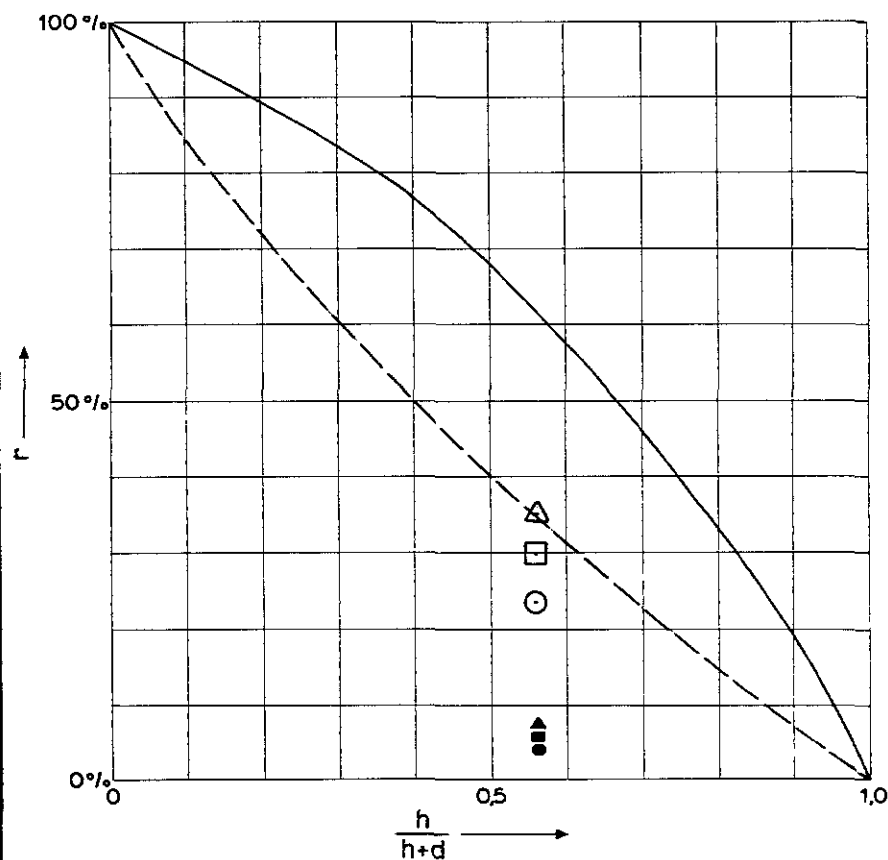
- MP 1
- - - MP 2
- . - . MP 3

rijkswaterstaat

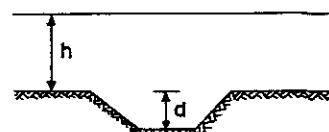
directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
debiet in MP 1, 2 en 3 d.d. 24 september 1980

get.	MK.	bijl. 19	
gec.	E		
gez.	B	schaal	
akk.	M	A1	nr. 82.70



toelichting:



principeschets

$$r = \frac{\text{werkelijke aanzanding}}{\text{bovengrens aanzanding}} = \frac{A_w}{A_b}$$

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

S_{rand} = zandtransport op de rand van de sleuf (MP1 en MP 3)

S_{bodem} = zandtransportcapaciteit op de bodem van de sleuf (afgeleid uit transportrelatie volgens bijlage 5 en 7 en stroomsnelh. in MP 2)

———— zinkersleuf 1965 afgeleid met het verband tussen stroomsnelheid en transport volgens [1]

----- zinkersleuf 1965 afgeleid met het verband tussen stroomsnelheid en transport volgens lokale metingen

periode	zandtransport	slibtransport
1. 8 sept. t/m 22 sept. 1980	△	▲
2. 22 sept. t/m 6 okt. 1980	○	●
3. 8 sept. t/m 6 okt. 1980	□	■

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
sedimentatiepercentage r bij de trog van het v.m. wrak
„Zamosc” (volgens variant 1) en de zinkersleuf in 1965

get.	MK.	bijl. 20	
gec.	E.		
gez.	<i>[handwritten signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[handwritten signature]</i>	A 1	nr. 82.71

VARIANT 1

het gesedimenteerd materiaal bestaat uit: 71% zand (volgens verhouding) s.g. zand=1,59 droge stof, holte perc. 40 %
 29% slib (eerste deel tabel 3) / s.g. slib =1,59 " " " " " 40 %

	ZAND				
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
1 ^e periode	7481	2758	4723	1720	36,4
2 ^e periode	8131	3095	5036	1233	24,5
totale periode	15612	5853	9759	2953	30,3

	SLIB				
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
1 ^e periode	17523	6900	10623	703	6,6
2 ^e periode	19356	7664	11692	503	4,6
totale periode	36879	14564	22315	1206	5,4

VARIANT 2

het gesedimenteerde materiaal bestaat uit: 46,7% zand (volgens verhouding) s.g. zand=1,59 droge stof, holte perc. 40 %
 53,3% slib (tweede deel tabel 3) / s.g. slib =0,58 " " " " " 78 %

	ZAND				
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
1 ^e periode	7481	2758	4723	1132	24,0
2 ^e periode	8131	3095	5036	811	16,1
totale periode	15612	5853	9759	1942	19,9

	SLIB				
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
1 ^e periode	48013	18906	29107	1292	4,4
2 ^e periode	53035	20999	32036	925	2,9
totale periode	101048	39905	61143	2217	3,6

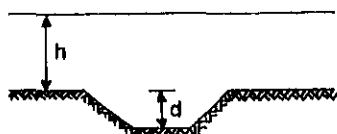
VARIANT 3

het gesedimenteerde materiaal bestaat uit: 46,7% zand (volgens verhouding van tweede deel tabel 3 en totale sedimentatie opgebouwd volgens bijschrift onder tabel 3. de holle ruimten tussen het zand worden door slib bezet)

	ZAND				
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
totale periode	15612	5853	9759	2391	24,5

	SLIB				
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
totale periode	101048	39905	61143	2724	4,5

toelichting:



principeschets

$$r = \frac{\text{werkelijke aanzanding}}{\text{bovengrens aanzanding}} = \frac{A_w}{A_b}$$

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

S_{rand} = zandtransport op de rand van de sleuf (MP1 en MP 3)

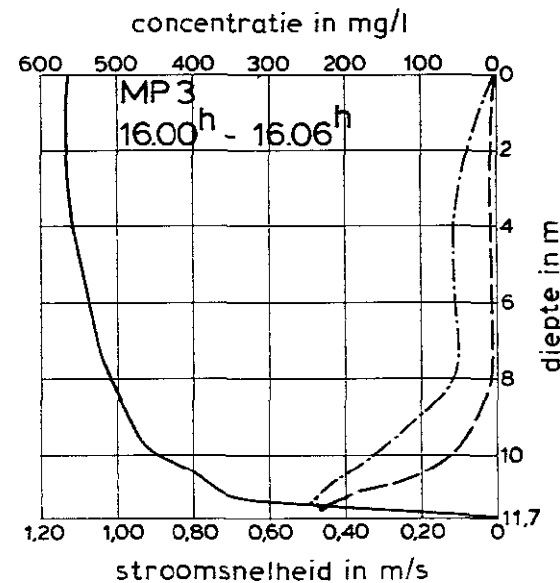
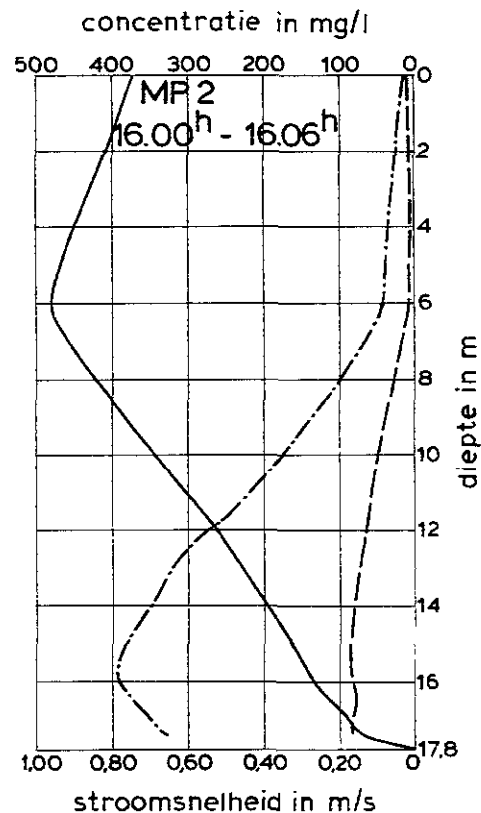
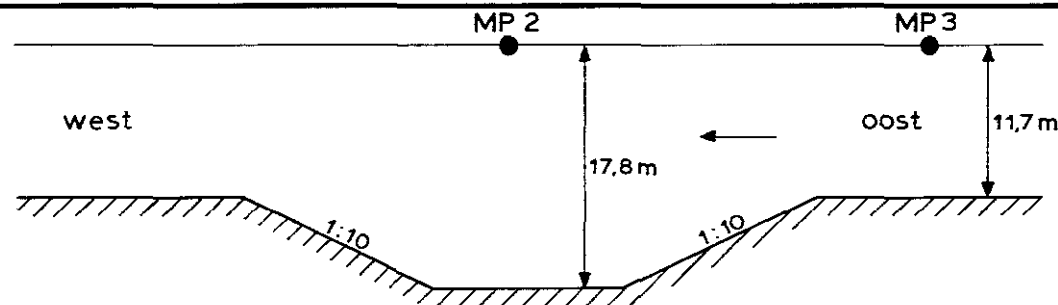
S_{bodem} = zandtransportcapaciteit op de bodem van de sleuf (MP 2 eb+vloed)
 (afgeleid uit transportrelatie volgens bijlage 5 en 7 en stroomsnelh. in MP 2)

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

get.	MK.	bijl. 21	
gec.	E.		
gez.	<i>AB</i>	schaal	
akk.	<i>WH</i>	A 1	nr. 82.72

westerschelde - pas van terneuzen
 sedimentatiepercentage r bij verschillende volumeverhoudingen tussen zand en slib van het gesedimenteerd materiaal



toelichting:

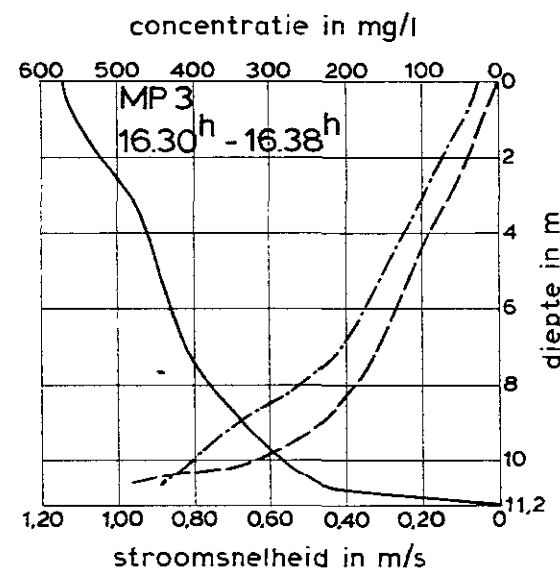
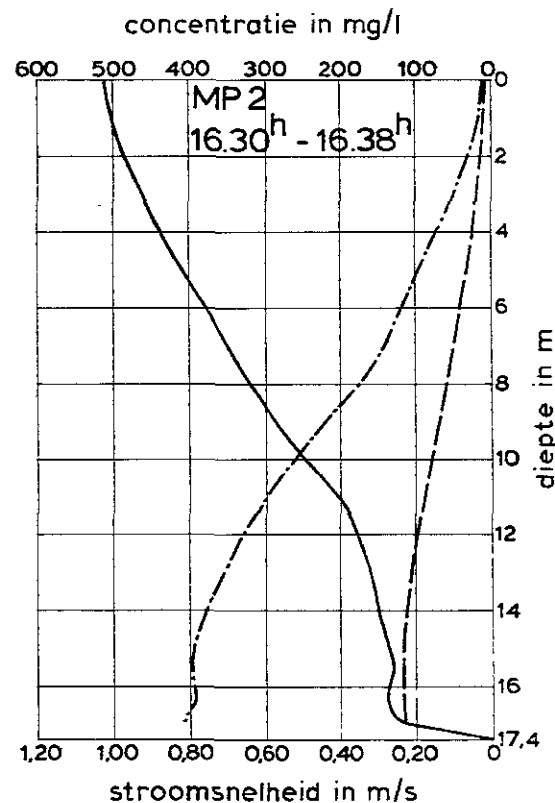
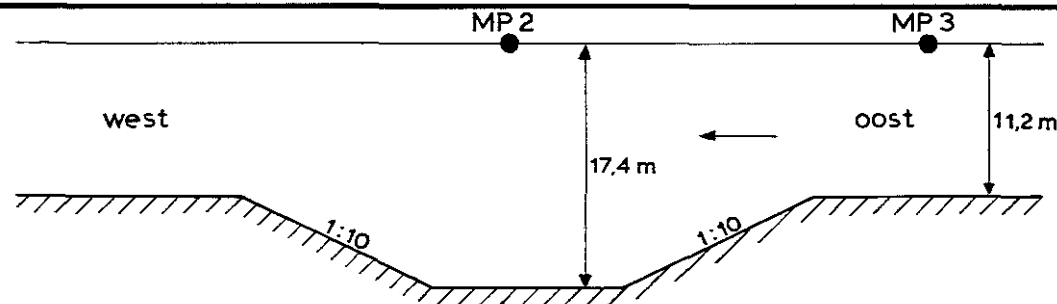
- gem. stroomsnelheid in m/s
 --- zandconcentratie in mg/l
 - - - - - slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerscheide - pas van terneuzen
 stroom- en concentratieverticalen van
 MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 22	
gec.	E.		
gez.	<i>[signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[signature]</i>	A 1	nr. 82.73



toelichting:

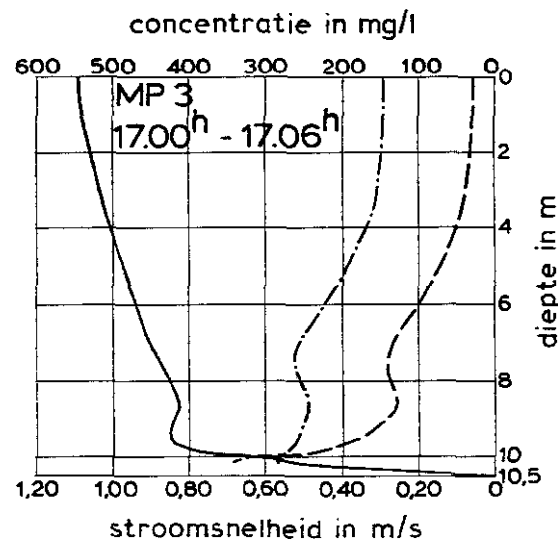
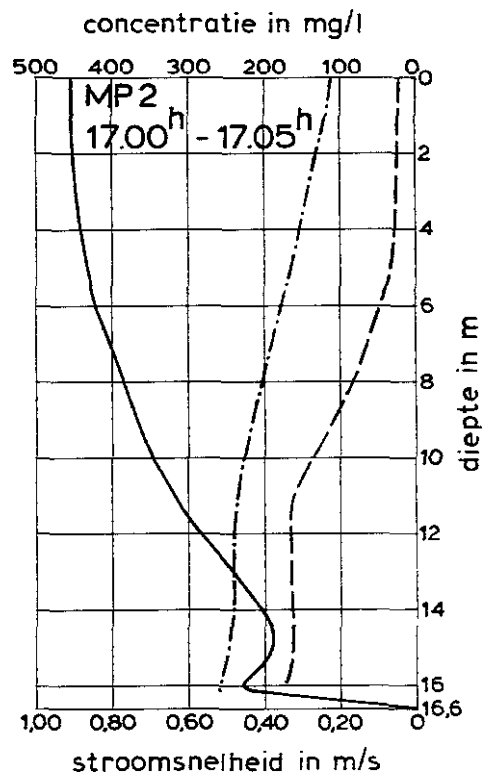
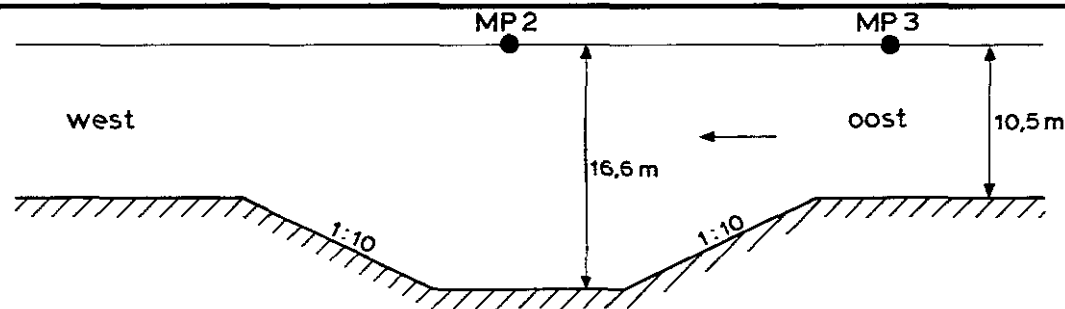
- gem. stroomsnelheid in m/s
- - - zandconcentratie in mg/l
- . - . slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
stroom- en concentratieverticalen van
MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 23	
gec.	E.		
gez.	<i>[Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Signature]</i>	A 1	nr. 82.74



toelichting:

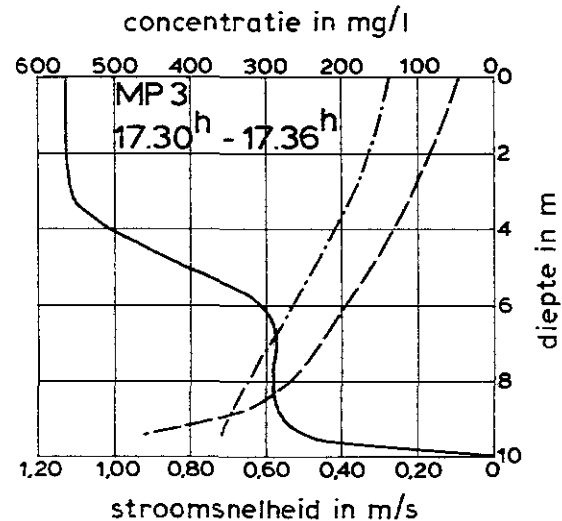
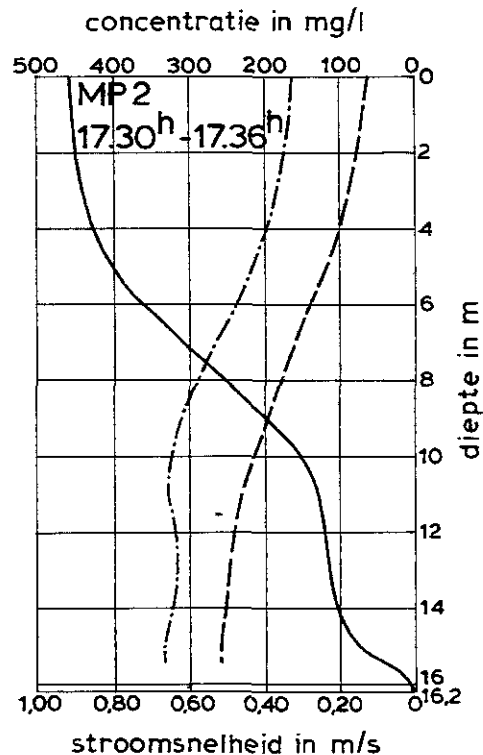
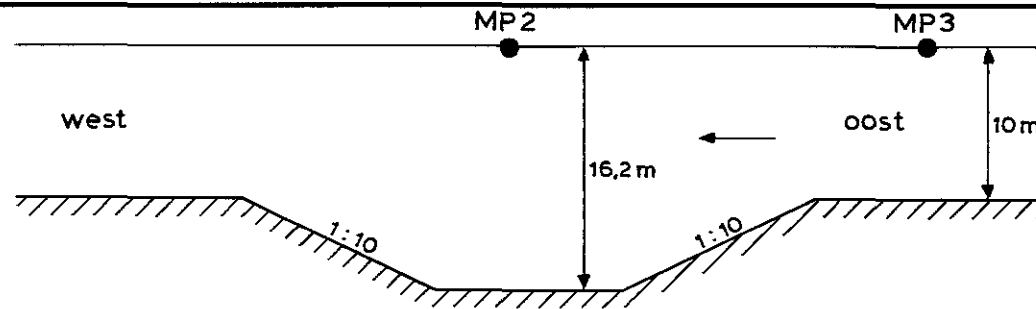
- gem. stroomsnelheid in m/s
 - - - zandconcentratie in mg/l
 - . - . siltconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliisingen

westerschelde - pas van terneuzen
 stroom- en concentratieverticalen van
 MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 24	
gec.	E.		
gez.	<i>[signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[signature]</i>	A 1	nr. 82.75



toelichting:

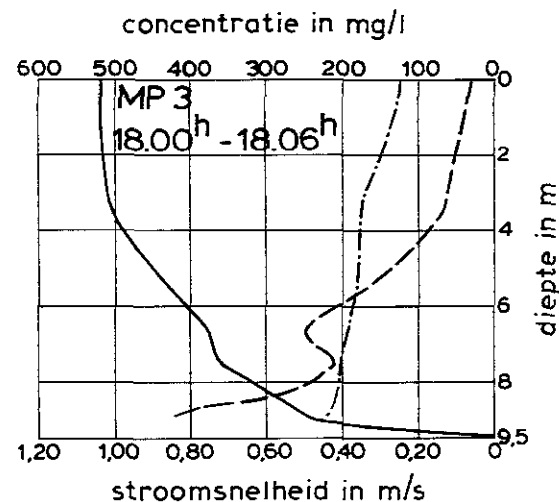
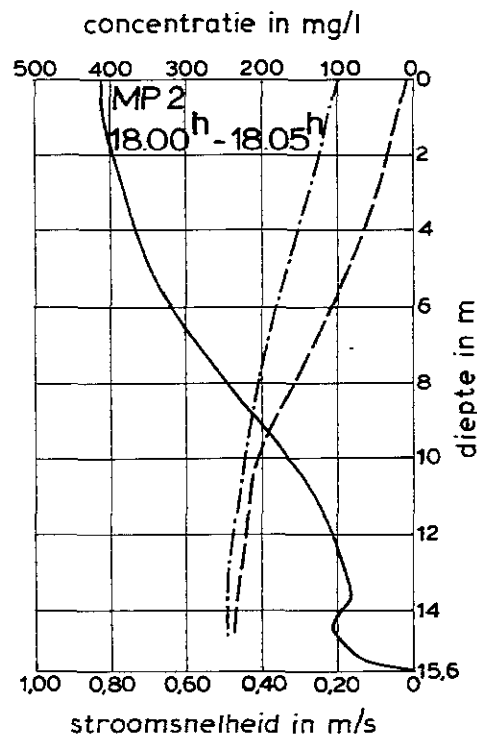
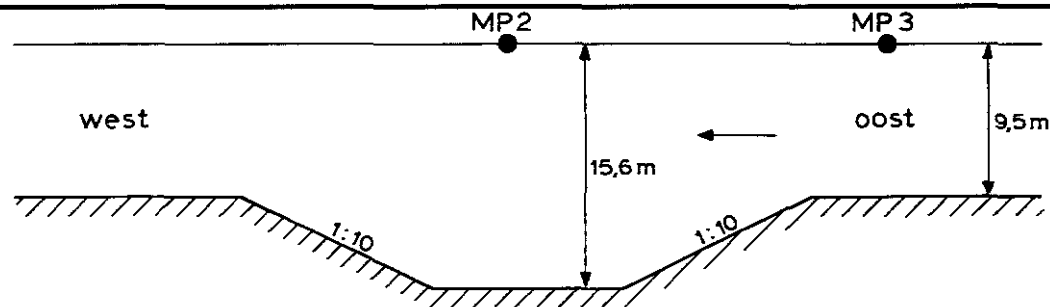
- gem. stroomsnelheid in m/s
- - - zandconcentratie in mg/l
- . - . slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
stroom- en concentratieverticalen van
MP2 en MP3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 25	
gec.	E		
gez.	<i>[Handwritten Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Handwritten Signature]</i>	A 1	nr. 82.76



toelichting:

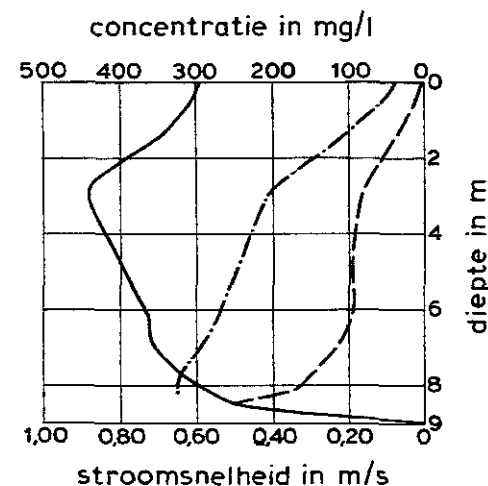
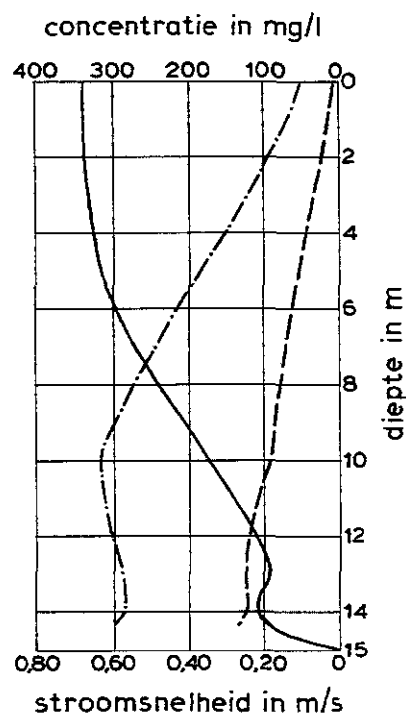
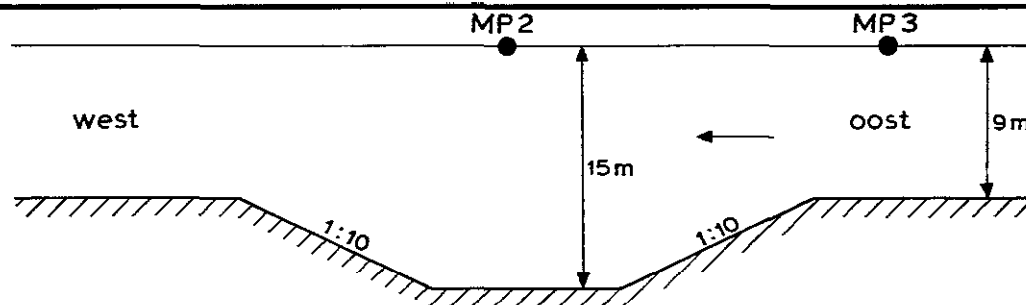
- gem. stroomsnelheid in m/s
 --- zandconcentratie in mg/l
 - - - slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 stroom- en concentratieverticalen van
 MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 26	
gec.	E		
gez.	<i>[Handwritten Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Handwritten Signature]</i>	A 1	nr. 82.77



toelichting:

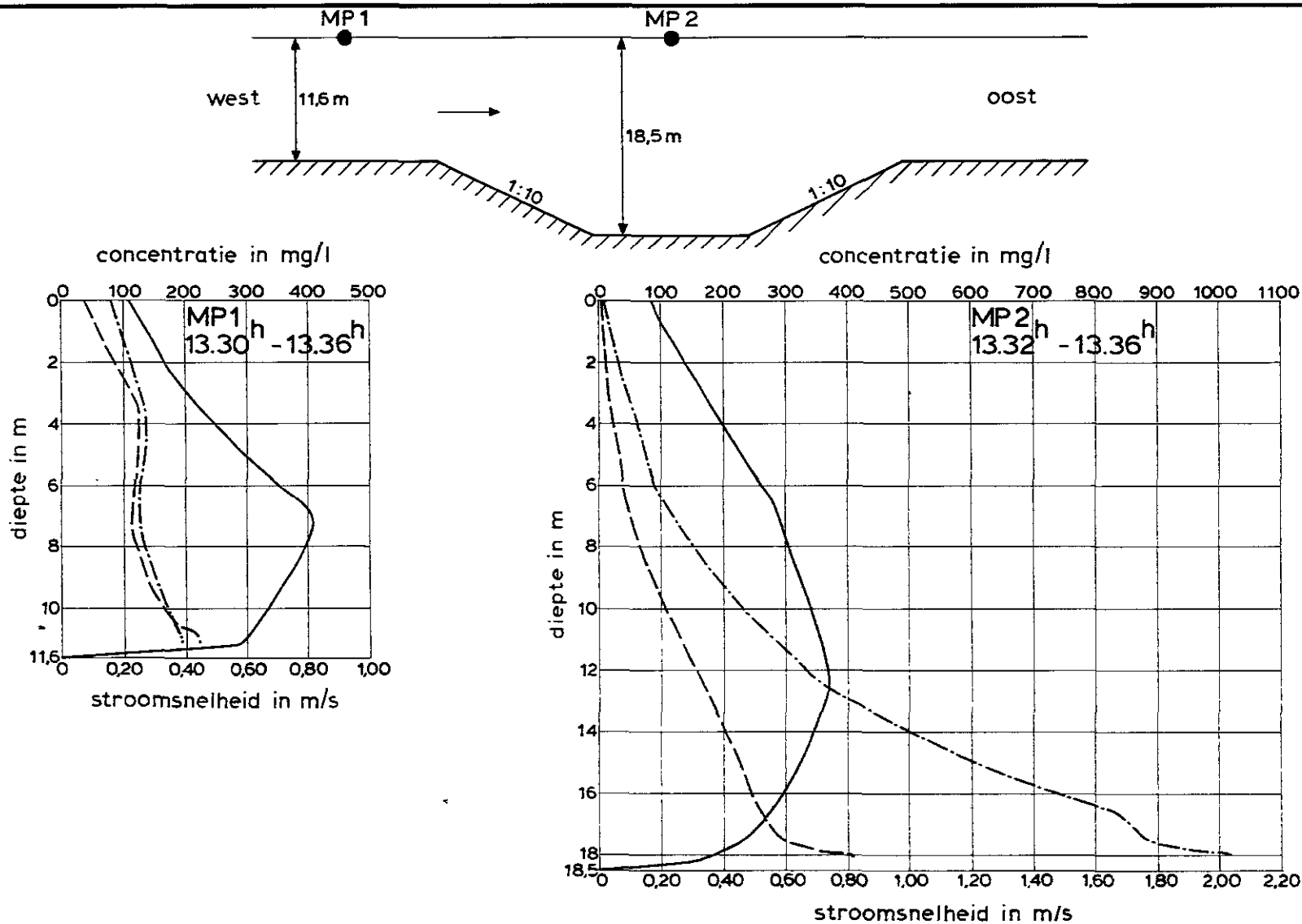
- gem. stroomsnelheid in m/s
- - - zandconcentratie in mg/l
- · - · - slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
stroom- en concentratieverticalen van
MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 27	
gec.	Σ		
gez.	<i>[Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Signature]</i>	A1	nr. 82.78



toelichting:

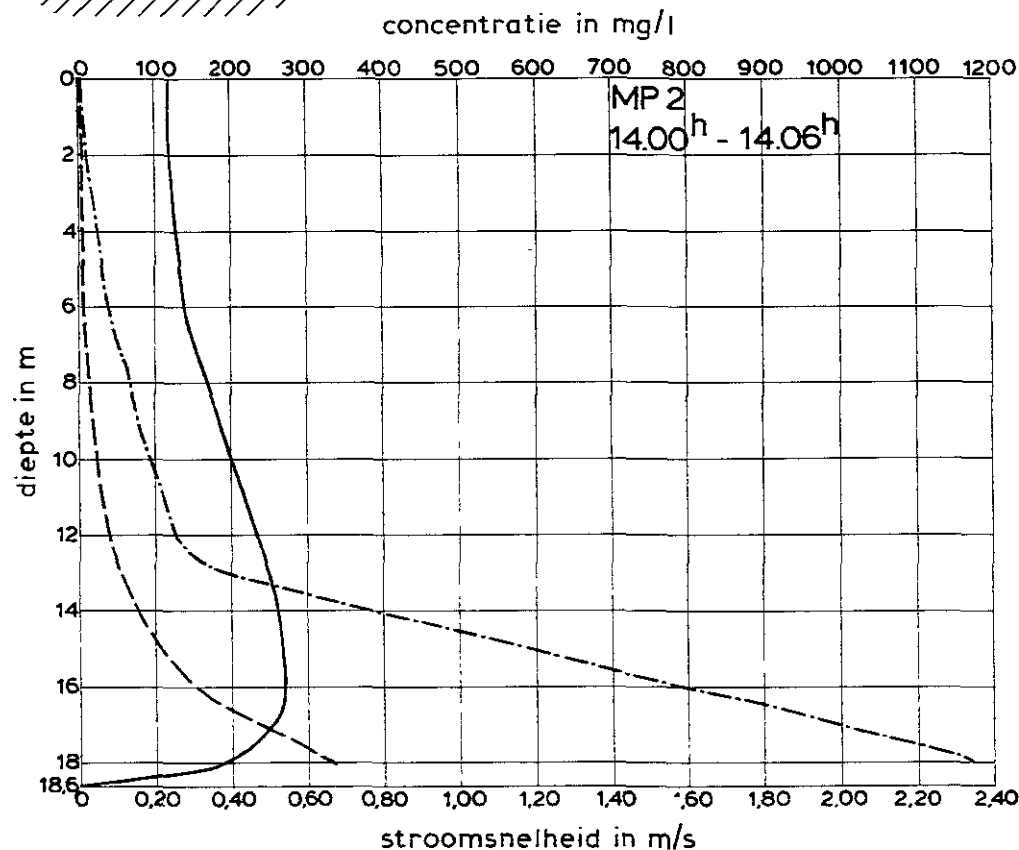
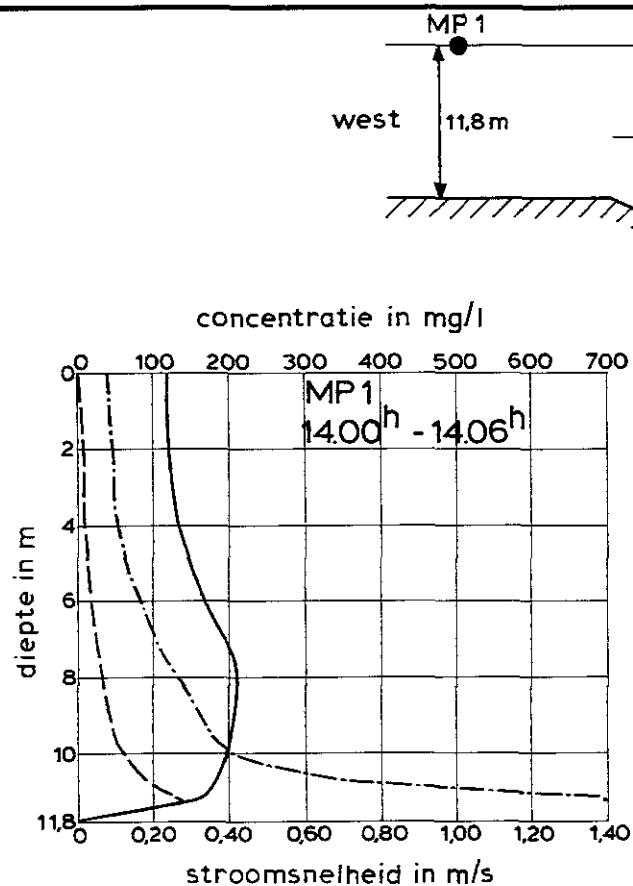
- gem. stroomsnelheid in m/s
- - - zandconcentratie in mg/l
- . - . - slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
stroom- en concentratieverticalen van
MP 1 en MP 2 tijdens de vloedstroom

get.	MK.	bijl. 28	
gec.	ε.		
gez.	<i>[Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Signature]</i>	A 1	nr. 82.79



toelichting:

- gem. stroomsnelheid in m/s
- - - zandconcentratie in mg/l
- . - . slobconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
stroom- en concentratieverticalen van
MP 1 en MP 2 tijdens de vloedstroom

get. MK.

bijl. 29

gec. E.

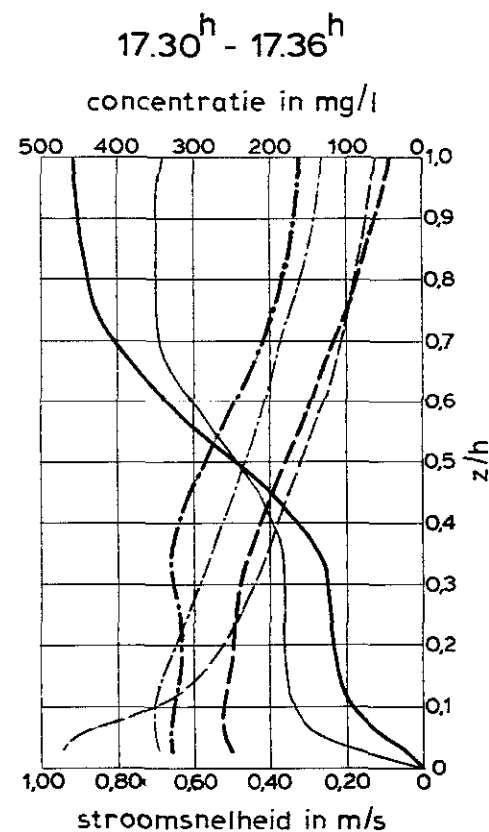
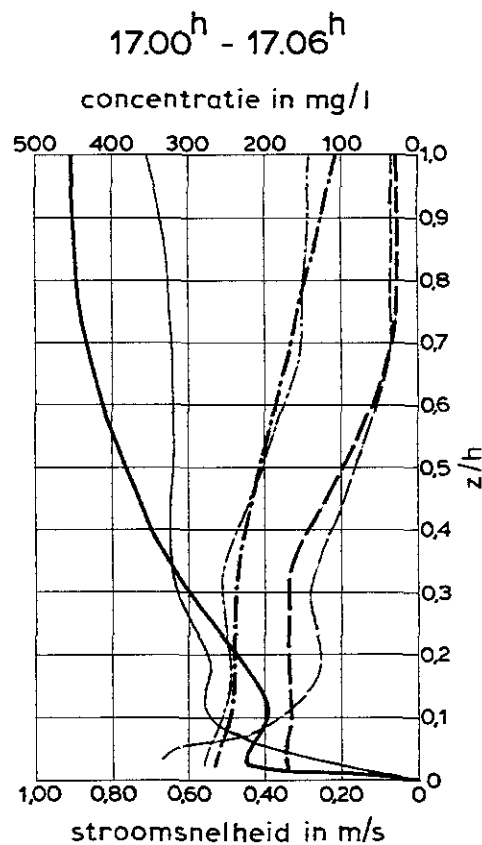
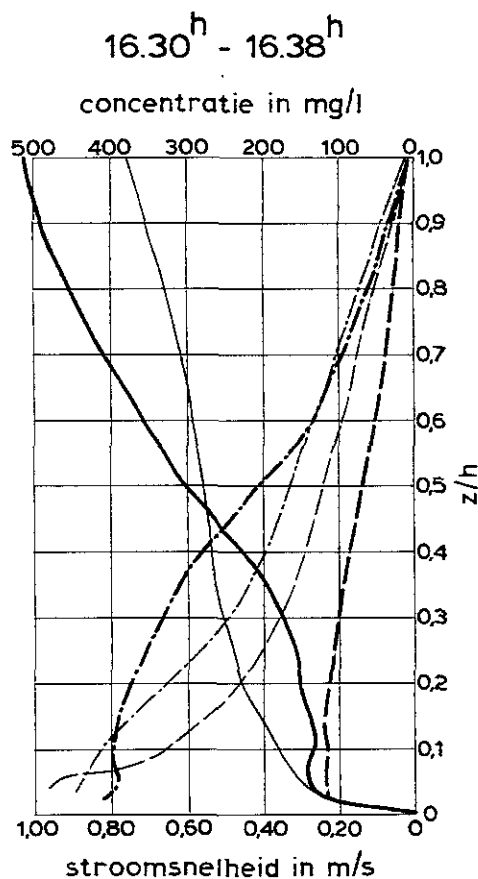
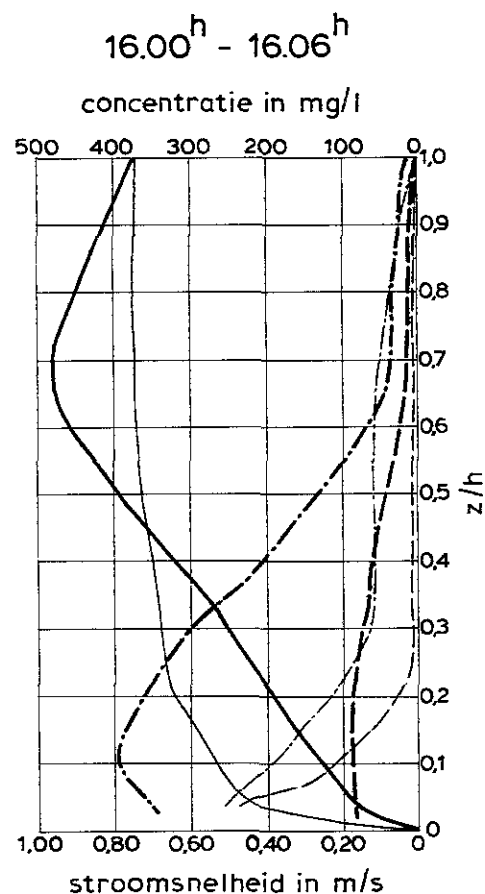
gez. *AB*

schaal

akk. *W*

A 1

nr. 82.80



toelichting:

- gem. stroomsnelheid MP 2 in m/s
- - - zandconcentratie MP 2 in mg/l
- · - · - slibconcentratie MP 2 in mg/l
- gem. stroomsnelheid MP 3 in m/s
- - - zandconcentratie MP 3 in mg/l
- · - · - slibconcentratie MP 3 in mg/l

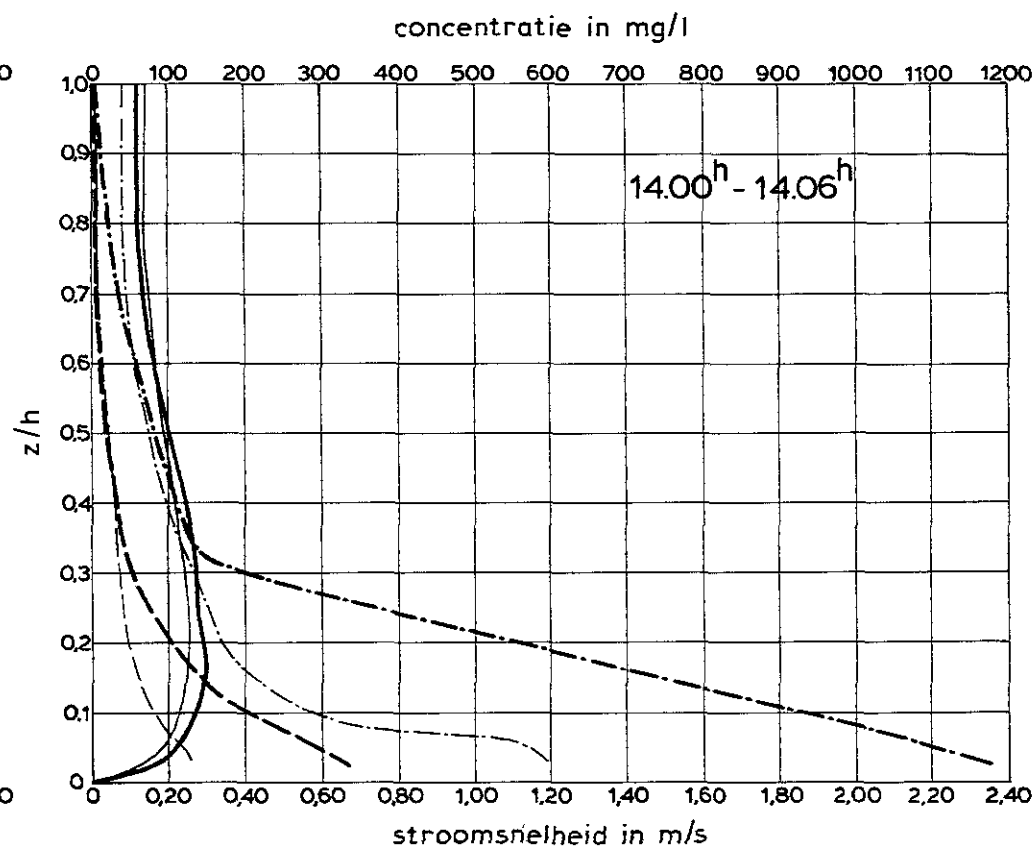
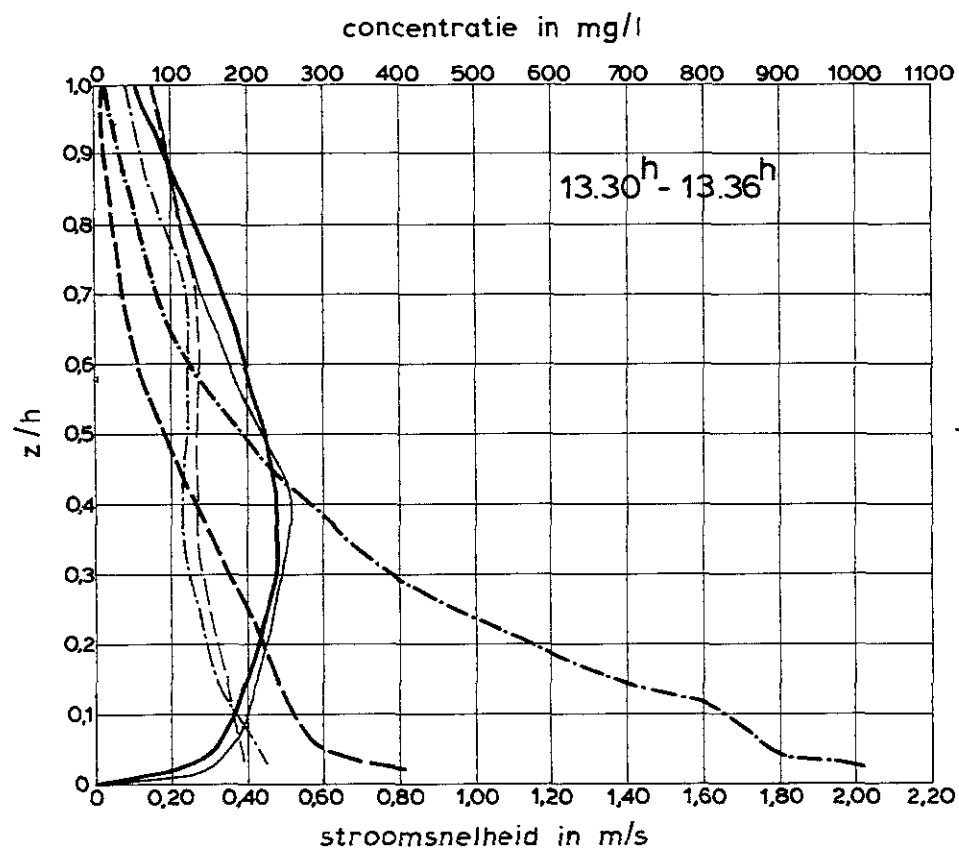
N.B.: de verticalen van MP 3 zijn herleid naar de verticaalhoogten van MP 2 (de spreiding van de stroomlijnen is evenredig over de diepte en het debiet blijft constant)

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
vergelijking van de stroom- en concentratieverticalen van
MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom d.d. 24 september 1980

get.	MK.	bijl. 30	
gec.	E.		
gez.	<i>[Handwritten Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Handwritten Signature]</i>	A 1	nr. 82.81



toelichting:

- gem. stroomsnelheid MP 1 in m/s
- - - zandconcentratie MP 1 in mg/l
- . - slibconcentratie MP 1 in mg/l
- gem. stroomsnelheid MP 2 in m/s
- - - zandconcentratie MP 2 in mg/l
- . - slibconcentratie MP 2 in mg/l

N.B.: de verticalen van MP 1 zijn herleid naar de verticaalhoogten van MP 2 (de spreiding van de stroomlijnen is evenredig over de diepte en het debiet (MP 2) is gereduceerd volgens bijlage 19)

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen

vergelijking van de stroom- en concentratieverticalen van MP 1 en MP 2 tijdens de vloedstroom d.d. 24 september '80

get.	MK.	bijl. 31	
gec.	E.		
gez.	<i>[handwritten signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[handwritten signature]</i>	A1	nr. 82.82

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst vlissingen

nota WWKZ-82.V007

Sedimentatie in de trog
welke is ontstaan rondom
het scheepswrak "Zamosc"
in het Pas van Terneuzen.

projectcode
V 8 0 0 7 A 1 5

auteur(s) : H. de Jong

datum : februari 1982

bijlagen : 31

samenvatting : Deze nota geeft een analyse van het sedimentatieproces in de trog die is ontstaan rondom het scheepswrak "Zamosc". Een inzicht in dit proces werd van belang geacht voor de aanzanding van de te baggeren tunnelsleuf van de Westerschelde Oeververbinding.

Bij het onderzoek is allereerst nagegaan in hoeverre de uit de materiaaltransportmetingen afgeleide sedimentatie correspondeert met de uit ladingen geconstateerde bodemveranderingen. Hiertussen blijkt een goede overeenkomst te bestaan. De nauwkeurigheid van de bepaalde hoeveelheden is echter zodanig dat hieraan geen vergaande betekenis kan worden toegekend.

De vastgestelde sedimentatie komt eveneens in redelijke mate overeen met de aanzandingsrelatie die destijds is afgeleid voor de in 1965 gebaggerde zinkersleuf (nota WWKZ-80.V002). Gezien het feit dat de sedimentatie is berekend op basis van het materiaaltransport vóór en in de trog (hetgeen op het stroomafwaarts gelegen talud gebeurt is namelijk buiten beschouwing gebleven) is de waarde van deze overeenkomst slechts beperkt.

Tenslotte blijkt uit het onderzoek de wijze van vormverandering van de stroom- en concentratieverticalen ter plaatse van de trog. Deze is mogelijk van belang voor een eventuele toetsing van het aanzandingsmodel van het Waterloopkundig Laboratorium Delft.

Inhoudsopgave

	<u>blz</u>
1. Inleiding.	1
2. Uitgevoerde metingen.	2
2.1 Stroom- en materiaaltransportmetingen.	2
2.2 Lodingen.	3
2.3 Bodemonsters.	3
3. Sedimentatie.	5
3.1 Uit lodingen vastgestelde sedimentatie.	5
3.2 Uit het materiaaltransport afgeleide sedimentatie.	5
4. De invloed van de verdieping op de vorm van de stroom- en concentratieverticalen.	11
4.1 Algemeen.	11
4.2 Stroomverticalen.	11
4.3 Concentratieverticalen.	11
5. Conclusies.	13
Literatuurlijst.	15
Lijst van bijlagen.	16

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
 datum: februari 1982
 bladnr: 1

1. Inleiding.

In het Pas van Terneuzen nabij het Stoombotengat lag tot voor kort het scheepswrak "Zamosc". Na berging van dit wrak in juli 1980 resteerde op de plaats waar het gelegen heeft een sleufvormige verdieping of trog (+ 7½ m beneden bodemoppervlak) (zie bijlage 1). Ten gevolge van sedimentatie zal na verloop van tijd de ontstane trog weer verdwijnen. Een analyse van dit sedimentatieproces werd van belang geacht voor de voorspelling van de aanzanding van de te baggeren tunnelsleuf van de Westerschelde Oeververbinding. Hiervoor zijn in en naast de ontstane trog stroommetingen en materiaaltransportmetingen uitgevoerd en tevens bodemonsters genomen. Ook zijn in het betreffende gebied lodingen uitgevoerd om een verband te kunnen leggen tussen de resultaten van de materiaaltransportmetingen en de door de sedimentatie ontstane verschillen in bodemdiepte. In hoofdstuk 2 worden de uitgevoerde metingen nader beschreven. Hoofdstuk 3 geeft berekeningen van de sedimentatie. Tevens zijn de vormverandering van de stroom- en concentratieverticalen ter plaatse van de trog beschouwd. Een dieper inzicht in deze verandering kan van belang zijn voor een eventuele toetsing van het aanzandingsmodel van het Waterbouwkundig Laboratorium Delft. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van deze beschouwing beschreven. Tenslotte geeft hoofdstuk 5 de conclusies van het gehele onderzoek.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 2

2. Uitgevoerde metingen.

2.1 Stroom- en materiaaltransportmetingen.

Op 10 en 24 september 1980 is een meting uitgevoerd waarbij stroomsnelheid en materiaaltransport werd gemeten. De lokaties van de meetpunten staan aangegeven op bijlage 1. In de trog werd tijdens het gehele getij gemeten (eb + vloed) (mp 2) en vervolgens tijdens de vloed in een punt westelijk van de trog gelegen (mp 1) en tijdens de eb in een punt oostelijk van de trog gelegen (mp 3). De resultaten van de meting van 10 september zijn niet gebruikt voor de bepaling van de aanzanding omdat er problemen waren met de positie-bepaling van de schepen.

Bij de stroommetingen¹⁾ werd op iedere hoogte in de verticaal, waar de stroomsnelheid werd bepaald, ook de stroomrichting gemeten (door middel van een zogenaamde Elmar-stroomrichtingsmeter) om de invloed van eventuele dwars- of retourstromingen te kunnen bepalen. Uit de verticalen die in de trog (mp 2) werden gemeten blijkt, dat tijdens de maximale stroomsnelheid de stroomrichting van het onderste gedeelte van de verticaal inderdaad aanzienlijk afwijkt van de stroomrichting van het bovenste gedeelte van de verticaal (de afwijking bedroeg 30° tot 65°).

Materiaaltransport werd elk halfuur gemeten²⁾ op 2/3 en 1/3 van de waterdiepte en op 0,5 m beneden het wateroppervlak. Gelijktijdig met het punt op 2/3 van de waterdiepte³⁾ werd er op respectievelijk 0,5, 1 en 2 m boven de bodem met behulp van een daartoe vervaardigd frame³⁾ ("DSS" = drievoudige stroom- en sedimentmeter) het materiaaltransport gemeten. Simultaan met het meten van het materiaaltransport aan de bodem werd op dezelfde hoogten ook de stroom gemeten¹⁾.

Bijlage 2 en 3 geven het verloop van de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal en het verloop van het zand- en slibtransport in de meetpunten 1 en 2 tijdens vloed weer. Bijlage 3 en 4 geven hetzelfde weer voor de meetpunten 2 en 3 tijdens eb. Het transport is bepaald als het product van de stroomsnelheid v en de concentratie c geïntegreerd over de verticaal en de tijd. De berekening van de transporten is uitgevoerd volgens de zogenaamde partiële methode van het Waterloopkundig Laboratorium Delft (zie lit [3]). Voor de herleiding van de transporten van g/m's

- naar -

¹⁾ d.m.v. een ott-molen

²⁾ d.m.v. verticaal geplaatste Vlissingse flessen in een conventioneel flessenrek

³⁾ met daaraan gemonteerde Vlissingse flessen onder 35°

⁴⁾ gemeten vanaf de bodem

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 3

naar m^3/m^{uur} is voor het s.g. van zand $2,65 \text{ g/cm}^3$ aangehouden bij een holterpercentage van 40%. Deze gegevens zijn ontleend aan notitie WWKZ-82.V259 [4]. De bijlagen 5, 6 en 7 geven op dubbel logaritmisch papier de lineaire regressie tussen de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal en het zandtransport in respectievelijk mp 1, mp 2 en mp 3 weer¹). Bijlage 8, 9 en 10 geven op dezelfde wijze het slibtransport als functie van de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal¹). De lineaire regressie is uitgevoerd op de logaritme van zowel de stroomsnelheid als het transport. Zowel het zandtransport als het slibtransport in alle meetpunten -uitgezonderd het zandtransport in mp 1- blijkt groter te zijn dan het zandtransport dat zou volgen uit het verband (tussen stroomsnelheid en zandtransport) dat bij vroegere metingen voor de Westerschelde gevonden werd. Over dit verband tussen stroomsnelheid en zandtransport is gerapporteerd in memo 75.9 [1].

2.2 Lodingen.

In het onderhavige gebied zijn op 8 september, 22 september en 6 oktober 1980 echolodingen uitgevoerd langs een raaienstelsel ongeveer loodrecht staande op de as van de trog (bijlage 1). De afstand tussen de raaien onderling was 20 m. Bijlage 11, 12 en 13 zijn de lodingskaarten die van deze opnemingen konden worden vervaardigd. Bij een onderlinge vergelijking van de opnemingen d.d. 8 september en 6 oktober 1980 blijkt, dat in de gehele trog sprake is van een aanzienlijke aanzanding (0,5 tot 1 m). Een duidelijk beeld hiervan geeft de verschillenkaart van de diepte-veranderingen tussen 8 september en 6 oktober 1980 (bijlage 14). In het diepste gedeelte van raai 8 wordt een maximale verondieping vastgesteld van 2,4 m. Bijlagen 15, 16 en 17 geven de dwarsprofielen van een gedeelte (150 m) van de raaien 5, 6 en 7 weer. Ter plaatse van deze raaien is een sleuf aanwezig die qua vorm en oriëntatie ten opzichte van de stroomrichtingen geschikt is om te onderzoeken in verband met de tunnelsleuf van de Westerschelde Oeververbinding.

2.3 Bodemmonsters.

Tijdens de kentering zijn in de meetpunten 1, 2 en 3 op de beide meetdata (10 en 24 september 1980) met behulp van een grijper bodemmonsters genomen. De resultaten van de monsters genomen d.d. 10 september 1980 bleken onbruikbaar (zie par. 2.1). De lokaties

- waarin -

¹) Uit de waarnemingen komen afwijkingen naar voren tussen het deel van de vloed waarin het water versnelt en het deel waarin het water vertraagt. In verband met het verkennend karakter van het onderzoek en in verband met het relatief gering aantal gegevens is met dit verschijnsel geen rekening gehouden.

rijkswaterstaat

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 4

waarin op 24 september 1980 monsters genomen zijn staan aangegeven op bijlage 18. Van deze bodemonsters is op het laboratorium o.a. het gewichtsperscentage van verschillende zeeffracties bepaald. De percentages van de fractie $< 45\mu$ staan in tabel 1 vermeld. De fractie $< 45\mu$ kan beschouwd worden als de slibfractie.

Tabel 1: Gewichtsperscentages van de zeeffractie $< 45\mu$.

mp 1	mp 2	mp 3
1,5% (pos. eb kent.) 15,9% (pos. vloed kent.)	23,6% (pos. eb kent.) 33,5% (pos. vloed kent.)	3,98% (pos. eb kent.) 4,6 % (pos. vloed kent.)
gem. 8,7%	gem. 28,6%	gem. 4,3%

pos. = positie tijdens

Uit deze tabel blijkt dat het gehalte aan slib in de trog (mp 2) 15 à 25% hoger is dan in het voor- en achterliggende gebied (mp 1 en mp 3). Op grond hiervan wordt aangenomen dat het gesedimenteerde materiaal in de trog voor 20 à 35% (gemiddeld ca. 29%) uit slib bestaat. Deze percentages zijn mogelijk nog van belang voor de zetting van afgezonden tunnelelementen.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 5

3. Sedimentatie.

3.1 Uit lodingen vastgestelde sedimentatie.

Door middel van kubering van de lodingen (zie par. 2.2) is vastgesteld hoeveel materiaal zich in het onderhavige gebied (raai 1 t/m 14, bijlage 11) door sedimentatie heeft afgezet. De hoeveelheden in de eerste periode (8 september t/m 22 september 1980) en de tweede periode (22 september t/m 6 oktober 1980) bleken vrijwel overeen te komen (15878 m^3 respectievelijk 16073 m^3). Voor raai 5, 6 en 7 (de in het kader van deze nota van belang zijnde raaien) is over een lengte van 150 m en een strook van totaal 60 m (per raai 20 m) apart de hoeveelheid gesedimenteed materiaal vastgesteld (zie bijlage 11). Hieruit bleek dat in dit gebied, zich in de eerste periode meer materiaal heeft afgezet dan in de tweede (respectievelijk 2423 m^3 en 1736 m^3). Hierbij dient wel bedacht te worden dat er de nodige spreiding in de resultaten zit doordat bij het peilen niet precies langs de raai gevaren wordt en één raai maatgevend wordt geacht voor een breedte van 20 m. Gesteld mag echter worden dat de eventuele afwijking kleiner is dan ca. 30% van de boven vermelde sedimentatie. Dit percentage is bepaald uit het verschil dat kon worden vastgesteld tussen twee opnamen op dezelfde dag van de raai 6 en 8. Deze raaien zijn speciaal dubbel opgenomen om een eventuele afwijking te kunnen vaststellen.

3.2 Uit het materiaaltransport afgeleide sedimentatie.

Door middel van de in par. 2.1 besproken grafieken van het zandtransport als functie van de stroomsnelheid (bijlagen 5, 6 en 7) is het mogelijk het zandtransport te schatten bij spring-, gemiddeld- en doodtij als de gegevens van de gemiddelde stroomsnelheden die bij deze getijden optreden, ter beschikking staan. Dit was echter niet het geval. Derhalve zijn deze stroomsnelheden berekend met behulp van de meetresultaten van de flachseestroommeter 5025 die in deze omgeving van 28 maart 1977 t/m 21 april 1977 continu de stroom heeft geregistreerd (bijlage 1). Met de hieruit gevonden verhouding tussen de stroomsnelheden bij spring-, gemiddeld- en doodtij was het mogelijk de stroomsnelheden in mp 1, mp 2 en mp 3 bij deze getijden te bepalen. Vervolgens kon het transport per getij worden bepaald door middel van bovengenoemde grafieken (bijlagen 5, 6 en 7). Opgemerkt dient te worden dat de stroomsnelheden v , waarbij een afwijking in richting werd waargenomen bij het onderste gedeelte van de verticaal (zie par. 2.1), gereduceerd zijn tot stroomsnelheid $v \cos \alpha$, waarbij α de afwijkingshoek is van de stroomrichting.

Met het gevonden transportverloop tussen spring-, gemiddeld- en doodtij is het mogelijk het transport voor alle opgetreden getijden in de betreffende periodes te schatten. De som van al deze transporten is het totale zandtransport (S_x). Op dezelfde wijze kon het totale slibtransport worden berekend.

De sedimentatie in de verdieping is berekend als volgt:

$$\text{aanzanding (aanslibbing)} = S_1(\text{vloed}) + S_3(\text{eb}) - S_2(\text{eb} + \text{vloed})$$

waarbij

$$S_1 = \text{transport (mp 1) enz.}$$

Bij deze berekening is hetgeen op het stroomafwaarts gelegen talud gebeurt buiten beschouwing gebleven. De sedimentatie berekend op basis van het materiaaltransport vóór en in het midden van de trog is daardoor niet geheel juist. Het is daarom aan te bevelen om in de toekomst ook op de stroomafwaarts gelegen rand te meten.

Het vloedtransport in mp 2 is vooraf gereduceerd (factor 1,7) omdat het debiet in dit meetpunt een factor 1,7 groter bleek te zijn dan in mp 1 (bijlage 19). De oorzaak hiervan ligt in het feit dat de meetpunten 1 en 2 niet geheel in elkaars verlengde liggen betreffende de stroom en de bodemligging daar kennelijk aanleiding tot stroomcontractie bij vloed heeft gegeven (zie ook bijlage 18). Het debiet van mp 3 en mp 2 tijdens de eb, bleek nagenoeg overeen te komen zodat daarop geen correctie behoefde te worden toegepast.

Omtrent de niet-lineaire effecten kan worden gesteld dat deze buiten beschouwing zijn gelaten omdat het hier gaat om een globale wijze van sedimentatie berekenen.

Tabel 2 geeft de resultaten van de berekening van de zand- en slibtransporten voor de beide periodes afzonderlijk en voor de totale periode. Hierbij werd het transport in de meetpunten representatiefgeacht voor een strook van 60 m breed. Tevens is de hieruit berekende sedimentatie vermeld voor het in par. 3.1 (bijlage 11) genoemde gebied. De hoeveelheden zijn berekend door uit te gaan van een holtepercentage van 40% in het gesedimenteerde materiaal (zand en slib).

Tabel 2: Aanvoer zand en slib en de berekende sedimentatie in m³ (aangehouden holtepercentage voor zowel zand als slib 40%, soortelijke massa, inclusief poriën: 1,59 ton/m³).

jaar: 1980	zandaanvoer in m ³ (zand: zeeffractie > 50μ)				berekende aanzanding in m ³
	mp 1 vl	mp 3 eb	mp 2 vl	mp 2 eb	
1e periode 8 sept. t/m 22 sept.	463	7018	974	5114	1394
2e periode 22 sept. t/m 6 okt.	532	7599	1394	5726	1011
totale periode 8 sept. t/m 6 okt.	995	14617	2368	10840	2405

rijkswaterstaat

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
 datum: februari 1982
 bladnr: 7

Vervolg tabel 2:

jaar: 1980	slibaanvoer in m ³ (slib: zeeffractie < 50µ)				berekende aanslibbing in m ³
	mp 1 vl	mp 3 eb	mp 2 vl	mp 2 eb	
1e periode 8 sept. t/m 22 sept.	2442	15081	2794	13819	910
2e periode 22 sept. t/m 6 okt.	2799	16557	3845	15421	90
totale periode 8 sept. t/m 6 okt.	5241	31638	6639	29240	1000
jaar: 1980	aanvoer sedimentierend materiaal (zand en slib) in m ³				berekende sedimentatie in m ³
	mp 1 vl	mp 3 eb	mp 2 vl	mp 2 eb	
1e periode 8 sept. t/m 22 sept.	2905	22099	3768	18933	2304
2e periode 22 sept. t/m 6 okt.	3331	24156	5239	21147	1101
totale periode 8 sept. t/m 6 okt.	6236	46255	9007	40080	3405

Het vloedtransport in meetpunt 2 is volgens de berekeningen steeds groter dan dat in meetpunt 1. Waarschijnlijk berust dit op onnauwkeurigheden in de schematisatie (zie de op blz 6 genoemde factor 1,7). Daar de ebtransporten echter steeds een orde groter zijn dan de vloedtransporten is het belang hiervan niet doorslaggevend.

Uit tabel 2 blijkt dat de berekende aanzandingen in beide perioden goed overkomen. De berekende aanslibbing in periode 1 is 10x zo groot als in periode 2; de oorzaak hiervan kan worden verklaard door de grote gevoeligheid voor geringe afwijkingen in de verschillende slibtransporten.

Een alternatief wordt gegeven in tabel 3. In plaats van 1,59 ton/m³ droge stof (inhoudend een holtepercentage van 40%) is voor het slib s.m. 0,58 ton/m³ droge stof aangehouden overeenkomend met een holtepercentage van 78%. Laatstgenoemde gegevens zijn ontleend aan een onderzoek van de "minder vaste" laag van de havenbodden van de voormalige veerhaven Hoedekenskerke [4].

Ter vergelijking is in tabel 3 ook de berekende aanzanding en aanslibbing bij een holtepercentage van 40% gegeven (uit tabel 2).

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
 datum: februari 1982
 bladnr: 8

Tabel 3: Berekende sedimentatie in m³ bij verschillende holtepercentages voor slib.

variant 1	1e periode	2e periode	totaal	%
zand s.m. = (1,59 ton/m ³ droge stof; holtepercentage 40%)	1394	1011	2405	71
slib s.m. = (1,59 ton/m ³ droge stof; holtepercentage 40%)	910	90	1000	29
totaal	2304	1101	3405	100
variant 2	1e periode	2e periode	totaal	%
zand s.m. = (1,59 ton/m ³ droge stof; holtepercentage 40%)	1394	1011	2405	46,7
slib s.m. = (0,58 ton/m ³ droge stof; holtepercentage 78%)	2493	247	2740	53,3
totaal	3887	1258	5145	100

Een andere mogelijkheid is nog dat het slib voor zover mogelijk, zich bevindt in de holle ruimte tussen de zandkorrels (variant 3).

Dat zou betekenen dat de sedimentatie als volgt is opgebouwd:

zand 2405 m³ (inclusief 962 m³ slib in de holle ruimte)
 slib 1778 m³ (buiten de holle ruimte van het zand)
 totaal 4183 m³

Tabel 4 geeft een vergelijking van de berekende sedimentatie (zand en slib) met de door middel van echolodgingen vastgestelde sedimentatie voor de betreffende periodes.

Tabel 4: Vergelijking berekende- en gemeten sedimentatie in periode 1 en 2 (sedimentatie in de trog ter plaatse van de raaien 5, 6 en 7).

	berekende sedimentatie in m ³			d.m.v. echolodgingen vastgestelde sedimentatie in m ³
	variant 1	variant 2	variant 3	
1e periode 8 sept. t/m 22 sept.	2304	3887	3329	2423
2e periode 22 sept. t/m 6 okt.	1101	1258	1011	1736
totale periode 8 sept. t/m 6 okt.	3405	5145	4183	4159

Het totaal van de door middel van echolodgingen vastgestelde sedimentatie blijkt tussen de beide eerste berekende waarden (variant 1 en 2) in te liggen. De derde mogelijkheid (variant 3) geeft de beste overeenkomst.

Over het algemeen kan gesteld worden, dat de nauwkeurigheid waarmee sedimentatie over een dergelijke korte periode kan worden bepaald, door berekening of door middel van echolodgingen, betrekkelijk is. Daarom moet niet overdreven veel waarde aan de voornoemde overeenkomst worden gehecht.

Volgens de berekening van het sedimenttransport (volgens eerste deel tabel 3) zou het gesedimenteerde materiaal voor 29% uit slib bestaan. Uit de bodemsamenstelling in de trog blijkt eveneens een slibpercentage van ca. 29% gemiddeld (tabel 1, hoofdstuk 2.3). Ook in dit opzicht bestaat er overeenstemming tussen bodemverandering en materiaaltransport maar ook hier moet niet overdreven veel waarde aan gehecht worden mede gezien de spreiding in resultaten tussen de eerste en tweede periode. In ieder geval kan op basis van de gegevens van tabel 4 geen uitspraak over de waarschijnlijkheid van de drie onderzochte mogelijkheden van opbouw van het gesedimenteerde materiaal worden gedaan. Het is aan te bevelen om de samenstelling en laagopbouw van het gesedimenteerde materiaal in de toekomst te onderzoeken aan de hand van boringen. Tenslotte is het nog van belang om op te merken dat de op basis van het materiaaltransport buiten en in het midden van de verdieping berekende sedimentatie mogelijk onjuist is ten gevolge van het buiten beschouwing blijven van hetgeen op het stroomafwaarts gelegen talud gebeurt. Het is daarom aan te bevelen om in de toekomst ook op de stroomafwaarts gelegen rand van de verdieping te meten.

3.3 Vergelijking van de sedimentatiepercentages met eerder uitgevoerde berekeningen.

In deze paragraaf wordt een vergelijking gemaakt tussen de sedimentatiepercentages die vastgesteld kunnen worden bij de trog ontstaan rondom het wrak "Zamosc" en de aanzandingspercentages bij de zinkersleuf van 1965.

Nota WWKZ-80.V002 (lit. 2) geeft een aanzandingsrelatie die is afgeleid voor de in 1965 gebaggerde zinkersleuf in het oostelijk deel van de Westerschelde. Het betreft hier een relatie tussen de verhouding van de waterdiepte in- en buiten de verdieping en het percentage van het aangevoerde materiaal dat sedimenteert (bijlage 20). Nagegaan is welke verhoudingen tussen aanvoer en sedimentatie gelden volgens hoofdstuk 3.2. De berekening is apart voor het zand en het slib uitgevoerd voor de beide periodes. Bijlage 21 geeft de transporten waarmee gerekend is en de aldus berekende percentages (r) voor drie varianten. Variant 1, waarvan de verhouding tussen het zand en het slib (respectievelijk 71 en 29%) overeenkomt met de verhouding bij de bodemonsters (zie par. 3.2), is vergeleken met

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 10

de genoemde relatie in bijlage 20. De berekende percentages van het zand blijken in redelijke mate overeen te komen met hetgeen gevonden is bij de zinkersleuf van 1965. Daarnaast wordt geen overeenkomst gevonden voor het slib. Dit was te verwachten, omdat de relatie van de zinkersleuf van 1965 de sedimentatie van zand betreft. De oorzaak hiervan is dat de valsnelheid van slib ten opzichte van zand veel geringer is. Uit het feit dat variant 1 in redelijke mate correspondeert met de zinkersleuf van 1965, mag niet geconcludeerd worden dat de mogelijkheden gegeven onder variant 2 en 3 minder juist zouden zijn. Niet bekend is namelijk of de aanzandingsrelatie die afgeleid is voor de zinkersleuf van 1965 nabij de Ballastplaat, normatief gesteld kan worden voor het Pas van Terneuzen.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 11

4. De invloed van de verdieping op de vorm van de stroom- en concentratieverticalen.

4.1 Algemeen.

Ten behoeve van een eventuele toetsing van de berekening van het aanzandingsmodel van het Waterbouwkundig Laboratorium Delft is het van belang enig inzicht te verkrijgen in de vormverandering die de stroom- en concentratieverticalen ondergaan ter plaatse van de trog.

4.2 Stroomverticalen.

Bijlagen 22, 23, 24, 25, 26 en 27 geven de stroom- en concentratieverticalen van vóór en in de trog (respectievelijk mp 3 en mp 2). Het betreft hierbij verticalen van de ebstroom (van oost naar west). Uit deze bijlagen blijkt dat de stroomverticalen in de trog ongeveer als volgt gereduceerd worden:

- a stroomsnelheid aan de oppervlakte 15 à 20%
- b stroomsnelheid op $2/3$ van de waterdiepte 20 à 25%
- c stroomsnelheid op $1/3$ van de waterdiepte 50 à 55%
- d stroomsnelheid op 1 m + bodem 60 à 65%.

Uit de verschillende reducties op de respectievelijke waterdiepten blijkt ook dat vorm van de krommen geheel verschillend zijn. Dit blijkt ook uit bijlage 30. Om de vorm van de verticalen beter te kunnen vergelijken zijn de verticalen van mp 3 op deze bijlage omgerekend naar de verticaalhoogten van mp 2.

Bijlage 28 en 29 geven enkele stroom- en concentratieverticalen van de vloedstroom (van west naar oost). In tegenstelling tot wat bij de ebstroom kon worden vastgesteld blijken de stroomverticalen in deze richting niet essentieel van vorm te veranderen (bijlage 31). Mogelijk hangt dit samen met de in par. 3.2 geconstateerde stroomcontractie in de verdieping. Het geringe aantal gegevens beperkt echter de mogelijkheid te kunnen vaststellen in hoeverre deze verticalen karakteristiek zijn voor de vloedstroom. De bij de vloedstroom gemeten verticalen lijken echter vanwege de genoemde stroomcontractie niet representatief voor een tweedimensionale situatie.

4.3 Concentratieverticalen.

De concentratieverticalen van zand en slib in de trog (mp 2) tijdens de ebstroom (bijlagen 22, 23, 24, 25, 26 en 27) vertonen een gelijkmatiger beeld dan de verticalen van het gebied voor de trog gelegen (mp 3). Een verschil valt er waar te nemen tussen de vormverandering van de concentratieverticalen van het slib en het zand

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
 datum: februari 1982
 bladnr: 12

onderling. De concentratieverticalen van het slib lijken in de trog weinig of niet in vorm te veranderen terwijl bij de concentratieverticalen van het zand sprake is van een aanmerkelijke verandering. In de trog (mp 2) is het bodemtransport van het zand namelijk veel minder geconcentreerd. Een en ander wordt door bijlage 30 nog duidelijker geïllustreerd. De concentratieverticalen van de vloedstroom (bijlage 28 en 29) geven de indruk in de trog eveneens van vorm te veranderen. In tegenstelling tot datgene wat bij de ebstroom kon worden vastgesteld blijkt het bodemtransport tijdens de vloedstroom van zowel slib als zand ter plaatse van de trog toe te nemen. Duidelijk blijkt dit ook uit bijlage 31. Ook hiervan geldt dat de beschikking over een groter aantal gegevens noodzakelijk is om te kunnen vaststellen of hier sprake is van een toevalligheid of van een telkens optredend verschijnsel.

5. Conclusies.

- 1) Om de sedimentatie in een sleuf redelijk nauwkeurig te kunnen bepalen is het noodzakelijk dat minstens in een drietal posities tijdens het gehele getij gemeten wordt, te weten: vóór, in en achter de sleuf, bij voorkeur in meerdere raaien tegelijk.
- 2) Om gewichtspercentages van zand en slib te kunnen omrekenen naar m^3 , is het noodzakelijk dat het holtepercentage wordt vastgesteld uit een steekmonster dat in het betreffende gebied genomen is. Aanbevolen wordt om ca. een half jaar na de beschouwde periode steekmonsters te nemen waarbij dan ook de laagopbouw wordt geanalyseerd.
- 3) Het vloeddebiet in de trog (mp 2) blijkt een factor 1,7 groter te zijn dan het debiet gemeten in het gebied vóór de trog gelegen (mp 1). Dit feit toont aan dat de sedimentatie niet zonder meer kan worden berekend als het verschil in materiaaltransport tussen een tweetal meetpunten.
- 4) a Van de hoeveelheid getransporteerd slib bezinkt slechts een relatief klein gedeelte door de geringe valsnelheid.
b Door de sedimentatie van slib kan de bodem van de sleuf wel een relatief hoog gehalte aan slib krijgen. Bij de bepaling van de zetting van afgezonden elementen moet hier rekening mee worden gehouden.
c De uit de materiaaltransportmetingen afgeleide sedimentatie is in overeenstemming met de uit lodingen geconstateerde bodemveranderingen. De nauwkeurigheid van de bepaalde hoeveelheden is zodanig dat hieraan geen vergaande betekenis kan worden toegekend.
- 5) De vastgestelde sedimentatie komt in redelijke mate overeen met de eerder in nota WWKZ-80.V002 (lit. [2]) afgeleide aanzandingsrelatie.
- 6) Met behulp van de in par. 3.2 beschreven methode om de sedimentatie af te leiden uit het materiaaltransport, kan een voorspelling worden gedaan over het sedimentatieproces in de tijd. Door de beperkte nauwkeurigheid waarmee het sedimenttransport kan worden bepaald en de onzekerheid over de opbouw van het gesedimenteerde materiaal is de nauwkeurigheid van de bepaling van de bodemverandering nog niet erg groot. Om deze redenen is het verbeteren van het inzicht in de sedimentbeweging en de opbouw van de gesedimenteerde lagen (conclusie 2) noodzakelijk.
- 7) De stroom- en zandconcentratieverticalen van de ebstroom ondergaan ter plaatse van de trog een essentiële verandering, in tegenstelling tot de slibconcentratieverticalen die bijna geen verandering ondergaan. Het bodemtransport van het zand is in

behoort bij: nota

WWKZ nr. 82.V007

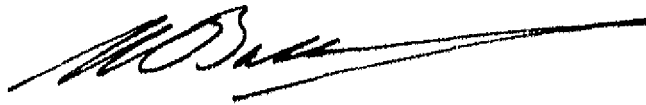
datum: februari 1982

bladnr: 14

de trog duidelijk minder geconcentreerd. Bij de vloedstroom zijn de veranderingen minder, mogelijk ten gevolge van de dan optredende stroomcontractie.

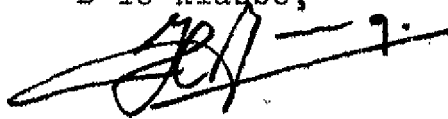
Gezien:

Het Hoofd van de Adviesdienst
Vlissingen,



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

De administratief ambtenaar
B 1e klasse,



H. de Jong.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 15

Literatuurlijst

- [1] Ir. E.P. Kooiker.
Tweede bericht betreffende een empirische methode ter
bepaling van zandtransporten in de Westerschelde.
Memo 75.8, Studiedienst Vlissingen, Rijkswaterstaat.
- [2] Ir. E.H. Ebbens.
Aanzanding van de bij de plaatval van 1977 ontstane ver-
dieping in de Platen van Ossenise.
Nota WWKZ-80.V002, Studiedienst Vlissingen, Rijkswaterstaat.
- [3] Ir. L.C. van Rijn.
Computerprogramma voor verwerken en toetsen van metingen
van sedimenttransport (SUDATA).
R 1267-1 Waterloopkundig Laboratorium Delft.
- [4] H. de Jong.
De wijze van berekening van sedimentatie uit zand- en slib-
transport bij de Adviesdienst Vlissingen.
Notitie WWKZ-82.V259, Adviesdienst Vlissingen, Rijkswaterstaat.

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 16

Lijst van bijlagen

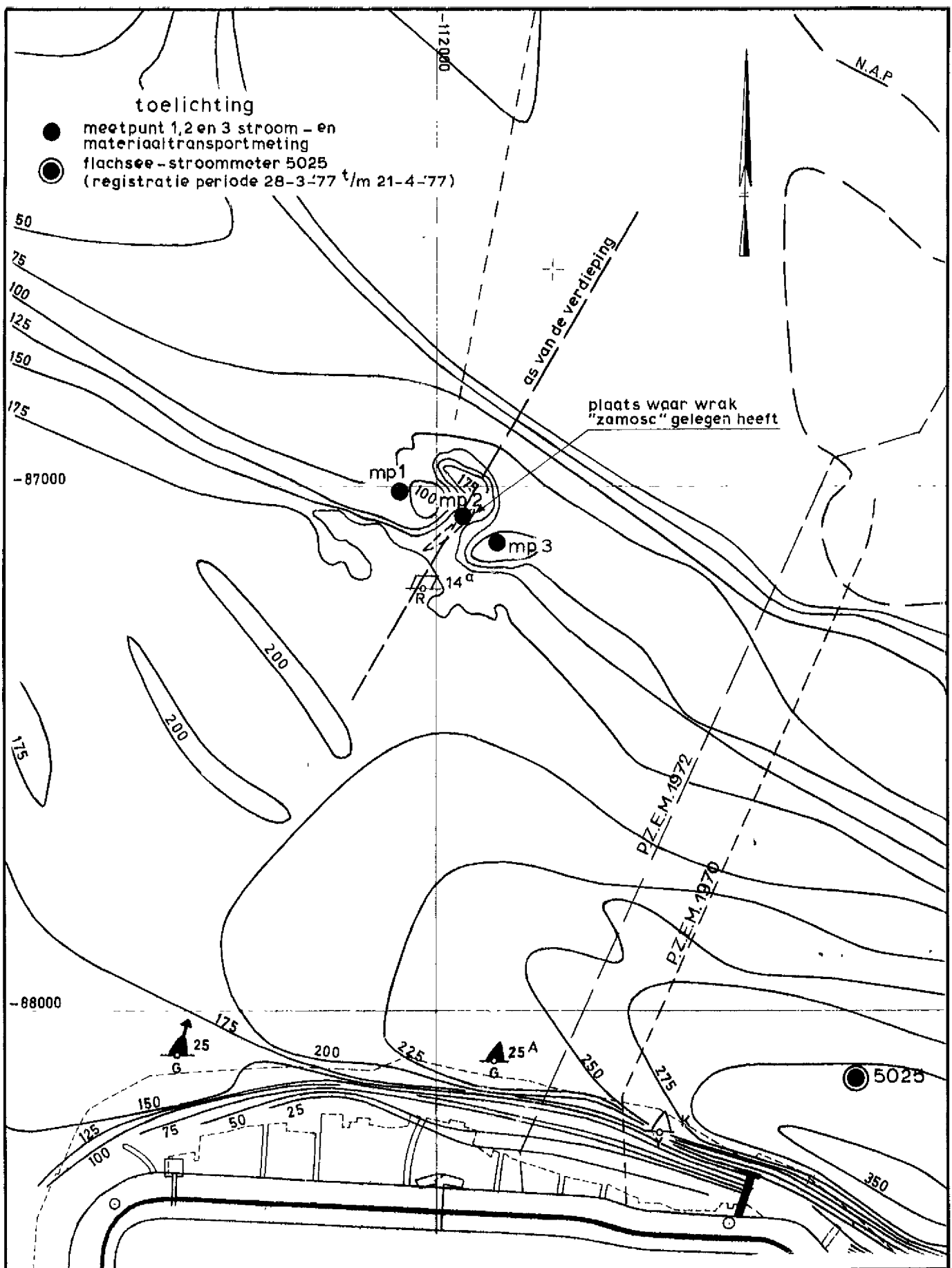
Bijlage nr.	Omschrijving	Tekening nr.
1	Situatie meetpunten, materiaaltransport- meting d.d. 24/09/1980.	A1-82.58
2	Verloop van gemiddelde stroomsnelheid, zand- en slibtransport in de tijd, in mp 1 d.d. 24/09/1980.	A1-81.503
3	Idem mp 2.	A1-81.504
4	Idem mp 3.	A1-81.505
5	Verband tussen zandtransport (log. S) en de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal (log. v) mp 1, 24 september 1980.	A1-82.59
6	Idem mp 2.	A1-82.60
7	Idem mp 3.	A1-82.61
8	Verband tussen slibtransport (log. S) en de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal (log. v) mp 1, 24 september 1980.	A1-82.62
9	Idem mp 2.	A1-82.63
10	Idem mp 3.	A1-82.64
11	Opneming omgeving v.m. wrak "Zamosc" d.d. 08/09/1980 dieptecijfers en dieptelijnen.	B2-81.5
12	Idem d.d. 22/09/1980.	B2-81.6
13	Idem d.d. 06/10/1980.	B2-81.7
14	Diepteverschillen tussen de opneming d.d. 08/09/1980 en 06/10/1980 in de trog ontstaan rondom het wrak "Zamosc".	B2-81.65
15	Dwarsprofielen van de trog ontstaan door het wrak "Zamosc", raai 5 d.d. 8 en 22 september en 6 oktober 1980.	A1-82.66
16	Idem raai 6:	A1-82.67
17	Idem raai 7.	A1-82.68

- vervolg -

behoort bij: nota WWKZ nr. 82.V007
datum: februari 1982
bladnr: 17

Vervolg lijst van bijlagen:

Bijlage nr.	Omschrijving	Tekening nr.
18	Locaties waar d.d. 24 september 1980 bodem-monsters zijn genomen.	A1-82.69
19	Debiet in mp 1, 2 en 3 d.d. 24 september 1980.	A1-82.70
20	Sedimentatiepercentage r bij de trog van het v.m. wrak "Zamosc" (volgens variant 1) en de zinkersleuf in 1965.	A1-82.71
21	Sedimentatiepercentage r bij verschillende volumeverhoudingen tussen zand en slib van het gesedimenteerde materiaal.	A1-82.72
22	Stroom- en concentratieverticalen van mp 2 en mp 3 tijdens de ebstroom.	A1-82.73
23	Idem.	A1-82.74
24	Idem.	A1-82.75
25	Idem.	A1-82.76
26	Idem.	A1-82.77
27	Idem.	A1-82.78
28	Stroom- en concentratieverticalen van mp 1 en mp 2 tijdens de vloedstroom.	A1-82.79
29	Idem.	A1-82.80
30	Vergelijking van de stroom- en concentratieverticalen van mp 2 en mp 3 tijdens de ebstroom d.d. 24 september 1980.	A1-82.81
31	Idem mp 1 en mp 2 tijdens de vloedstroom.	A1-82.82

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
situatie meetpunten, materiaaltransportmeting
d.d. 24-9-'80

get.	k.b.	bijl. 1	
gec.	E.		
gez.	<i>gh</i>	schaal 1:10000	
akk.	<i>gh</i>	A1	nr. 82.58

slibtransport eb	=	m^3/m^1
" vloed	=	2,85 m^3/m^1
zandtransport eb	=	m^3/m^1
" vloed	=	1,05 m^3/m^1

toelichting:

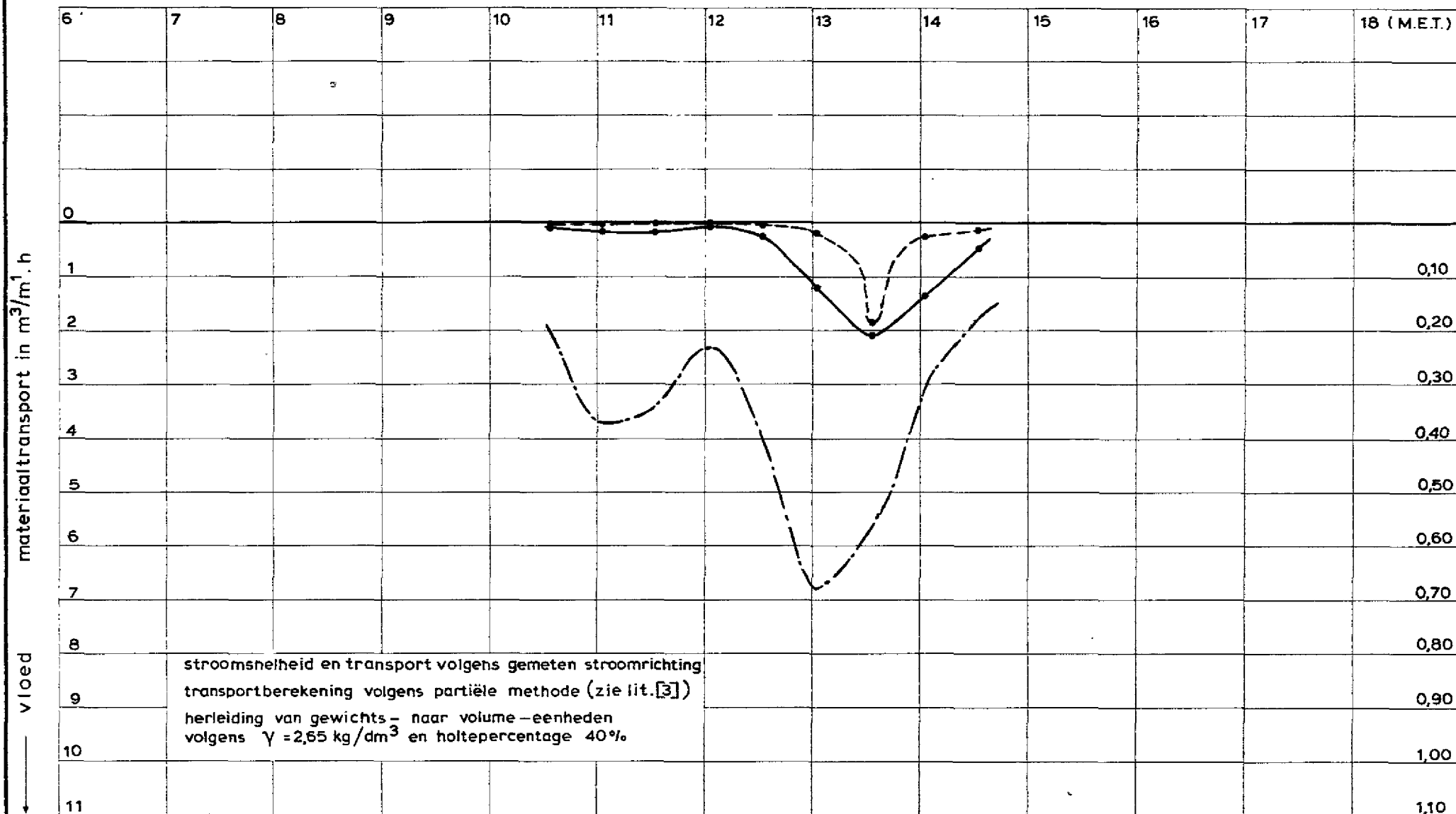
— slibtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 - - - - - zandtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 - · - · - - gem. stroomsnelheid in m/s

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 mp 1 d.d. 24-9-'80 verloop van de gemiddelde
 stroomsnelheid, zand- en slibtransport in de tijd

get.	k.b.	bijl. 2	
gec.	ε.	code 05.20.M.80	
gez.	DM	schaal	
akk.	<i>[handwritten signature]</i>	A1	nr. 81.503



gem. stroomsnelheid in m/s

slibtransport eb	=	14,3	m^3/m^1
" vloed	=	8	m^3/m^1
zandtransport eb	=	5,9	m^3/m^1
" vloed	=	2,7	m^3/m^1

toelichting:

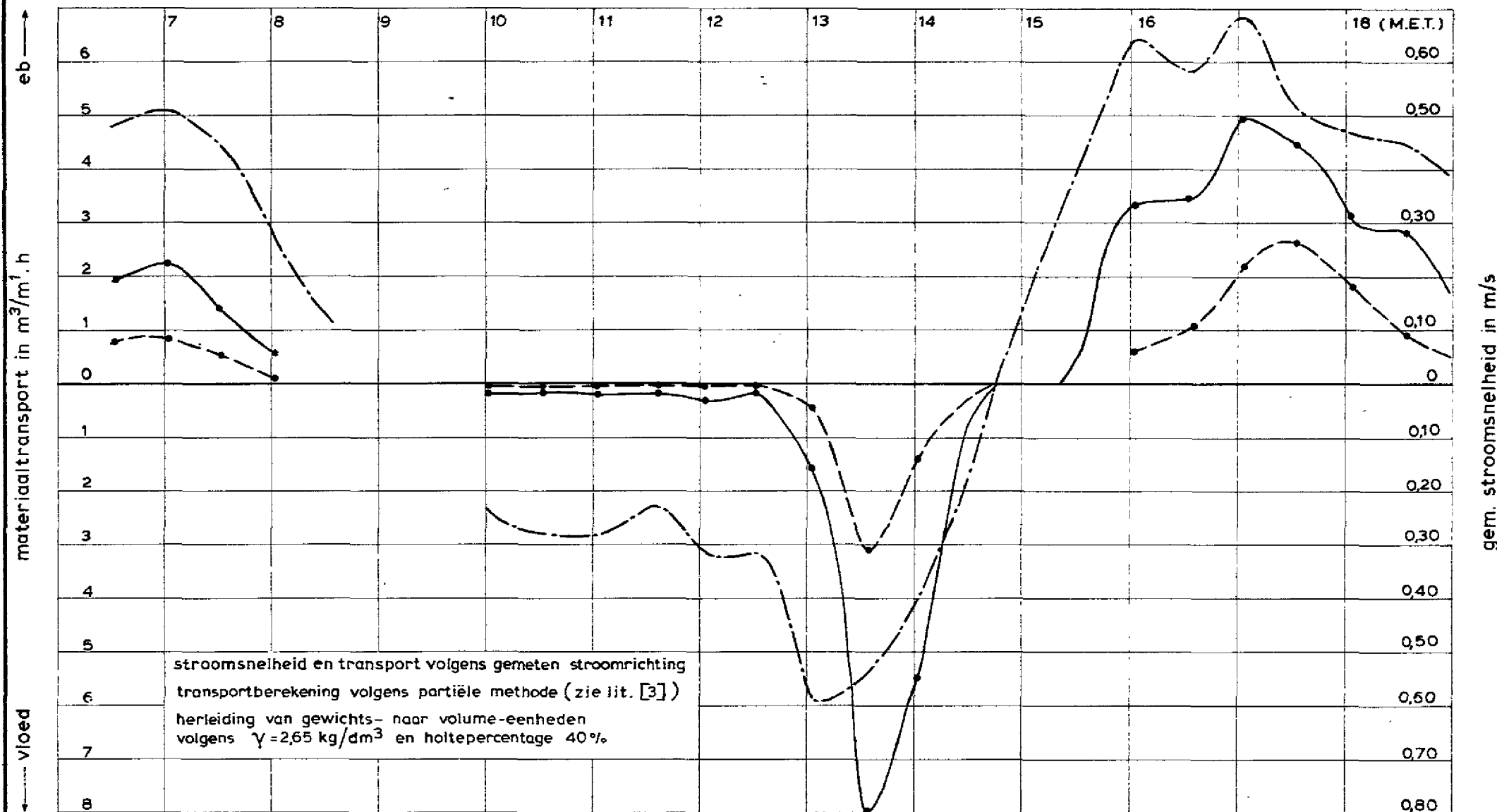
— slibtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 - - - zandtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 - · - - - gem. stroomsnelheid in m/s

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 mp 2 dd. 24-9-80 verloop van de gemiddelde
 stroomsnelheid, zand- en slibtransport in de tijd

get.	k.b.	bijl. 3	
gec.	ξ	code 05.20.M.80	
gez.	DM	schaal	
akk.	<i>dh</i>	A1	nr. 81.504



gem. stroomsnelheid in m/s

slibtransport eb	=	12,9	m^3/m^1
" vloed	=		m^3/m^1
zandtransport eb	=	6,55	m^3/m^1
" vloed	=		m^3/m^1

toelichting:

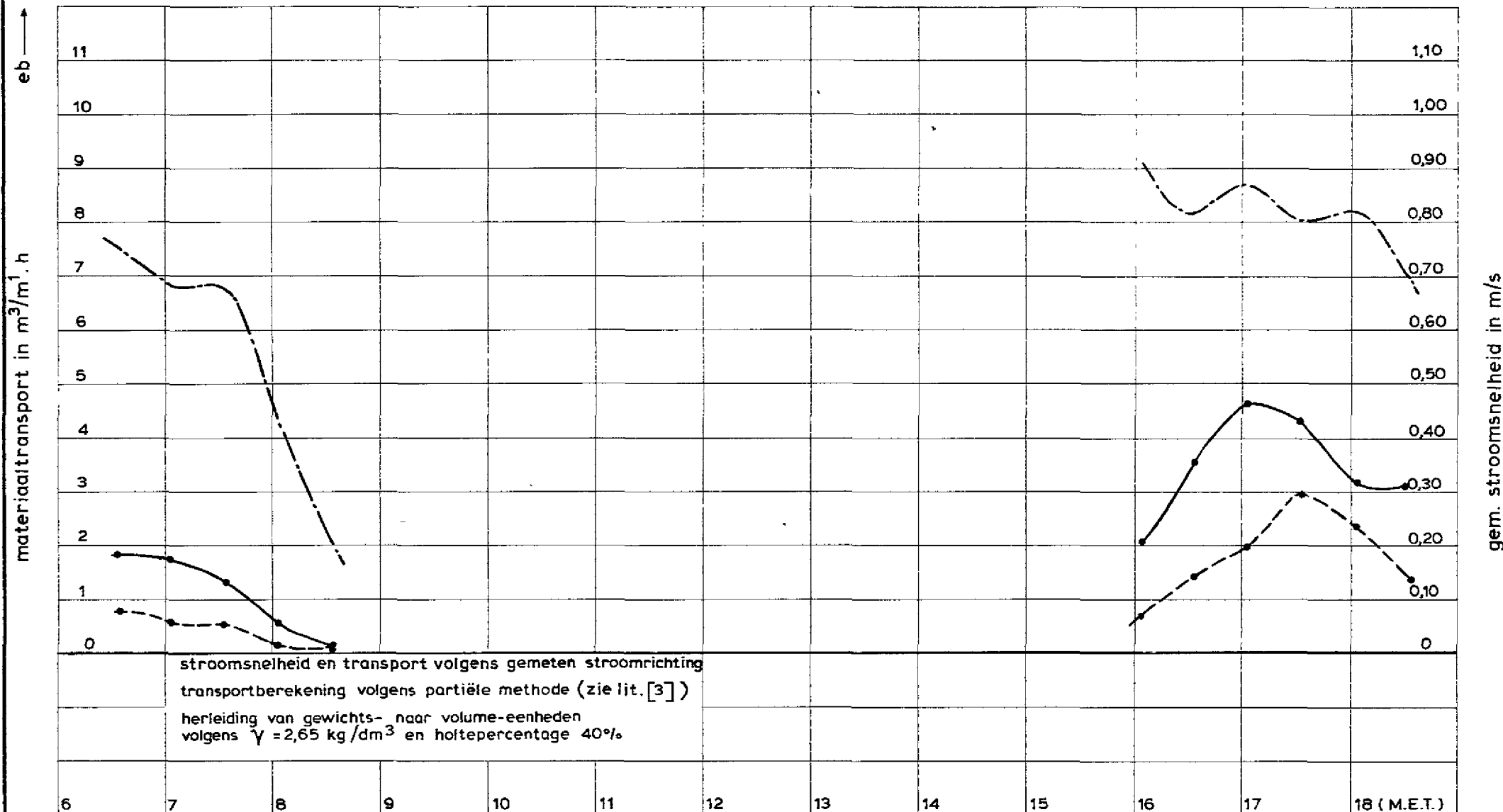
----- slibtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 ----- zandtransport in $\text{m}^3/\text{m}^1/\text{h}$
 ----- gem. stroomsnelheid in m/s

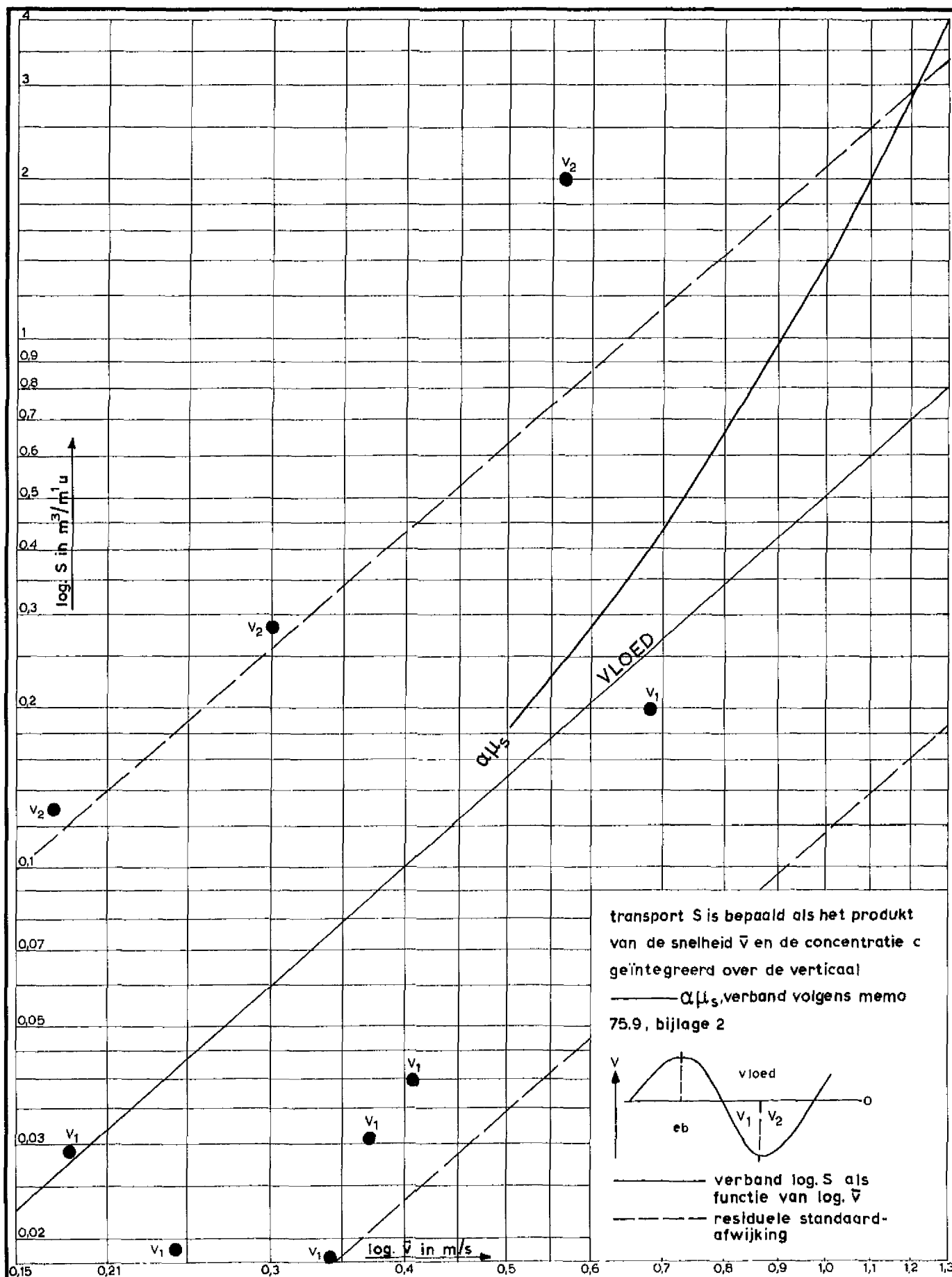
rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vlissingen

westerschelde - pas van terneuzen
mp 3 d.d. 24-9-'80 verloop van de gemiddelde
stroomsnelheid, zand- en slibtransport in de tijd

get.	k.b.	bijl. 4	
gec.	ξ	code 05.20.M.80	
gez.	DM	schaal	
akk.	<i>plm</i>	A 1	nr. 81.505




rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vllssingen

westerschelde - pas van terneuzen
verband tussen zandtransport ($\log S$) en de gem.
stroomsnelh. in de verticaal ($\log \bar{v}$). mp 1, 24 sept. '80

get. MK.

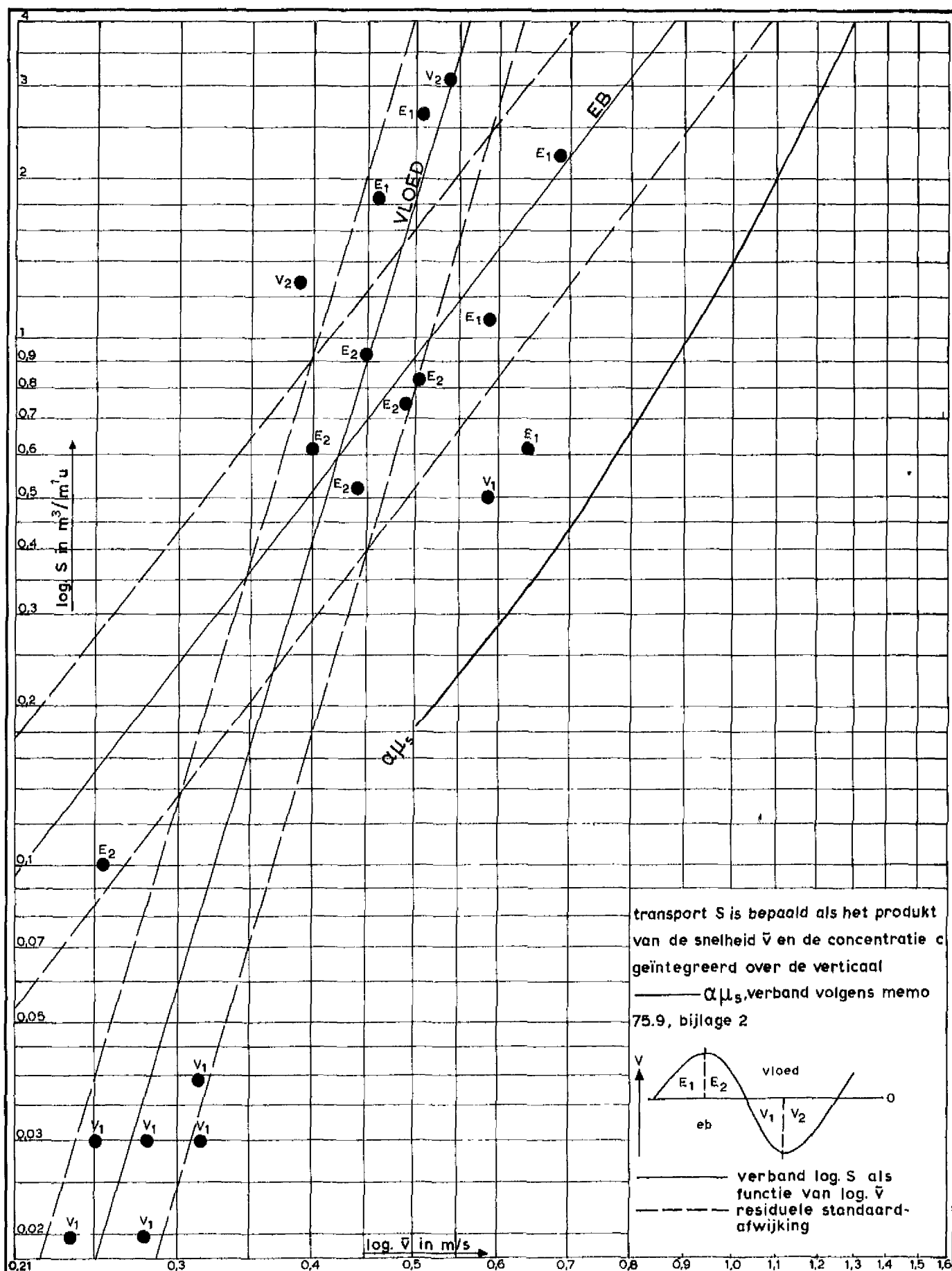
gez. *E*

akk. *mk*

bijl. 5

schaal

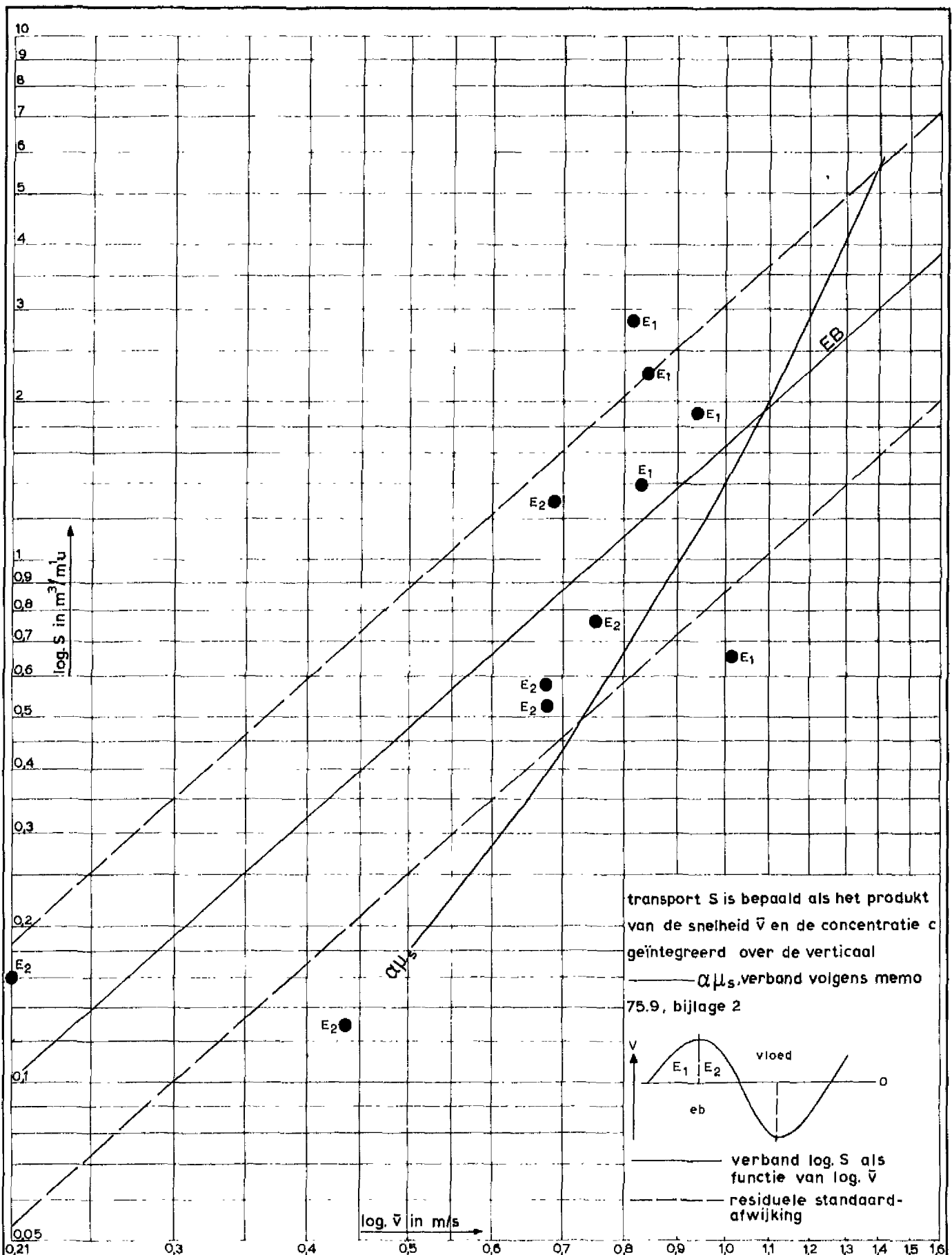
A1 nr. 82.59


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
verband tussen zandtransport ($\log S$) en de gem.
stroomsnelh. in de verticaal ($\log \bar{v}$). mp 2, 24 sept. '80

get.	MK.	bijl. 6	
gec.	E		
gez.	AB	schaal	
akk.	WH	A 1	nr. 82.60


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
verband tussen zandtransport ($\log S$) en de gem.
stroomsnelh. in de verticaal ($\log \bar{v}$). mp 3, 24 sept. '80

get. MK

bijl. 7

gec. ξ

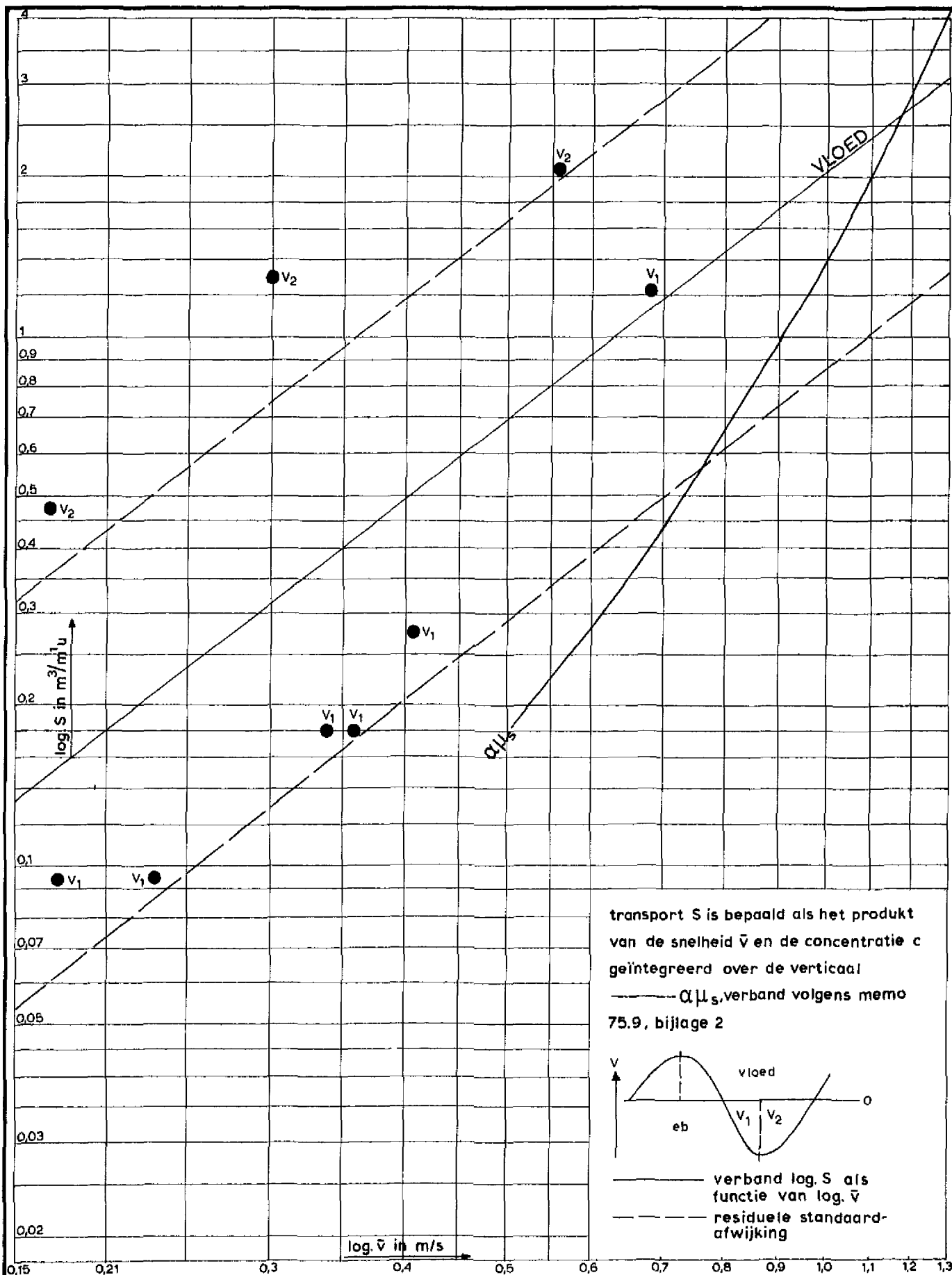
gez. *[signature]*

schaal

akk. *[signature]*

A1

nr. 82.61

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
verband tussen slijbtransport ($\log S$) en de gem.
stroomsnelh. in de verticaal ($\log \bar{v}$). mp 1, 24 sept. '80

get. MK.

bijl. 8

gec. E

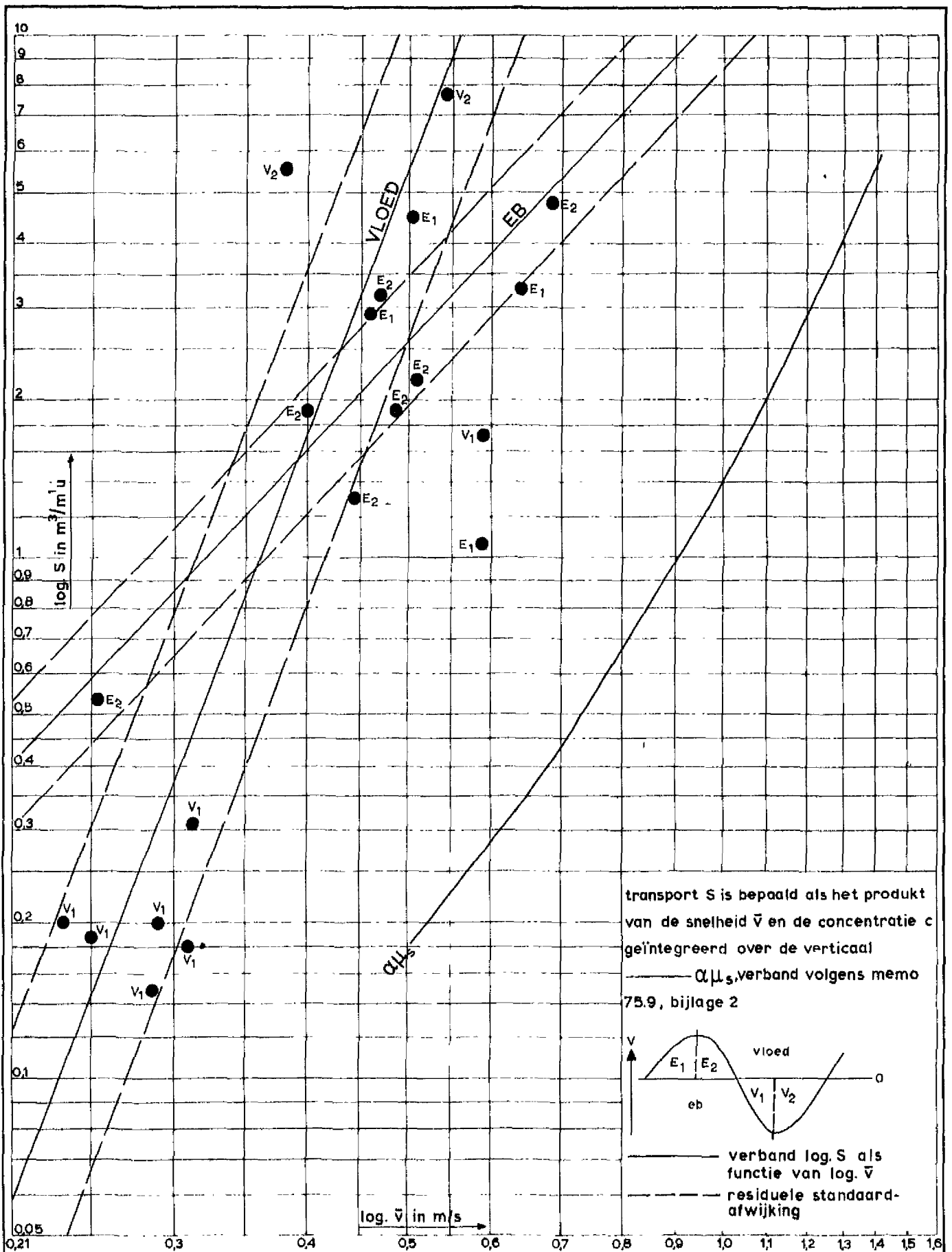
gez. *BA*

schaal

akk. *mm*

A 1

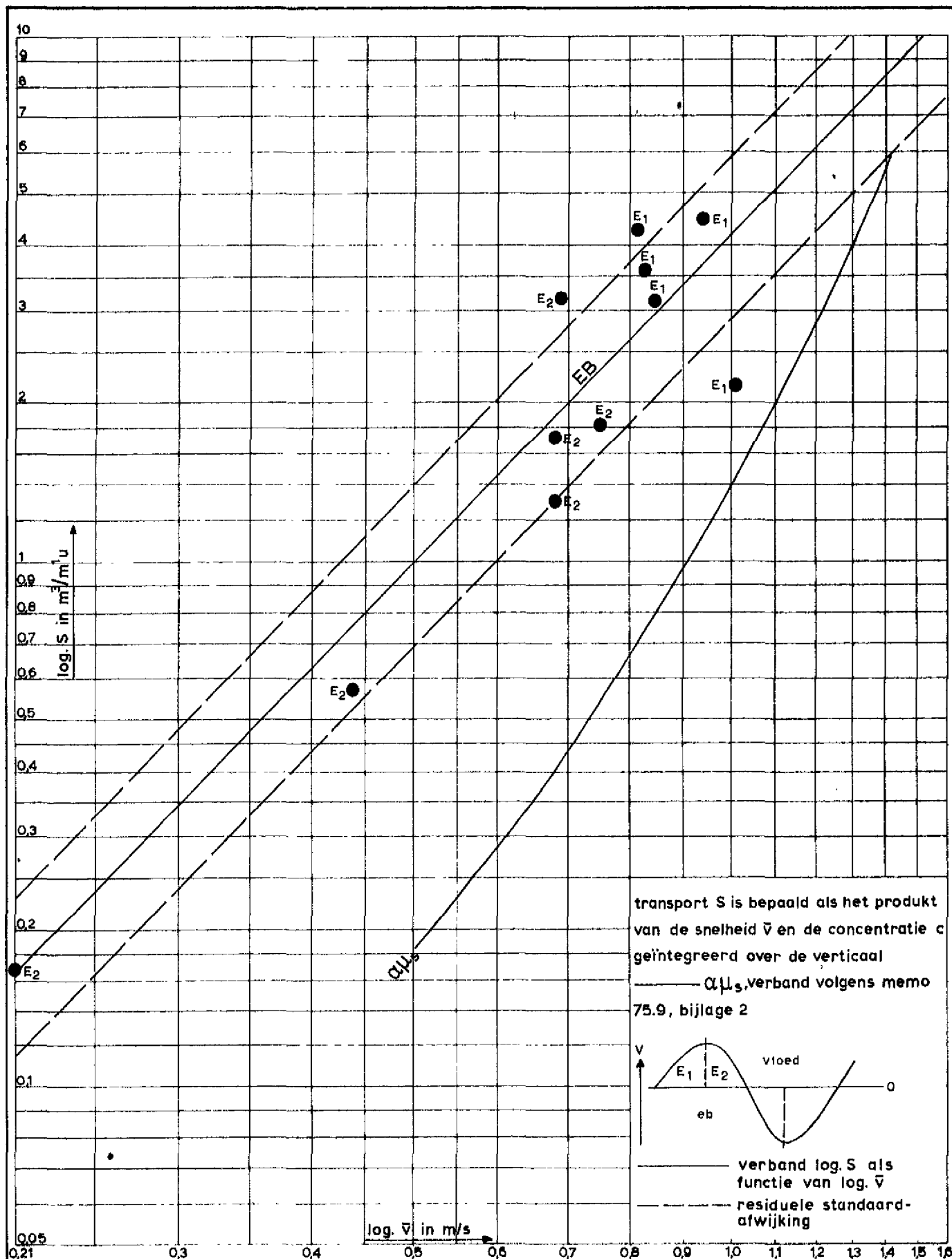
nr. 82.62


rijkswaterstaat

 directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

 westerschelde - pas van terneuzen
 verband tussen slibtransport (log. S) en de gem.
 stroomsnelh. in de verticaal (log. $\bar{v}$). mp 2, 24 sept. '80

get.	MK.	bijl. 9	
gec.	E		
gez.	<i>[Handwritten signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Handwritten signature]</i>	A 1	nr. 82.63


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen

verband tussen slibtransport (log. S) en de gem.
stroomsnelh. in de verticaal (log. $\bar{v}$). mp 3, 24 sept. '80

get. MK.

gez. E

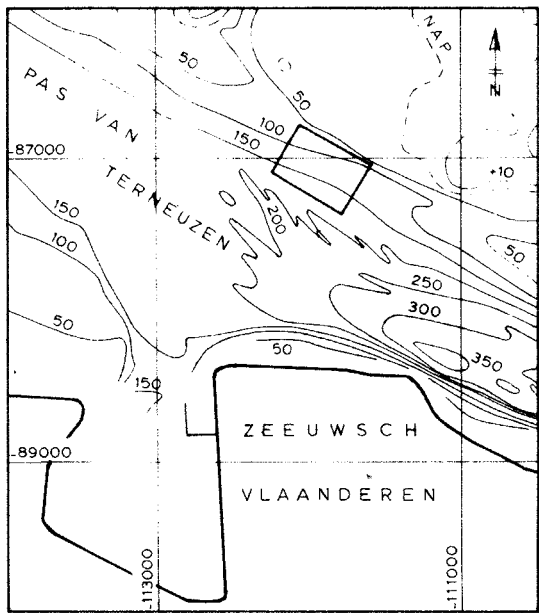
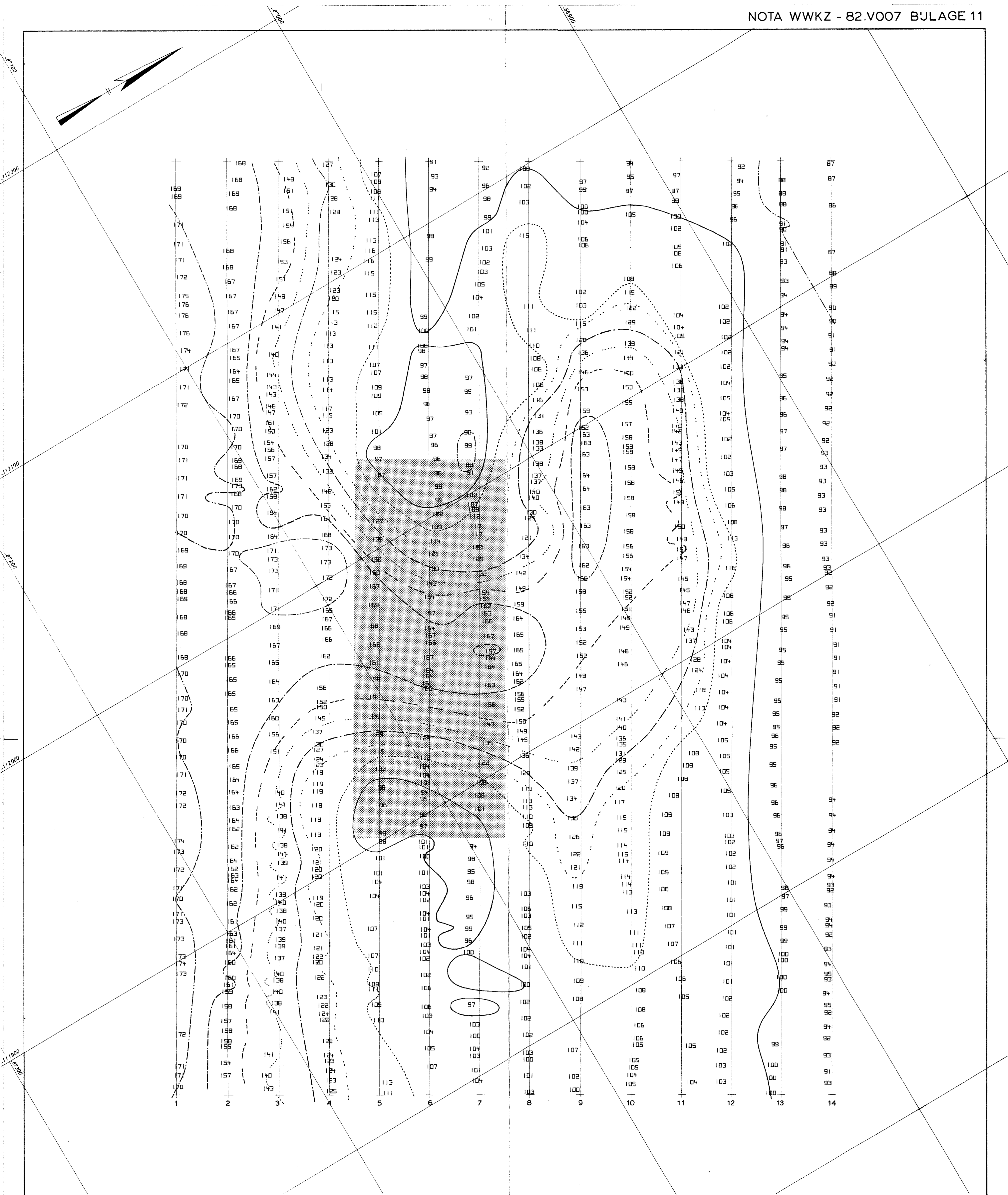
akk. *[Handwritten signature]*

schaal

bijl. 10

A 1

nr. 82.64

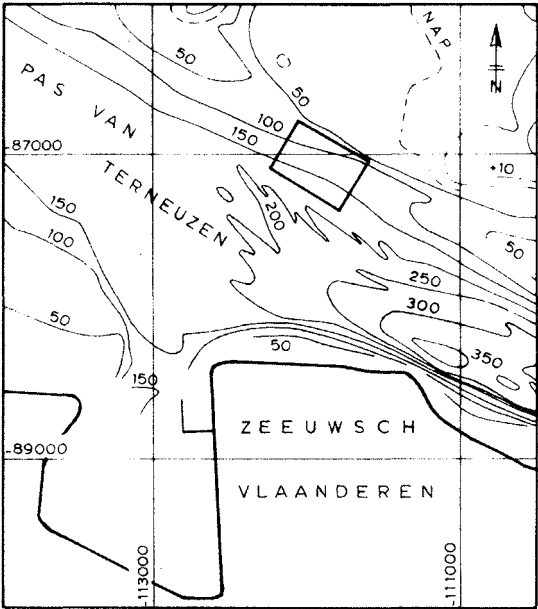


Toelichting

Rechthoekige coördinaten in m tov. Amersfoort
Situatie dieptecijfers en -lijnen in dm tov. nap.
Plaatsbepaling d.m.v. toran
Echolodingen verricht van 8 september 1980

- — — — — Lijn van nap. - 90 dm
 - — — — — " " " -100 dm
 - — — — — " " " -110 dm
 - — — — — " " " -120 dm
 - — — — — " " " -130 dm
 - — — — — " " " -140 dm
 - — — — — " " " -150 dm
 - — — — — " " " -160 dm
 - — — — — " " " -170 dm
- gebied waarin de hoeveelheid
gesedimenteerd materiaal is bepaald

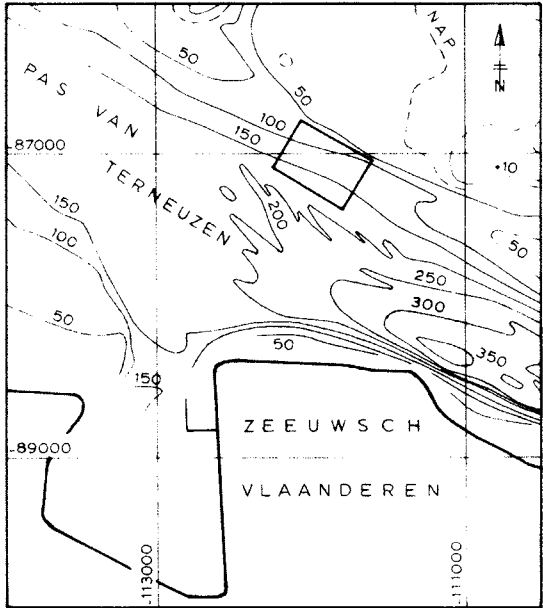
rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vissingen	get	w.m.	biji 11	
	gec	<i>ER</i>	code 05.20.p.80	
pas van terneuzen nabij stoombotengat opneming omgeving v.m. wrak „zamosc“ sept.1980 dieptecijfers en -lijnen	gez	<i>W</i>	schaal 1:1000	
	akk	<i>W</i>	B2	nr 81.5



Toelichting
Rechthoekige coördinaten in m tov Amersfoort
Situatie dieptecijfers en -lijnen in dm tov. n.p.
Plaatsbepaling dmv. toran
Echolodngen verricht van 22 september 1980

- Lijn van n.p. - 90 dm
- " " " - 100 dm
- " " " - 110 dm
- " " " - 120 dm
- " " " - 130 dm
- " " " - 140 dm
- " " " - 150 dm
- " " " - 160 dm
- " " " - 170 dm

rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vliissingen pas van terneuzen nabij stoombotengat opneming omgeving v.m. wrak „zamosc“ sept. 1980 dieptecijfers en -lijnen	get	w.m.	bijl 12	
	gec	ES	code 05.20.p.80	
	gez	W	schaal 1:1000	
	akk	W	B2	nr 81.6



Toelichting

Rechthoekige coördinaten in m tov Amersfoort

Situatie dieptecijfers en -lijnen in dm tov. nap.

Plaatsbepaling dmv. toran

Echolodingen verricht van 6 oktober 1980

---	Lijn van nap. - 90 dm
---	" " " -100 dm
---	" " " -110 dm
---	" " " -120 dm
---	" " " -130 dm
---	" " " -140 dm
---	" " " -150 dm
---	" " " -160 dm
---	" " " -170 dm

rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vliissingen	get	w.m.	bijl 13	
	gec	Σ	code 05.20. p.80	
pas van terneuzen nabij stoombotengat opneming omgeving vm. wrak „zamosc“ okt.1980 dieptecijfers en -lijnen	gez	W	schaal 1:1000	
	akk	W	B2	nr 81.7

87.000

12.200

12.100

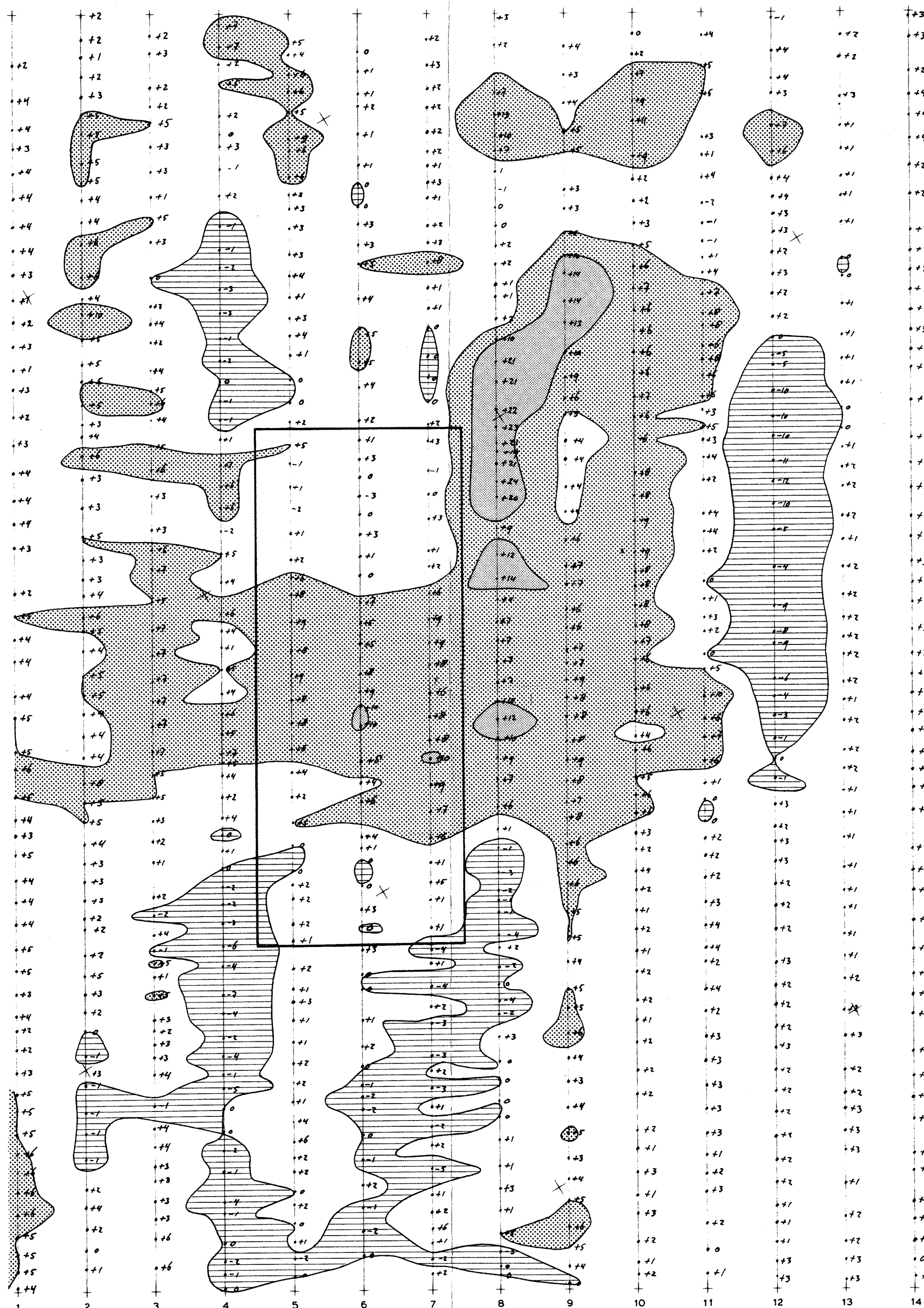
87.000

12.000

87.000

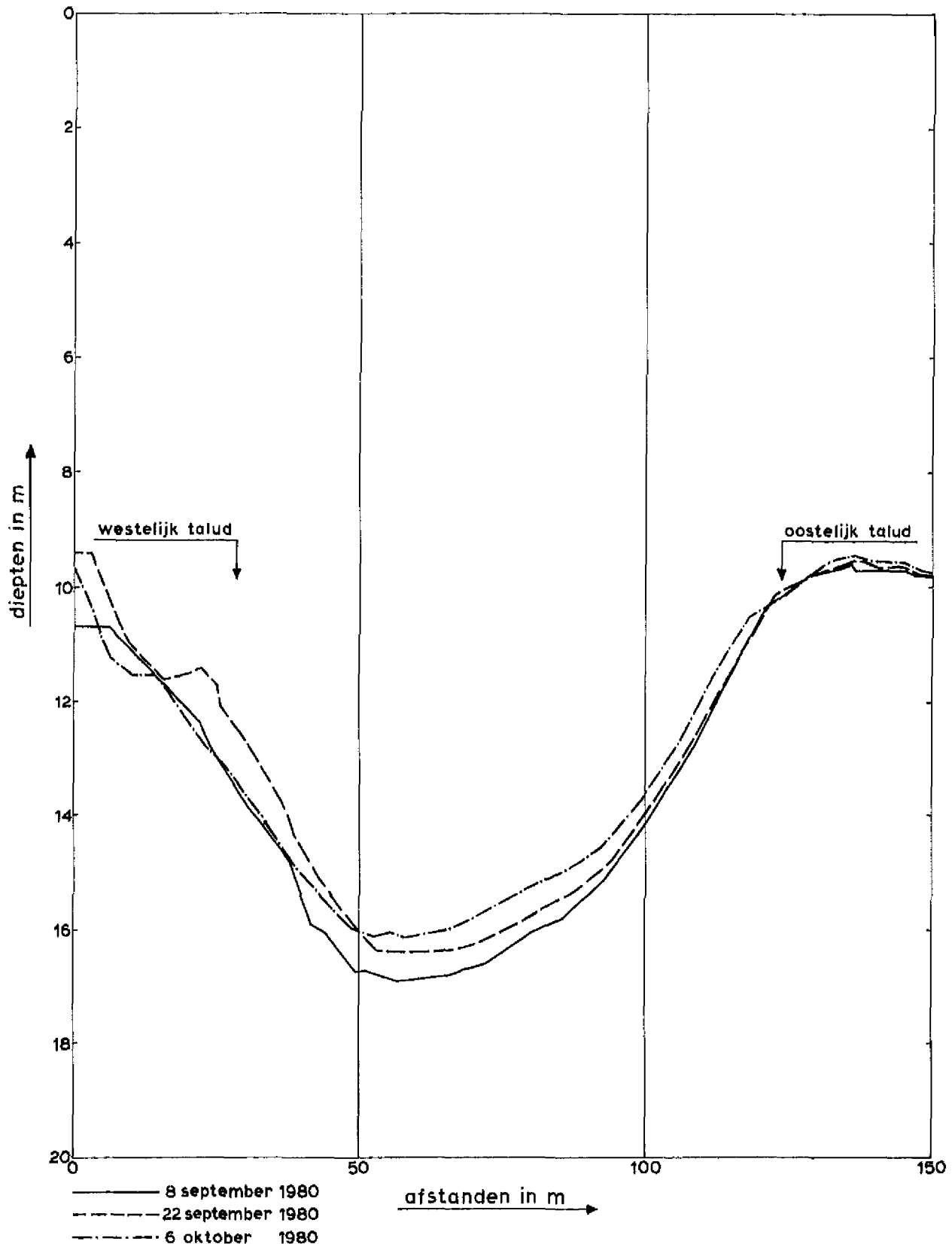
11.900

11.900



- toelichting:
- aanzanding groter dan 5 dm
 - aanzanding groter dan 10 dm
 - erosie
 - gebied waarin de hoeveelheid gesedimenteerd materiaal is bepaald

rijkswaterstaat	get.	MK.	bijl. 14	
directie waterhuishouding en waterbeweging	gez.	E.		
district kust en zee - adviesdienst vliissingen	gez.		schaal 1:1000	
westerschelde - pas van terneuzen	akk.		B 2 nr. 82.65	
diepteverschillen tussen de opneming dd. 8 sept.1980 en 6 okt.1980, in de trog ontstaan rondom het wrak „Zamosc“				

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 dwarsprofielen van de trog ontstaan
 door het wrak „Zamosc”, raai 5
 d.d. 8 september, 22 september en 6 oktober 1980

get. MK.

bijl. 15

gec. E

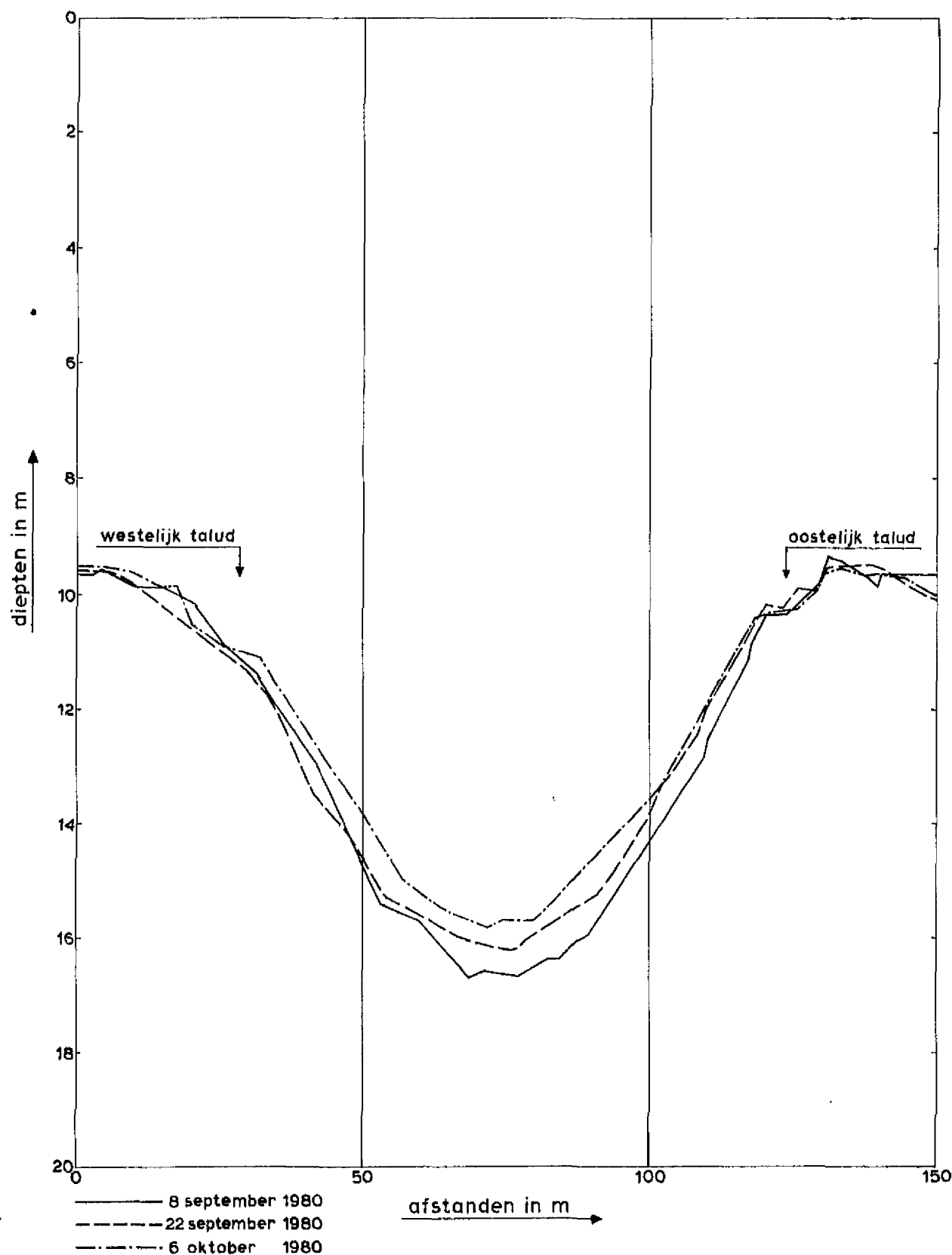
gez. *AB*

schaal

akk. *MM*

A 1

nr. 82.66

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 dwarsprofielen van de trog ontstaan
 door het wrak „Zamosc”, raai 6
 d.d. 8 september, 22 september en 6 oktober 1980

get. MK.

bijl. 16

gec. E.

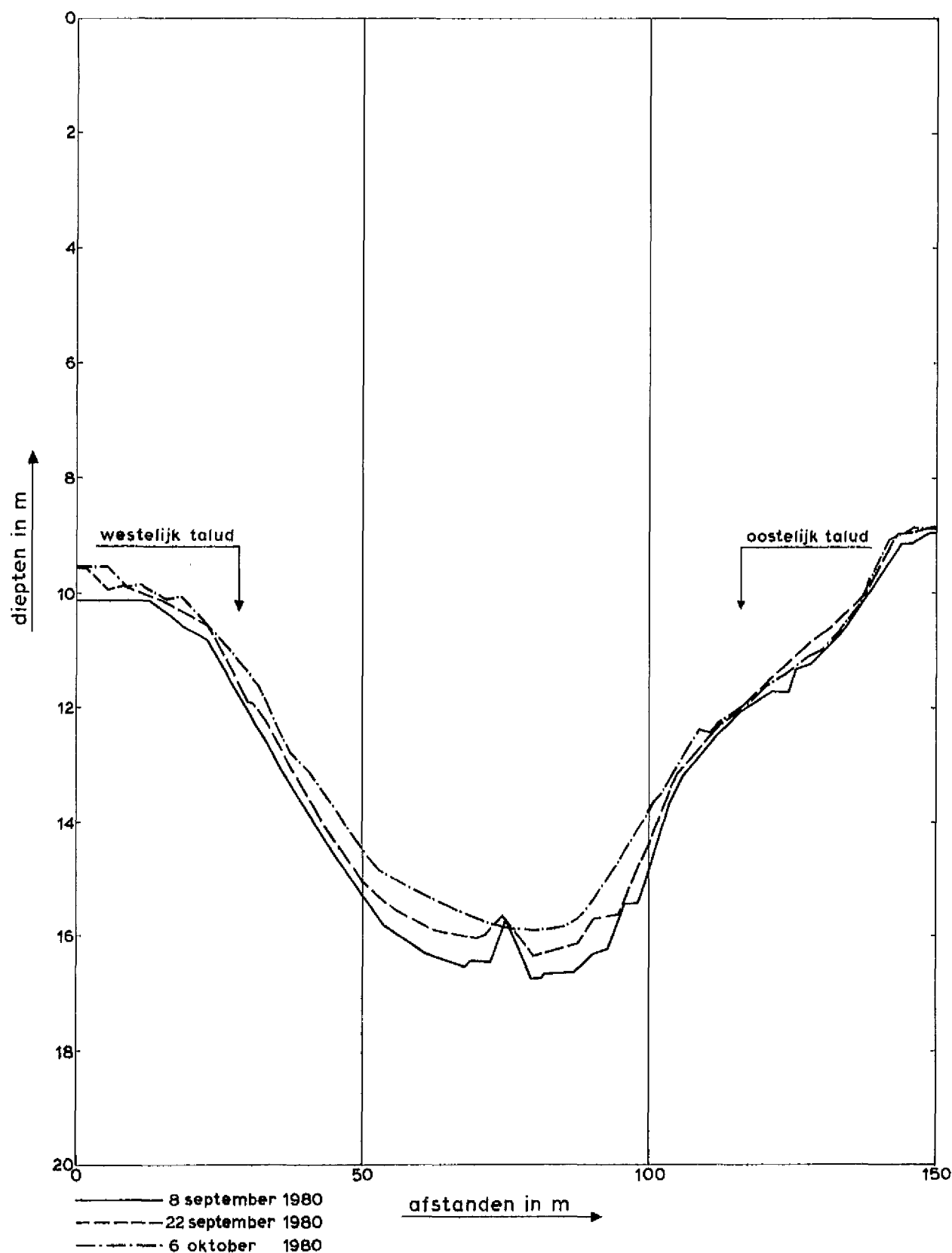
gez. *[signature]*

schaal

akk. *[signature]*

A1

nr. 82.67

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerscheide - pas van terneuzen
 dwarsprofielen van de trog ontstaan
 door het wrak „Zamosc”, raai 7
 d.d. 8 september, 22 september en 6 oktober 1980

get. MK.

bijl. 17

gec. E.

gez. *[signature]*

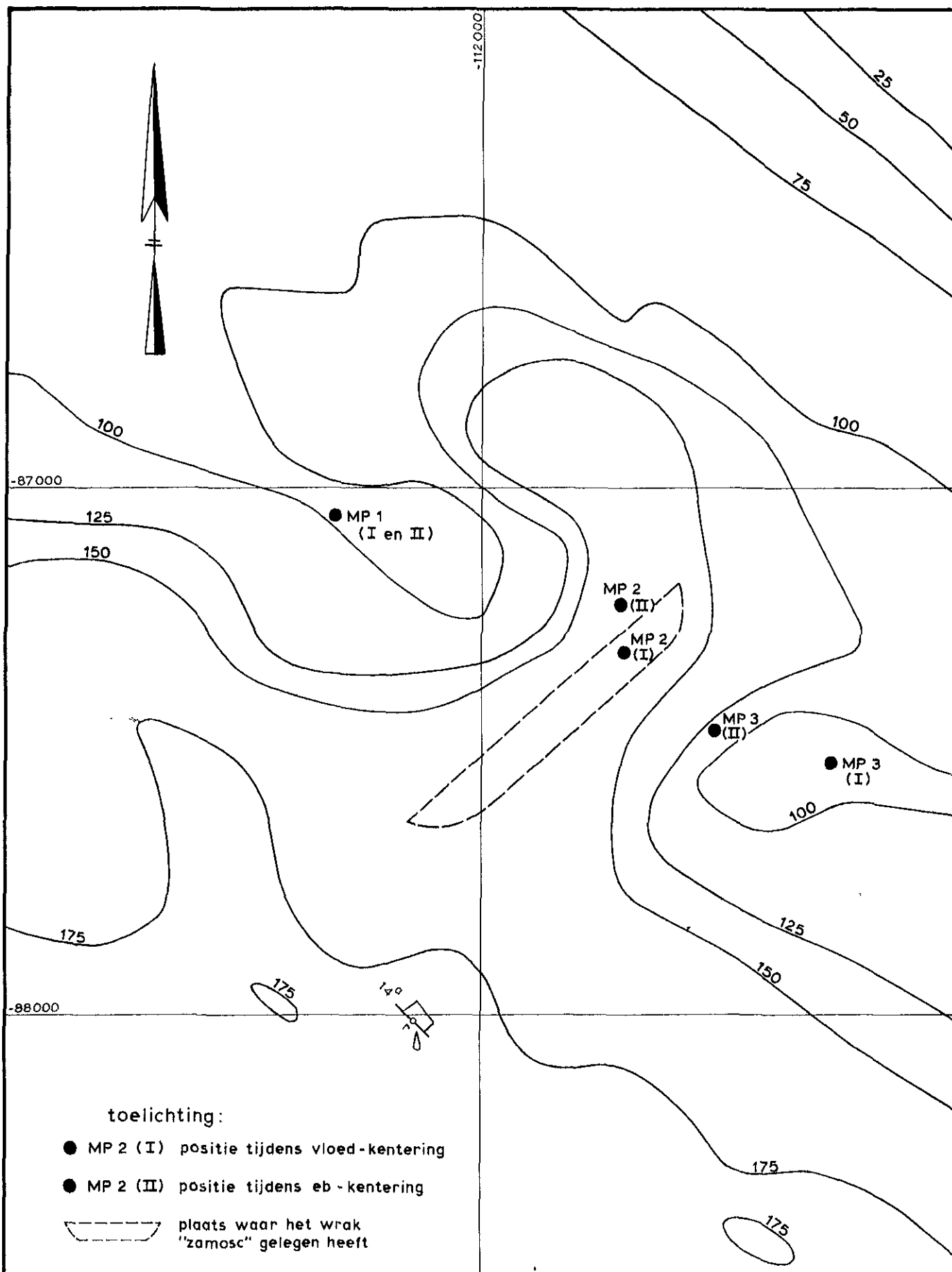
schaal

akk. *[signature]*

A 1

nr.

82.68



rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
lokatie waar d.d. 24 september 1980
bodemmonsters zijn genomen

get. MK

gec. E

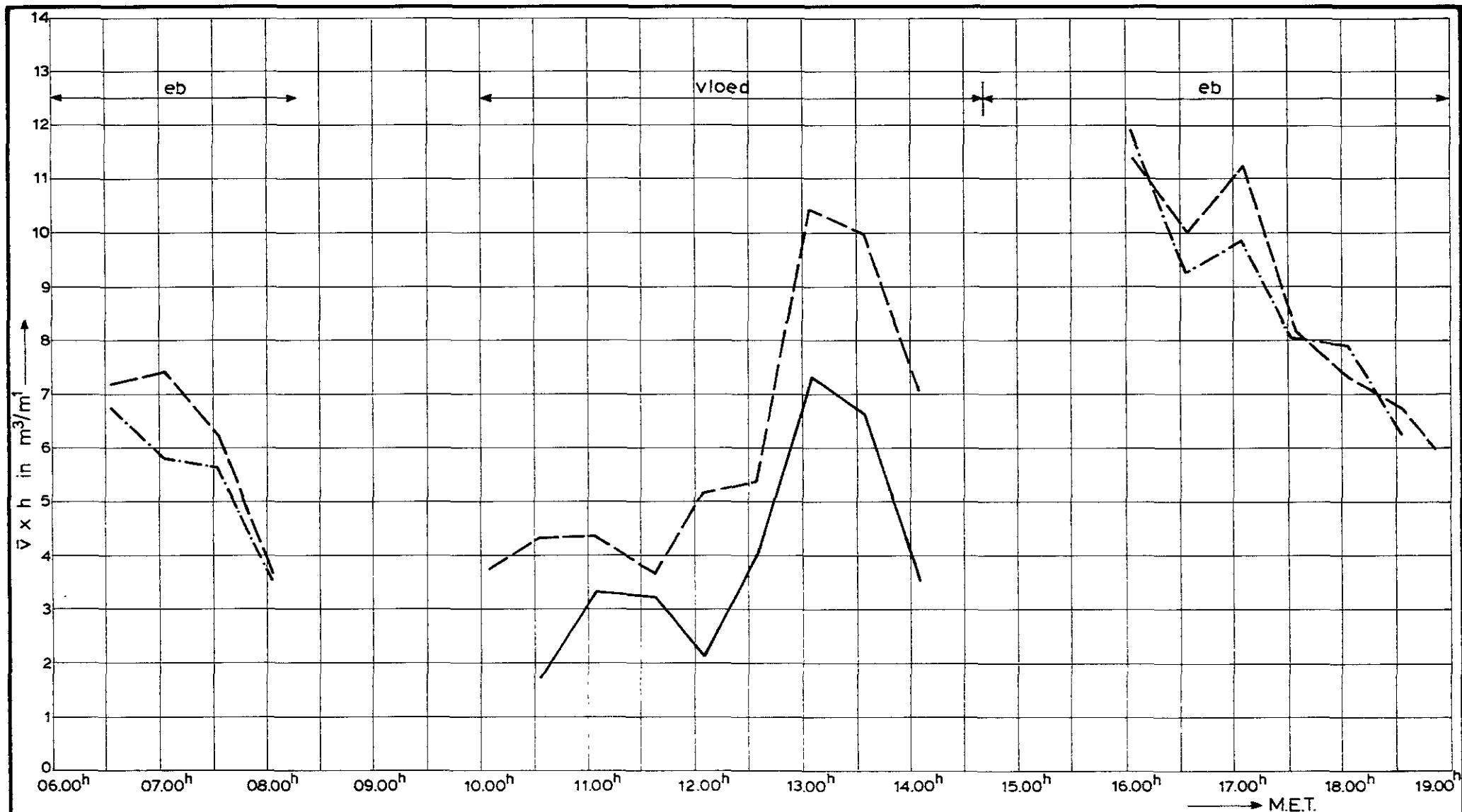
gez. *SA*

akk. *SA*

bijl. 18

schaal 1:10 000

A 1 nr. 82.69



toelichting:

- MP 1
- - - MP 2
- . - . MP 3

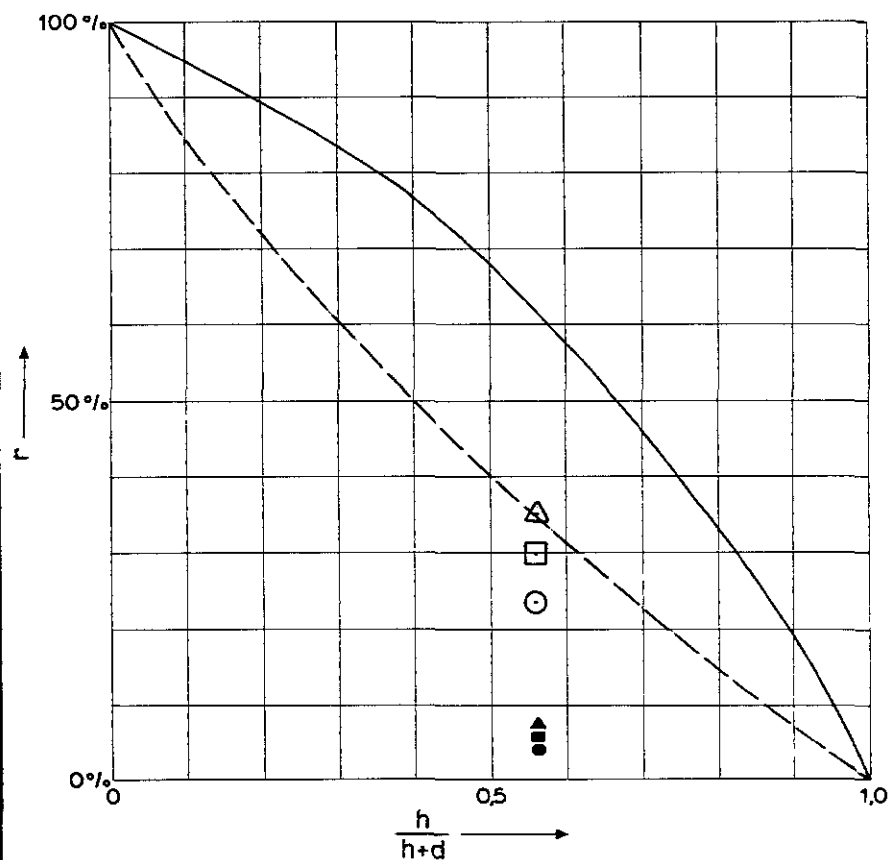
rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

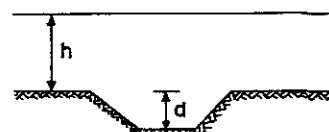
westerschelde - pas van terneuzen

debiet in MP 1, 2 en 3 d.d. 24 september 1980

get.	MK.	bijl. 19	
gec.	E		
gez.	B	schaal	
akk.	M	A1	nr. 82.70



toelichting:



principeschets

$$r = \frac{\text{werkelijke aanzanding}}{\text{bovengrens aanzanding}} = \frac{A_w}{A_b}$$

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

S_{rand} = zandtransport op de rand van de sleuf (MP1 en MP 3)

S_{bodem} = zandtransportcapaciteit op de bodem van de sleuf
(afgeleid uit transportrelatie volgens bijlage 5 en 7 en stroomsnelh. in MP 2)

———— zinkersleuf 1965 afgeleid met het verband tussen
stroomsnelheid en transport volgens [1]

----- zinkersleuf 1965 afgeleid met het verband tussen
stroomsnelheid en transport volgens lokale metingen

periode	zandtransport	slibtransport
1. 8 sept. t/m 22 sept. 1980	△	▲
2. 22 sept. t/m 6 okt. 1980	○	●
3. 8 sept. t/m 6 okt. 1980	□	■

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
sedimentatiepercentage r bij de trog van het v.m. wrak
„Zamosc” (volgens variant 1) en de zinkersleuf in 1965

get.	MK.	bijl. 20	
gec.	E.		
gez.	<i>[handwritten signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[handwritten signature]</i>	A 1	nr. 82.71

VARIANT 1

het gesedimenteerd materiaal bestaat uit: 71% zand (volgens verhouding) s.g. zand=1,59 droge stof, holte perc. 40 %
 29% slib (eerste deel tabel 3) / s.g. slib =1,59 " " " " " 40 %

ZAND					
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
1 ^e periode	7481	2758	4723	1720	36,4
2 ^e periode	8131	3095	5036	1233	24,5
totale periode	15612	5853	9759	2953	30,3

SLIB					
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
1 ^e periode	17523	6900	10623	703	6,6
2 ^e periode	19356	7664	11692	503	4,6
totale periode	36879	14564	22315	1206	5,4

VARIANT 2

het gesedimenteerde materiaal bestaat uit: 46,7% zand (volgens verhouding) s.g. zand=1,59 droge stof, holte perc. 40 %
 53,3% slib (tweede deel tabel 3) / s.g. slib =0,58 " " " " " 78 %

ZAND					
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
1 ^e periode	7481	2758	4723	1132	24,0
2 ^e periode	8131	3095	5036	811	16,1
totale periode	15612	5853	9759	1942	19,9

SLIB					
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
1 ^e periode	48013	18906	29107	1292	4,4
2 ^e periode	53035	20999	32036	925	2,9
totale periode	101048	39905	61143	2217	3,6

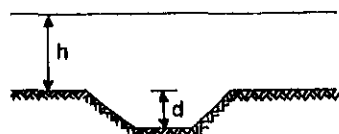
VARIANT 3

het gesedimenteerde materiaal bestaat uit: 46,7% zand (volgens verhouding van tweede deel tabel 3 en totale sedimentatie opgebouwd volgens bijschrift onder tabel 3. de holle ruimten tussen het zand worden door slib bezet)

ZAND					
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
totale periode	15612	5853	9759	2391	24,5

SLIB					
	S_{rand} in m ³	S_{bodem} in m ³	A_b in m ³	A_w in m ³	r in %
totale periode	101048	39905	61143	2724	4,5

toelichting:



principeschets

$$r = \frac{\text{werkelijke aanzanding}}{\text{bovengrens aanzanding}} = \frac{A_w}{A_b}$$

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

S_{rand} = zandtransport op de rand van de sleuf (MP1 en MP 3)

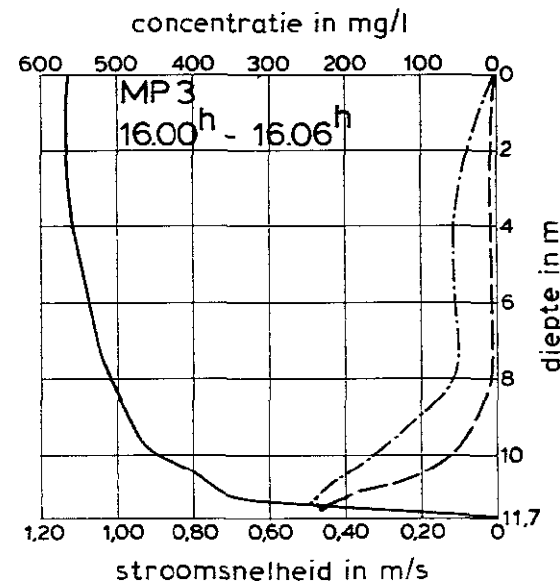
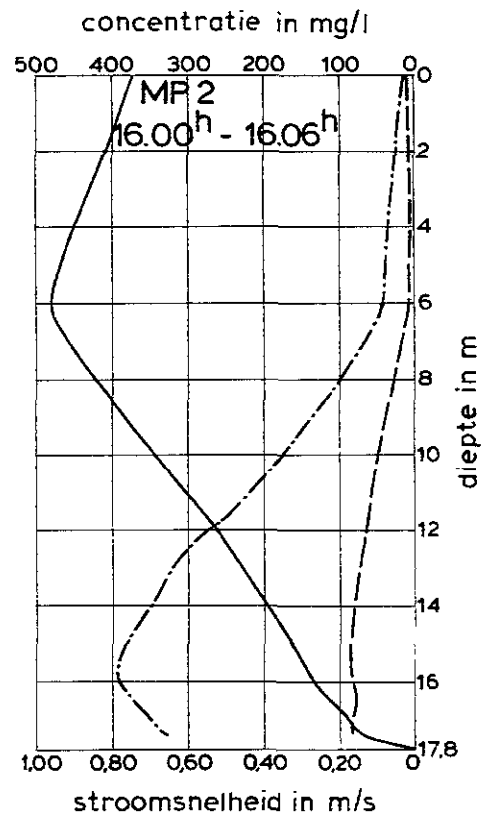
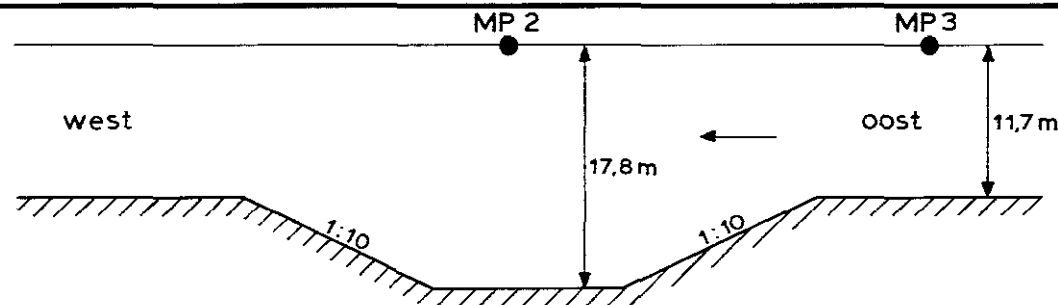
S_{bodem} = zandtransportcapaciteit op de bodem van de sleuf (MP 2 eb+vloed)
 (afgeleid uit transportrelatie volgens bijlage 5 en 7 en stroomsnelh. in MP 2)

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

get.	MK.	bijl. 21	
gec.	E.		
gez.	<i>[Handwritten signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Handwritten signature]</i>	A 1	nr. 82.72

westerschelde - pas van terneuzen
 sedimentatiepercentage r bij verschillende volumeverhoudingen tussen zand en slib van het gesedimenteerd materiaal



toelichting:

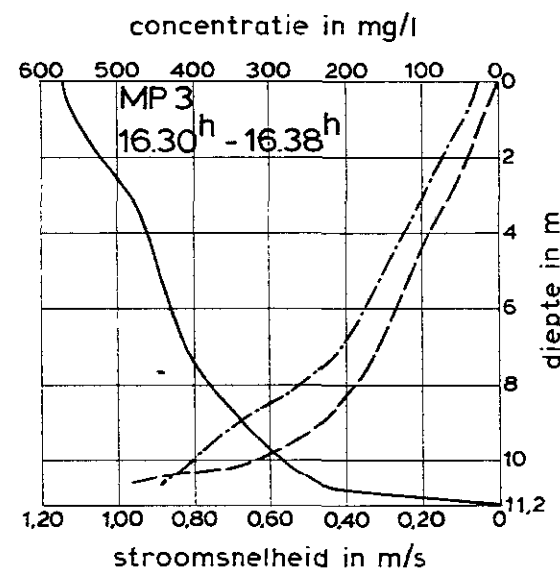
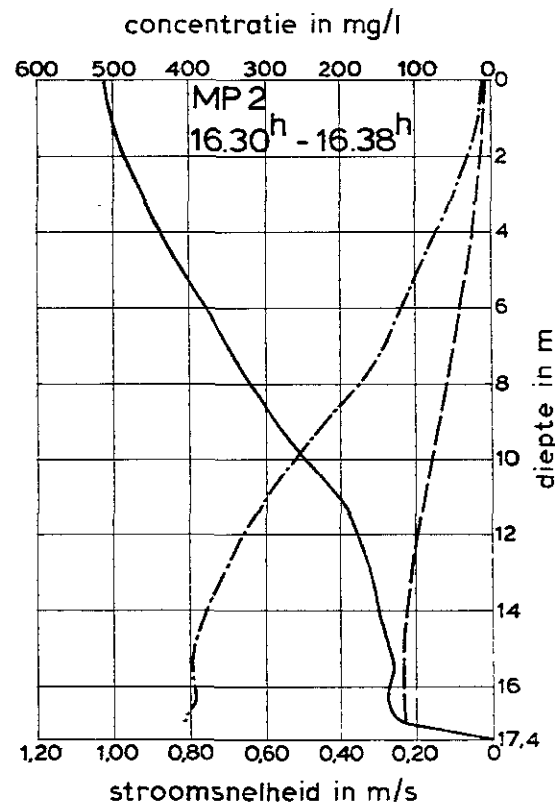
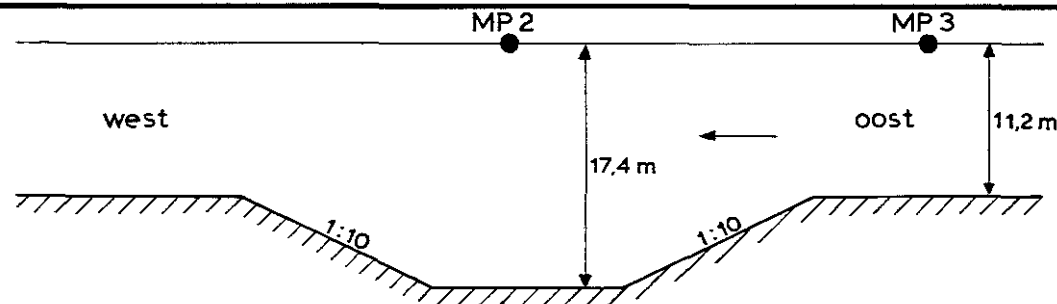
- gem. stroomsnelheid in m/s
 --- zandconcentratie in mg/l
 - - - - - slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerscheide - pas van terneuzen
 stroom- en concentratieverticalen van
 MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 22	
gec.	E.		
gez.	<i>[signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[signature]</i>	A 1	nr. 82.73



toelichting:

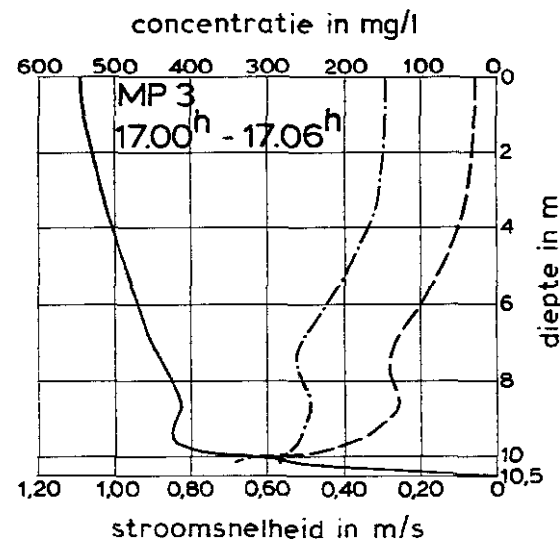
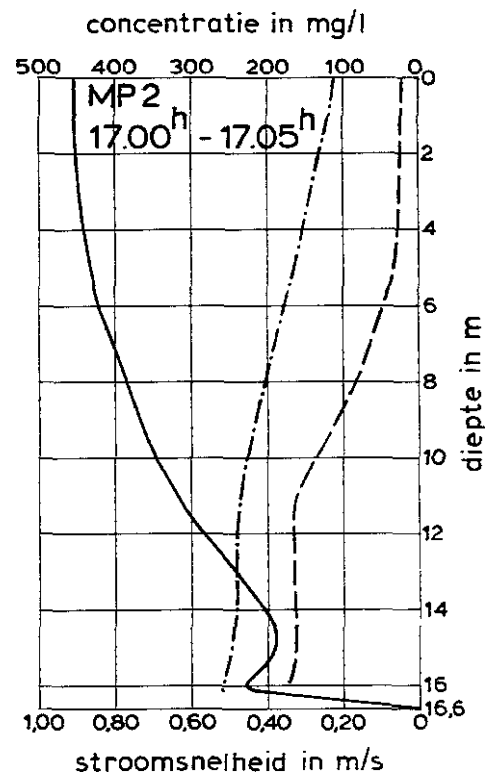
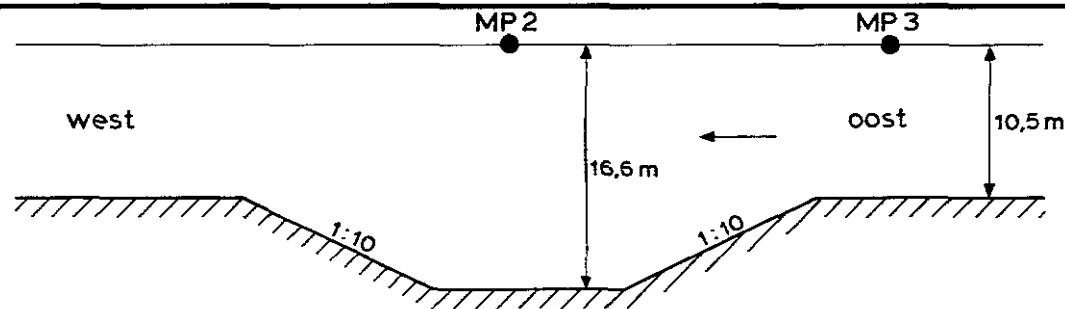
- gem. stroomsnelheid in m/s
- - - zandconcentratie in mg/l
- . - . slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
stroom- en concentratieverticalen van
MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 23	
gec.	E.		
gez.	<i>[Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Signature]</i>	A 1	nr. 82.74



toelichting:

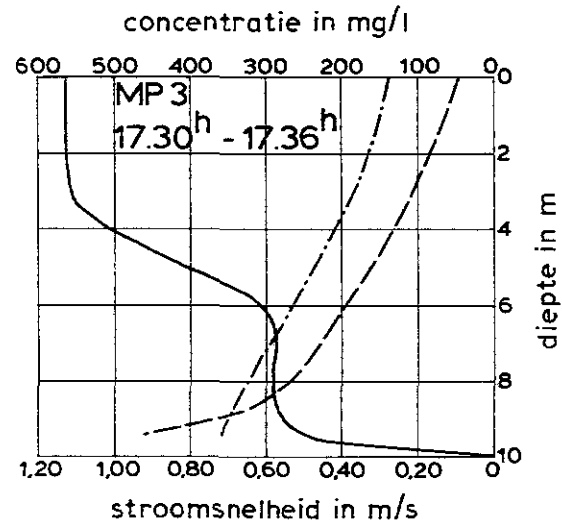
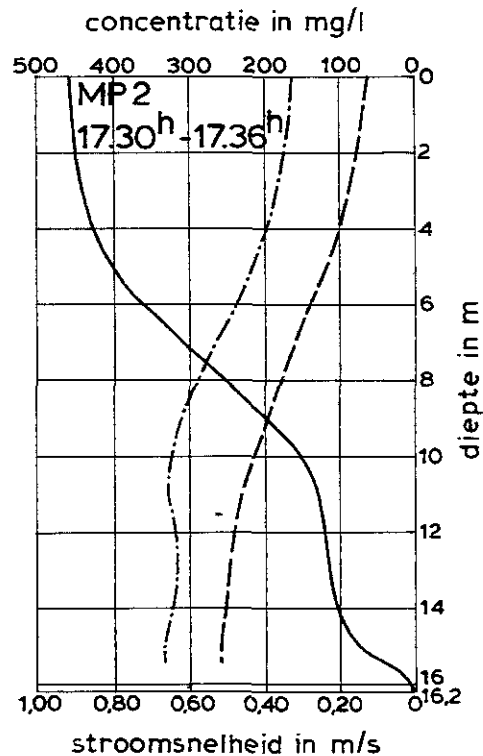
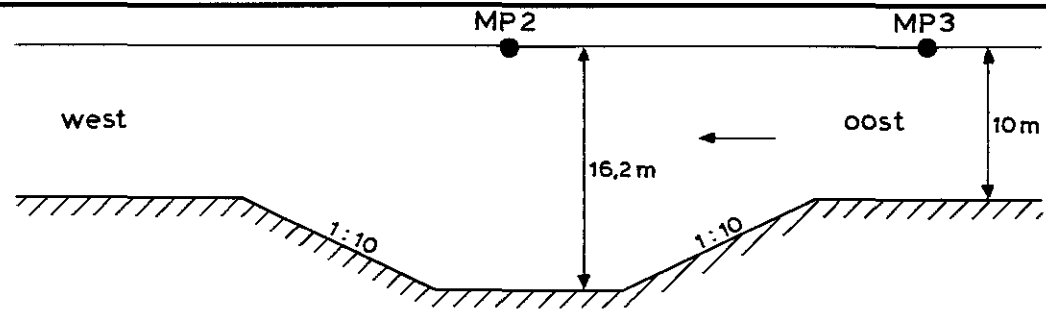
- gem. stroomsnelheid in m/s
 --- zandconcentratie in mg/l
 - - - - - slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 stroom- en concentratieverticalen van
 MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 24	
gec.	E.		
gez.	<i>[signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[signature]</i>	A 1	nr. 82.75



toelichting:

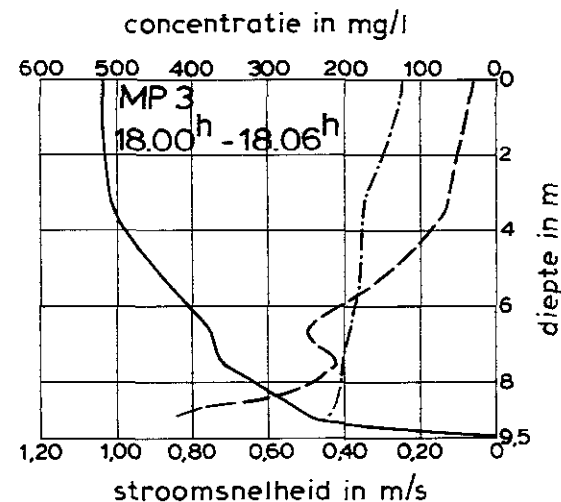
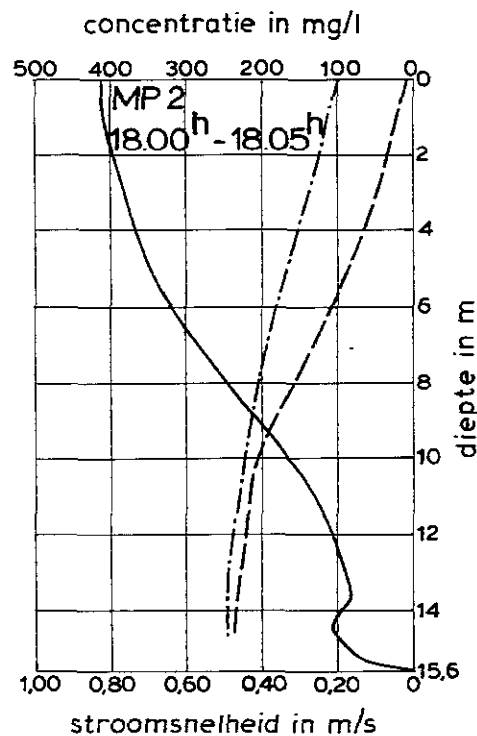
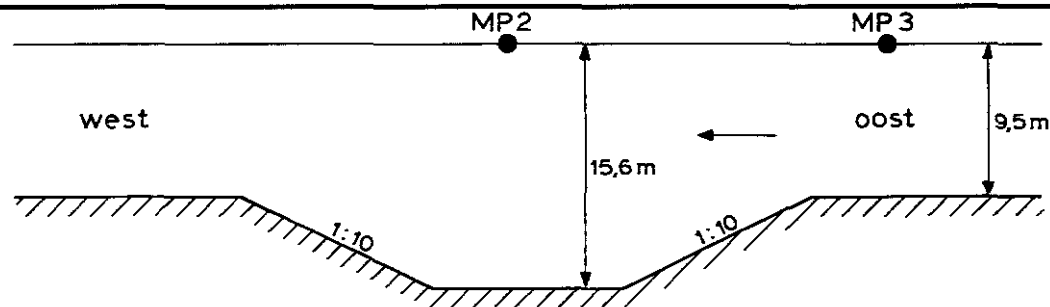
- gem. stroomsnelheid in m/s
- - - - zandconcentratie in mg/l
- . - . - slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
stroom- en concentratieverticalen van
MP2 en MP3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 25	
gec.	E		
gez.	<i>[Handwritten Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Handwritten Signature]</i>	A 1	nr. 82.76



toelichting:

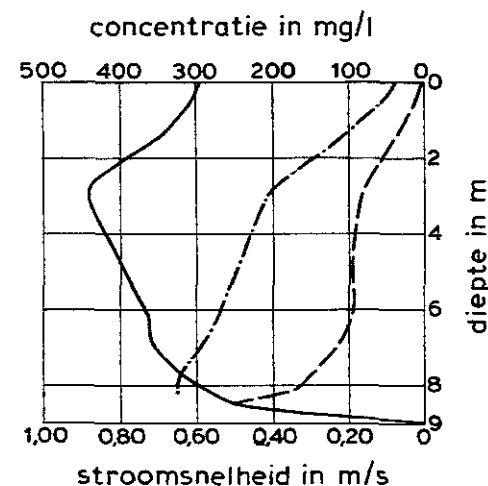
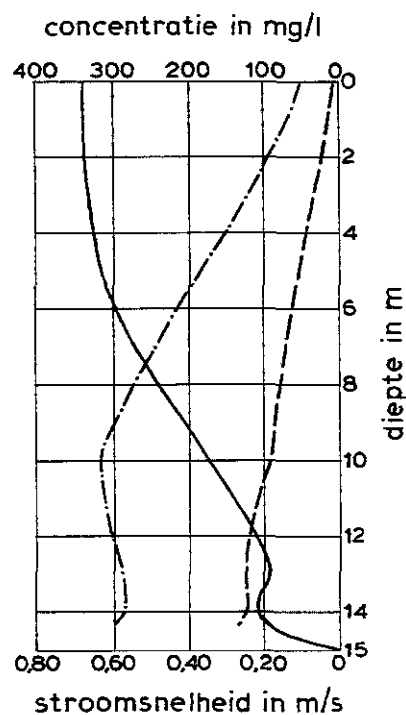
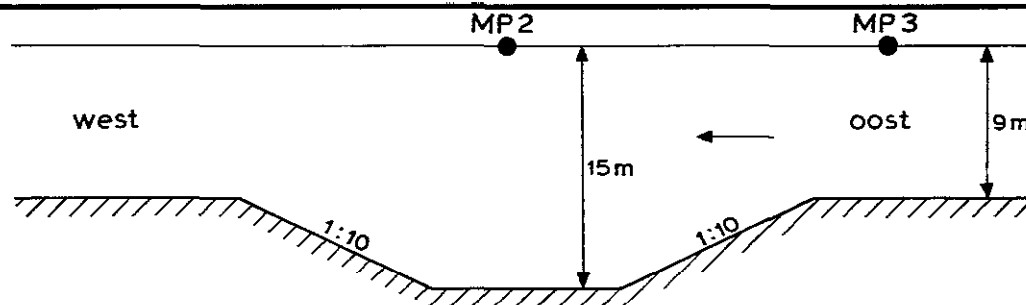
- gem. stroomsnelheid in m/s
 --- zandconcentratie in mg/l
 - - - slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 stroom- en concentratieverticalen van
 MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 26	
gec.	E		
gez.	<i>[Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Signature]</i>	A 1	nr. 82.77



toelichting:

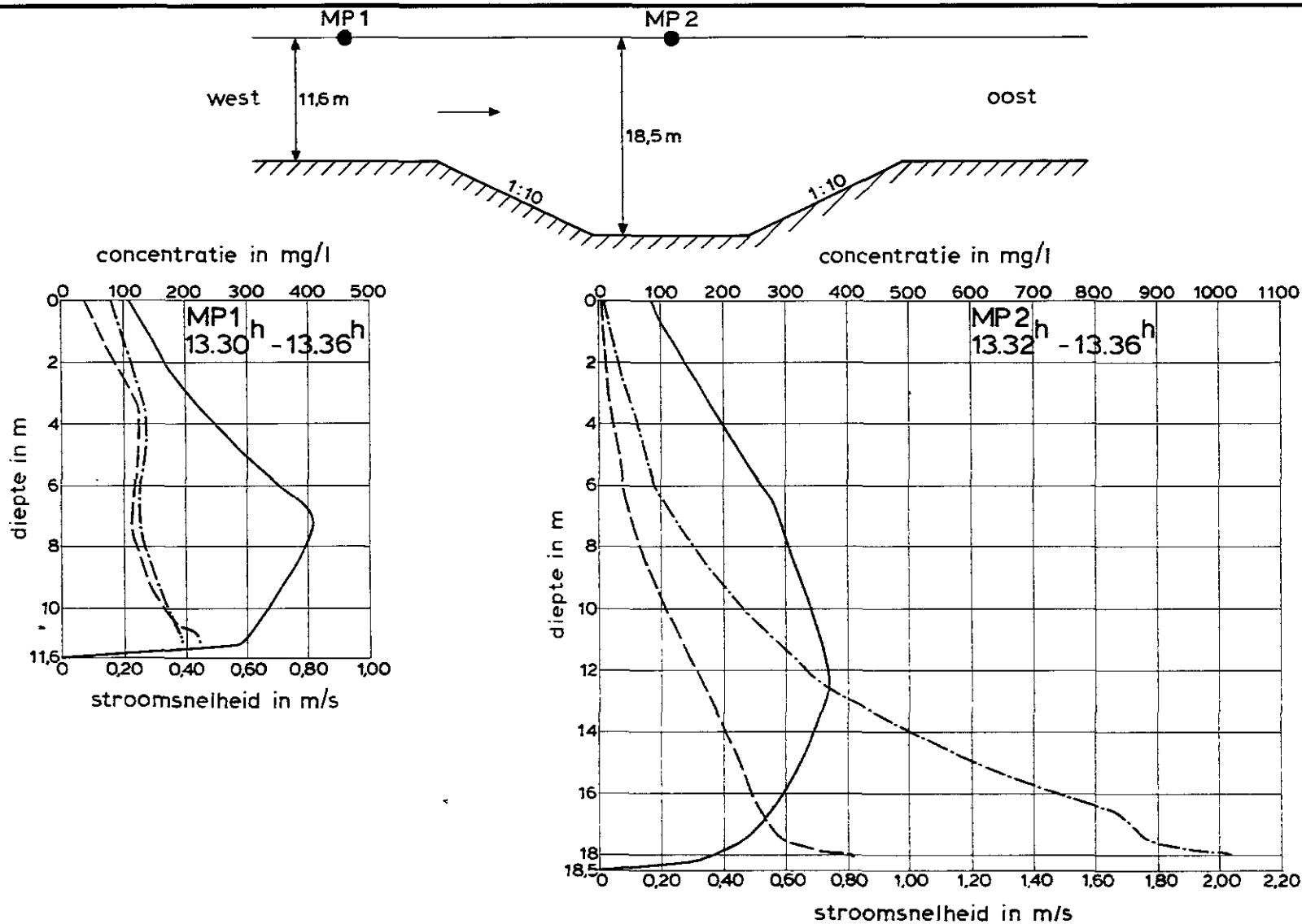
- gem. stroomsnelheid in m/s
 - - - - - zandconcentratie in mg/l
 - · - · - slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
stroom- en concentratieverticalen van
MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom

get.	MK.	bijl. 27	
gec.	Σ		
gez.	<i>[Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Signature]</i>	A1	nr. 82.78



toelichting:

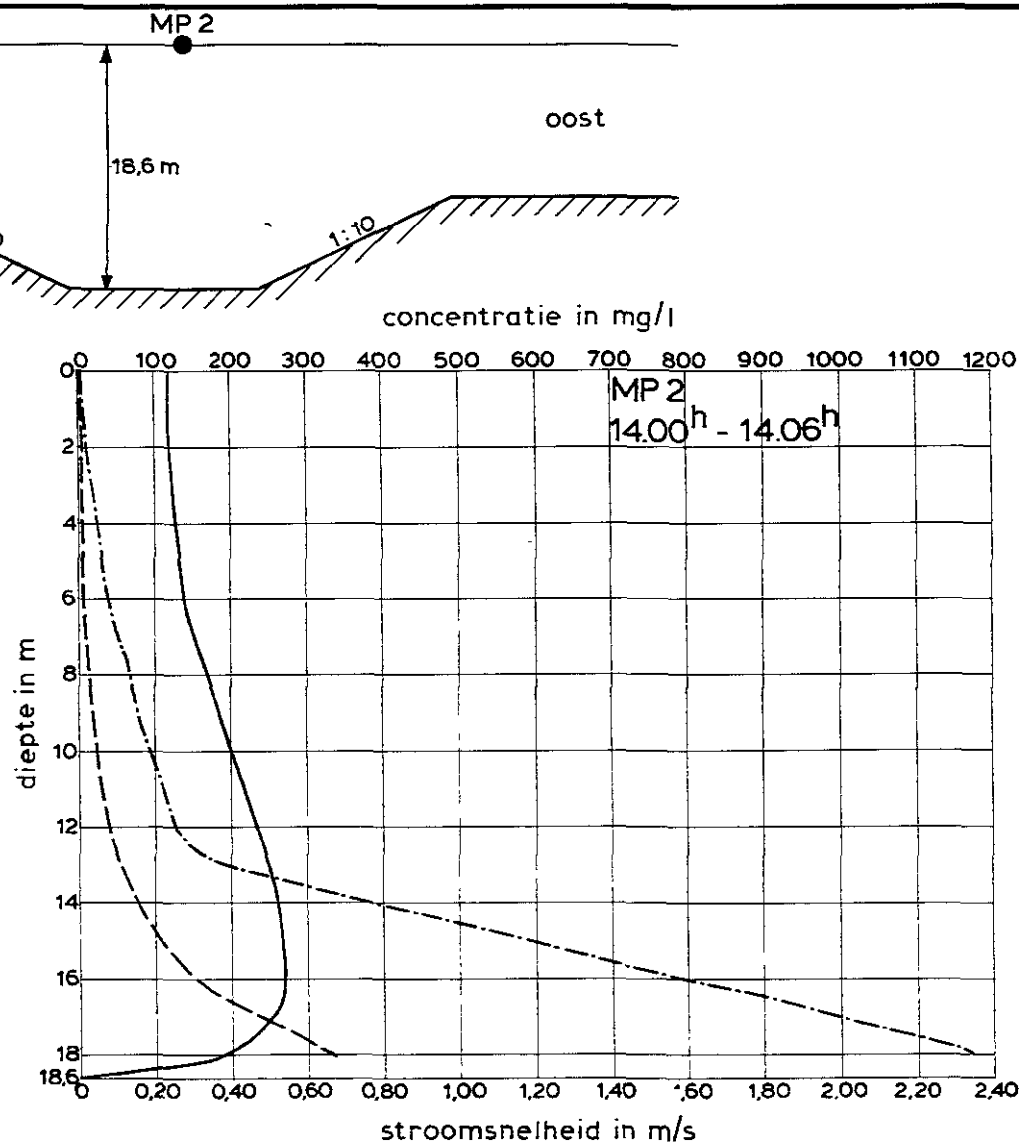
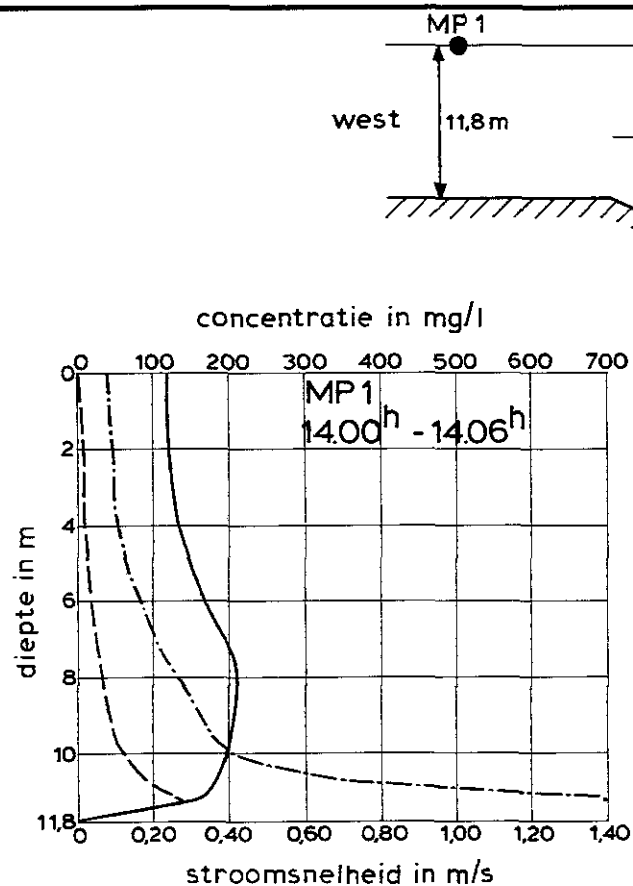
- gem. stroomsnelheid in m/s
- - - zandconcentratie in mg/l
- . - . slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
stroom- en concentratieverticalen van
MP1 en MP2 tijdens de vloedstroom

get.	MK.	bijl. 28	
gec.	ε.		
gez.	<i>[Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Signature]</i>	A1	nr. 82.79



toelichting:

- gem. stroomsnelheid in m/s
 --- zandconcentratie in mg/l
 - - - slibconcentratie in mg/l

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
 stroom- en concentratieverticalen van
 MP 1 en MP 2 tijdens de vloedstroom

get. MK.

bijl. 29

gec. E.

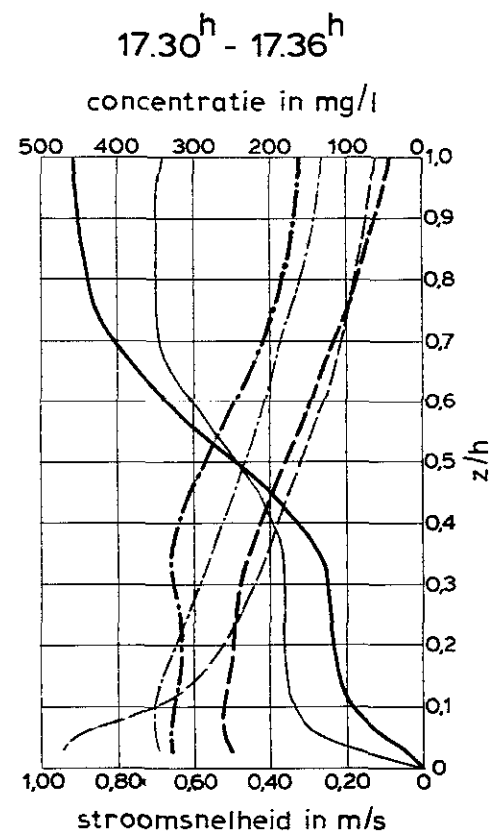
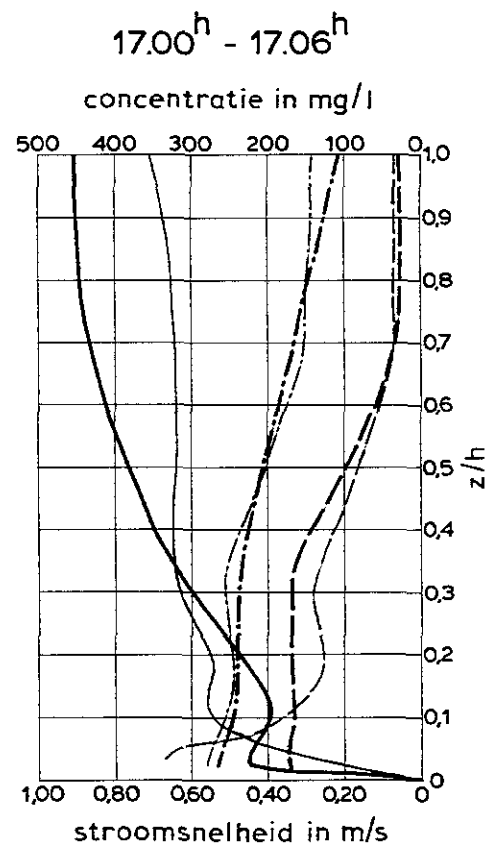
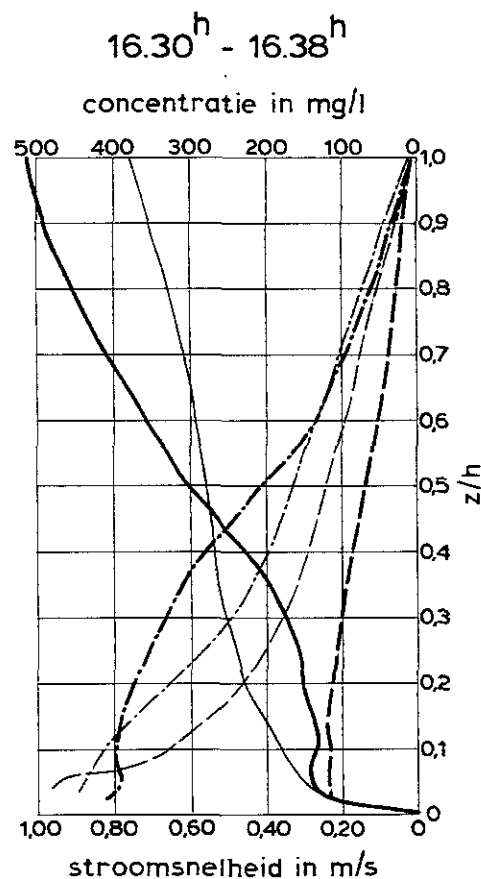
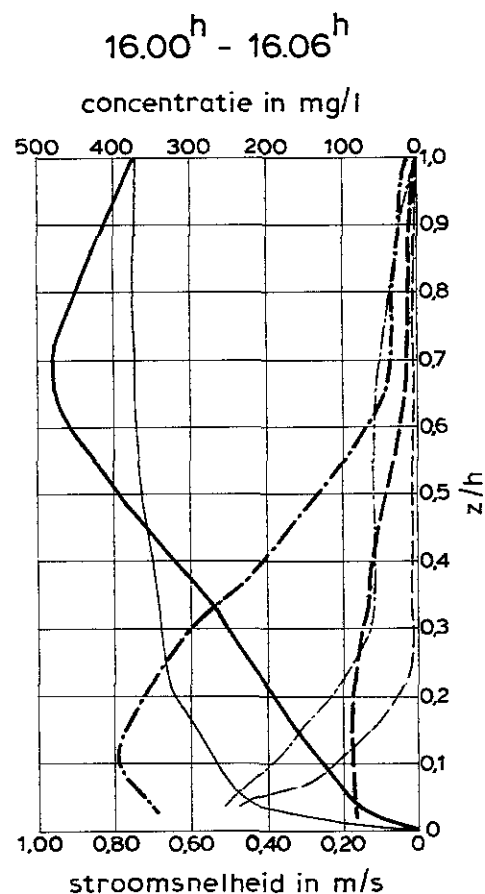
gez. *AB*

schaal

akk. *WV*

A 1

nr. 82.80



toelichting:

- gem. stroomsnelheid MP 2 in m/s
- - - zandconcentratie MP 2 in mg/l
- · - · - slibconcentratie MP 2 in mg/l
- gem. stroomsnelheid MP 3 in m/s
- - - zandconcentratie MP 3 in mg/l
- · - · - slibconcentratie MP 3 in mg/l

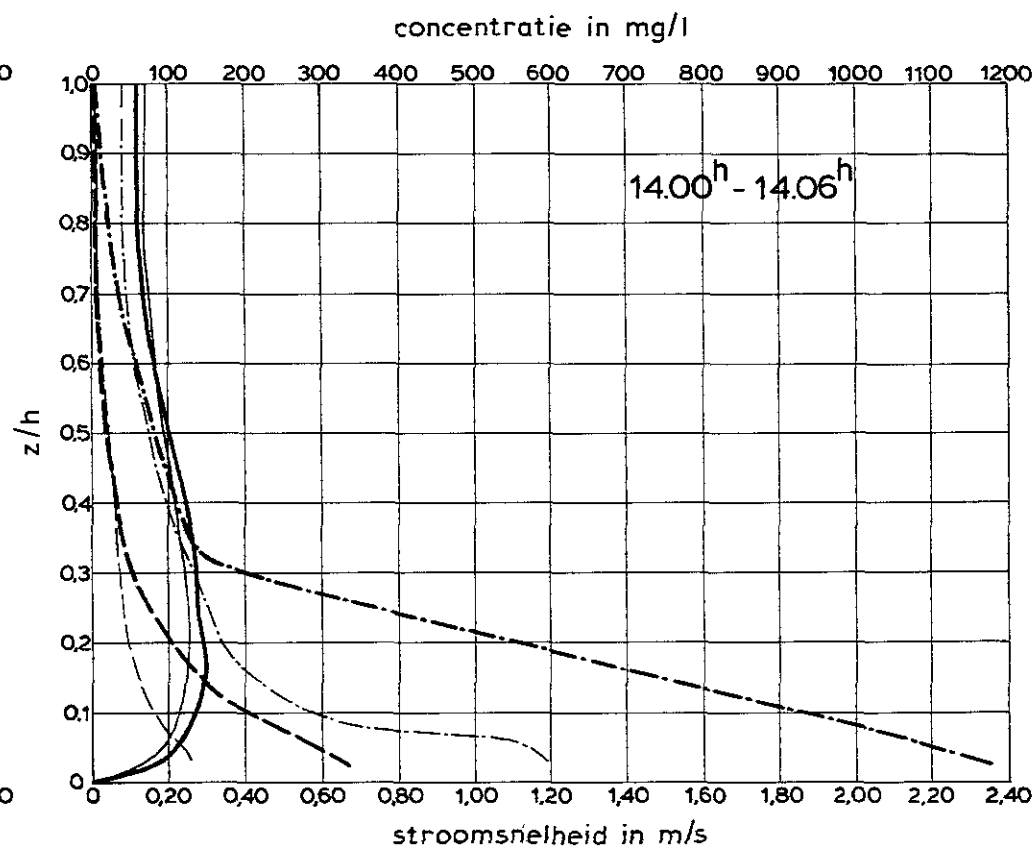
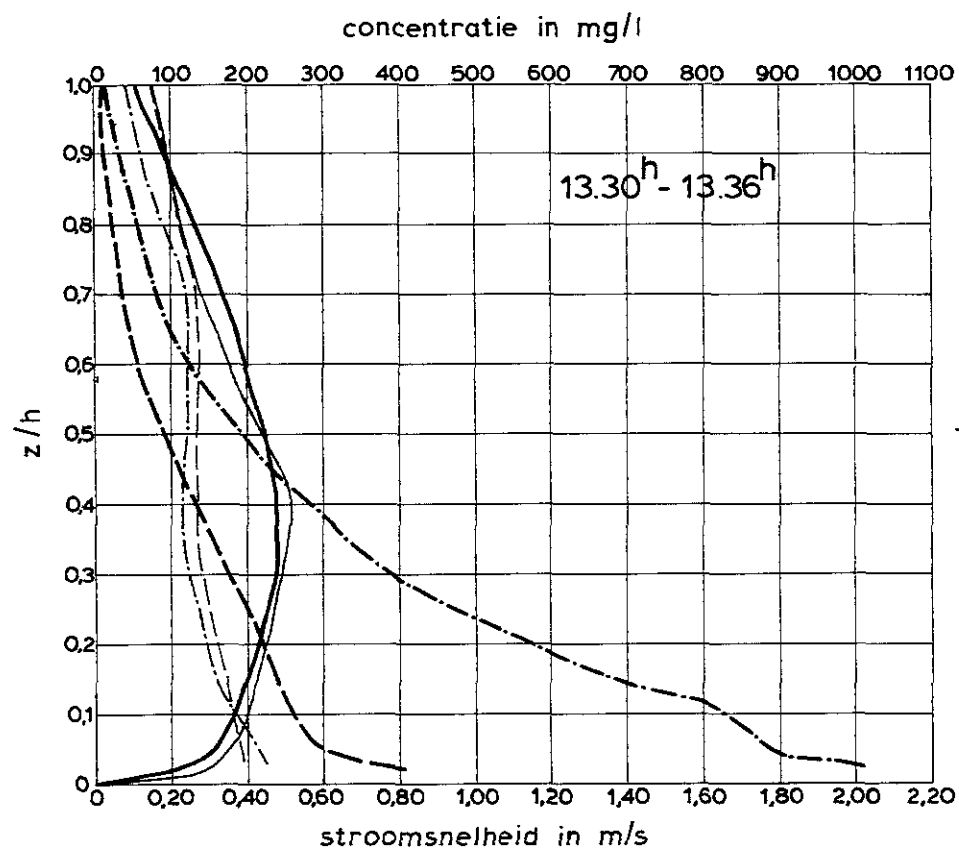
N.B.: de verticalen van MP 3 zijn herleid naar de verticaalhoogten van MP 2 (de spreiding van de stroomlijnen is evenredig over de diepte en het debiet blijft constant)

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen
vergelijking van de stroom- en concentratieverticalen van
MP 2 en MP 3 tijdens de ebstroom d.d. 24 september 1980

get.	MK.	bijl. 30	
gec.	E.		
gez.	<i>[Handwritten Signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[Handwritten Signature]</i>	A 1	nr. 82.81



toelichting:

- gem. stroomsnelheid MP 1 in m/s
- - - zandconcentratie MP 1 in mg/l
- · - slibconcentratie MP 1 in mg/l
- gem. stroomsnelheid MP 2 in m/s
- - - zandconcentratie MP 2 in mg/l
- · - slibconcentratie MP 2 in mg/l

N.B.: de verticalen van MP 1 zijn herleid naar de verticaalhoogten van MP 2 (de spreiding van de stroomlijnen is evenredig over de diepte en het debiet (MP 2) is gereduceerd volgens bijlage 19)

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - pas van terneuzen

vergelijking van de stroom- en concentratieverticalen van MP 1 en MP 2 tijdens de vloedstroom d.d. 24 september '80

get.	MK.	bijl. 31	
gec.	E.		
gez.	<i>[handwritten signature]</i>	schaal	
akk.	<i>[handwritten signature]</i>	A1	nr. 82.82