

RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

Nota 71.4
met 15 bijlagen

rijkswaterstaat
dienst getijdewateren
bibliotheek
grenadiersweg 31 -
4338 PG middelburg

NAUTISCHE, WATERLOOPKUNDIGE EN RIVIER-
KUNDIGE ASPECTEN VAN EEN DOORSTEEK DOOR
HET LAND VAN SAAFTINGE.

februari 1971.

INHOUD

par 1	Inleiding	bl. 1
par 2	De maximale stroomsnelheden in en nabij de Doorsteek volgens de Belgische modelstudies	" 3
	2.1 Algemeen	" 3
	2.2 Bespreking der vergelijkingsgrafieken	" 5
	2.3 Gevolgtrekkingen vanuit nautisch oogpunt	" 8
par 3	Aantekeningen met betrekking tot het zandtransport in en nabij de Doorsteek voor uiteenlopende oplossingen	" 14
	3.1 Inleidende opmerkingen	" 14
	3.2 Een voorlopige formule voor het zandtransport op de Westerschelde volgens zandgehaltemetingen	" 15
	3.3 Toepassing van de voorlopige zandtransportformule op het Doorsteektracé	" 17
	3.4 Schatting van de bodemveranderingen in het Doorsteektracé bij uiteenlopende oplossingen	" 19
par 4	De invloed van het Belgische voorkeursproject op de waterbeweging tussen de Belgische grens en Hansweert	" 24
	4.1 Algemeen	" 24
	4.2 Getijgegevens van het Doorsteektracé	" 25
	4.3 De waterbeweging in het gebied ten noorden van de Doorsteek	" 29
	4.4 Gevolgtrekkingen met betrekking tot het voorkeursproject	" 32
par 5	Opmerkingen van rivierkundige en algemene aard	" 35
	5.1 Het tracé	" 35
	5.2 Het dwarsprofiel van de Doorsteek en de dammen ter weerszijden ervan	" 36
	5.3 Vraagstukken verbonden aan de uitvoering	" 38
	5.4 Veranderingen in het noordelijk bekken na de gereedkoming van het project volgens T27 ^A	" 39
	5.5 Invloed van de Doorsteek op de waterverontreiniging op Nederlands gebied	" 42

5.5.1 De afvalwaterlozing op Belgisch gebied en haar gevolgen voor de waterkwaliteit	bl. 42
5.5.2 Het zelfreinigingsproces op de Wester- schelde thans en in de situatie met Doorsteek	" 43
5.6. Gevolgtrekkingen	" 47
par 6 Samenvatting en eindconclusies	" 49
Opgave van geraadpleegde literatuur	" 55
Lijst van bijlagen	" 56

NAUTISCHE, WATERLOOPKUNDIGE EN RIVIERKUNDIGE ASPECTEN VAN EEN DOORSTEEK DOOR HET LAND VAN SAAFTINGE.

par. 1 INLEIDING

De Westerschelde boven Hansweert vormt reeds geruime tijd onderwerp van onderzoek in verband met de moeilijkheden voor de scheepvaart in dit gedeelte van deze zeearm. Tot voor kort waren de belangrijkste knelpunten het in de vaargeul uitstekende Oude Hoofd van Walsoorden en het Nauw van Bath met zijn zeer scherpe bocht (onmiddellijk benedenstrooms van dit gedeelte van het hoofdvaarwater treden bij springtij omstreeks maximum-vloedstroom ook nog zeer hinderlijke dwarsstromen op). Door middel van modelstudies werden een - inmiddels verwezenlijkte - inkorting van het Oude Hoofd en een rivierverbetering ter hoogte van Bath op hun uitvoerbaarheid onderzocht. Een beschrijving van deze beide projecten treft men aan in lit. 1.

De studie betreffende de rivierverbetering ter hoogte van Bath voerde tot een plan omvattende enige verschuivingen van de geulas, enkele verbeteringswerken in de geul (waaronder de verdedigingswerken van sommige taluds) en de aanleg van een aantal lei- en strekdammen. Dit project werd goedgekeurd door de Technische Schelde Commissie, waarna een begin werd gemaakt met de aanleg van twee der ontworpen dammen, te weten een leidam over de Plaat van Ouden Doel en door het gelijknamige Schaar en een leidam over de Ballastplaat (deze beide op Belgisch gebied gelegen werken zijn inmiddels voltooid).

In 1967 werd van Belgische zijde een veel ingrijpender plan voorgesteld, waarmee een draastische verbetering van de vaarweg tussen Walsoorden en Antwerpen werd beoogd. Het belangrijkste onderdeel van dit plan bestaat uit het graven door het Land van Saaftinge van een geheel nieuwe geul (in het vervolg korthedshalve "Doorsteek" genoemd). Dit plan is in het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout nader onderzocht, waarbij enige malen formeel overleg met Nederland is gevoerd. Het eerste deel van dit onderzoek (modeltoestanden T1 t/m T14) was van oriënterende aard, het tweede deel (modeltoestanden T15 t/m T45) min of meer

- stelselmatig -

stelselmatig doelgericht; in alle modeltoestanden waren de beide reeds genoemde (en inmiddels gereedgekomen) leidammen in het model aangebracht. De uitkomsten van dit onderzoek zijn vastgelegd in het modelverslag (lit. 2), waarin aan het slot een aantal conclusies wordt geformuleerd. De Belgische delegatie der Technische Schelde Commissie heeft op grond hiervan haar voorkeur uitgesproken voor een oplossing volgens modeltoestand T27^A. Bijlage 1 geeft een overzicht van het bewuste riviergedeelte en van het van Belgische zijde voorgestelde plan.

In deze nota worden de nautische, waterloopkundige en rivierkundige aspecten van het Doorsteekproject besproken, waarbij de uitkomsten van het eerste gedeelte van het modelonderzoek goeddeels buiten beschouwing zijn gebleven. Een moeilijkheid bij deze studie levert de omstandigheid dat voor de bestaande toestand minder model-gegevens ter beschikking staan dan voor modeltoestand T 27^A, die het uitgangspunt vormt voor het van Belgische zijde ingediende voorstel voor het verwezenlijken van de Doorsteek.

Par. 2 gaat in op de nautische aspecten van de onderscheidene mogelijkheden en varianten, waartoe de maximale stroomsnelheden in en nabij de Doorsteek onderling zijn vergeleken. Daarop aansluitend behelst par. 3 de uitkomsten van een onderzoek betreffende het zandtransport bij de diverse oplossingen. De invloed van het Belgische voorkeursplan T27^A op de waterloopkundige omstandigheden tussen Hansweert en Antwerpen vormt het onderwerp van par. 4. Na een aantal opmerkingen over het tracé, het zandverzet, het vervuilingsaspect e.d. (par.5) besluit de nota met een samenvatting en de conclusies (par. 6), gevolgd door een opgave van de geraadpleegde literatuur en een lijst van bijlagen.

De nota is samengesteld door twee leden der Nederlandse delegatie van de Technische Schelde Commissie, te weten dr. J.J. Dronkers en ir. J. van Malde. De redactie van de onderparagraaf over de invloed van het project op de waterverontreiniging (par. 5.3) is vastgesteld na overleg met het Rijksinstituut voor Zuivering van afvalwater (RIZA).

par. 2 DE MAXIMALE STROOMSNELHEDEN IN EN NABIJ DE DOORSTEEK
VOLGENS DE BELGISCHE MODELSTUDIES.

2.1 Algemeen

In het model zijn een groot aantal situaties onderzocht om de invloed van bepaalde factoren vast te stellen. Deze factoren betreffen hoofdzakelijk constructieve varianten, maar daarnaast is voor een aantal oplossingen ook nagegaan welke gevolgen morphologische veranderingen ten noorden van de Doorsteek zullen hebben. In een belangrijk deel van dit gebied zullen de snelheden in de situatie met Doorsteek namelijk aanzienlijk kleiner zijn dan thans, waardoor in dit "noordelijk bekken" aanslibbingen (en aanzandingen) zijn te verwachten. Voor bepaalde oplossingen is de invloed van deze "opvulling" in het model onderzocht. Ook de stromingen over de Platen van Valkenisse zullen na verwezenlijking van het plan veranderen. Alleen voor de oplossing volgens de toestand T27^A is in het model deze factor nader bezien (toestand T27^B).

Daar de maximale stroomsnelheden van veel belang zijn voor de scheepvaart wordt in deze paragraaf besproken welke invloed constructieve varianten van het plan op deze snelheden hebben, terwijl daarnaast ook de gevolgen van de opvulling van het noordelijk bekken ter sprake komen. De verwerkte snelheden hebben alle betrekking op het in het model onderzochte zeer sterk ontwikkelde springtij. Zij zijn grotendeels ontleend aan het modelverslag (lit. 2) en overigens aan door het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout verstrekte aanvullende gegevens. De verwerkingen zijn beperkt tot de maximale snelheden naar, in en voorbij de Doorsteek, dat wil zeggen tot de meetpunten 19, 27, 28 en 30 (aangegeven op bijlage 1). In het model zijn alle puntsnelheidsmetingen verricht op het prototype-peil N.K.D.-3m.

Uiteraard mogen bij het onderzoek naar de invloed van één factor alleen toestanden onderling vergeleken worden waarbij alle overige factoren gelijk blijven. Door deze eis konden een aantal modeltoestanden niet gebruikt worden; een overzicht van de wel bruikbare modeltoestanden biedt bijlage 2. Op deze bij-

lage staan allereerst voor de bewuste meetpunten vermeld de maximale stroomsnelheden (prototype-waarden, afgeleid van de in het model gemeten snelheden); voor meetpunt 30 blijken naar verhouding slechts weinig gegevens ter beschikking te staan. Verder staan op bijlage 2 aangegeven de bijzonderheden der opgenomen modeltoestanden, waarbij bijzondere aandacht verdient het feit dat bij de modeltoestanden T⁴, T⁵, T⁶, T⁹ en T¹³ een vaste bodem was ingebracht, terwijl bij de overige proeven het riviergedeelte tussen Baalhoek en Lillo deels van een bewegelijke bodem was voorzien. De Doorsteek had in alle vermelde modeltoestanden een vaste bodem.¹⁾

De belangrijkste factoren die bij het modelonderzoek zijn gevarieërd zijn de natte doorsnede van de Doorsteek, de mogelijkheid van stroming over de beteugelingsdam c.a. ter plaatse van de Ballastplaat en de mate van opvulling met sedimentatiemateriaal van het noordelijk bekken (deze opvulling bleek slechts van betekenis te zijn voor het verticale en horizontale getij zodra zij bodemverhogingen tot laagwater en daarboven medebrengt). Voor elk dezer drie factoren zijn vergelijkingsgrafieken samengesteld (bijlagen 3, 4 en 5). De onderling vergelijkbare modeltoestanden zijn op alle grafieken door vergelijkingslijnen verbonden om de tendenties te doen uitkomen. Voor de meetpunten 27 en 28 (in de Doorsteek) zijn de vergelijkingsgrafieken niet afzonderlijk gegeven. Deze meetpunten liggen n.l. in dezelfde raai ter weerszijden van de as van de Doorsteek; op de betreffende bijlagen zijn nu voor iedere modeltoestand de gemiddelde waarden van de maximale snelheden voor de meetpunten 27 en 28 uitgezet. Deze gemiddelde waarden kunnen maatgevend worden geacht voor de raai halverwege de Doorsteek en vergeleken worden met de overeenkomstige grootheden in de meetpunten 19 en 30 ter weerszijden ervan. Daar de maximale snelheden in de meetpunten 27 en 28 nogal uiteen blijken te lopen (bijlage 2) is op de bewuste drie bijlagen tevens hun onderlinge verhouding afzonderlijk aangegeven. Vermelding verdient verder nog dat op bijlage 3 voorkomen de waarden voor toestand T^{27A} (d.i. de van Belgische zijde voorgestane oplossing) hoewel deze waarden in deze grafieken geen deel uitmaken van enige vergelijkingslijn. Bij de

- samenstelling -

1) Alleen in de modeltoestanden T¹⁵ en T¹⁶ had de Doorsteek een bewegelijke bodem. Voor deze beide toestanden staan echter geen snelheidsgegevens ter beschikking.

samenstelling der vergelijkingsgrafieken is gebruik gemaakt van het op bijlage 2 voorkomende schema van symbolen, terwijl voorts nog is nagegaan in hoeverre de maximale snelheden in de meetpunten 27 en 28 vergelijkbaar waren. Daarbij bleek het volgende:

Eb: De snelheidsgrafieken der modelproeven tonen voor eb over het algemeen een regelmatig verloop (ongeveer als van een halve sinusoid) zodat in de buurt van het snelheidsmaximum de snelheid langzaam toe-en afneemt. Dientengevolge is het voor de grafieken der snelheidsverhoudingen bij eb van weinig belang dat de maximale snelheden in de meetpunten 27 en 28 in een aantal modeltoestanden niet gelijktijdig optreden (maximum tijdsverschil ong. 30 min.).

De maximale ebsnelheid treedt op ongeveer 2 uur voor laagwater (waterstand te Baalhoek ong. N.A.P. - $\frac{1}{2}$ à 1 m). De maximale ebsnelheid is van groot belang voor de afvaart daar omstreeks het genoemde tijdstip afvaart van schepen van sterk uiteenlopende tonnage mogelijk is (veel schepen varen in ballast af).

Vloed: De snelheidsgrafieken der modelproeven tonen voor vloed over het algemeen een vrij kortstondige piek, gedurende welke de maximumsnelheid optreedt op een tijdstip van 1 à $1\frac{1}{2}$ uur voor hoogwater (waterstand te Baalhoek ong. N.A.P. + 2 à $2\frac{1}{2}$ m). De tijdstippen van max. vloedstroom in de meetpunten 27 en 28 lopen echter slechts ten hoogste 10 minuten uiteen. In dat tijdsverloop verandert de betrokken snelheid weinig zodat de naar verhouding snelle stroomveranderingen de vergelijking der maximale snelheden in de beide meetpunten 27 en 28 niet in de weg staan. De reeds vermelde piek is opvallend hoog in modeltoestand T34.

De maximum-vloedsnelheid is vooral van belang voor de opvaart: op de bewuste tijd vindt opvaart van vrij grote schepen plaats (tonnage in orde van grootte thans 25 000 ton dwt).

2.2 Bespreking der vergelijkingsgrafieken.

In verband met de navigatie dienen de waarden der maximale stroomsnelheden in en nabij de Doorsteek niet al te zeer uiteen te lopen (meetpunten 19, 27 + 28 - gemiddelde waarden - en 30) terwijl het verloop der maximum-snelheid langs de as zo geleidelijk mogelijk dient te zijn. Aan de verhouding $(v_{\max})_{\text{mp27}}$: $(v_{\max})_{\text{mp28}}$ in de raai halverwege de Doorsteek mag voor een be-

- paalde -

paalde modeltoestand op zichzelf zeker geen grotere nauwkeurigheid dan 5 % worden toegekend. Gegeven de lichte kromming van de doorsteekas ter plaatse lijkt met het oog op een goede stromingstoestand een waarde 1,00 à 1,10 wenselijk. Indien in een modeltoestand, die voor verwezenlijking in aanmerking zou kunnen komen, een der betrokken waarden duidelijk kleiner zou zijn dan 1 dan zou een nader onderzoek van de stromingstoestand in de gehele Doorsteek op zijn plaats zijn.

In het hiernavolgende worden de bijlagen 3,4 en 5 eerst in het kort afzonderlijk en daarna (in par. 2.3) in hun onderling verband besproken.

Uit bijlage 3 volgt dat de maximale stroomsnelheden aan weerszijden van de doorsteek niet of nauwelijks beïnvloed worden door de grootte der natte doorsnede van de Doorsteek (meetpunten 19 en 30). Geheel anders is de situatie in de Doorsteek zelf: bij eb blijkt de maximale stroomsnelheid zelfs veel sneller dan volgens evenredigheid af te nemen met de toeneming dezer natte doorsnede en hetzelfde geldt - zij het in mindere mate - bij vloed. Voor wat betreft de verhouding der maximum-snelheden in de meetpunten 27 en 28 is alleen opmerkelijk dat haar waarde bij vloed in de meeste der betrokken modeltoestanden kleiner is dan 1.

Bij de vergelijkingsgrafieken voor de invloed van de beteugelingsdam bij de Ballastplaat op de maximum-snelheden (bijlage 4) is de stroming over de leidam op de Ballastplaat mede in rekening gebracht. Op de grafieken staan alleen aangegeven de gegevens voor de modeltoestanden, waarbij de Doorsteek een bodemligging had op N.K.D. - 10 m en een bodembreedte van 400 m. Klaarblijkelijk wijkt het beeld voor de modeltoestanden met opvulling van het noordelijk bekken nogal sterk af van dat voor de proeven zonder die opvulling; alleen de laatste zullen hier nader in beschouwing worden genomen.

Uit de grafieken volgt voor de modeltoestanden zonder opvulling in het noordelijk bekken dat bij eb de maximum-snelheid benedenstrooms en in de Doorsteek afneemt met toenemende zijdelingse afvoer via overlaat en opening. Bij vloed is er in meetpunt 19 sprake van een lichte tendentie tot afneming; in de Doorsteek is

er een sterke afneming der maximum-snelheid bij een toenemend stroomprofiel over de beteugelingsdam, zij het dat de waarde van T37 er "uitspringt" waarvoor geen verklaring kon worden gevonden. Voor meetpunt 30 (bij de Zandvlietalsuis) kunnen slechts 2 modeltoestanden (T28 en T18) worden vergeleken; opmerkelijk is dat de maximum-snelheid in dit punt zowel voor eb als voor vloed toeneemt met 5 à 10 cm/sec, wanneer het stroomprofiel over de beteugelingsdam c.a. toeneemt van 0 tot ongeveer 8000 m², terwijl voor deze beide toestanden in en benedenstrooms van de Doorsteek sprake is van merendeels sterke afneming.

Voor wat betreft de verhouding der maximum-snelheden in de meetpunten 27 en 28 zou uit de grafiek voor eb kunnen worden opgemaakt dat een zijdelingse afvoer t.p.v. de Ballastplaat een zeer duidelijk bochtstromingseffect heeft; deze uitwerking lijkt ook plausibel.

De grafiek voor vloed daarentegen vertoont een niet erg duidelijk beeld.

De invloed van een opvulling van het noordelijk bekken (bijlage 5) - waardoor dus de komberging vermindert - is in meetpunt 19 voor eb niet eenduidig (andere factoren zijn klaarblijkelijk belangrijker), maar voor vloed is er een lichte tendentie tot vermindering der snelheden.

In de Doorsteek is er in vrijwel alle gevallen een duidelijke toeneming der maximum-snelheden door de genoemde opvulling. De uitzondering op deze regel doet zich voor indien er over de lei- en beteugelingsdam nabij de Ballastplaat geen of slechts een geringe stroming mogelijk is. Bij eb verandert in deze gevallen de gemiddelde maximum-snelheid in de Doorsteek namelijk niet of nauwelijks (lijnen T28/T29 voor de onoverstroombare constructie, respectievelijk T21/T24 voor de beperkt overstroombare constructie). Op zichzelf lijkt deze uitzondering wellicht plausibel, maar opmerkelijkwijze is in beide gevallen bij vloed wel sprake van toeneming der maximale snelheden na opvulling van het noordelijk bekken.¹⁾ Het lijkt dan ook moeilijk een verklaring voor de tendentie bij vloed te geven zonder raadpleging van (niet-beschikbare) getijkrommen. Dat de getijkromme voor Antwerpen door opvulling van het

- Noordelijk -

¹⁾ In toestand T24 wordt de maximum-snelheid bij vloed bepaald door een naar verhouding markante piek in de snelheidsgrafiek.

Noordelijk bekken zou kunnen veranderen blijkt overigens wel uit de gegevens voor de enigszins vergelijkbare modeltoestanden T4 en T5 (verlaging van de hoogwaterstand met 10 à 15 cm volgens bijlage 36 van het modelverslag). Voor wat betreft de invloed van de opvulling op de verhouding der maximum-snelheden in de meetpunten 27 en 28 is het beeld zowel voor eb als voor vloed weinig duidelijk. Bepaald merkwaardig is de sterke vermindering van de waarde dezer verhouding voor het geval T28/T29, wanneer de lei-beteugelingsdam langs de rechteroever onoverstroombaar is.

De grafieken tonen ten overvloede de juistheid aan van een der conclusies van het modelverslag (lit.2, bl 17/18 en conclusie 2 bl 43/44), te weten dat een te sterke aanzanding in het noordelijk bekken bij aanwezigheid van een vertakkingspunt nabij de Ballastplaat een ongunstige invloed heeft op de snelheidsverhoudingen in en nabij de Doorsteek. (een opvulling boven L.W.-peil heeft, naar in lit. 2 terecht wordt betoogd, ook nog het nadeel dat de komberging verkleind wordt, waardoor de eb- en vloeddebiëten benedenstrooms van de Doorsteek zouden verminderen met alle nadelen van dien). Baggerwerken in dit bekken zullen aldan nodig kunnen worden.

De in het model nog onderzochte inscharingsverschijnselen in het platengebied van Valkenisse zullen in par.5.4 nog ter sprake komen.

2.3 Gevolgtrekkingen vanuit nautisch oogpunt.

De grafieken der bijlagen 3, 4 en 5 dienen nog in hun onderlinge samenhang te worden beschouwd. Daarbij kunnen enkele conclusies worden geformuleerd, die echter deels onder enig voorbehoud moeten worden gegeven aangezien het beschikbare materiaal lacunes vertoont.

De onderzochte modeltoestanden, waarbij de Doorsteek een bodembreedte van 300 m en een bodemligging op N.K.D. - 10 m heeft, leveren ontoelaatbaar hoge eb- en vloodsnelheden in de Doorsteek op, die aanzienlijk hoger zijn dan die boven- en benedenstrooms van de Doorsteek. Dit is zowel het geval zonder opvulling van het noordelijk bekken (T21 en T22) als met een dergelijke opvulling (T24 en T23) naar uit de bijlagen 3 en 5 blijkt. Er is geen reden enige verbetering van betekenis in dit opzicht te verwachten van een - voor de onder-

- havige -

havige oplossing niet onderzochte - verruiming van het stroomprofiel van de beteugelingsdam nabij de Ballastplaat (dit kan worden afgeleid uit de gevolgen van een dergelijke verruiming in het geval van een Doorsteek met een bodembreedte van 400 m op N.K.D.-10m, afgebeeld op bijlage 4).

Een Doorsteek van dezelfde breedte, maar met 4 m grotere diepte (T20) geeft voor wat betreft de onderlinge snelheidsverhoudingen wel een iets beter, maar toch geen bevredigend beeld (bijlage 3). Dit gevoegd bij de relatief (voor grote zeeschepen) kleine geulbreedte maakt ook deze oplossing weinig aantrekkelijk.

Voorgaande overwegingen leiden tot

Conclusie I: een Doorsteek met een breedte van 300 m op N.K.D. - 10 m is ontoelaatbaar.

Bij de oplossing met het ruimste profiel van de Doorsteek (T42) blijkt de ebsnelheid in de Doorsteek zeer veel lager te liggen dan in de aangrenzende vakken boven en beneden de Doorsteek (bijlage 3); dit lijkt nautisch niet erg aantrekkelijk. Het aan deze oplossing toevoegen van de mogelijkheid tot zijdelingse afstroming t.p.v. de Ballastplaat zou de bezwaren alleen maar vergroten (bijlage 4).

Hieruit volgt:

Conclusie II: een Doorsteek met een bodemligging op N.K.D. - 14 m en een breedte van 500 m op N.K.D. - 10 m lijkt moeilijk aanvaardbaar.

De belangrijkste resterende vraag voor wat de vormgeving betreft luidt of er al dan niet een zijdelingse afstromingsmogelijkheid nabij de Ballastplaat dient te zijn. De situatie met een volledige scheiding tussen de Doorsteek en het noordelijk ervan gelegen gebied is verwezenlijkt in de situaties T42, T41, T45 en T28, waarvan de eerste volgens conclusie II niet in aanmerking komt. Voor elk dezer modeltoestanden staan ook in meetpunt 30 de maximale snelheden ter beschikking (bijlage 2). Voor de oplossing met een overstroombare beteugelingsdam staat beschikbaar de reeks onderling vergelijkbare modeltoestanden T28, T18, T36, T27^A, T35 en T37 met in deze volgorde een toenemend stroomprofiel van de beteugelingsdam over de Ballastplaat; behalve voor T18 en

T28 staan voor deze modeltoestanden geen snelheden in meetpunt 30 ter beschikking.

Ter verkrijging van een overzicht staan de gegevens van de maximale snelheden, het profiel van de Doorsteek en het stroomprofiel over de betugelingsdam c.a. voor deze negen modeltoestanden gerangschikt op bijlage 6.

Voor de situaties zonder zijdelingse afstroommogelijkheid (T42, T41, T45 en T28) blijkt de maximum-snelheid

bij eb: in meetpunt 30 (boven de Doorsteek) belangrijk lager te liggen dan die halverwege de Doorsteek en in meetpunt 19 (beneden de Doorsteek);

halverwege de Doorsteek (meetpunten 27 en 28) veel kleiner te zijn dan in meetpunt 19 bij een ruim doorsteekprofiel en groter bij het kleinste profiel (T28);

bij vloed: in mp. 30 aanzienlijk achter te blijven bij de maximum-snelheid halverwege en benedenstrooms van de Doorsteek; halverwege de Doorsteek redelijk overeen te stemmen met de maximum-snelheid in meetpunt 19.

De linker grafieken van bijlage 6 brengen ter illustratie van het voorgaande de verhoudingen der maximum-snelheid bovenstrooms van en halverwege de Doorsteek ten opzichte van die benedenstrooms ervan in beeld.

Vergelijkt men de snelheidsgegevens voor de situaties met de mogelijkheid van zijwaartse stroming (reeks T28, T18, T36, T27^A, T35 en T37) met die der zojuist besproken gevallen dan blijkt de verhouding tussen de gemiddelde maximum-snelheid halverwege de Doorsteek (meetpunten 27 en 28) en de maximum-snelheid in meetpunt 19:

voor eb duidelijk gunstiger en

voor vloed enigermate ongunstiger te zijn geworden.

De rechter grafieken van bijlage 6 brengen dit weer in beeld voor de verhouding dezer snelheden.

Voor meetpunt 30 staan voor de nu beschouwde reeks slechts in twee situaties (T28 en T18) gegevens ter beschikking; voor deze twee toestanden trad zowel voor eb als voor vloed door de mogelijkheid van zijwaartse stroming een verbetering op van de verhouding der maximum-snelheden boven en beneden de Doorsteek. Dit paar mo-

deltoestanden (T28/T18) is in dit opzicht vergelijkbaar met het paar T45/T19 (met een 4 m diepere Doorsteek). Naar uit bijlage 2 blijkt is de tendentie voor T45/T19 gressie mede dezelfde; de rechter grafieken van bijlage 6 tonen e.o.a. voor beide paren modeltoestanden.

Op grond van de beschikbare gegevens kan men aangaande het scheppen van een overstroombare constructie ter plaatse van de Ballastplaat het volgende concluderen:

- de verhouding der gemiddelde maximum-snelheid halverwege de Doorsteek met $v_{\max}$ benedenstrooms ervan verkrijgt erdoor een gunstige waarde zowel bij eb als bij vloed (0,95 à 1,05);
- het is alleszins aannemelijk dat ook $v_{\max}$ in meetpunt 30 door deze constructie in een betere verhouding komt t.o.v. de maximale snelheden in de andere beschouwde meetpunten.

Vergelijkt men nu onderling de vijf op bijlage 6 vermelde oplossingen met een dergelijke constructie dan blijkt de verhouding ($v_{\max}$)_{mp27}: ($v_{\max}$)_{mp28} het gunstigste waardenpaar te hebben in toestand T27 A. Bij deze oplossingen zijn de stromingen nabij het vertakkingspunt zeker niet ongunstiger dan in soortgelijke situaties elders op de Westerschelde aanwezig zijn (bijlage 7).

Uit het voorgaande kan worden besloten tot

Conclusie III: Het is waarschijnlijk dat van de onderzochte oplossingen T27^A voor de scheepvaart de meest aantrekkelijke stroomverhoudingen geeft.

Voor T27^A zijn door het Waterbouwkundig Laboratorium nog beschikbaar gesteld tekeningen van drijfvermetingen van het gebied tussen Waarde en Doel voor 12 opeenvolgende prototype-uren. Uit deze tekeningen zijn de oppervlaktesnelheden (prototype-waarden) t.p.v. de vier meetpunten met een zeer redelijke nauwkeurigheid bepaald en uitgezet (bijlage 8). De oppervlakte-snelheid t.p.v. meetpunt 30 stemt klaarblijkelijk bevredigend overeen met die t.p.v. de andere meetpunten, bij eb, bij vloed blijft ze echter belangrijk achter. De verhouding tussen deze snelheden in de meetpunten 27 en 28 is gunstig.

Deze gegevens zijn niet zonder meer vergelijkbaar met die van $v_{\max}$ (bepaald op N.K.D. - 3 m) naar uit de verhoudingslijnen van bijlage 8 blijkt. Daar overeenkomstige drijfverkaarten voor andere situaties ontbreken kan uit de beschikbare kaarten niets worden besloten omtrent de relatieve geschiktheid van T27^A.

Bij conclusie III passen nog enkele kanttekeningen. Allereerst is van belang dat de opvaart met bestemming Zandvliet-sluis (waaronder de grootste schepen) overwegend bij veel lagere stroomsnelheden plaatsvindt en door sleepboten wordt geassisteerd (in de huidige situatie maken die veelal even boven Bath vast). De snelheidsveranderingen zijn dus voor de schepen met bestemming Boudewijnsluis en hoger van belang, maar hoe zwaarwegend de mate van snelheidsveranderingen in en nabij de Doorsteek is valt moeilijk aan te geven. Volledigheidshalve worde in dit verband nog opgemerkt dat de vermelde snelheden betrekking hebben op een sterk ontwikkeld springtij en voor het gemiddelde springtij 5 à 10% lager zouden zijn. Conclusie III sluit dus nog niet uit dat een alternatieve oplossing van T27^A nautisch aanvaardbaar zou zijn. Voor een dergelijk alternatief lijkt in aanmerking te kunnen komen een der oplossingen met een van de Doorsteek gescheiden noordelijk bekken (dus zonder vertakkingspunt nabij de Ballastplaat). Van deze vervalt echter T42 volgens conclusie II; T 28 heeft in de Doorsteek bij vloed wel een zeer hoge v_{max} en lijkt uit dien hoofde weinig aantrekkelijk. Let men tenslotte op de snelheidsverhoudingen in de Doorsteek (bijlage 6) dan komt men tot

Conclusie IV: Als alternatief voor T27^A lijkt nautisch gesproken T45 de beste oplossing en T41 een tweede, iets minder gunstige, mogelijkheid.

In lit. 2 wordt op bl 41 als aanvaardbare oplossing T35 genoemd. Nu is T35 geen principieel andere oplossing, maar een variant op T27^A: in plaats van een opening in de beteugelingsdam heeft deze dam en een deel van de leidam een 2,5 m lagere kruinshoogte gekregen (bijlage 2). In dit geval is echter de verhouding tussen v_{max} in de meetpunten 27 en 28 voor eb zeer hoog en voor vloed zeer laag, wat wijst op een weinig rustige stroming door de Doorsteek. Ook is de gemiddelde v_{max} halverwege de Doorsteek laag ten opzichte van v_{max} in meetpunt 19. Het lijkt overigens wel aannemelijk dat een oplossing in de trant van T35 evenwaardig aan T27^A zou zijn mits de kruin van de beteugelingsdam en het aansluitende stuk van de leidam hoger (in orde van

- grootte 2 m) -

grootte: 2 m) zou worden gekozen. Een dergelijke oplossing zou overigens alleen zin hebben indien een beperking der concentratie van de dwarsstroom nabij de in T27^A voorziene opening in de beteuglingsdam nagestreefd zou worden.

Voor zover het de nautische aspecten betreft zijn voor het vormen van een definitief oordeel over de in aanmerking komende oplossingen aanvullende drijvingen in het model voor het gebied tussen het Oude Hoofd van Walsoorden en het Schaar van Ouden Doel over het volle getij gewenst. In verband met de invloed van mogelijke onderhoudsbaggerwerken in de Doorsteek zou een dergelijk onderzoek bij voorkeur moeten worden verricht voor T27^A met de bodemligging N.K.D.-12 à 14 m (eventueel ook met aanvullende werken ter hoogte van de Zandvlietsluis) en voor T45 met de bodemliggingen N.K.D.-14m en N.K.D.-16m. Desgewenst zouden ook een wat gewijzigde oplossing T35 (in de trant als hiervoor aangegeven) en T41 in dit onderzoek kunnen worden betrokken. Samenvattend:

Conclusie V: Om nautische redenen zijn voor het gebied Oude Hoofd van Walsoorden-Schaar van Ouden Doel aanvullende drijvermingen gewenst voor de oplossingen T27^A en T45 en eventueel ook voor een wat gewijzigde T35 en voor T41. In al deze gevallen dienen situaties met verschillende bodemliggingen van de Doorsteek te worden onderzocht.

Ten overvloede zij er nog op gewezen dat voorgaande conclusies louter vanuit nautisch oogpunt en uit de rechtstreeks beschikbare gegevens zijn getrokken. In de hierna volgende paragrafen zullen nog verdere gevolgtrekkingen worden gemaakt en wenselijkheden worden geformuleerd. Eerst daarna zullen in de slotparagraaf eindconclusies worden getrokken.

par. 3 ENKELE AANTEKENINGEN OVER HET ZANDTRANSPORT IN DE DOORSTEEK EN AAN WEERSZIJDEN DAARVAN.

3.1 Inleidende opmerkingen

Het zou van veel belang zijn voor de beoordeling der diverse mogelijke oplossingen van het plan Doorsteek gegevens te verkrijgen over de stabiliteit van de bodemligging in de Doorsteek en ter weerszijden daarvan. Uitschuring van enige betekenis zou immers de snelheden ter plaatse doen afnemen, aanzandingen daarentegen zouden baggerwerken noodzakelijk maken; het eerste is van belang voor de navigatie, het tweede zowel voor de scheepvaart als voor het onderhoud.

Het modelverslag biedt ter zake geen uitsluitsel.¹⁾ In deze paragraaf zal worden getracht aan de hand van beschikbare meetgegevens omtrent het zandtransport elders op de Westerschelde enige aanwijzingen omtrent dit aspect te verkrijgen.

Over de wetmatigheden, die het zandtransport in stromend water beheersen, is nog onvoldoende bekend. Wel zijn hiervoor diverse formules opgesteld; deze zijn echter niet goed bruikbaar zonder nadere toetsing door middel van metingen, waarbij men echter op vielerlei moeilijkheden stuit. Het onderzoek naar het zandtransport van de Westerschelde bleef tot voor kort beperkt tot incidentele metingen; in 1970 is in het kader van het onderzoek ten behoeve van de vaste oeververbinding begonnen met een stelselmatige oriëntering op dit gebied. Voor een dergelijk onderzoek kan men in beginsel per verticaal op twee verschillende wijzen meten: men kan watermonsters nemen en daarvan het zandgehalte bepalen en men kan zandtransportinstrumenten gebruiken en met behulp van deze bezinkinstrumenten trachten het zandtransport rechtstreeks te meten. In beide gevallen dient men

- de -

1) Alleen in de toestanden T15 en T16 was de bodem van de Doorsteek bewegelijk. T16 was vrijwel identiek aan T18 (tek. A2-70.666) - alleen de aanvulling van het Schaar van Ouden Doel met $4,10^6 \text{ m}^3$ ontbrak - terwijl T15 zich van T16 onderscheidde doordat het Land van Saafteinge ingedijkt was en de leidam op de Platen van Valkenisse ontbrak. In deze situatie traden (lit.2,bl.31) in het model grote ribbels op (lengte 1 m. hoogte 10 à 12 cm); het materiaal verplaatste zich overwegend stroomafwaarts. Stroomgegevens van T15 staan echter niet ter beschikking.

de meting op verschillende hoogten in de verticaal te verrichten en met regelmatige tussenpozen over een volledig getij te herhalen.

Voor twee meetplaatsen in het hoofdvaarwater ter hoogte van Hansweert zijn bij uiteenlopende getijden beide methoden gevolgd. De zandgehaltemetingen leverden daarbij zoveel gegevens op dat een redelijke verwerking mogelijk bleek. Het veel geringere aantal uitkomsten van de metingen met zandtransportinstrumenten leende zich nog niet tot een dergelijke verwerking.

De metingen van het zandgehalte hebben het voordeel dat men op eenvoudige en uniforme wijze een groot aantal gegevens kan verzamelen. Daar de naar verhouding zware zanddeeltjes in het water (die onder invloed van de door het water uitgeoefende impulsen door de stroom meegevoerd worden) zich niet sneller kunnen voortbewegen dan de waterdeeltjes zal het zandtransport in een willekeurig punt kleiner of gelijk zijn aan het product van het zandgehalte en de watersnelheid ter plaatse. Met behulp van zandgehaltemetingen kan dus slechts de bovengrens van het zandtransport worden vastgesteld.

Het verdere deel van deze paragraaf bevat een oriënterend onderzoek naar het zandtransport in het Doorsteektracé voor de onderscheidene oplossingen, zulks aan de hand van het - nog zeer beperkte - onderzoek naar het zandtransport op de Westerschelde.

3.2 Een voorlopige formule voor het zandtransport op de Westerschelde volgens zandgehaltemetingen.

Bij het ingestelde onderzoek naar de zandgehalteverticalen nabij Hansweert is om verwerkingsredenen alleen het materiaal met een middellijn groter dan 50μ beschouwd. Gelet op de zeefkomsten van het bodemmateriaal is dit zand voor dit riviergedeelte ook goeddeels bepalend voor mogelijke wijzigingen in de bodemligging (de waarde van d_{50} van het bodemmateriaal nabij Hansweert bedraagt 145 à 175μ). Per meetplaats werden een 40 verticalen doorgemeten gedurende 4 à 5 onderling uiteenlopende getijden.

De zandgehaltemetingen voor de beide betrokken meetplaatsen stemden goed overeen met het algemene beeld van zandgehalte-verticalen elders. De voornaamste bevindingen voor de twee verticalen (met gemiddelde diepten van 10, respectievelijk 20 m) waren als volgt:

- Het zandgehalte C_z ter hoogte z boven de bodem neemt in de onderste waterlaag sterk af met toenemende z , terwijl C_z daarboven veel lang-

- zamer -

zamer afneemt. De grens tussen beide lagen kon globaal worden vastgesteld op $z \approx 1,65$ m;

- tijdens het grootste gedeelte van het getij bleek de verhouding der zandgehalten op twee willekeurige hoogten z_1 en z_2 over het algemeen niet sterk te schommelen;

- tijdens de kentering loopt de waarde van C_z ook in de bovenste waterlagen sterk terug.

Uit deze bevindingen mag worden besloten dat voor een onderzoek naar de stabiliteit van de bodem de gehele zandverticaal in beschouwing moet worden genomen.

Op ieder tijdstip t moet ter plaatse van een willekeurige verticaal met waterdiepte h_t voor het zandtransport Z_t over de gehele waterdiepte gelden:

$$Z_t \leq \int_0^{h_t} v_z C_z dz \quad (1)$$

Voor de beide meetplaatsen kon nu uit de verrichte metingen de volgende voorlopige formule worden vastgesteld:

$$T_t = \alpha_t \frac{(\bar{v}_t)^p}{q} \quad (2)$$

In deze formule is

T_t : het transport in de gehele verticaal van alle zandkorrels groter dan 50 μ ten tijde t in $m^3/m^1 \text{ sec}$;

$\bar{v}_t$: de gemiddelde snelheid in de verticaal op het tijdstip t (in m/sec);

α_t : een onbekende correctiefactor (onbenoemd), die voldoet aan $0 < \alpha_t \leq 1$;

p : een onbenoemde coëfficiënt;

q : een coëfficiënt (dimensie afhankelijk van de waarde van p).

Uitgaande voor zand van een soortelijk gewicht van 2,65 en een holtepercentage van 40% heeft men voor de coëfficiënten in (2) de volgende waarden gevonden:

meetplaats 1 met $h_{\text{gem}} = 20$ m: $p = 4,18$; $q = 2270$;

meetplaats 2 met $h_{\text{gem}} = 10$ m: $p = 5,14$; $q = 2105$.

De meetuitkomsten vertoonden (zoals altijd bij zandtransport) een grote spreiding. Het heeft dan ook geen zin in (2) nauwkeurige coëfficiënten in te voeren, zodat voor het zandtransport nabij Hansweert kan worden aangehouden:

$$T_t = \alpha_t \frac{(\bar{v}_t)^{4,5}}{2100} \quad (2a)$$

3.3 Toepassing van de voorlopige zandtransportformule op het Doorsteektracé.

Volgens de - weinige - beschikbare gegevens geldt in het Verdronken Land van Saaftinge op een diepte van 12 à 15 m onder N.A.P. voor het bodemmateriaal $d_{50} = 150 \text{ à } 160 \mu$, terwijl de spreiding in korrelgrootte van dit zand in grote lijnen vergelijkbaar is met die van het bodemmateriaal nabij Hansweert. Op grond hiervan lijkt het geoorloofd voor een schatting van het zandtransport in het Doorsteektracé uit te gaan van formule (2^a).

Voor een uitspraak over de stabiliteit van de bodem van een riviervak kan men het zandtransport in de beide dit vak begrenzende raaien beschouwen. In het onderhavige geval kunnen twee riviervakken worden onderscheiden en wel het vak tussen de raaien door meetpunt 19, respectievelijk 27 en 28 en het daarboven aansluitende vak begrensd door de raai door meetpunt 30. De beide vakken staan aangegeven op de situatie-tekening van bijlage 9 als achtereenvolgens vak A en vak B.

Zij nu b de bodembreedte van de geul ter plaatse van een raai, dan geldt in die raai voor S , het resulterend zandtransport voor een volledig getij in m^3 :

$$S = b \left[\int_{eb} \tau_t dt - \int_{vloed} \tau_t dt \right] \dots\dots\dots (3)$$

Veronderstelt men verder $\alpha_t = \alpha = \text{constant}$, dan is volgens (2^a):

$$S = \frac{\alpha \cdot b}{2400} \left[\int_{eb} (\bar{v}_t)^p dt - \int_{vloed} (\bar{v}_t)^p dt \right] \dots\dots\dots (3^a)$$

Berekent men voor de twee begrenzende raaien van een vak de waarden van S en vergelijkt men deze waarden onderling dan blijkt of er tijdens het betrokken getij een totaal resulterend zandtransport naar dan wel uit het bewuste vak optreedt (aanzanding, respectievelijk verdieping).

In lit. 2 zijn grafieken voor $\bar{v}_t$ gegeven en wel voor meetpunt 30 voor enkele en voor de meetpunten 19, 27 en 28 voor vele modeltoestanden. Stelt men deze snelheidsgrafieken vervolgens maatgevend voor de raaien door deze meetpunten (achtereenvolgens raai III, I en II van de situatietekening van bijlage 10) dan kan men voor de verschillende oplossingen S_I , S_{II} en - voor een kleiner aan-

tal gevallen ook - S_{III} berekenen.

Deze berekeningen zijn voor een aantal modeltoestanden verricht voor de waarden $p = 4$ en $p = 5$.

Voor de breedte is voor elke raai aangehouden de bodembreedte op N.K.D.-8m (d.i. ongeveer de breedte van de huidige vaargeul), d.w.z. $b_I = 450$ m en $b_{III} = 300$ m, terwijl b_{II} gelijk is aan 328 m dan wel 428 en 528 m al naar gelang de breedte van de Doorsteek. De bewerkingen voor raai II zijn overigens verricht voor de beide meetpunten 27 en 28 afzonderlijk, waarbij als breedte is aangehouden $\frac{1}{2}b_{II}$. Verder is (3^a) nog enigszins gewijzigd en wel tot

$$S = 1,7 \alpha m \dots\dots\dots (3^b)$$

$$\text{met } m = \frac{b}{3600} \left[\int_{eb} (\bar{v}_t)^p dt - \int_{vloed} (\bar{v}_t)^p dt \right]$$

Voor de beide vakken A en B is het totaal resulterend zandtransport per getij nu achtereenvolgens gelijk aan

$$S_A = S_{II} - S_I = 1,7 \alpha (m_{II} - m_I) = 1,7 \alpha M_A \quad (4^A)$$

$$S_B = S_{III} - S_{II} = 1,7 \alpha (m_{III} - m_{II}) = 1,7 \alpha M_B \quad (4^B)$$

(Bij een positieve waarde van S_A resp. S_B is er sprake van aanzanding).

De berekeningen van M_A en M_B zijn uitgevoerd voor drie reeksen modeltoestanden, te weten:

- 1^e voor de gevallen met de beteugelingsdam bij de Ballastplaat op N.K.D. + 2,5 m bij verschillende Doorsteekprofielen (toestanden T21, T20, T18 en T19);
- 2^e voor de gevallen met een onoverstroombare dam ter hoogte van de Ballastplaat bij verschillende Doorsteekprofielen (toestanden T28, T45, T41 en T42);
- 3^e voor de gevallen, waarin de bodem van de Doorsteek op N.K.D.-10 m ligt en zijn bodembreedte 400 m beloopt (T28, T18, T27^A, T35 en T37).

Voor de toestanden T 27^A, T35 en T37 van de laatste reeks ontbreken snelheidsgrafieken voor meetpunt 30. Voor deze drie oplossingen is als schatting van m_{III} ($= \frac{S_{III}}{1,7 \alpha}$) zowel voor $p=4$ als voor $p=5$ de desbetreffende gemiddelde waarde voor de overige 8 gevallen aangehouden. Staat I geeft een overzicht van de waarden

van m_{III} ; klaarblijkelijk is er in alle beschouwde gevallen in raai III een resulterend zandtransport stroomafwaarts.

Staat I: Overzicht berekende waarden van m_{III}

	$(m_{III})_{min}$	$(m_{III})_{max}$	$(m_{III})_{gem}$
p=4	+2340(T28)	+4680(T45)	+4000
p=5	+3420(T28)	+7320(T20)	+6000

Voor de drie hiervoor genoemde reeksen modeltoestanden staan nu de berekende waarden van M_A en M_B zowel voor p=4 als voor p=5 aangegeven in de grafieken ① t/m ⑤ van bijlage 9. Het lijkt reëel deze p-waarden als uitersten te beschouwen zodat de gearceerde resp. de grijze vlakken der drie grafieken de "waarden-gebieden" van M_A resp. M_B aangeven.

3.4 Schatting van de bodemveranderingen in het Doorsteektracé bij uiteenlopende oplossingen.

Met de in par. 3.3 uiteengezette werkwijze is beoogd een maatstaf vast te stellen voor de vergelijking van de zandtransport-verhoudingen enerzijds van de twee beschouwde vakken onderling en anderzijds van beide vakken voor een aantal in het model onderzochte oplossingen. Ofschoon de gehanteerde formule een voorlopige is en een nadere toetsing voor meer meetplaatsen op de Westerschelde behoeft beantwoordt de gevolgde werkwijze - die trouwens de enige beschikbare is - redelijk aan het gestelde doel voor het onderzochte sterke springtij en daarmee voor ieder ander type getij. (Deze veralgemening volgt uit de gebruikelijke veronderstelling dat bij verschillende getijden de snelheden op een bepaalde plaats tijdens iedere fase van het getij zich verhouden als de amplituden der betrokken getijden).

De grafieken ① en ② van bijlage 9 geven de waarde van M (de maatstaf voor het totaal resulterend zandtransport per vak) als functie van de doorsnede van de Doorsteek voor beide vakken A en B. Voor de toestanden met onoverstroombare beteugelings- en leidam bij de Ballastplaat, uitgezet in ②, valt onmiddellijk op dat in vak B

- altijd -

altijd sprake is van aanzanding en in vak A van verdieping. De mate van beide verschijnselen is relatief groot in 3 der vier gevallen; de gunstigste verhoudingen treft men aan in T41 (Doorsteek met een bodem op N.K.D.-10m en een bodembreedte van 500 m).

In grafiek ① zijn de berekende waarden van M uitgezet voor het geval de zojuist genoemde lei- beteugelingsdam tot een hoogte van N.K.D. + 2,5 m reikt. De buitensporig hoge M-waarden voor T21 vallen onmiddellijk op (doorsteekbodem op N.K.D.-10 m, bodembreedte 300 m). Geeft men deze smalle Doorsteek een grotere diepte (tot N.K.D.-14 m) dan is volgens de grafiek vak B vrijwel in evenwicht, maar is de aanzanding in vak A relatief vrij hoog (T20). Zeer gunstige M-waarden heeft een Doorsteek met een bodem op N.K.D.-10 m en een bodembreedte van 400 m (T18); vergroot men in dit geval de diepte tot N.K.D.-14m (T19) dan treedt in vak B een relatief matige en in vak A een meer bescheiden aanzanding op.

In grafiek ③ is M als functie van het stroomprofiel boven de beteugelings-leidam bij de Ballastplaat uitgezet voor toestanden met een doorsteekbodem op N.K.D.-10m en een bodembreedte van 400 m. Zoals in par. 3.3 vermeld moest voor T27^A, T35 en T37 de waarde van m_{III} worden geschat. Gelet op de gegevens van staat I is er weinig reden aan te nemen dat de onzekerheid, verbonden aan deze schatting, van veel invloed is op het algemene beeld van vak B in grafiek ③, al past bij het maken van gevolgtrekkingen voor dit vak in deze toestanden wel enig voorbehoud.

De gunstigste situatie is ongetwijfeld T18 met lichte aanzanding in beide vakken. De toestanden T27^A, T35 en T37 geven volgens de grafiek zeer lichte tot bescheiden aanzandingen in beide vakken en lijken dus aanvaardbaar.

Op grond van de drie grafieken van bijlage 9 kan men nu besluiten tot

Conclusie VI: Voor wat betreft de zandhuishouding van het Doorsteektracé als geheel verdient het de voorkeur a de Doorsteek op N.K.D.-10m een breedte van 400 m te geven, terwijl een bodemligging van N.K.D.-10m verkieselijk lijkt boven een ligging op N.K.D.-14m;

b de lei- en beteugelingsdam nabij de Ballastplaat niet hoger te leggen dan op N.K.D. + 2,5m, terwijl een opening in de beteugelingsdam alleszins aanvaardbaar lijkt.

Zoals in par. 3.3 vermeld is voor raai II de waarde van m d.i. de maatstaf voor het resulterend zandtransport in een raai) bepaald door somming van een m-waarde voor de buitenste helft der doorsnede (mp 27) en die voor de binnenste helft (mp 28). Per modeltoestand kan dan ook de waarde worden berekend van de verhouding dezer componenten van m_{II} , d.i. de factor $(m_{II})_{bu} : (m_{II})_{bi} = \lambda$. Deze faktor zegt op zichzelf evenmin als de grootheid m iets over het al dan niet aanzanden of verdiepen van de raai als geheel. Wel geeft de waarde van λ enige aanwijzing voor de tendentie met betrekking tot de profielvorm van de Doorsteek in raai II. In de gegeven omstandigheden lijkt een lichte tendentie naar een bochtprofiel het gunstigste. De indicaties zijn als volgt:

$|\lambda| > 1$: tendentie naar een bochtprofiel;

$0 < |\lambda| < 1$: tendentie tot aanzanding in de buitenbocht en verdieping in de binnenbocht;

$\lambda < -1$: volgens de berekening is het resulterend zandtransport in de buitenbocht tegengesteld gericht aan dat in de binnenbocht. Mocht uitvoering overwogen worden van een oplossing, waarin zich dit voordoet dan lijkt een nadere bestudering van de stroombeelden in het Doorsteektracé op haar plaats.

In staat II zijn de waarden van λ vermeld voor de gevallen, weergegeven in de grafieken ② en ③ van bijlage 9.

Staat II: Waarden van $\lambda = (m_{II})_{bu} : (m_{II})_{bi}$

dam Ballastplaat onverstroombaar-grafiek ②				dam Ballastplaat overstroombaar-grafiek ③			
	p = 4		p = 5		p = 4		p = 5
T28	+ 0,1		+ 0,5	T28	+ 0,1		+ 0,5
T45	+ 0,3		+ 0,2	T18	+ 3,5		- 6,2
T41		- 3,5		T27 ^A	+ 2,2		- 2,3
T42	+ 0,3		+ 0,3	T35		- 187	- 10,4
				T37		- 0,4	- 0,3

Opm.: Aan de vermelde waarden van λ moet zeker geen hoge nauwkeurigheid worden toegekend: alleen aan relatief grote afwijkingen t.o.v. de "grenswaarden" +1 en -1 mag enige betekenis worden gehecht.

Opvallend zijn de bijzonder hoge waarden voor T35. De gegevens van staat II sluiten overigens goed aan op conclusie VI en doen besluiten tot:

Conclusie VII: Voor wat betreft de vorm van het dwarsprofiel halverwege de Doorsteek lijkt T27^A de gunstigste oplossing. Voor de gevallen T18, T35 en T41 mag eveneens een bochtprofiel worden verwacht, maar de stroombeelden zouden minder gunstig kunnen zijn (vooral in T35) en nadere bestudering behoeven.

In het voorgaande zijn alleen de relatieve verhoudingen voor de bodemwijzigingen der vakken A en B besproken. Hun feitelijke waarden zijn niet te bepalen zolang α onbekend is. Gegevens omtrent de waarde van α staan niet ter beschikking. Dezerzijds bestaat het vermoeden dat een redelijke schatting van deze waarde luidt: $0,6 < \alpha < 0,9$. Uit ($4^{A,B}$) volgt dan:

$$S_A = 1 \text{ à } 1,5 M_A \text{ en } S_B = 1 \text{ à } 1,5 M_B.$$

Indien dit vermoeden juist is kan voor het onderzochte springtij het totale (resulterende) zandtransport in m^3 van en naar de vakken A en B worden aangehouden 1 à $1\frac{1}{2}$ x de waarde van M volgens de grafieken van bijlage 9.

Voor $\alpha = 0,6$ (d.w.z. $S_{\text{vak}} = M_{\text{vak}}$) is tenslotte nog nagegaan wat het zandtransport in een kalenderjaar aan aanzanding of verdieping (gemiddeld over een vak) zou teweegbrengen. Daarbij is uitgegaan van de aan het begin van deze onderparagraaf vermelde veronderstelling omtrent de beïnvloeding van de snelheden door de getij-amplituden, terwijl de getijden zijn gestyleerd tot gemiddelde doottijden, gemiddelde getijden, gemiddelde springtijden en hoge springtijden. Men vindt dan de waarden van staat III. Deze waarden zijn overigens alleen bedoeld als illustratie van het voorgaande en zijn in zoverre fiktief dat een grote aanzanding of verdieping de stroomverschijnselen zou

beïnvloeden en bij gevolg de waarde van S_A dan wel S_B zodanig zou veranderen dat het betreffende proces in niet verwaarloosbare mate zou worden afgeremd (T28 is als grensgeval ook in staat III voor beide reeksen vermeld).

Staat III: Bodemveranderingen der vakken na 66n jaar voor
 $\alpha = 0,6$ bij ongewijzigde stroomverhoudingen.

	Vak A	Vak B	dam Ballastplaat
T28	- 1,1 à 3,3 m	+ 1,1 à 3,7 m	onover- stroombaar.
T45	- 1,0 à 1,9 m	+ 1,9 à 3,6 m	
T41	- 0,5 à 0,8 m	+ 0,4 à 0,8 m	
T42	- 0,9 à 1,6 m	+ 1,5 à 2,8 m	
T28	- 1,1 à 3,3 m	+ 1,1 à 3,7 m	overstroom- baar.
T18	+ 0,1 à 0,3 m	+ 0,5 à 1,0 m	
T27 ^A	+ 0,3 à 1,1 m	+ 0,3 à 0,4 m	
T35	+ 0,4 à 0,8 m	-	
T37	+ 0 à 0,6 m	+ 1,1 à 1,4 m	

par. 4 INVLOED VAN HET BELGISCHE VOORKEURSPROJECT OP DE WATERBEWEGING TUSSEN DE BELGISCHE GRENS EN HANSWEERT.

4.1 Algemeen

Na het gereedkomen van de Doorsteek zal de vaarweg ongeveer $3\frac{1}{2}$ km zijn verkort; dit nieuwe hoofdvaarwater zal door een dam met een kruinshoogte van N.K.D. + 7 m = N.A.P. + 4,6 m van het gebied van de huidige vaarweg worden afgeschermd. Deze dam sluit aan weerszijden aan op een beteugelingsdam door het huidige vaarwater met een kruinshoogte op N.K.D. + 2,5 m = N.A.P. + 0,1 m. Beide beteugelingsdammen vinden een voortzetting in een leidam, onderscheidenlijk langs het Zuidergat tot voorbij het Oude Hoofd van Walsvoorden (kruinshoogte N.K.D. + 2,5 m) en over de Ballastplaat tot aan de zeedijk. In de van Belgische zijde voorgestane oplossing (volgens modeltoestand T27^A, aangegeven op bijlage 1) zal in de oostelijke beteugelingsdam een opening worden gelaten, waardoor een zekere doorstroming door de oude geul in stand zal blijven. Deze opening zal een gemiddelde breedte van ongeveer 200 m hebben en tot N.K.D. -4m = N.A.P. -6,4 m reiken. Hierdoor zal het profiel onder N.A.P. van het huidige vaarwater tot aan de leidam worden teruggebracht van ongeveer 6800 m² tot ongeveer 1300 m², d.i. tot ongeveer 20%. Bij deze oplossing heeft de aansluitende leidam een kruinshoogte van ongeveer N.A.P., zodat deze dam in een gedeelte van de getijphase als overlaat zal werken. Voorts zijn de kreken van het Land van Saaftinge, eveneens door lage beteugelingsdammen, gescheiden gedacht van het nieuwe vaarwater.

In deze paragraaf zal de invloed van dit volgens T27^A uit te voeren project op de waterbeweging tussen de Belgische grens en Hansweert worden nagegaan. De in het vervolg beschouwde cijfers hebben merendeels betrekking op het in het getijmodel van het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout gestroomde hoge springtij. Het daarbij optredende getijverschil te Hansweert bedraagt 5,3 m, terwijl deze waarde bij gemiddeld springtij 4,9 m is en bij gemiddeld getij 4,35 m. Behalve voor dit hoge springtij zullen ook voor het gemiddelde getij cijfers worden gegeven omdat voor dit gemiddelde getij gegevens uit vroegere metingen en berekeningen

beschikbaar zijn. Om de gegevens van deze twee verschillende getijden met elkaar te kunnen vergelijken is aangenomen dat stromen en getijvolumina evenredig zijn met de onderscheiden getijverschillen. De vermelde snelheids- en debietgegevens zijn overigens niet nauwkeuriger dan op 5 à 10%.

4.2 Getijgegevens van het Doorsteektracé.

Door de verkorting van de vaarweg zal bij de Nederlands-Belgische grens het tijdsverschil tussen L.N. en H.N. een weinig kleiner worden en het getijverschil vermoedelijk enkele cm groter worden, een en ander op basis van gegevens afkomstig van het getijmodel. Deze veranderingen kunnen verder buiten beschouwing blijven.

Ten einde voor bepaalde profielen (aangegeven op bijlage 10) de gemiddelde snelheden, getijstromen en eb- en vloedvolumina (dat zijn de totale volumina water stromend per vloed c.q. eb door een raai) uit de modelgegevens af te leiden zijn de volgende bewerkingen toegepast. De in het getijmodel met behulp van drijvers gemeten snelheden geven weer de gemiddelde waarden over een hoogte van 3 m vanaf het oppervlak. Deze snelheden werden herleid tot gemiddelde waarden over de gehele verticaal, door een evenredigheidsfactor van 0,85 toe te passen (d.i. volgens de snelheidsparabolen met graad 6). Daarna werden gemiddelde waarden over een geheel profiel bepaald.

De op deze wijze per raai verkregen gemiddelde waarden werden vervolgens onderling vergeleken door de stromen door opvolgende raaien op een bepaald tijdstip met elkaar te vergelijken, met behulp van een zgn.kombergingsberekening, toegepast op het gebied tussen deze twee raaien. Zoals bekend is de kombergingsstroom per tijdseenheid het product van de waterstandstijging (dan wel daling) per tijdseenheid volgens de getijkrommen en de tussen de raaien gelegen wateroppervlakte.

Deze berekeningen toonden aan, dat er in het algemeen een voldoende overeenstemming is tussen de stromen, bepaald uit de gemeten snelheden in het model en die bepaald uit de kombergingsberekening hoewel verschillen van ten hoogste 10% kunnen

- voorkomen -

voorkomen. In staat IV wordt een overzicht gegeven van de totale eb- en vloedvolumina en de max. gemiddelde snelheden in de opvolgende raaien 1, 2, 3 en 4 van het Zuidergat en de Doorsteek (bijlage 10), zoals deze bepaald zijn voor het springtij in het getijmodel, met behulp van voornoemde kombergingsberekeningen.

Staat IV: Eb- en vloedvolumina en snelheden in het Doorsteektracé.

	volumina in millioen m ³		gemiddelde max. snelheid in m/sec	
	eb	vloed	eb	vloed
raai 1	210 ⁹⁰⁰ / ₁₇₀	210 ¹¹⁰ / ₁₇₀	1,05	0,90
raai 2	165 ¹³⁵ / ₁₇₀	165 ¹³⁵ / ₁₇₀	1,20	1,20
Land van Saaftinge	20 ¹⁵ / ₁₇₀	20 ¹⁵ / ₁₇₀		
raai 3	145 ¹⁷⁰ / ₁₇₀	145 ¹⁷⁰ / ₁₇₀	1,30	1,35
raai 4	125	125	1,40	1,35

De in- en uitstroming van het Land van Saaftinge (ongeveer 20 mill.m³) blijkt voornamelijk in de omgeving van raai 2 plaats te vinden. Van Belgische zijde is een afscherming van het Land van Saaftinge van de hoofdgeul in het plan opgenomen door in de bestaande geulen van dit gebied dammen aan te leggen met een hoogte op N.A.P. De overloop van water naar het Land van Saaftinge is tussen raai 3 en raai 4 (zie bijlage 10) bij gemiddeld getij zeer gering in verband met de hoge ligging van de terreinen. Bij het beschouwde springtij in het model treedt wel overloop op, maar de daarbij betrokken hoeveelheid water is toch gering.

Bij de contrôleberekeningen moet uiteraard rekening gehouden worden met de stromingen naar en van het Land van Saaftinge.

Uit staat IV blijkt, dat de snelheden rivieropwaarts gaande toenemen.

Aangezien raai 1 in de bestaande hoofdvaarweg is gelegen, is hier een vergelijking mogelijk met de gegevens voor gemiddeld getij bij de bestaande toestand. Uit staat IV volgt na reductie tot gemiddeld getij (vermenigvuldigingsfactor $4,35/5,3 = 0,82$), dat het vloedvolume en ebvolume elk ongeveer 170 mill.m³ zouden bedragen. Volgens de gegevens verkregen in het jaar 1964 zijn deze bedragen 180 millioen m³ in de eb en 125 millioen m³ voor de vloed. Hieruit blijkt dat bij de bestaande toestand het Zuidergat het karakter

van een ebschaar heeft, terwijl het Schaar van Waarde een vloed-schaar is. Deze situatie zal dus belangrijk wijzigen in het geval van de Doorsteek. Er wordt echter een lage dam gebouwd tot een hoogte van N.A.P. + 0,1 m, die het Schaar van Waarde en het Zuidergat scheidt. De grootte van de stroom over de dam kon echter niet bepaald worden uit de modelgegevens. Bij vloed zal deze overstroom geringer worden dan bij de bestaande toestand zodat het bestaande verschil tussen eb en vloed in raai 1 zal afnemen.

De max. ebstroom in het model gereduceerd tot gemiddeld getij is $10.500 \text{ m}^3/\text{sec}$, terwijl dit bedrag in de bestaande toestand $10.000 \text{ m}^3/\text{sec}$ zou zijn. Voor de max. vloedstroom zijn deze bedragen respectievelijk 16.000 en $14.000 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Het blijkt dus dat de max. stromen in raai 1, na de voltooiing van de doorsteek een weinig zullen toenemen bij eb en ongeveer 15% bij vloed. Hierbij moet overigens volledigheidshalve worden opgemerkt dat in werkelijkheid de veronderstelde evenredigheid tussen getij-amplitude en stroomsnelheid niet exact op zal gaan en er in feite in dit opzicht ook nog enig verschil kan zijn tussen eb en vloed. Deze verschillen kunnen de vermelde uitkomsten volgens de natuurmeting enigermate hebben beïnvloed.

Betreffende de eb- en vloedvolumina door de opening in de opwaartse beteugelingsdam, over de ernaast gelegen overlaat (leidam) en in de nabij gelegen raai 4 (over de Doorsteek, zie bijlage 10) wordt in staat V een overzicht gegeven. Vermeld zijn de waarden voor het hoge springtij en de door reductie hieruit verkregen waarden voor gemiddeld getij.

Staat V; Eb- en vloedvolumina in miljoen m^3 nabij het vertakkingspunt.

	volgens model (hoog springtij)		gemiddeld getij (volgens reductie)	
	ebvolume	vloedvolume	ebvolume	vloedvolume
raai 4	125	125	100	100
opening	30	25	25	20
overlaat	<u>35</u>	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>25</u>
Totaal	190	180	155	145

Bij de bestaande vaarweg is volgens kombergingsberekeningen bij gemiddeld getij nabij raai 4 het ebvolume 145 mill.m³ terwijl het vloedvolume ongeveer even groot is (de gemiddelde opperwaterafvoer is zeer klein). In verband met de slechts zeer geringe toeneming van het getij bovenstrooms van raai 4 in de toestand met Doorsteek mogen de nieuwe vloed- en ebvolumina maar heel weinig groter zijn dan in de bestaande toestand. De toeneming van 5 à 10%, die volgens staat V bij eb zou optreden als gevolg van de Doorsteek moet dan ook vrijwel geheel worden toegeschreven aan onnauwkeurigheden in de gemeten waarden, zowel in het model als bij de gegevens voor de bestaande toestand.

In staat VI zijn voor het gemiddelde getij de maximale vloed- en ebstromen en -snelheden vermeld.

Staat VI: Maximale stromen en snelheden nabij het vertakkingspunt bij gemiddeld getij.

	maximale stroom in m ³ /sec		gemiddelde maximale snelheid in m/sec	
	eb	vloed	eb	vloed
raai 4	6000	8500	1,05	1,10
opening	<u>1700</u>	<u>1500</u>	1,40	1,10
Totaal	7700	10000		
overlaat	4200	3500	0,8	0,8

In de bestaande hoofdgeul ter plaatse is volgens kombergingsberekeningen (toestand 1964) de totale maximum-ebstroom ongeveer 9000 m³/sec en de maximum-vloedstroom 12.000 m³/sec. Deze bedragen zouden vergeleken kunnen worden met de som van de stromen door raai 4 en de opening, respectievelijk 7700 m³/sec en 10.000 m³/sec (d.i. ongeveer 15% minder). De stroming over de overlaat heft echter bij maximumvloed dit verschil op, zelfs zodanig dat de totale stroom groter wordt dan bij de bestaande toestand, nl. 13.500 m³/sec (tegenover 12.000 m³/sec). Ten tijde van maximum-ebstroom in raai 4 en de opening is echter de stroom over de overlaat te verwaarlozen, zodat dan een negatief verschil zou optreden van 1300 m³/sec (= 9000 - 7700 m³/sec).

4.3 De waterbeweging in het gebied ten noorden van de Doorsteek.

De stroming door de opening en over de overlaat, landwaarts van deze opening, die de debieten naar en van het gebied ten noorden van de Doorsteek bepaalt, is in het voorgaande behandeld.

Betreffende de waterbeweging in het noordelijk gebied zelf volgt eerst een overzicht van de vloed- en ebvolumina door de raaien 1' t/m 4', aangegeven op bijlage 10, zowel voor het geval met de Doorsteek als voor de bestaande toestand. Alle waarden zijn gereduceerd tot gemiddeld getij.

Staat VII: Eb- en vloedvolumina in het noordelijk bekken bij gemiddeld tij, in miljoen m³.

	situatie met Doorsteek		bestaande toestand		verschil
	ebvolume	vloedvolume	ebvolume	vloedvolume	
raai 1'	170	170	160	220	
raai 2'	130	130			
raai 3'	105	105	220	220	- 115
raai 4'	75	75	170	170	- 95
opening + overlaat	55	45	145	145	- 95

Voor de volumina t.p.v. raai 3' en raai 4' in de bestaande toestand (afgeleid uit de metingen 1964 nabij de raaien 1 en 1') zijn aangehouden de som van de stroming door het Nauw van Bath en het Schaar van de Noord (het Schaar van de Noord komt nl. ten noorden van de strekdam te liggen). In 1963 is in de nabijheid der raaien 3 en 3' eveneens een meting uitgevoerd. De tot gemiddeld getij herleide volumina beliepen volgens deze meting $236 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ voor de eb en $225 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ voor de vloed, welke getallen goed overeenstemmen met de in staat VII vermelde hoeveelheden voor raai 3'.

De in staat VII vermelde volumina in raai 2' voor de situatie met Doorsteek hebben betrekking op het Schaar van Valkenisse. Het is niet bekend hoe groot de eb- en vloedvolumina in de bestaande toestand zijn, dit tengevolge van het onderling sterk afwijken van de stroombeelden bij eb en vloed. Wel is bekend dat in deze toestand de vloed-

- stroming -

stroming door raai 2' zowel op het Nauw van Bathals op het Zuiderget is gericht.

Uit staat VII blijken de ingrijpende veranderingen, die de Doorsteek op de waterbeweging in het noordelijk gebied heeft. De verschillen zijn eensdeels te verklaren door de vermindering van de stroming als gevolg van opening en overlaat en anderzijds door de wijzigingen in de kombergingsgebieden van de verschillende geulen ten gevolge van de bouw van de scheidingsdam ten noorden van de Doorsteek en de plastrandverdedigingen.

Op bijlage 11 is een schets gegeven van de invloed van de stroming door de opening en over de overlaat op de stromingen in het noordelijk gebied gedurende de ebperiode en de vloedperiode. Hiertoe zijn deze stromingen met behulp van de getijkrommen herleid tot een deel van de kombergingsoppervlakte van dit gebied. Uit bijlage 11 blijkt dat de invloed van opening + overlaat relatief groot is ten opzichte van de kombergingsoppervlakte in dit noordelijke gebied.

In staat VIII worden verder nog vergeleken de totale gemiddelde volumina voor de eb en de vloed over de gehele dwersdoorsnede voor de situatie met Doorsteek met die in de bestaande toestand, een en ander op basis van de modelresultaten en de uitkomsten der metingen van 1964 in de raaien 1 en 1'. De kleine verschillen tussen de eb en vloedvolumina als gevolg van opperwaterafvoer zijn daarbij buiten beschouwing gelaten.

Staat VIII: Gemiddelde volumina voor eb en vloed bij gemiddeld getij, in miljoen m³.

	$\frac{1}{2}(\text{ebvolume} + \text{vloedvolume})$		verschil
	situatie met Doorsteek	bestaande toestand	
raai 1 + raai 1'	360 ¹⁰⁰⁰⁰⁰ ₁₀₀₀₀₀	340 ¹⁰⁰⁰⁰⁰ ₁₀₀₀₀₀	+20
raai 2 + raai 2'	300 ¹⁰⁰⁰⁰⁰ ₁₀₀₀₀₀	280 ¹⁰⁰⁰⁰⁰ ₁₀₀₀₀₀	+20
+ Land van Saaf-tinge	240 ¹⁰⁰⁰⁰⁰ ₁₀₀₀₀₀	220 ¹⁰⁰⁰⁰⁰ ₁₀₀₀₀₀	+20
raai 3 + raai 3'	175 ¹⁰⁰⁰⁰⁰ ₁₀₀₀₀₀	150 ¹⁰⁰⁰⁰⁰ ₁₀₀₀₀₀	+25
raai 4 (Doorsteek) + raai 4'	150 ¹⁰⁰⁰⁰⁰ ₁₀₀₀₀₀	145 ¹⁰⁰⁰⁰⁰ ₁₀₀₀₀₀	+5

Ter toelichting op de gegevens voor de bestaande toestand diene dat het onmogelijk is een analoge raai als raai 4 + raai 4' in de situatie met Doorsteek aan te geven terwijl verder voor de huidige toestand het bedrag op de laatste regel geldig is voor de raai ter plaatse van de geprojecteerde beteugelingsdam.

Voor de situatie met Doorsteek is ook nog een vergelijking gemaakt tussen de gemiddelde maximale vloed- en ebsnelheden aan het oppervlak in de hoofdgeulen, voorzover hun diepte groter is dan N.A.P. - 6 m. In staat IX zijn deze snelheden, die voor wat betreft de raaien 1, 2, 3 en 4 in het model gemeten zijn over een hoogte van 3 m vanaf het oppervlak, weergegeven.

Staat IX: Gemiddelde maximale snelheden tijdens hoogspringtij in de bovenste laag der diepe geulgedeelten, situatie met Doorsteek.

raai	eb, m/sec	vloed, m/sec	raai	eb, m/sec	vloed, m/sec
1	1,35	1,15	1'	1,20	1,65
2	1,50	1,60	2'	1,20	1,35
3	1,60	1,75	3'	0,75	1,10
4	1,75	1,90	4'	0,50	0,65
opening	1,70	1,35			

Hieruit blijkt dat de snelheden in de nieuwe vaargeul rivieropwaarts gaande in belangrijke mate toenemen, terwijl dit in het noordelijke gebied omgekeerd is als gevolg van de profielvernauwing ter plaatse van de bovenwaartse opening. De tijden van de maximale snelheden in de opening vallen samen met die in de Doorsteek. De gemiddelde snelheden over dat deel der profielen, dat dieper ligt dan N.A.P. - 6 m zijn weergegeven in de volgende staat X.

Staat X: Gemiddelde maximale snelheden onder N.A.P. - 6m in de geulen tijdens hoog springtij, situatie met Doorsteek.

raai	eb, m/sec	vloed, m/sec	raai	eb, m/sec	vloed, m/sec
1	1,10	0,95	1'	1,00	1,35
2	1,20	1,30	2'	1,00	1,10
3	1,30	1,40	3'	0,60	0,90
4	1,40	1,55	4'	0,40	0,55

Voor de reductie naar gemiddeld getij moeten de cijfers der staten IX en X met ongeveer 0,8 worden vermenigvuldigd.

De gegevens der staten IX en X (verkregen uit drijfvermetingen in het model) zijn vrij hoog ten opzichte van die van staat III (bepaald uit kombergingsberekeningen voor het volle profiel, zie bl.23). Dit betekent dat de maximale snelheden ter plaatse van het diepste deel van de geulen niet onbelangrijk hoger zouden zijn dan de gemiddelde maximale snelheid voor de volle geulbreedte. De verwerkte drijfvermetingen zijn in grote lijnen met deze slotsom in overeenstemming.

Uit de metingen van het verticale getij in het Laboratorium blijkt voorts dat het verval over de opening in de be- teugelingsdam tijdens hoogwater niet meer dan 5 à 8 cm be- loopt (hoogste waterstand bovenstrooms). Dit verval wordt slechts gedurende een vrij korte tijd overtroffen en wel tij- dens eb bij een waterstand onstreeks N.A.P. (grootste verval: 15 cm). Tijdens een groot deel van de vloed (tussen 5 u en 1 u voor H.W.) is het verval tegengesteld gericht met een maximale waarde van on- streeks 8 cm tussen 4 en 2u voor hoogwater.

4.4 Gevolgtrekkingen met betrekking tot het voorkeursproject.

Uit de hiervoor vermelde uitkomsten van het modelonder- zoek en verrichte berekeningen aan de hand van natuurmetingen kan een aantal gevolgtrekkingen worden gemaakt met betrekking tot de waterloopkundige omstandigheden, die zich zullen voordoen bij uit- voering van het Doorsteekproject volgens modeltoestand T27^A. Deze conclusies slaan zowel op de veranderingen ten opzichte van de huidige toestand als op stroomverhoudingen in de ontworpen Door- steek. De voornaamste van deze gevolgtrekkingen volgen hieronder.

Conclusie VIII: In de situatie volgens T27^A nemen in het vaarwater rivieropwaarts gaande tussen Walscoorden en de Neder- lands-Belgische grens (afstand bijna 12 km) de gemiddelde maximum- snelheden zowel bij eb als bij vloed belangrijk toe (voor het onderzochte hoge springtij van ong. 1 m/sec tot ong. 1,4 m/sec).

De totale eb- en vloedvolumina zullen in de raai Walsoorden-Waarde (raaien 1-1') in de situatie volgens T27^A praktisch gelijk zijn aan de huidige. Bij eb verdeelt het volume zich thans ongeveer gelijk over het Zuidergat en het gebied van het Schaar van Valkenisse en deze verdeling zal door de Doorsteek niet essentiëel veranderen. Bij vloed daarentegen zullen wel grote veranderingen optreden. In de huidige situatie stroomt namelijk slechts ongeveer 35% van dit volume door het Zuidergat (d.i. 40 à 45% van het vloedvolume van het Schaar van Valkenisse c.a.), maar in de nieuwe situatie wordt de verdeling ongeveer gelijk, m.a.w.:

Conclusie IX: In de situatie volgens T27^A zal het vloedvolume van het Zuidergat nabij Walsoorden ongeveer 35% groter zijn dan thans en dat in het gebied van het Schaar en de Platen van Valkenisse 20 à 25% kleiner.

Ter vergelijking van de twee toestanden staan over een klein gebied (model)-drijvingen ter beschikking voor zowel de bestaande toestand (To, ontleend aan het lit. 3) als voor T27^A. Dit gebied is aangegeven op de situatie-tekening van bijlage 12. Uit die drijvermetingen zijn voor het Zuidergat ter plaatse snelheidsgrafieken afgeleid, zowel voor het vaarwater als voor de noordelijk aansluitende plaatrand zuidelijk van de ontworpen leidam. De bewuste grafieken, afgebeeld op bijlage 12, geven de aanwijzing dat de vermelde toeneming van de vloedstroom redelijk gelijkmatig verdeeld gedurende een groot gedeelte van de duur der vloedstroming zal plaatsvinden.

Het is zonder nadere studie moeilijk uit te maken wat de gevolgen van de toeneming der vloedstroming in het Zuidergat zal hebben op de zandhuishouding van deze goul. Het ligt namelijk in de rede dat de leidam over de Platen van Valkenisse een verstorende invloed zal hebben op de zandtoevoer vanaf deze platen naar het Zuidergat bij vloed. Bovendien zal deze toevoer door de vermindering van de vloedstroom in het noordelijk gebied afnemen. In elk geval mag een versterkte aanval op de oever door de vloedstroom bepaald niet worden uitgesloten, waaruit volgt:

Conclusie X: Enige aanvulling rivierwaarts van de aaneengesloten verdediging tussen het Oude Hoofd en de Wilhelmspolder zal nodig kunnen zijn, terwijl een zuidwaartse uitbreiding ervan (naar schatting voorhands over 500 m) ernstige overweging lijkt te verdienen.

Verdere gevolgtrekkingen zijn nog:

Conclusie XI: Vergelijken met de bestaande toestand zullen in de situatie volgens T 27^A

a in het Schaar van Valkenisse de maximum-ebanelheden wat toenemen en de maximale vloodsnelheden wat afnemen;

b in het gebied ten oosten van het Schaar van Valkenisse de maximale eb- en vloodsnelheden oostwaarts gaande in steeds toenemende mate afnemen en wel tot ongeveer 35% nabij de opening in de beteugelingsdam.

Conclusie XII In de situatie volgens T 27^A is

a het vloodvolume zowel door de opening in de beteugelingsdam als over de aansluitende leidam op de Ballastplaat wat kleiner dan het ebvolume, terwijl voor beide getijfasen de volumina over de overlaat iets groter zijn dan door de opening;

b de maximale snelheid over de overlaat bij eb vrijwel gelijk aan die bij vloed en laag (0,8 m/sec bij gemiddeld getij) vergeleken bij die in de opening (1,4 m/sec bij eb, 1,1 m/sec bij vloed);

c de gemiddelde maximum-snelheid in de opening bij vloed ongeveer gelijk aan die in de Doorsteek ter plaatse en bij eb ca 30% hoger.

Volledigheidshalve worde nog vermeld dat bij de in deze paragraaf besproken berekeningen de kombergingsvermeerdering ten gevolge van de Doorsteek is verwaarloosd. Deze belooft ten opzichte van het getijvolume in raai 2-2' beneden de eigenlijke Doorsteek (bijlage 10) ongeveer 3%.

par. 5 OPMERKINGEN VAN RIVIERKUNDIGE EN ALGEMENE AARD.

5.1 Het tracé.

De Doorsteek is ontworpen ten behoeve van de scheepvaart; een indruk van de mate van verbetering geeft bijlage 13, waarop de assen van de vaarwegen (situatie 1969) en de stralen van de bogen in deze vaarwegen staan aangegeven. Bij de voortgang van het laboratorium-onderzoek is het aanvankelijke tracé enigszins gewijzigd; vanaf toestand T16 is als aslijn voor de Doorsteek aangehouden de op bijlage 13 aangegeven tracé-lijn. Na de voltooiing van het laboratorium-onderzoek heeft men van de zijde der Antwerpse Zeediensten een variant-tracé vastgesteld, dat ten opzichte van dit laboratoriumtracé over 50 à 100 m noordwaarts is verschoven. Beide laatstgenoemde aslijnen staan met de stralen van hun bogen aangegeven op de afzonderlijke aslijnenfiguur van bijlage 13; voor de vaststelling van deze twee tracé's is een der uitgangspunten geweest het vermijden van de zinkers, die ter hoogte van de Ballastplaat het vaarwater kruisen (het beloop aan de binnenbocht is op 1 : 10 ontworpen).

Een der maatstaven ter beoordeling van de geschiktheid van een vaarwater is de grootte der stralen van zijn bochten. Met het oog op de vaart van zeeschepen zal men de straal van een nieuwe bocht in het vaarwater der Westerschelde bij voorkeur niet kleiner kiezen dan 3000 m; de beide Belgische tracé's bestaan uit een aanschaakeling van zeer flauwe bogen (die alle in dezelfde zin buigen) en strekken en voldoen duidelijk aan deze eis.

In de bestaande vaarweg is de situatie gelet op de bochten duidelijk het slechtste bij Bath, waar de bocht bestaat uit drie aansluitende bogen met stralen van (opwaarts gerekend) achtereenvolgens 3400 m, 1100 m en 2000 m (enkele jaren geleden was de kromming ter plaatse nog sterker). De ontworpen doorsteek betekent voor dit gedeelte van de vaarweg dus een zeer aanzienlijke verbetering. Elders op de Westerschelde is de situatie minder gunstig. Zo heeft benedenstrooms van het Doorsteektracé nabij Hansweert de verbinding Overloop van Hansweert-Zuidergat, die ook door de grote schepen wordt gebruikt, een naar verhouding scherpe bocht (twee aansluitende bogen met stralen van 1750 m en 2000 m). Daarnaast staan op bijlage 13 nog 6 bochten in de bestaande vaargeulen aangegeven, alle met

- stralen -

stralen tussen de 2000 en 2600 m, waarvan er in de nieuwe situatie drie zullen blijven bestaan (bocht Middelgat, bocht Zuidergat en de bocht ter hoogte van de Zandvlietalsuis).

De plaatselijke verbetering van de vaarweg door de ontworpen Doorsteek is, zoals reeds gesteld, evident. Dat neemt niet weg dat het niet uitgesloten lijkt dat het tracé door ondergeschikte wijzigingen nog enigermate verbeterd zou kunnen worden. Deze verbeteringen zouden dan betrekking moeten hebben op de aansluitingen aan weerszijden van de Doorsteek, terwijl een wat noordelijker ligging van het tracé gunstig zou zijn voor het optimale behoud van het Land van Saaftinge als natuurgebied, wat een oogmerk is van Nederlandse zijde.

Met het oog op deze overwegingen is een tweetal variant-tracé's in rood aangegeven op bijlage 13, zowel in de situatie (schaal 1 : 50000) als in de aslijnenfiguur (schaal 1 : 25000). Voor het - samenvallende - westelijke gedeelte van deze varianten is het voorstelbaar dat het nog wat gewijzigd zou moeten worden zodra de vormgeving der rivier nabij Baalhoek in verband met het plan voor een kanaal met sluis aldaar nader zou moeten worden vastgesteld. Deze laatste overweging geldt overigens ook voor het in het model onderzochte tracé. Uiteraard zouden de geschetste, eventueel nog nader te herziene, variant-tracé's nader op hun mogelijkheden onderzocht moeten worden. Daarbij zou tevens kunnen worden nagegaan of de in rood gestreepte variant met een tegenbocht met een straal van 3000 m nabij de Zandvlietalsuis (die ten opzichte van de huidige toestand een zeer grote nautische verbetering betekent, maar in dit opzicht misschien een weinig achterstaat bij de andere tracé's) vanuit stromingsoogpunt al dan niet een duidelijke verbetering teweegbrengt.

Een onderzoek als hiervoor aanbevolen zou verricht kunnen worden aansluitend op uit anderen hoofde ook gewenste aanvullende drijfvermetingen (conclusie V, par. 2.3, bl. 13 en conclusie VII, par. 3.4., bl.22).

5.2 Het dwarsprofiel van de Doorsteek en de dammen ter weerszijden ervan.

Voor wat betreft het dwarsprofiel van de Doorsteek lijken
- geulwanden -

geulwanden steiler dan 1 : 4 niet gewenst vanuit stabiliteitsoverwegingen. Anderzijds lijkt het voorgestelde binnentalud (1:10) erg flauw : buiten de betonde vaarweg bevindt zich dan tot aan de oever-rand nog een ongeveer 110 m brede wateroppervlakte (bijlage 1, doorsnede). Het verdient dan ook overweging dit binnentalud wat steiler op te zetten , waarover grondmechanisch onderzoek uitsluitsel kan geven.

De ontworpen dijk ten noorden van de Doorsteek heeft een kruinshoogte van N.R.D. + 7 m = N.A.P. + 4,60 m.

Omtrent de verhouding van deze kruinshoogte ten opzichte van stormvloedstanden en daarbij passende gemiddelde golfhoogten voor deze dijk geeft staat XI een indruk.

Staat XI: Stormvloedstanden te Bath en golfhoogten voor de dijk langs de Doorsteek.

overschr. frequentie per jaar	waterstand t.o.v. N.A.P. te Bath	opmerkingen	golf bij N.W.-wind windsnelh. in m/sec	golfhoogte in m
$50 \cdot 10^{-2}$	4,05 m	grenspeil	20	0,8 m
$3 \cdot 10^{-2}$	4,60 m	kruinshoogte	20	0,9 m
$3,3 \cdot 10^{-3}$	5,60 m	1-2-'53	25	1,1 à 1,2 m
$2,5 \cdot 10^{-4}$	6,30 m	super S.V.	30	1,5 m

Het is duidelijk dat bij flinke storm golven over de kruin van de dijk zullen slaan en dat bij zware stormen de dijk zal kunnen overstromen. Uiteraard zal de constructie van de dijk dan daarop afgestemd moeten zijn. Men zou overigens ook kunnen overwegen de dijk hoger te maken.

In de situatie met Doorsteek zal, naar in par. 4.2 is vermeld, de hoogwaterstand nabij de grens vermoedelijk iets hoger worden. Uit lit. 2, bl. 26/27 zou volgen dat voor het onderzochte hoge spring-tij deze verhoging bovenstrooms van de grens op ong. 5 cm kan worden geschat. De invloed van de Doorsteek op de stormvloedstanden bovenstrooms ervan is onbekend, in welk verband kan worden aangetekend dat de dijk voor wat betreft de opwaaiing enige verlagende werking zou kunnen hebben. Het lijkt gewenst dat de invloed van de Doorsteek op hoge stormvloedstanden wordt nagegaan.

In het project zijn verder nog opgenomen een drietal beteugelingsdammen ten Zuiden van de Doorsteek en wel in de toegangseulen naar het Land van Saaftinge (bijlage 13). De ontworpen kruinshoogte van deze dammetjes is N.K.D. + 2,5 m = N.A.P. + 0,1 m. De consequenties hiervan zijn de volgende:

De getijkromme in de hoofdgeultjes van het Land van Saaf-tinge zal uiteen vallen in twee gedeelten van elk ruim 6 uur, te weten één van een vrijwel constante waterstand (N.K.D. + 2,5 m) en één met het boven die waterstand gelegen deel der normale ge-
tijkromme (bij grote benadering). Dit betekent een omhoogkomen van de gemiddelde grondwaterstand, die het grootste is in de na-bi-
theid van deze hoofdgeulen. De gemiddelde grondwaterstand is botanisch gesproken een belangrijke factor; wijzigingen in de
begroeiing kunnen gevolg zijn van een verandering van de grond-
waterstand. Verder zal een gevolg van de aanleg dezer dammetjes
zijn dat er gedurende ongeveer de helft van het getij een stroom-
loze toestand in de hoofdgeultjes zal heersen; een sterke aan-
slibbing zal hiervan het gevolg zijn.

De beide wijzigingen lijken niet gunstig met het oog op het gewenste behoud van het Land van Saaftinge als natuurgebied. Anderzijds is het nut van de dammetjes niet geheel duidelijk en wordt dit in het modelverslag ook niet aangetoond. De aanleg dezer
dammen zou n.l. alleen nodig kunnen zijn ter beteugeling van voor de
scheepvaart hinderlijke dwarsstromen. Van klachten hierover is voor de huidige toestand - die voor wat betreft de IJskelder en het
Speelmansgat geheel vergelijkbaar is met de modelsituaties - echter
niets bekend.

Het voorgaande leidt dan ook tot de slotsom dat een nadere
argumentering nodig is alvorens tot de bouw van de beteugelings-
dammen in de hoofdgeultjes van het Land van Saaftinge te besluiten
(een bescherming tegen achterloopsheid zou bovendien nodig zijn).

5.3 Vraagstukken verbonden aan de uitvoering.

Tijdens bepaalde stadia van het werk zullen stromingstoe-
standen optreden, sterk afwijkend van die in de huidige situatie
en de eindtoestand. Vooral van belang in dit verband zijn uiteraard
de situaties vanaf de fase, waarin de Doorsteek geheel gegraven zal
zijn tot de fase, waarin de beide beteugelingsdammen in het huidige

vaarwater zullen zijn gebouwd. Deze situaties dienen zowel met het oog op de scheepvaart als vanwege mogelijke aanzandingen en ontgrondingen voor de uit te voeren oplossing van het project uitvoerig in het model te worden onderzocht.

Een tweede belangrijke aangelegenheid is de berging van vrijkomende specie. Staat XII geeft een raming van de hoeveelheden specie, die verwijderd moeten worden voor de verschillende onderzochte doorsneden van de Doorsteek en van de hoeveelheden, die bij de uitvoering vermoedelijk gebruikt zullen kunnen worden.

Staat XII: Hoeveelheden specie in miljoen m³.

Te baggeren			Te verwerken	
Breedte Doorsteek op N.K.D.-10m	Bodem Doorsteek t.o.v. N.K.D. -10 m -14 m		Dam Ballastplaat c.a.:	5,5
300 m	33	39	Dam overloop van Valkenisse c.a.:	7,5
400 m	40	48	Noordelijke dijk:	0,5
500 m	47	59	Totaal	13,5

Over de bruikbaarheid der te verwijderen specie is weinig bekend en bodemonderzoek zal nodig zijn om hierover uitsluitel te geven. Duidelijk is in elk geval dat zeer grote hoeveelheden specie geborgen zullen moeten worden, eventueel voor een deel door verwerking elders. Voor de vermoedelijk meest aantrekkelijke oplossing van het project (breedte Doorsteek 400 m op peil N.K.D.-10m) belooft het overschot aan specie in elk geval ruim 25 miljoen m³.

5.4 Veranderingen in het noordelijk bekken na de gereedkomingen van het project, volgens T 27^A.

Bij het modelonderzoek heeft men gevonden dat zich in het noordelijk bekken vrij grote bodemveranderingen zullen voordoen. In T13 (vermeld op bijlage 2) vond men bij een bewegelijke bodem in dit modelgedeelte "na een zekere tijd" stromen met het hoge

springtij een "zeer vlugge en felle verzanding van het huidige vaarwater" even ten westen van Bath door het "opwaarts schuiven van de Platen van Valkenisse" (lit. 2, bl. 25 en bijl. 31). Voor T15 (eerder omschreven in de noot van par. 3.1, bl.14) vond men na 230 hoge springtijden hetzelfde (lit.2, bl.30/31 en bijl.39). Op grond hiervan heeft men naar reeds vermeld (par. 2.1 en 2.4) onderzocht toestand T 27^B, die ten opzichte van T 27^A verschilt door verlagings en opwaartse verschuiving van de Platen van Valkenisse, inscharingen in die platen en aanvulling van het noordelijk bekken. Zolang de opvulling onder N.K.D.-peil blijft, brengen deze verschijnselen mee verlaging der snelheden in de nieuwe vaarweg. Voor de maximale snelheden belooft deze vermindering: bij eb 10% in meetpunt 19 en 13% in de raai door de meetpunten 27 en 28, bij vloed op beide plaatsen 7%. Bovendien zakt de verhouding van ($v_{\max}$) mp27 tot ($v_{\max}$) mp28 van 1,11 tot 0,77. Vindt daarna een verdere opvulling van het noordelijk bekken plaats dan stijgen de bewuste snelheden weer (lit. 2, bl. 37).

Of deze verschijnselen zich inderdaad snel en in deze omvang zullen voordoen staat echter op grond van de volgende overwegingen niet zonder meer vast.

Het oostwaarts gerichte zandtransport wordt bewerkstelligd door de krachtige vloedstromen, die niet alleen door de vloedscharen, maar ook over de platen trekken. Deze platen liggen voor een groot deel boven laagwaterpeil (bijlage 12, situatie-tekening). Door dit vloedtransport wordt zand afgezet in de hoofdgeul om vervolgens bij eb door de ebstroom stroomafwaarts te worden verplaatst. Dit dynamische evenwicht zal door het scheppen van de nieuwe situatie drastisch worden gestoord: immers volgens staat IV (par. 4.3, bl.26) en Conclusie IX (bl. 33) zal hierdoor in raai 1' het vloedvolume 20 à 25% afnemen, terwijl het ebvolume ongeveer gelijk zal blijven. Over veranderingen in de sterkte der stromingen over de platen is geen definitieve uitspraak te doen ten gevolge van het ontbreken van vergelijkbare drijfgegevens voor de ijktoestand To. Voor deze toestand zijn wel drijvingen uitgevoerd ten westen van Walsoorden ten behoeve van het onderzoek voor een vaste oeververbinding (lit.5). De smalle strook, waarin voor beide toestanden is gedreven, staat

aangegeven op bijlage 12, waarop verder de daaruit voor beide modeltoestanden afgeleide snelheidsgrafieken voorkomen. Deze grafieken brengen de vermeerdering van de vloedstroom in het Zuidergat in beeld en geven een sterke aanwijzing dat ten noorden van de leidam ook de vloedstromen over de platen vrij sterk zullen afnemen. De vermindering van de vloedstroom in dit gebied begint namelijk vanaf ongeveer 4 u voor H.W., neemt daarop verhoudingsgewijze voortdurend toe gedurende ongeveer 2 uur, waarna ze relatief wel afneemt, maar wel degelijk van betekenis blijft tot ongeveer $\frac{1}{2}$ uur voor H.W. Het tijdstip van maximale vloedstroom over de platen ligt in raad tussen $1\frac{1}{2}$ en $\frac{1}{2}$ uur voor H.W.

Een vermindering der snelheid met 20 à 25% betekent volgens de voorlopige zandtransportformule (2^a) van par. 3.2 (bl. 16) een vermindering van het zandtransport van 60 à 75%. Bovendien zal het zandtransport op een vrij belangrijk deel der platen in eerste aanleg vermoedelijk meer afnemen dan in de vloedscharen door de aanwezigheid van de leidam.

In verband met het voorgaande worde opgemerkt dat voorzichtigheid bij de interpretatie der modelgegevens over het zandtransport in het platengebied geboden is.

Enerzijds zijn de transport- en tijdschalen niet eenvoudig te bepalen, anderzijds is alleen gestroomd bij niet maatgevend te achten zeer hoge springtijden. Dit voorbehoud geldt des te sterker zolang vergelijkbare gegevens voor de toestand To ontbreken.

Overigens zal een verandering van het geul- en platenstelsel in het noordelijk gebied in de nieuwe toestand ongetwijfeld optreden. Het is echter bepaald heel wel mogelijk dat dit zal geschieden in een veel rustiger tempo en met veel minder forse wijzigingen dan in lit. 2 is voorzien.

Tenslotte zij opgemerkt dat uit conclusie XI b (par. 4.4, bl. 34) volgt dat aanzandingen en aanslibbingen, die de sterkte der getijstromen in het noordelijk gebied zullen beïnvloeden, zullen beginnen in de omgeving van de betugelingsdam nabij de Ballastplaat. Door de sterke afnemings der snelheden op de platen aldaar zijn vooral aanslibbingen te wachten, die de komberging zullen verminderen, waardoor baggerwerken nodig kunnen worden (par. 2.2, bl. 8)

5.5 Invloed van de Doorsteek op de waterverontreiniging op Nederlands gebied.

5.5.1 De afvalwaterlozing op Belgisch gebied en haar gevolgen voor de waterkwaliteit.

Op de Schelde en haar zijrivieren worden in de huidige toestand zeer grote hoeveelheden ongezuiverd huishoudelijk en industriëel afvalwater geloosd, naar schatting 5 miljoen inwoner-aquivalenten. De lozingen beginnen onmiddellijk voorbij de grens langs de rechteroever, waar het complex chemische industrieën zich uitstrekt tot nabij Antwerpen. De voornaamste industriële vervuilers lijken hier te zijn de B.A.S.F.-fabriek nabij Zandvliet, de Solvay-fabriek tussen Blauwgaren en Frederik, de Degussafabriek nabij Lillo en de Bayerfabriek stroomopwaarts daarvan (bijlage 14) terwijl voorts een belangrijk deel van het huishoudelijk afvalwater van Antwerpen (eveneens ongezuiverd) nabij Belgische sluis loost. Verder stroomopwaarts bevinden zich o.a. petroleum-raffinaderijen, terwijl het ongezuiverde afvalwater van Brussel en Antwerpen via de Rupel in de Schelde terecht komt. Over de samenstelling van het industriële afvalwater is vrijwel niets bekend.

Aangaande de gevolgen, die deze afvalwaterlozing op Nederlands gebied heeft staan ter beschikking gegevens van enkele grootheden betreffende de belasting met organisch materiaal. Deze gegevens zijn verkregen uit regelmatige monsternemingen op bepaalde punten, welke monsters door het R.I.Z.A. zijn geanalyseerd. Bijlage 15 geeft voor deze grootheden enige uitkomsten van dit onderzoek weer voor de Westerschelde boven Hansweert, aangevuld met enkele Belgische resultaten voor de Schelde. Het betreft hier de gemiddelde waarden voor de zomer-seizoenen 1966 t/m 1970 van het zuurstofgehalte, de B.O.D.₅ - concentratie en de ammoniak-concentratie, alle in mg/l.

De grafieken geven een goede indruk van de buitengewoon slechte hoedanigheid van het water der Belgische Schelde en van de geleidelijke verbetering van de kwaliteit op de Westerschelde waardoor eerst bij Perkpolder-Hansweert het O₂-gehalte boven het verzadigings-

percentage van 80% komt (niet echter in 1969!). Opvallend zijn verder de snelle stijging van de waarden voor NH_4^+ na 1967 en de doorwerking daarvan tot Hansweert. Bij bijlage 15 dient voorts te worden opgemerkt dat het zomerseizoen weliswaar het ongunstigste seizoen is, maar dat de grafieken gemiddelden betreffen zodat in feite veel ongunstiger waarden zijn voorgekomen.

Voorshands moet worden aangenomen dat de afvalwaterbelasting op de Schelde nog belangrijk zal worden vergroot. Weliswaar zijn er plannen voor een zuivering van een bescheiden hoeveelheid van het thans geloosde huishoudelijk afvalwater, maar daartegenover staan de reeds beraamde en verder te verwachten toeneming van industriële afvalproducten, de plannen voor de lozing van al het industriële afvalwater van de Belgische Kempen nabij Belgische sluis enz. Voorts zal koelwater (waaronder dat voor de spoedig voltooide kern-energiecentrale nabij Doel) een ongunstige invloed hebben op de zuurstofhuishouding van het over het volle rivierprofiel bedorven Scheldewater.

5.5.2 Het zelfreinigingsproces op de Westerschelde thans en in de situatie met Doorstaek.

De zelfreiniging van rivierwater betreft het afbreken van organisch materiaal, waarvoor zuurstof wordt gebruikt. Deze zuurstof wordt opgenomen tijdens stroming door de normale "turbulente diffusie"; Zowel de turbulentie der waterbeweging als de wind bevorderen dit proces van herbeluchting (reaeratie), dat echter bij een zo slechte waterkwaliteit als het Scheldewater heeft, weinig ten goede op deze rivier kan bewerkstelligen. Daarnaast kan zuurstof in het water worden gebracht door koolstofassimilatie van groene algen, doch ook van dit laatste proces mag op de Schelde, gezien de troebelheid van het water, niet veel worden verwacht.

De reeds genoemde analyse-resultaten maken duidelijk dat de zuurstofinbreng niet in staat is de verontreiniging op de Schelde in België in voldoende mate te verminderen.

Op Nederlands gebied is reeds even voorbij de grens een gebied van scharen en platen aanwezig, dat voorbij Bath zeer omvangrijk wordt. De "turbulente diffusie" wordt in deze gebieden met hun steeds

wisselende stromingen en periodieke droogvallingen sterk vergroot; ook menging met uit het westen bij vloed toestromend water speelt hier een rol.

Deze "schaarwerking" en "oppervlaktewerking" brengen de relatief snelle verbetering van de waterkwaliteit, weergegeven op bijlage 15 teweeg. Over het verloop van de concentraties van anorganische afvalstoffen, gifstoffen e.d. bieden de grafieken uiteraard geen informatie. Wel kan in algemene zin worden opgemerkt dat er in het beschouwde gebied voor deze stoffen enerzijds sprake is van accumulatie en wellicht door onderlinge beïnvloeding ook van versterking van de vervuilenende werking, maar dat anderzijds (vrij langzame) uitwisseling van water met de verder benedenstroomse riviergedeelten optreedt.

Over de gevolgen van de Doorsteek op de verontreiniging van dit deel der Westerschelde kan nu het volgende worden opgemerkt:

Door de verkorting van de vaarweg met $3\frac{1}{2}$ km zal ook de verontreiniging bij eb vanuit België verder op Nederlands gebied doordringen. Een indruk van de onmiddellijke invloed hiervan geeft de theoretische weg, die een waterdeeltje aflegt. Deze is in de dertiger jaren aan de hand van metingen vastgesteld (lit. 4), waarbij de gemiddelde snelheid in de verticaal uitgangspunt is geweest. Daar er reden is aan te nemen dat de nadien opgetreden wijzigingen voor wat betreft het hoofdvaarwater van ondergeschikte betekenis zijn bieden de bewuste gegevens een goede indruk voor de huidige omstandigheden.

Op bijlage 14 staat voor twee punten van de Schelde, te weten de ingang der Zandvlietsluis en de ingang der Boudewijnsluis, deze theoretische weg aangegeven zowel voor eb gemiddeld springtij als voor eb gemiddeld doodtij. Voorts zijn onderscheiden de huidige toestand en de toestand met Doorsteek en een hoogwatervrije leibeteugelingsdam op de Ballastplaat (T28, T45, T41 en T42). De in grijs aangegeven stroken geven achtereenvolgens aan het riviervak waar de beschouwde watermassa zich bevindt aan het begin der waterbeweging en het riviergedeelte, dat deze watermassa in de vier onderscheiden gevallen volgens de gebezigde procedure zou bereiken. Daarbij zijn eenvoudshalve de lengten der stroken voor alle toe-

standen met Doorsteek gelijk gesteld aan de overeenkomstige lengten in de bestaande toestand, wat strikt genomen niet juist is. Uit de beschouwing onder 5.5.1 volgt dat in een strook de vuilbelasting in bovenstroomse richting gaande waarschijnlijk toeneemt en ook bovenstrooms van de grijze stroken het water zwaar verontreinigd is. De stroken zijn dan ook alleen ter oriëntering aangegeven.

Op zichzelf is de verdere westwaartse opdringing van dit vervuilde water reeds ernstig genoeg. De situatie zal in feite echter veel slechter worden doordat de schaarwerking, die zo'n belangrijke rol speelt bij de huidige zelfreiniging benedenstrooms van de grens, alsdan tot aan de beteugelingsdam in de Overloop van Valkenisse geheel weg zal vallen en verder benedenstrooms sterk in betekenis zal afnemen door de vrij hoge leidam op de Platen van Valkenisse. Op zichzelf zouden ten opzichte van de bestaande toestanden de gevolgen hiervan zijn:

- een sterk toenemende vervuiling benedenstrooms van de beteugelingsdam in de Overloop van Valkenisse tot ver voorbij Hansweert;
- in het noordelijk bekken een duidelijke verbetering der waterkwaliteit, die het grootste is in de omgeving van de beteugelingsdam nabij de Ballastplaat en vandaar stroomafwaarts gaande afneemt;
- via de toegangsgoulen naar het Land van Saaftinge een relatief sterke vervuiling van dit gebied (dit zou voor wat betreft het industriële afvalwater zeer schadelijk kunnen zijn voor de begroeiing). De beteugelingsdammetjes in deze kreken lijken dit nadeel nog te vergroten doordat zij stagnatie in de waterbeweging in deze goulen gedurende de helft van het getij veroorzaken.

Met name het eerstgenoemde gevolg dreigt het Nederlandse beleid inzake de afvalwaterlozing op de Westerschelde te doorkruisen. In de beschouwde situatie zou de huidige toevoer aan de grens van Belgisch afvalwater namelijk grotendeels als het ware recht tegenover Waarde komen te liggen, waardoor in feite de mogelijkheid voor lozing via de persleiding nabij Waarde wordt beperkt (aan dit afvalwater zullen zekere eisen worden gesteld; de belasting via deze leiding zal in orde van grootte 2 miljoen I.S. belopen). Boven-

dien zal door de Doorsteek ook de schaarwerking in het gebied ten noorden van de leidam over de Platen van Walscoorden en Valkenisse minder worden door de afneming van het vloedvolume in dit gebied, dat- naar uit conclusie IX (par. 4.4, bl. 33) volgt - in het beschouwde geval meer dan 20 à 25% zal belopen. .

Het is duidelijk dat uit het voorgaande volgt dat het met het oog op de verontreiniging de voorkeur verdient dat

- de beteugelingsdammetjes in de kreken naar het Land van Saaftinge achterwege blijven;
- de lei-beteugelingsdam nabij de Ballastplaat overstroombaar is.

Bij dit laatste punt past nog de volgende toelichting:

Aangezien een kruinshoogte van de bewuste dam lager dan N.K.D. + 2 m uit anderen hoofde weinig aantrekkelijk lijkt (par. 2.3, conclusie IV e.v., bl. 12/13) zal een overstroombare dam zonder opening waarschijnlijk nog weinig uitrichten. Vermoedelijk zal pas een opening in de beteugelingsdam (T 27^A) een merkbare verbetering teweegbrengen door de ontlasting van de Doorsteek gedurende de volle fase van de 6^eeb. Deze verbetering zal overigens nog zeer bescheiden zijn omdat volgens staat IV (par. 4.2, bl. 27) door de opening slechts een 15% van het tij-volume ter hoogte van het vertakkingspunt stroomt (over de overlaat gemiddeld 18%). Uiteraard zal de zijdelingse stroming bij het vertakkingspunt de situatie in het noordelijk bekken wat ongunstiger maken dan in het geval van een onoverstroombare dam.

De voorgaande overwegingen zijn van kwalitatieve aard. Een kwantitatieve beschrijving van de te verwachten nadelige gevolgen van het Doorsteektraject op de kwaliteit van het Westerscheldewater is niet mogelijk voordat ter zake berekeningen zijn verricht. Daarvoor moet tevens aanvullend onderzoek worden verricht (waarmee bereids een begin is gemaakt) en dienen alle Belgische gegevens over de kwaliteit van het water van de Schelde en haar zijrivieren mede in beschouwing te worden genomen. Eerst daarna zal het mogelijk zijn aan te geven welke maatregelen nodig en mogelijk zullen zijn om de te verwachten schade te beperken dan wel te voorkomen, waarbij vanzelfsprekend gedacht moet worden aan "zuivering bij de bron".

In dit verband dient er nog op te worden gewezen dat het toekomstige havengebied op de Belgische linker Schelde-oever ververst moet worden met water van het Zuidergat nabij Baalhoek. Dit zgn. doorspoelingswater zal dus een zeer twijfelachtige hoedanigheid hebben indien de Doorsteek zou worden verwezenlijkt zonder waterzuiveringsmaatregelen op Belgisch gebied.

Tenslotte zij er nog op gewezen dat het Doorsteek project een zekere verzouting van het noordelijk bekken en een westwaarts opdringen van het brak watergebied in het hoofdwater ten gevolge zal hebben. Voorzover dit laatste ten opzichte van de vervuiling nog enige betekenis heeft zal het de biologische differentiatie in het land van Saaftinge vergroten en dientengevolge eerder voordelig dan nadelig zijn.

5.6 Gevolgtrekkingen.

Conclusie XIII: Onderzocht dient te worden

- a of het ontworpen tracé van de eigenlijke Doorsteek door geringe verschuivingen verbeterd kan worden;
- b of een flauwer binnentalud van de Doorsteek dan 1 : 10 niet verkieselijk is;
- c of de ontworpen kruinshoogte (N.K.D. + 7 m) van de dam noordelijk van de Doorsteek optimaal is;
- d wat de invloed van deze Dam op de stormvloedstanden bovenstrooms is;
- e hoe de stromingstoestanden enz. zijn in de tussenfasen tijdens de uitvoering van het werk.

Conclusie XIV: De beteugelingsdammen in de toegangskreken naar het Land van Saaftinge zijn vanuit natuurbeschermingsoogpunt nadelig en lijken nautisch en waterloopkundig overbodig.

Conclusie XV: Voor de overtollige specie (tenminste ruim 25 miljoen m³) dient een oplossing te worden gezocht.

Conclusie XVI: De veranderingen in het noordelijk bekken als gevolg van de situatie met Doorsteek zullen vermoedelijk langzamer tot stand komen en van geringere omvang zijn dan bij het modelonderzoek (T27^B) is verondersteld.

Conclusie XVII: Een opening in een overigens overstroombare lei-beteugelingsdam nabij de Ballastplaat lijkt gewenst met het oog op een bescheiden beperking van de nadelige gevolgen, die het project zal hebben voor de waterkwaliteit. Een nader onderzoek voor de in aanmerking komende oplossingen van het project naar deze achteruitgang, haar nadelige gevolgen voor de mogelijkheid afvalwater te lozen nabij Waarde en de maatregelen ter beperking of voorkoming van een en ander is noodzakelijk.

par. 6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES.

In de vaarweg vanuit zee naar Antwerpen vormt het Nauw van Bath al sinds vele jaren het knelpunt. Dit gedeelte van het vaarwater heeft namelijk een zeer scherpe bocht, waarin vrijwel onafgebroken omvangrijke onderhoudsbaggerwerken moeten worden verricht om de vaart van grote zeeschepen op Antwerpen mogelijk te houden. Bovendien treden even benedenstrooms van deze bocht omstreeks hoogwater bij springtij zeer hinderlijke dwarsstromen op.

Aanvankelijk is op grond van modelstudies een plan opgesteld om deze bocht te verbeteren door verschuivingen van de geulas, in welk plan ook nog enige aanvullende verbeteringswerken waren opgenomen. In 1967 werd door België voorgesteld een veel radicalere oplossing op haar uitvoerbaarheid te onderzoeken. Deze oplossing behelsde het graven van een zgn. Doorsteek, een geheel nieuwe geul door het Land van Saaftinge, en het uitvoeren van een aantal bijkomende werken. Deze werken omvatten twee beteugelingsdammen in het huidige vaarwater ter plaatse van de uiteinden van de Doorsteek, beteugelingsdammetjes in de drie toegangskreken naar het Land van Saaftinge, een dijk ten noorden van de Doorsteek en een plaatrandverdediging over de Platen van Valkenisse en de Plaat van Walsoorden. Twee reeds gereedgekomen leidammen op Belgisch gebied (nabij Doel en langs de Ballastplaat) werden verder in het project opgenomen. Van het vrij grote aantal onderzochte oplossingen is de Belgische voorkeursoplossing aangegeven op bijlage 1. De bevindingen van het modelonderzoek zijn vastgelegd in een modelverslag (lit. 2).

Deze nota brengt verslag uit van een studie naar de gevolgen van het graven van een Doorsteek, welke studie is verricht aan de hand van de in lit. 2 vermelde uitkomsten van het modelonderzoek, van door België verstrekte aanvullende gegevens en van door de Rijkswaterstaat verrichte metingen en onderzoekingen. In deze studie zijn de verschillende facetten van het project in beschouwing genomen, die in de afzonderlijke paragrafen dezer

nota worden behandeld. Met uitzondering van de inleiding (par.1) besluit iedere paragraaf met een aantal conclusies met betrekking tot het onderwerpelijke facet.

In par. 2 zijn van de zich daartoe lenende der in het model onderzochte oplossingen beschouwd de maximumsnelheden in het Doorsteektracé, zoals die in het model zijn gevonden uit puntmetingen nabij Baalhoek, halverwege de Doorsteek en even voor de Zandvlietsluis. Dit deel van deze studie is verricht omdat de maximumsnelheden van veel belang zijn voor de scheepvaart. Nagegaan zijn welke invloeden op deze snelheden zullen hebben bepaalde constructieve variaties en verwachte morphologische veranderingen in het "noordelijk bekken" (het riviergedeelte ten noorden van de nieuwe vaarweg). In dit kader is mede per oplossing aandacht besteed aan de verhouding der beschouwde snelheden op de verschillende plaatsen in het Doorsteektracé en aan de overeenkomstige verhoudingen in het dwarsprofiel. Een overzicht van de constructieve kenmerken der betrokken modeltoestanden biedt bijlage 2.

Par. 3 biedt de uitkomsten van een oriënterend onderzoek naar het zandtransport in en nabij de Doorsteek voor onderscheidene onderzochte oplossingen. Daarbij is gebruik gemaakt van een zandtransportformule, die is opgesteld aan de hand van een groot aantal zandgehaltemetingen in twee verticalen nabij Hansweert, uitgevoerd bij uiteenlopende getijden. Op grond van de bewerkingen zijn de tendenties aanzanding of verdieping van twee riviervakken van het Doorsteektracé voor de onderzochte oplossingen aangegeven.

De uitkomsten van uitgevoerde berekeningen naar de waterbeweging tussen Hansweert en de Belgische grens in het geval van de Belgische voorkeursoplossing staan vermeld in par. 4. De nog resterende facetten van het project worden vervolgens besproken in par. 5. Dit betreft achtereenvolgens de mogelijkheid van ondergeschikte wijzigingen van het tracé, diverse details (het binnentalud van de Doorsteek, de kruinshoogte van de noordelijke dijk, de relevantie der beteugelingsdammetjes in de kreken van het Land van Saaftinge, te verrichten onderzoekingen voor de bouwfasen en de overvloedige specie), de te verwachten morpho-

gische veranderingen in het noordelijk bekken en tenslotte het aspect der waterverontreiniging.

De in de verschillende paragrafen gegeven conclusies laten zich samenvatten in de hierna volgende eindconclusies. Deze worden deels met enig voorbehoud gegeven omdat de beschikbare gegevens in sommige opzichten niet voldoende zijn voor het vormen van een definitief oordeel.

In algemene zin heeft het onderzoek geleid tot de hiernavolgende vier gevolgtrekkingen:

Eindconclusie 1: Het Belgische voorkeursplan volgens modeltoestand T27^A is hydraulisch aanvaardbaar en lijkt, gelet op het nautische aspect, de zandhuishouding van het Doorsteektracé en het aspect der waterverontreiniging ook de aantrekkelijkste der in deze nota beschouwde onderzochte oplossingen (Concl. III, par. 2.3, bl. 11; concl. VII, par. 3.4, bl. 22 en concl. XVII, par. 5.0, bl. 48). Overigens is het vergelijkingsmateriaal, waarop deze slotsom is gegrond, beperkt.

Eindconclusie 2: Niet in aanmerking voor uitvoering komt een doorsteekprofiel met op peil N.K.D.-10m een breedte van 300 m of bij een bodemligging op N.K.D.-14m een breedte van 500 m (concl. I en II, par. 2.3, bl. 9).

Eindconclusie 3: Als eerste alternatief-oplossing voor T27^A zou in aanmerking kunnen komen een oplossing met een overstroombare leibeteugelingsdam op de Ballastplaat met een kruinshoogte op N.K.D. + 2m (d.w.z. een oplossing tussen T18 en T35), al lijkt een dergelijke oplossing vanuit verontreinigingsoogpunt minder aantrekkelijk (concl. XVII, par. 5.0, bl. 48), terwijl de stroombeelden vermoedelijk ongunstiger zijn dan voor T27^A (concl. V, par. 2.3, bl. 13; concl. VII, par. 3.4, bl. 22).

Eindconclusie 4: Een oplossing met een onoverstroombare leibeteugelingsdam op de Ballastplaat is onaantrekkelijk vanuit verontreinigingsoogpunt (concl. XVII, par. 5.0, bl. 48). Vanuit scheepvaart-oogpunt verdient in dit geval vermoedelijk de oplossing met verdiepte Doorsteek (T45) de voorkeur boven de verbrede Doorsteek (T41), voor wat betreft de zandhuishouding ligt de voorkeur juist andersom (concl. V, par. 2.3, bl. 13 en Concl. VI^b en VII, par. 3.4,

bl. 21/22).

Met betrekking tot de oplossing volgens T27^A luiden de bevindingen van het onderzoek als volgt:

Eindconclusie 5: In het Doorsteektracé wordt de gemiddelde maximum-snelheid tussen Walsoorden en het vertakkingspunt nabij de Ballastplaat zowel bij eb als bij vloed geleidelijk groter (toeneming tot 40%) terwijl verder bovenstrooms de snelheden weer afnemen. Daarbij blijft vergeleken met de bestaande toestand in het Zuidergat nabij Walsoorden het ebvolume ongeveer gelijk, maar is het vloedvolume 35% groter (concl. VIII en IX, par. 4.4, bl. 32/33 en bijlage 8).

Eindconclusie 6: Nabij het vertakkingspunt trekt de overlaat zowel bij eb als bij vloed wat meer water dan de opening in de beteugelingsdam. De gemiddelde maximum-snelheid in de opening is bij vloed niet bijzonder hoog en ongeveer gelijk aan die in de Doorsteek ter plaatse, bij eb daarentegen is de eerste ongeveer 30% groter. De gemiddelde maximum-snelheden over de overlaat zijn bij eb en vloed relatief laag (concl. XII, par. 4.4, bl. 34).

Eindconclusie 7: Ter hoogte van het Oude Hoofd blijft het ebvolume ten noorden van de ontworpen leidam over de platen van Walsoorden en Valkenisse ongeveer gelijk aan dat in de bestaande toestand, maar het vloedvolume wordt 20 à 25% kleiner. Oostwaarts hiervan gaande nemen de maximum-snelheden in toenemende mate af tot ong. 35% nabij de opening, in welker omgeving de te verwachten aanslibbingen en aanzandingen in het noordelijk bekken zullen beginnen (concl. IX en XI, par. 4.4, bl. 33/34).

Eindconclusie 8: In het westelijk deel van het noordelijk bekken zullen door de gewijzigde stroomomstandigheden veranderingen in het geulen- en platenstelsel optreden. De in het modelverslag voorziene plaatverlaging en inscharingsverschijnselen, die de snelheden in het Doorsteektracé zouden verminderen, zullen waarschijnlijk duidelijk minder omvangrijk en minder snelverlopend zijn dan bij het modelverslag is aangenomen (concl. XVI, par. 5.6, bl. 48).

Eindconclusie 9: In het oostelijk deel van het noordelijk bekken zullen aanslibbingen en aanzandingen optreden, die de kom-

- berging -

berging op den duur zullen verminderen, waardoor de snelheden in de Doorsteek groter en de snelheidsverhoudingen in het vaarwater tussen Baalhoek en Zandvliet ongunstiger zullen worden, wat alsdan zou nopen tot baggerwerken in het noordelijk bekken (par. 2.2 bl.8; par. 5.4 bl. 41).

Eindconclusie 10: In het plan T27^A

- zal in verband met de daarin optredende vermeerdering van het vloedvolume in het Zuidergat de verdediging van de vooroever tussen het Oude Hoofd van Walsdoorden en de Wilhelmuspolder nodig zijn en uitbreiding van deze verdediging over een 500 m oostwaarts overwogen moeten worden (concl. X, par. 4.4, bl. 34);
- lijkt aanleg van de beteugelingsdammetjes in de krekken van het Land van Saaftinge overbodig en vanuit natuurbeschermingsoogpunt schadelijk (concl. XIV, par. 5.6, bl. 47).

Eindconclusie 11: Het verrichte modelonderzoek is, ondanks de vele varianten, die zijn onderzocht, uitsluitend gebaseerd geweest op één tamelijk gestrekt tracé. Andersoortige varianten zijn denkbaar, waarbij het tracé meer gebogen is. In een dergelijk geval zal het belang van overstroombare beteugelingsdammen een ander accent kunnen krijgen. Het verdient aanbeveling deze mogelijkheden nader te onderzoeken, omdat niet is komen vast te staan dat oplossing T27^A ook tegen die achtergrond de voorkeur verdient.

Eindconclusie 12: Voor de nadere uitwerking van het uiteindelijk te kiezen project zullen ook overigens nog aanvullende onderzoeken geboden zijn. Dit betreft:

a aanvullend modelonderzoek (drijvingen, puntsnelheidsmetingen, getijkrommen) naar:

- de gevolgen van een grotere aanlegdiepte van de Doorsteek;
- de eventuele wenselijkheid en mogelijkheid tot verbetering van de stromingstoestand nabij Zandvliet;
- variaties in de vormgeving en detaillering van eventuele overlaten en openingen in en naast de beteugelingsdammen;
- waterloopkundige en andere omstandigheden (w.o. de nautische mogelijkheden) tijdens de bouwfasen;

(concl. V, par. 2.3, bl. 13 en XIII^{a,9}, par. 5.6, bl. 47);

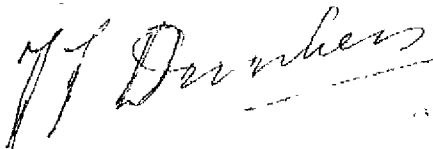
b verwerking van gegevens, bemonsteringen en berekeningen naar de verontreinigingsaspecten voor de Westerschelde boven

Hansweert, waarbij zowel de beïnvloeding van de plannen tot afvalwaterlozing als maatregelen ter beperking of voorkoming daarvan in beschouwing zullen moeten worden genomen (concl. XVII, par. 5.6, bl. 48);

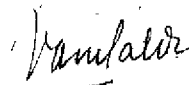
c bestudering van enkele details zoals steilte binnentalud van de Doorsteek, wenselijke kruinshoogte van de dam noordelijk van de Doorsteek en diens beïnvloeding van stormvloedstanden stroomopwaarts en van het vraagstuk der specieberging (concl. XIII^{b,c,d}, en XV, par. 5.6, bl. 34 en 47).

Tenslotte worde volledigheidshalve opgemerkt dat gelijktijdig met de hiervoor genoemde modelonderzoekingen en berekeningen de gangbare onderzoekingen (grondonderzoek, onderzoek naar het zandtransport e.d.) uitgevoerd dan wel voortgezet zullen moeten worden.

De Directeur
van de Rijkswaterstaat,


(dr. J. J. Dronkers)

De Hoofdingenieur A
van de Rijkswaterstaat,


(Ir. J. van Malde)

's-Gravenhage, februari 1971
Vlissingen

Geraadpleegde literatuur

- lit. 1 Ir. A. Sterling en ir. P. Roovers: Modelstudies aangaande de verbetering van de bevaarbaarheid van de Westerschelde. De Ingenieur, jrg. 79, nr. 19 en 20 (12 en 19 mei 1967).
- lit. 2 Ir. A. Sterling en ir. P. Roovers: Verslag aangaande de proeven uitgevoerd op het Scheldemodel betreffende de Doorsteek doorheen het Verdronken Land van Saaftinge. Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout-Antwerpen, dec. 1969.
- lit. 3 Ir. A. Sterling en ir. P. Roovers: Vaste oeververbinding Westerschelde. Verslag aangaande de modelstudie bij een brug-tunneltracé. Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout-Antwerpen, april 1970.
- lit. 4 Ir. I.L. Kleinjan: Verslag over de in 1930, 1931 en 1932 op de Westerschelde verrichte metingen en waarnemingen. Rijkswaterstaat, Directie Benedenrivieren, intern rapport, dec. 1934.

LIJST VAN BIJLAGEN

Bijlage nr	Omschrijving	for- maat	stamboek- nr
1	Plan Doorsteek Land van Saaftinge Belgische voorkeursoplossing (T27 ^A)	A2	71.16
2	Plan Doorsteek-Modelonderzoek Overzicht proeven en maximum-snelheden	A2	70.666
3	Verband max.stroomsnelheid-doorsnede Doorsteek	A3	70.678
4	Verband max.stroomsnelheid-stroomprofiel be- teugelingsdam	A2	70.679
5	Verband max. stroomsnelheid-opvulling noorde- lijk bekken	A2	70.680
6	Max. stroomsnelheden doorsteektracé voor di- verse oplossingen	A1	71.34
7	Drijverbanen nabij vertakkingspunt T27 ^A	A3	71.130
8	Oppervlaktesnelheden T27 ^A	A2	71.46
9	Zandtransportverhoudingen voor verschillende oplossingen	B2	71.71
10	Raaien, waar eb- en vloedvolumina zijn be- paald (T27 ^A)	A2	71.79
11	Uitbreidingsgebieden stroom via opening en overlaat bij gemiddeld getij	A2	71.80
12	Gemiddelde oppervlaktesnelheid volgens drij- vermetingen in model	A2	71.128
13	Doorsteek Land van Saaftinge. Plan W.L. Bor- gerhout met varianten	A3	70.668
14	Theoretisch afgelegde weg van waterdeeltjes in huidige toestand en bij voltooide Door- steek	B4	70.653
15	Vervuillingsgrafieken. Zomergemiddelden 1966-1970	A2	71.133

RJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

WESTERSCHELDE

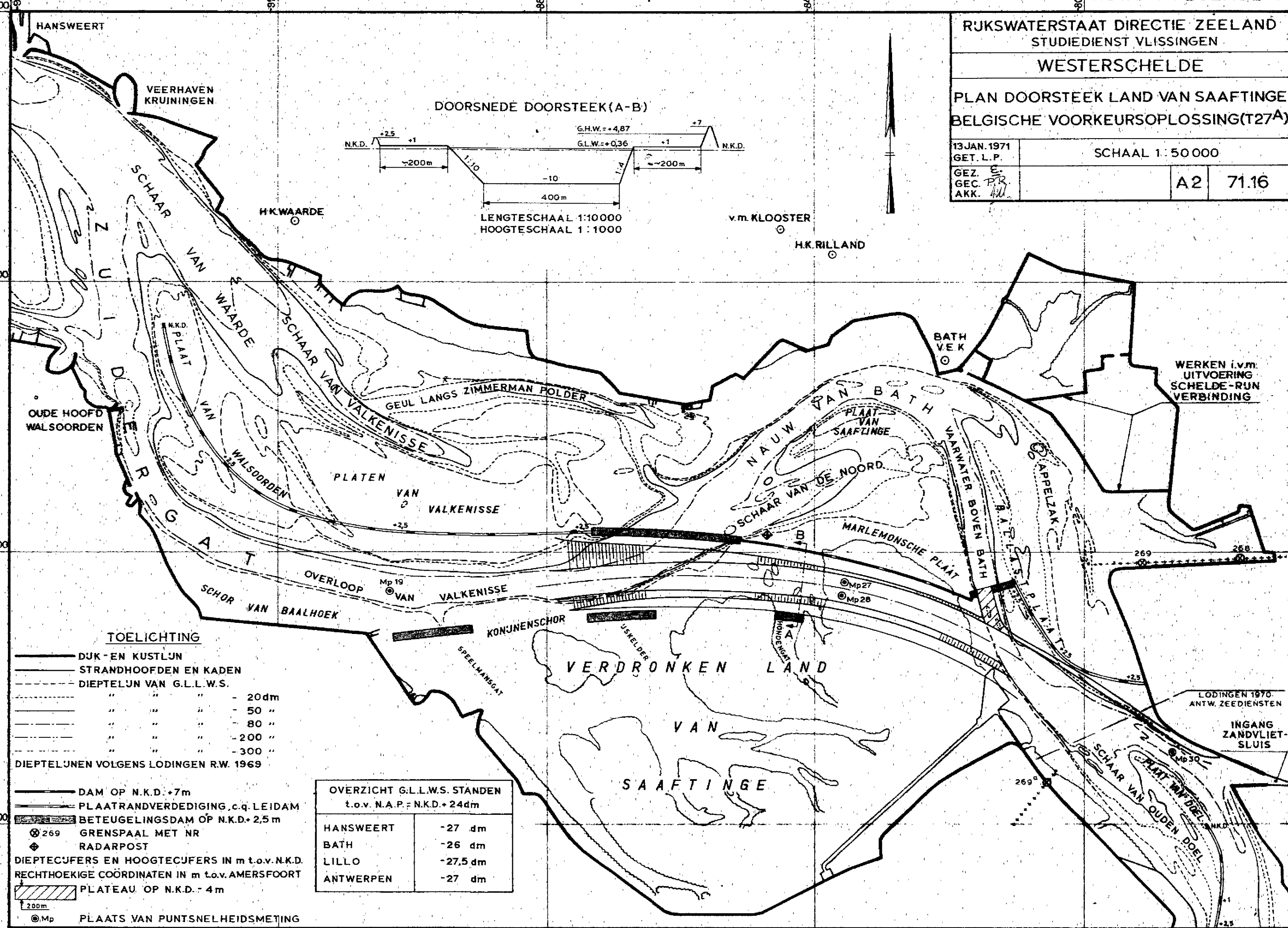
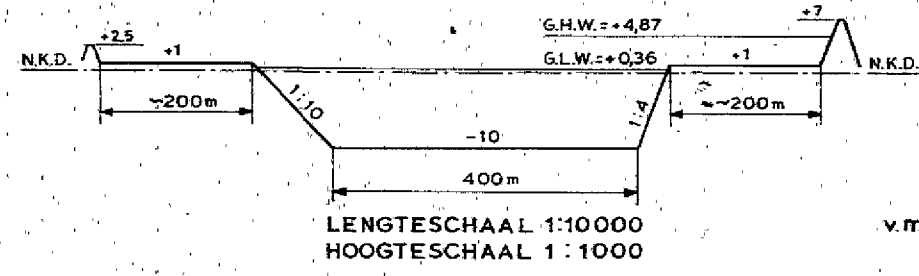
PLAN DOORSTEEK LAND VAN SAAFTINGE
BELGISCHE VOORKEURSOPLOSSING(T27A)

13 JAN. 1971
GET. L.P.
GEZ. E
GEC. P.R.
AKK. H.W.

SCHAAL 1:50 000

A2 71.16

DOORSNEDÉ DOORSTEEK(A-B)



TOELICHTING

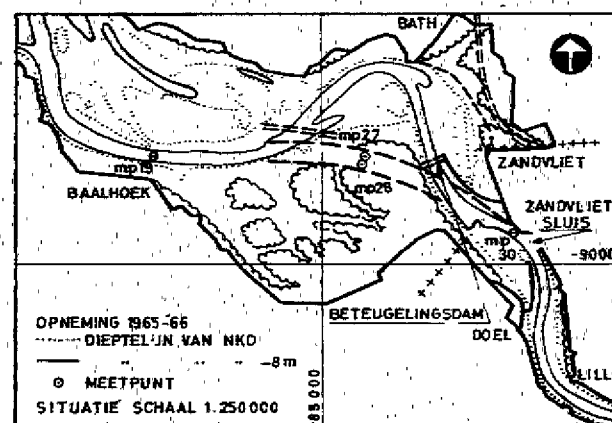
- DUK-EN KUSTLUN
- STRANDHOOFDEN EN KADEN
- DIEPTELUN VAN G.L.L.W.S.
- " " " - 20dm
- " " " - 50 "
- " " " - 80 "
- " " " - 200 "
- " " " - 300 "
- DIEPTELUNEN VOLGENS LODINGEN R.W. 1969
- DAM OP N.K.D. +7m
- PLAATRANDVERDEDIGING, c.q. LEIDAM
- BETUGELINGSDAM OP N.K.D. +2,5 m
- ⊗ 269 GRENSPAAL MET NR
- ⊕ RADARPOST
- DIEPTECIJFERS EN HOOGTECIJFERS IN m t.o.v. N.K.D.
- RECHTHOEKIGE COÖRDINATEN IN m t.o.v. AMERSFOORT
- PLATEAU OP N.K.D. - 4m
- 200m
- ⊙ Mp PLAATS VAN PUNTSNELHEIDSMETING

OVERZICHT G.L.L.W.S. STANDEN t.o.v. N.A.P. = N.K.D. + 24dm	
HANSWEERT	-27 dm
BATH	-26 dm
LILLO	-27,5 dm
ANTWERPEN	-27 dm

SYMBOL	TOESTAND	MAX. STROOMSNELHEDEN IN m/sec.								TOESTAND	LEIDAM OUD DOEL +2,5m → +1m → NKD OPVULLING 4.10 ⁶ m ³ SCHAARV.O DOEL	DOORSTEEK					LEIDAM LAND VAN SAAFTINGE HOOGTE NKD tot +7 +2,5	HOOGTE LEIDAM BALLAST PL.			BETEUGELINGS DAM BALLASTPLAAT (HOOGTE LIGGING)						OPVULLING NOORDELIJK BEKKEN IN m ³	LEIDAM MARLEM PLAAT		OVERL. VAN VALKEN		LEIDAM PLATEN VAN VALKENISSE						
		MP19		MP27		MP28		MP30				BODEM- DIEPTE IN m t.o.v. NKD		BODEM- BREEDTE IN m OP NKD -10m				ONOVERSTR.	NKD + 2,5 m	NKD + 3m → NKD	GEEN	ONOVERSTR.	NKD + 2,5 m	NKD	NATTE DOORSNEDE OVERLAAST t.o.v. DE KRUIN IN m ²			HOOGTE IN m t.o.v. NKD	AFGESCH. TOT		AFGESLOTEN	OPEN	GEEN	HOOGTE NKD + 2,5 m	AFGESCH. TOT NKD			
		EB	VLOED	EB	VLOED	EB	VLOED	EB	VLOED			-10'	-14'	300	400	500									450	1300			6010 ⁶	7510 ⁶						+7	NKD + 2,5 m	NKD
△	T4 *	1,70	1,90	1,70	1,95	1,76	1,86			T4 *	X		X		X			X						X		X		X		X								
△	T5 *	1,70	1,80	1,83	2,58	1,98	2,63			T5 *	X		X		X			X					X	X		X		X		X								
△	T6 *	1,70	1,80							T6 *	X			X		X			X					X	X		X		X		X							
□	T9 *	1,55	1,66	0,88	1,47	0,97	1,63			T9 *	X		X		X		X							X		X		X		X								
◇	T13*	1,61	1,74	1,46	1,60	1,44	1,77			T13*	X		X		X				X		X			X		X		X		X								
△	T18	1,66	2,04	1,74	1,89	1,70	2,08	1,66	1,68	T18	X	X	X		X		X			X				X	X		X			X	X							
△	T19	1,68	2,17	1,60	1,90	1,48	2,00	1,60	1,52	T19	X	X		X		X				X				X	X		X			X	X							
△	T20	1,58	2,11	2,21	2,15	2,02	2,31	1,64	1,49	T20	X	X		X		X				X				X	X		X			X	X							
▲	T21	1,66	2,07	2,61	2,27	2,70	2,53	1,61	1,47	T21	X	X	X		X				X					X	X		X			X	X							
▼	T22			2,40	2,15	2,40	2,38			T22	X	X	X		X				X			X		X	X		X			X	X							
▼	T23			2,58	2,38	2,56	2,44			T23	X	X	X		X					X		X		X	X		X			X	X							
▲	T24	1,78	2,03	2,62	2,53	2,70	2,70			T24	X	X	X		X					X				X	X		X			X	X							
△	T25	1,84	2,09	1,94	2,21	2,12	2,38			T25	X	X	X		X					X				X	X		X			X	X							
▽	T26			1,91	2,21	1,99	2,28			T26	X	X	X		X					X		X		X	X		X			X	X							
○	T27 ^A	1,66	2,09	1,83	2,02	1,60	1,82			T27 ^A	X	X	X		X					X			X		X	X		X			X	X						
△	T28	1,84	2,08	2,03	2,48	2,00	2,06	1,58	1,61	T28	X	X	X		X	X			X					X	X		X			X	X							
△	T29	1,86	1,89	2,13	2,32	1,88	2,52			T29	X	X	X		X	X			X					X	X		X			X	X							
○	T30	1,60	1,95	2,00	2,20	1,68	2,08			T30	X	X	X		X		X			X			X	X		X		X			X	X						
◇	T34	1,80	1,95	1,89	2,48	1,88	2,63			T34	X	X	X		X		X				X			X	X		X			X	X							
◇	T35	1,59	1,95	1,74	1,60	1,41	1,81			T35	X	X	X		X		X				X			X	X		X			X	X							
▽	T36	1,60	2,00	1,72	1,94	1,58	1,84			T36	X	X	X		X		X			X		X		X	X		X			X	X							
□	T37	1,51	2,02	1,56	1,83	1,37	2,03			T37	X	X	X		X		X	X						X	X		X			X	X							
▲	T41	1,93	2,08	1,69	1,91	1,69	2,12	1,55	1,44	T41	X	X	X		X	X			X					X	X		X			X	X							
△	T42	1,78	2,08	1,33	1,83	1,21	2,05	1,58	1,50	T42	X	X		X		X	X			X				X	X		X			X	X							
△	T45	1,80	2,08	1,55	2,07	1,52	2,12	1,61	1,45	T45	X	X		X		X	X			X				X	X		X			X	X							

GEBRUIKTE SYMBOLEN

DOORSTEEK		BETUEGELINGSDAM BALLASTPLAAT					
BREEDTE OP NKD-10	Diepte t.o.v. NKD	GEEN	NKD	NKD+2,5 +1300 m ²	NKD+2,5 +450 m ²	NKD+2,5	ONOVER STROOM BAAR
300m	10m						
	14m						
400m	10m						
	14m						
500m	10m						
	14m						



OPM: VERMELD ZIJN ALLEEN DE MODELTOESTANDEN,
WAARVAN DE UITKOMSTEN VERWERKT KONDEN
WORDEN IN VERGELUKINGSGRAFIEKEN.

* MODELTOESTAND MET VASTE BODEM

RIJKS WATERSTAAT - DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

WESTERSCHELDE

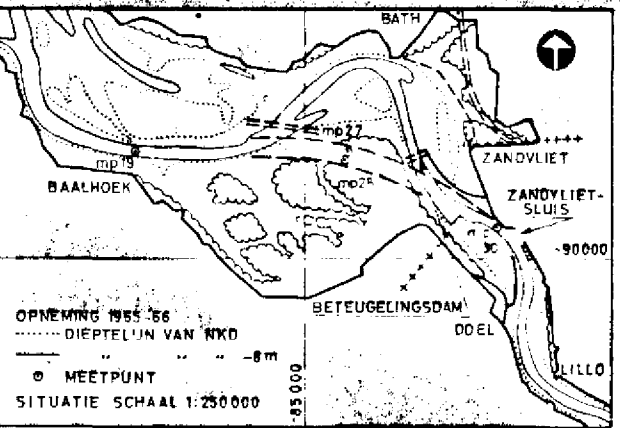
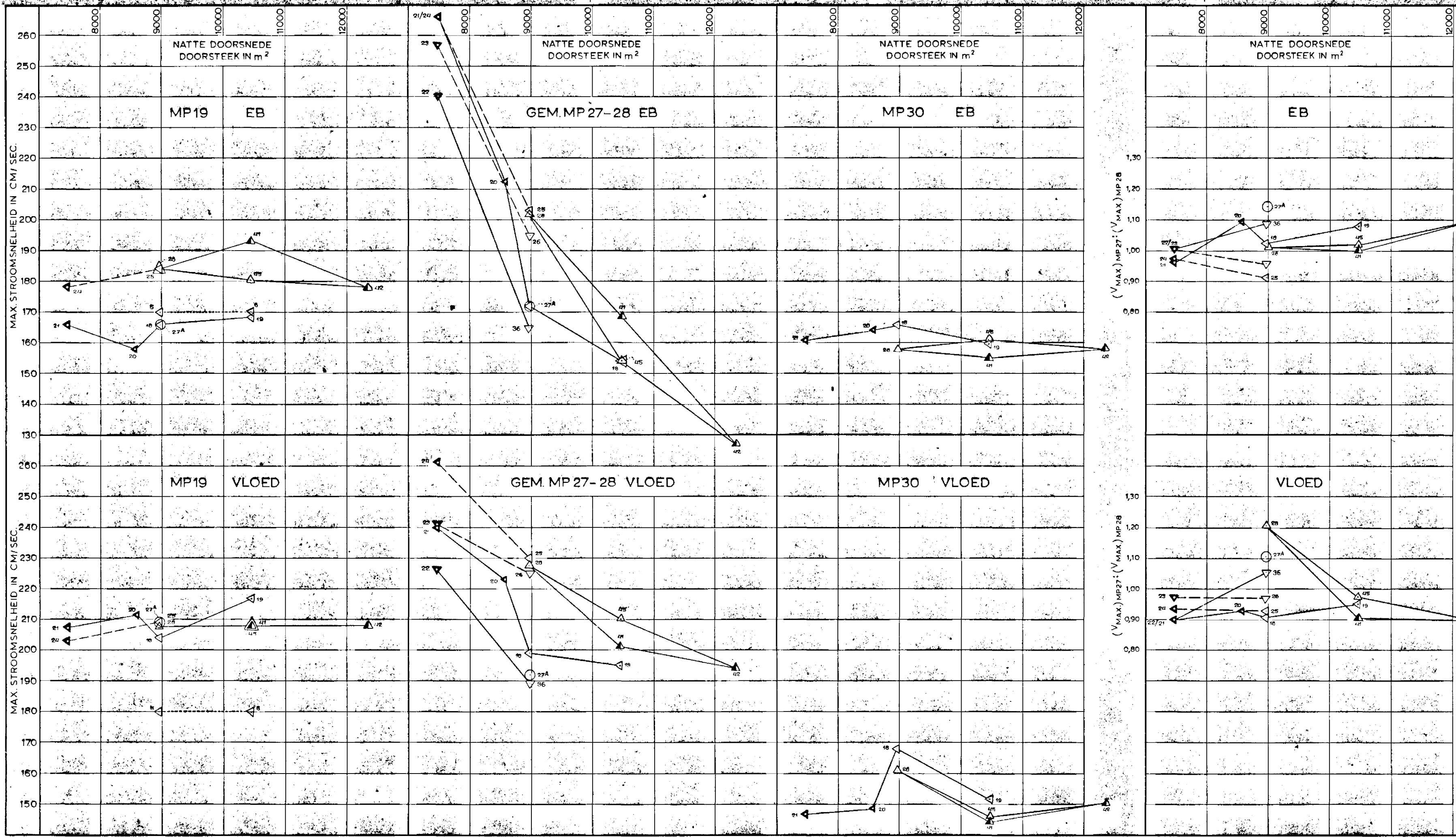
PLAN DOORSTEEK-MODELONDERZOEK OVERZICHT PROEVEN EN MAX. SNELH.

23 NOV '70

GET. J. L. B.

GEZ. E

A2	70.666
----	--------



BODEM-DIEPTE	BODEMBREEDTE OP NKD-10m	DOORSNEDE DOORSTEEK tov NKD+4.90m
NKD-10m	300 m	7470m²
	400 m	8960m²
	500 m	10450m²
NKD-14m	300 m	8560m²
	400 m	10450m²
	500 m	12340m²

TOELICHTING

VERGELIJKBARE MODELTOESTANDEN ZIJN DOOR VERGELIJKINGSLIJNEN VERBONDEN

- OPVULLING NOORDELIJK BEKKEN VAN 60.10⁶ OF 75.10⁶ m³
- GEEN OPVULLING NOORDELIJK BEKKEN
- MODEL MET VASTE BODEM EN MET OPVULLING NOORDELIJK BEKKEN VAN 75.10⁶ m³

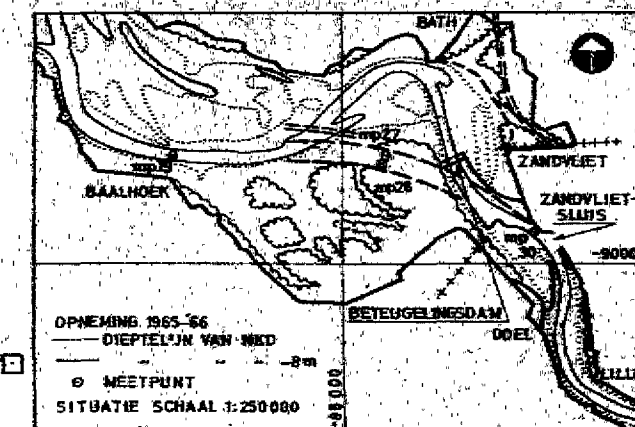
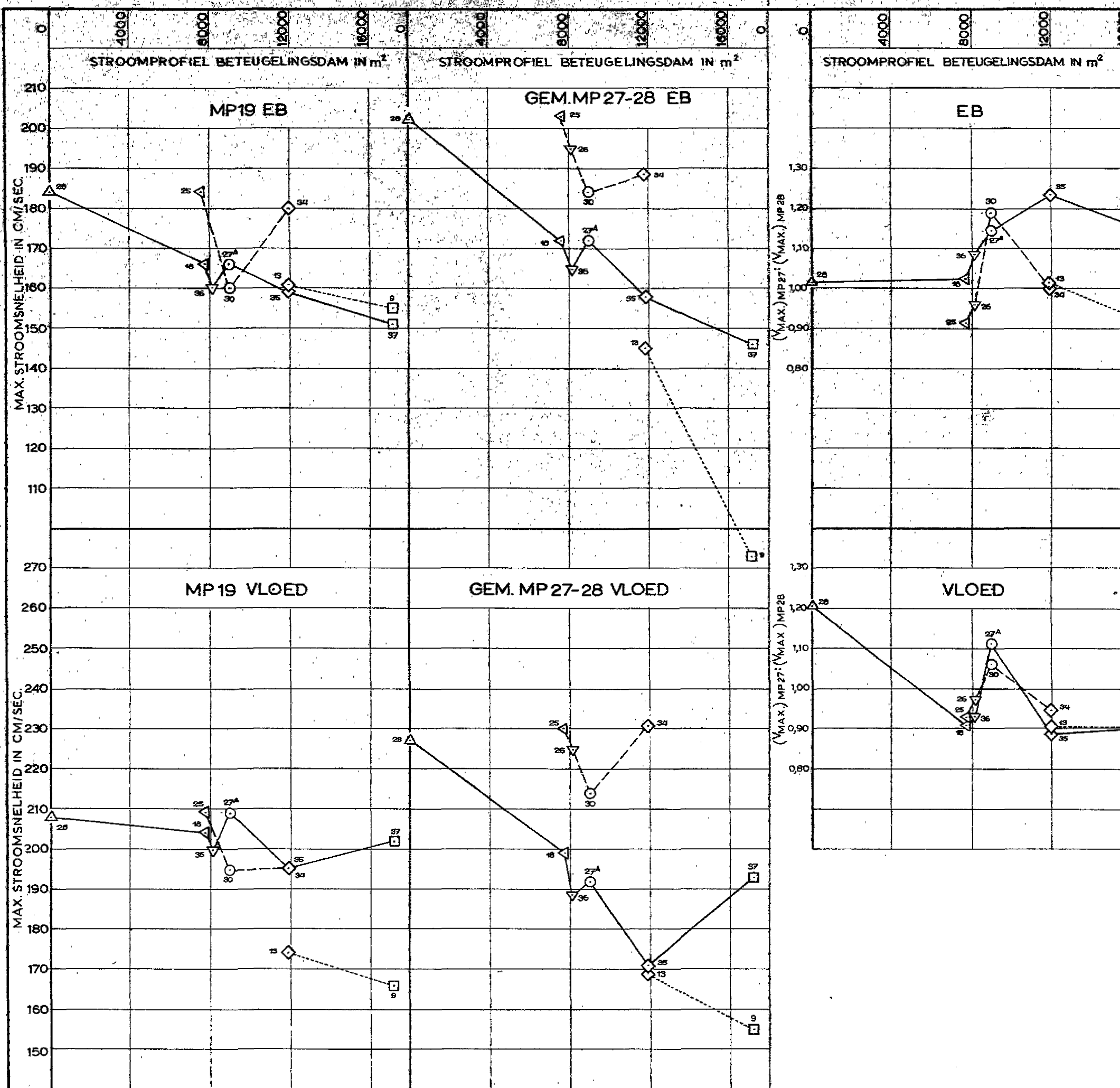
DE NATTE DOORSNEDE IS BEPAALD tov NKD+4.90 m = N.A.P. + 2.50 m

VOOR VERKLARING DER GEBRUIKTE SYMBOLEN EN AANDUIDING MODELTOESTANDEN ZIE MEN TEKENING A2-70 666

△²⁸ MODELTOESTAND T28

(V_{MAX}) MP 27: MAX STROOMSNELHEID IN MP 27

OPM: IN GEEN DER GRAFIEKEN MAAKT DE WAARDE VOOR T27 DEEL UIT VAN EEN VERGELIJKINGSLIJN



TOELICHTING

VOOR MP30 WAREN SLECHTS DE GEGEVENS VAN TWEE VERGELUKBARE MODELTOESTANDEN BESCHIKBAAR:

TOESTAND	MAX. SNELHEID IN CM/SEC.	STROOMPROFIEL BETEUGELINGSDAM IN m ²
T28	158	161
T18	166	168

VERGELUKBARE MODELTOESTANDEN ZIJN DOOR LUNEN VERBONDEN

- OPVULLING NOORD.BEKKEN 60.10⁶m³
- MODEL MET VASTE BODEM
- GEEN OPVULLING NOORDELIJK BEKKEN
- MODELTOESTAND T37

(V_{MAX.}) MP 27 : MAX STROOMSNELHEID IN MP 27

HET STROOMPROFIEL IS DE NATTE DOORSNEDE BOVEN DE BETEUGELINGSDAM EN DE LEIDAM OP DE BALLASTPLAAT, BEPAALD t.o.v. N.K.D. + 4,90m = N.A.P. + 2,50m

VOOR VERKLARING DER GEBRUIKTE SYMBOLEN EN AANDUIDING MODELTOESTANDEN ZIE TEKENING A2-70.666

In alle op deze bijlage aangegeven modeltoestanden heeft de doorsteek een bodembreedte van 400m en een bodemligging op N.K.D. - 10m

RIJWSWATERSTAAT - DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

WESTERSCHDELDE

PLAN DOORSTEEK-MODELONDERZOEK
VERBAND MAX. STROOMSNELHEID-
STROOMPROFIEL BETEUGELINGSDAM

2 DEC. '70

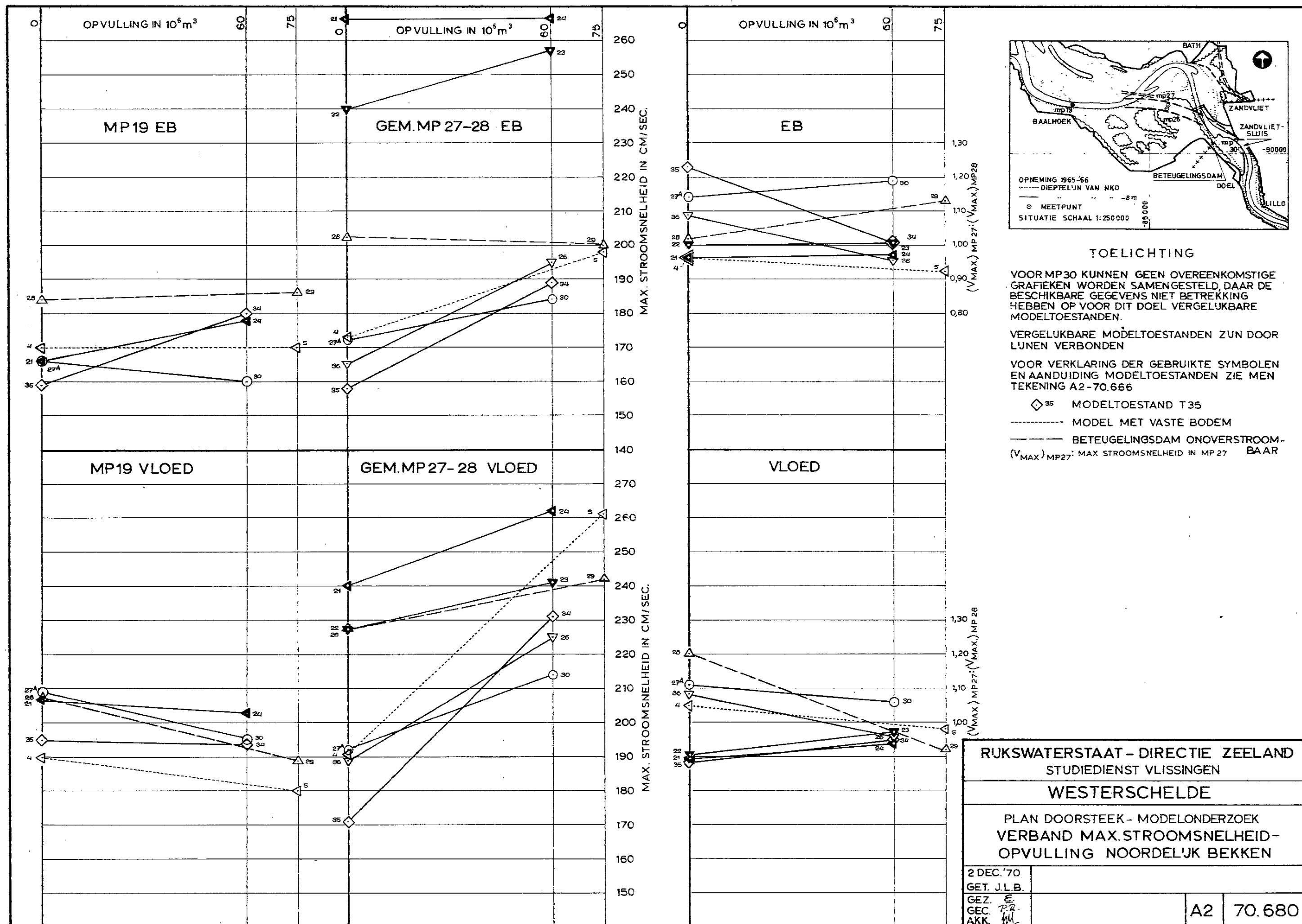
GET. J.L.B.

GEZ. E.

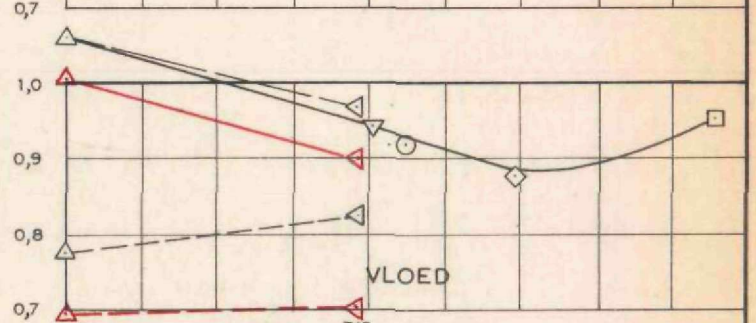
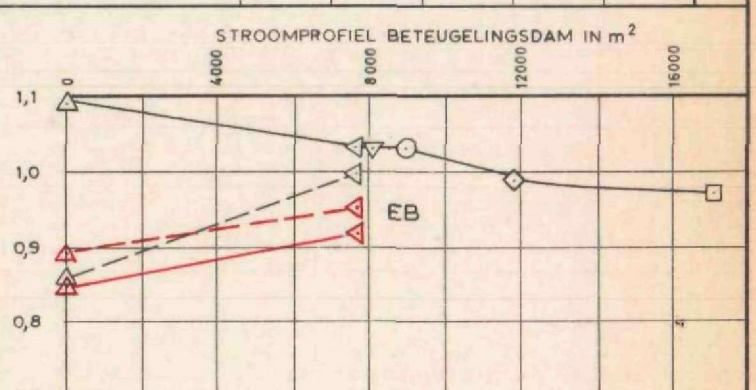
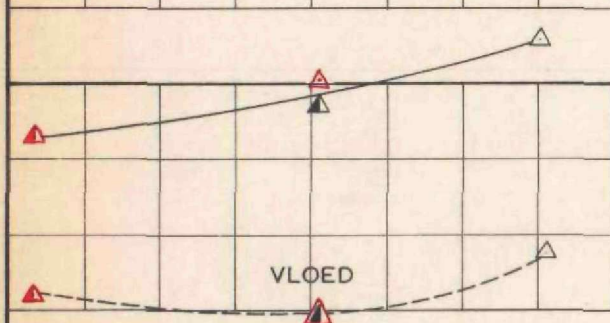
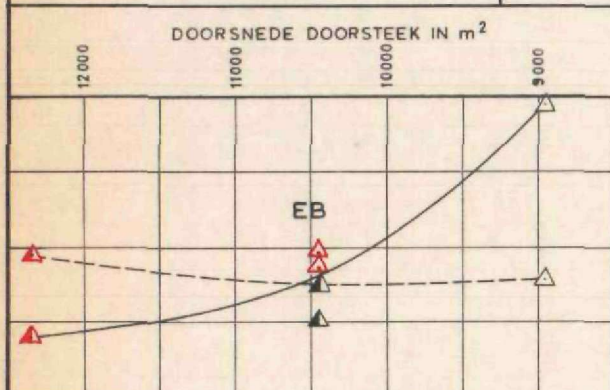
GEC. P.R.

AKK. M.

A2 70.679

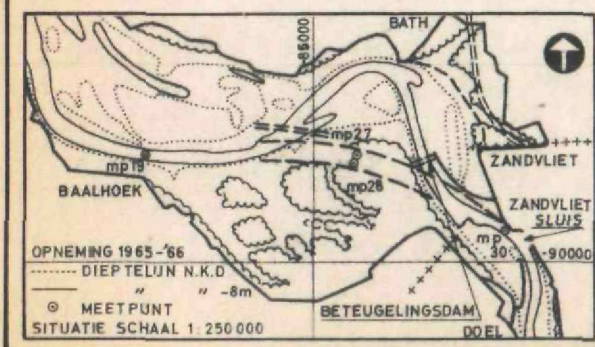


FASE GETIJ	MEETPUNT	SNELHEIDS- VERHOUDING	T42 ▲	T41 ▲	T45 ▲	T28 △	T18 ◁	T36 ▽	T27 ^A ○	T35 ◇	T37 □	MODEL TOE- STAND
EB	19		1,78	1,93	1,80	1,84	1,66	1,60	1,66	1,59	1,51	MAX. STROOM- SNELHEID IN m/s
	GEM.VAN 27 EN 28		1,27	1,69	1,535	2,015	1,72	1,65	1,715	1,575	1,465	
	30		1,58	1,55	1,61	1,58	1,66					
	27 EN 28	(V _{MAX.})MP27 (V _{MAX.})MP 28	1,10	1,00	1,02	1,015	1,025	1,09	1,145	1,235	1,14	
VLOED	19		2,08	2,08	2,08	2,08	2,04	2,00	2,09	1,95	2,02	MAX. STROOM- SNELHEID IN m/s
	GEM.VAN 27 EN 28		1,94	2,015	2,095	2,21	1,985	1,89	1,92	1,715	1,93	
	30		1,50	1,44	1,45	1,61	1,68					
	27 EN 28	(V _{MAX.})MP27 (V _{MAX.})MP 28	0,89	0,90	0,975	1,205	0,91	0,93	1,11	0,885	0,90	
BODEMBREEDTE OP N.K.D. - 10 m			500 m	500 m	400 m	← 400 m →						AFMETINGEN DOORSTEEK
BODEMDIEPTE T.O.V. N.K.D.			-14 m	-10 m	-14 m	← -10 m →						
DOORSNEDE T.O.V. N.K.D. + 4,90 IN m ²			12340	10450	10450	← 8960 →						
BESCHIKBAAR STROOMPROFIEL BETEUGELINGSDAM C.A. BALLASTPL. T.O.V. N.K.D. + 4,90 m IN m ²			← 0 →				7680	8150	9000	11930	17150	



RIJKSWATERSTAAT - DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN
WESTERSCHDELDE
PLAN DOORSTEEK - MODELONDERZOEK
MAX. STROOMSNELHEDEN DOORSTEEKTRACÉ
VOOR DIVERSE OPLOSSINGEN

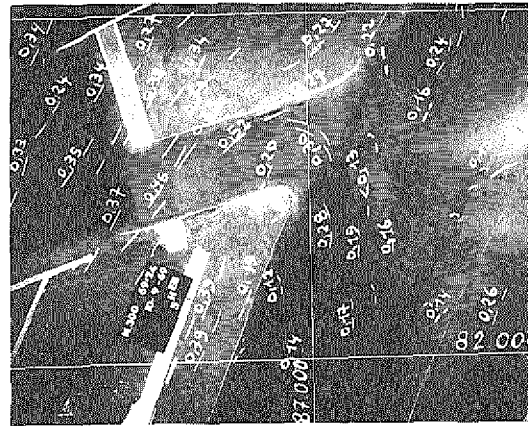
18-1-1970
GET. J.L.B.
GEZ. E.
GEC. PR.
AKK. J.L.B.
A1 71.34



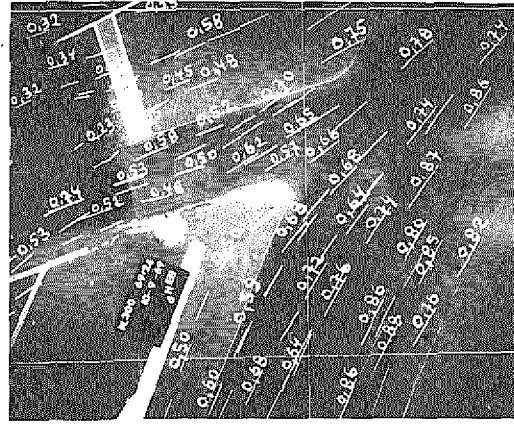
EB

11 h. EB, overigens VLOED

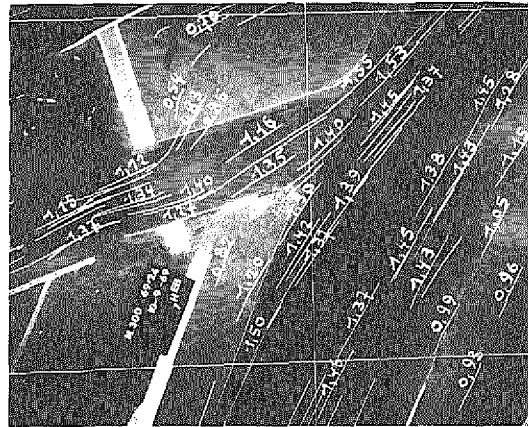
5 h



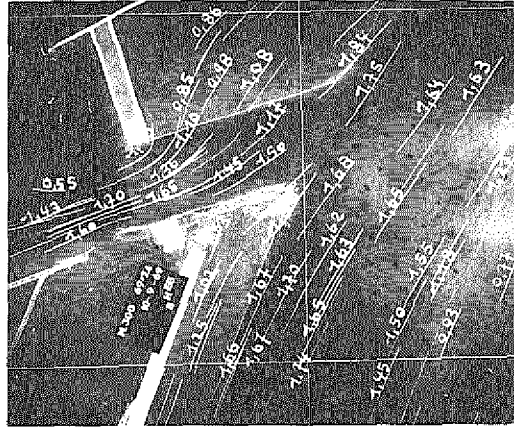
6 h



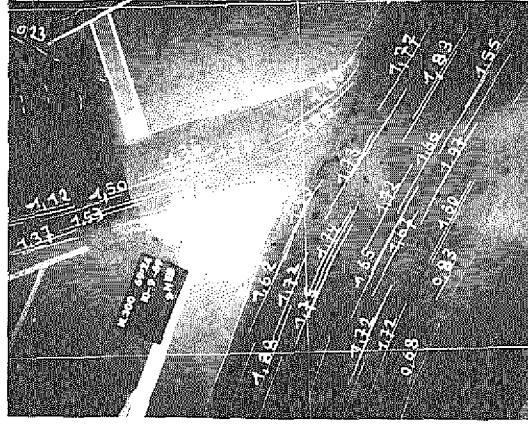
7 h



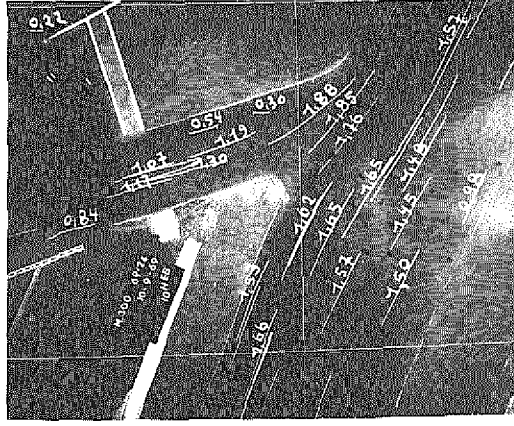
8 h



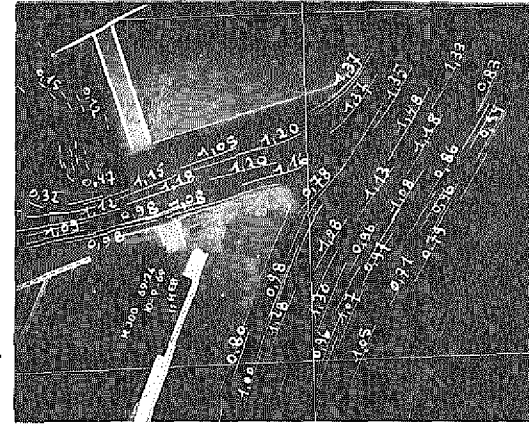
9 h



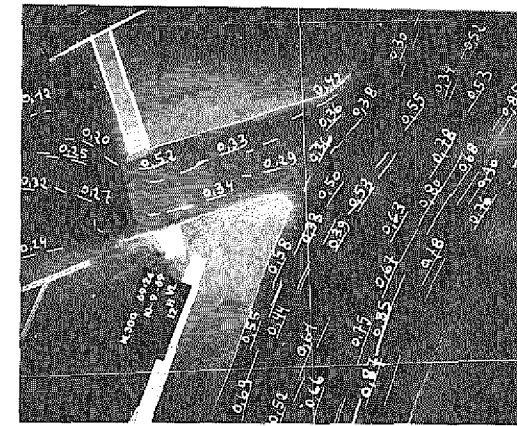
10 h



11 h



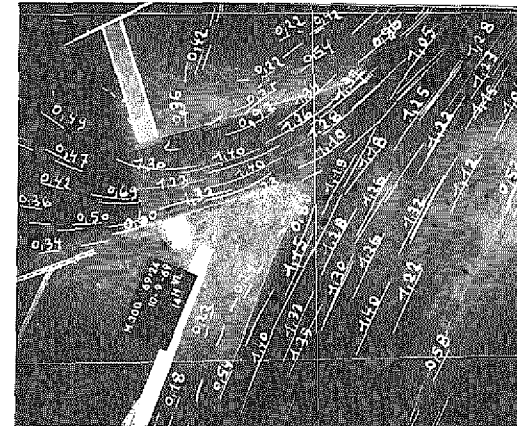
12 h



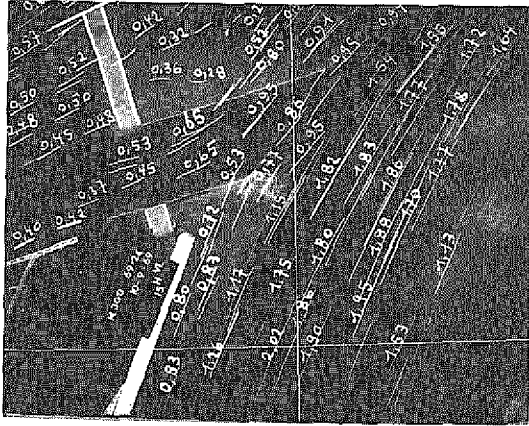
13 h



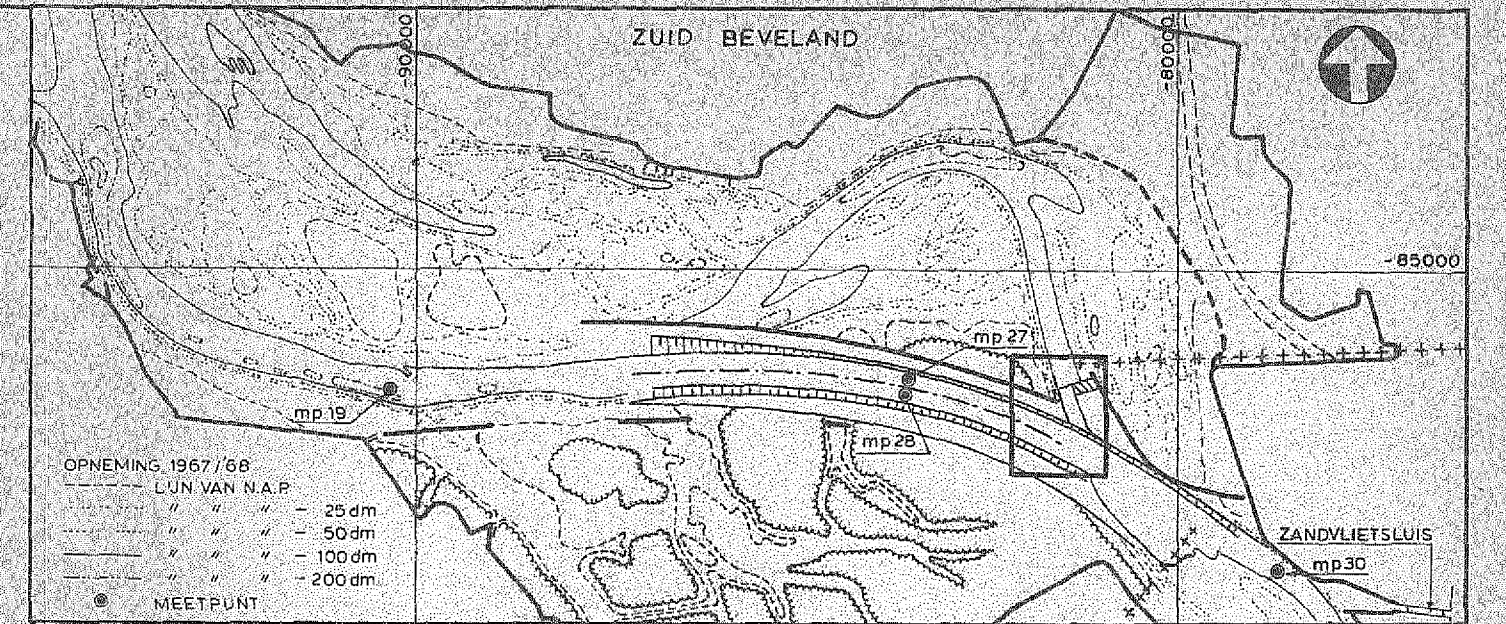
14 h



15 h

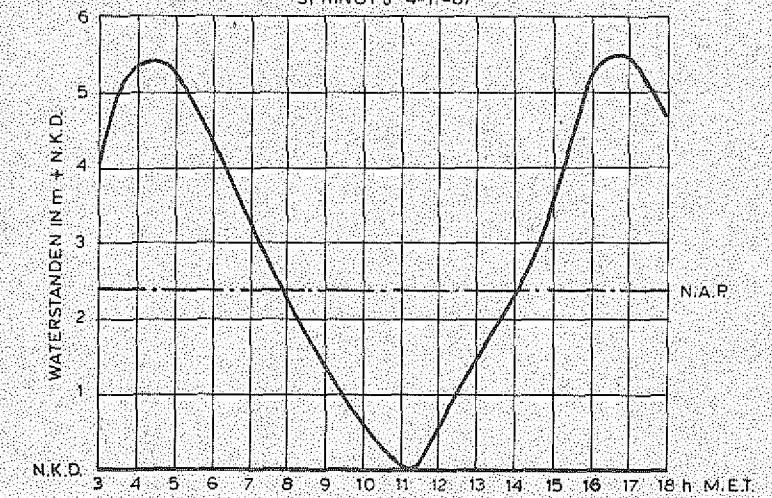


16 h



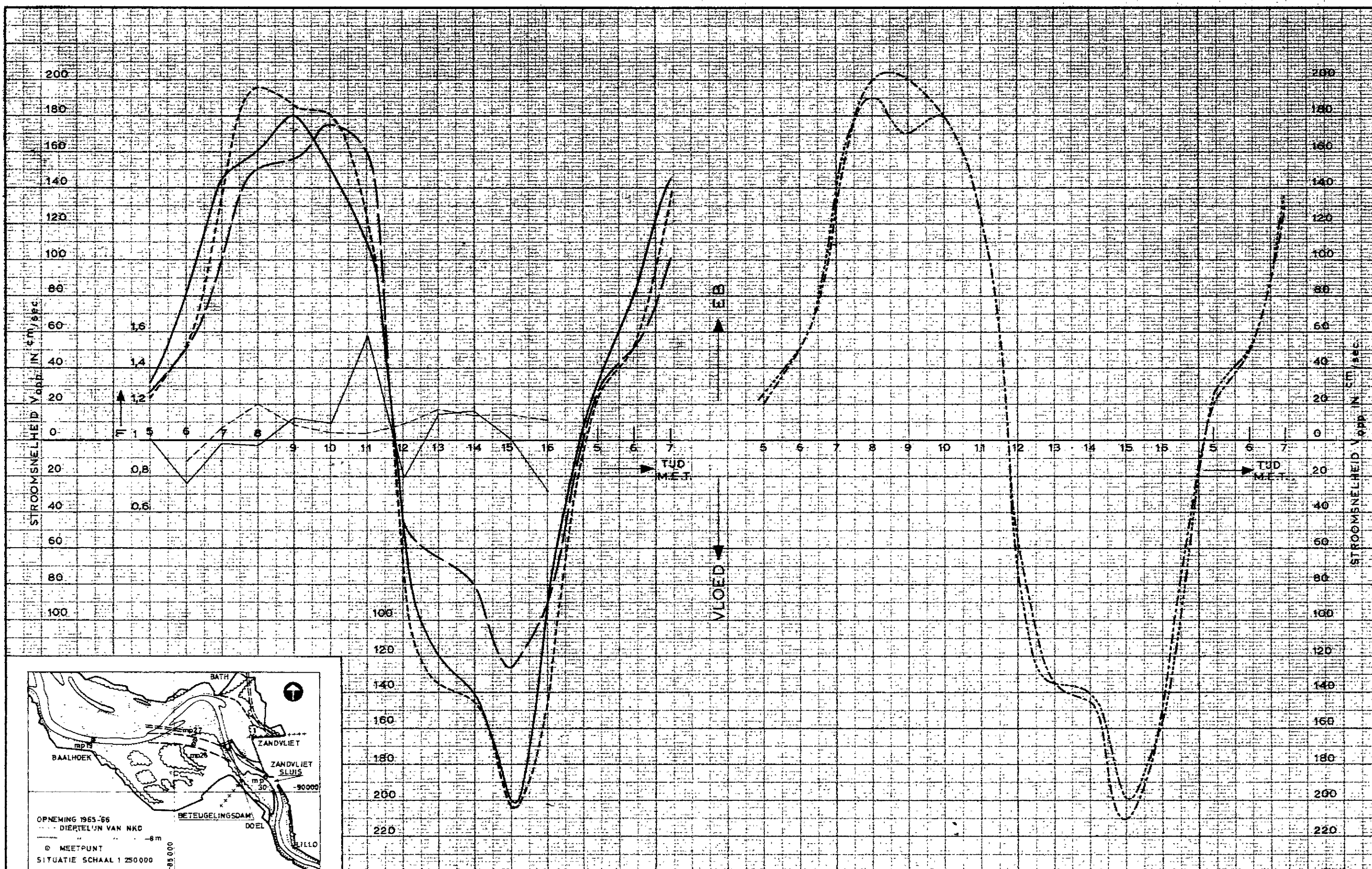
SITUATIE SCHAAL 1:100000

GETIJKROMME PROSPERPOLDER
SPRINGTJ 4-11-67



De foto's zijn ter beschikking gesteld door het Waterloopkundig Laboratorium te Borgerhout

GET	GEZ.	GEC.	AKK.	WESTERSCHDELDE PLAN DOORSTEEK-MODELONDERZOEK		
9-2-71 JLB	E	FR	HL	DRIJVERBANEN NABU VERTAKKINGSPUNT T 27 ^A		
				A3	71.130	



TOELICHTING

- mp 19
- mp 30
- gem. van mp 27 en mp 28
- mp 19
- gem. van mp 27 en mp 28
- - - - - mp 27
- - - - - mp 28

De uitgezette snelheden V_{opp} zijn bepaald m.b.v. drijvermetingen in het model

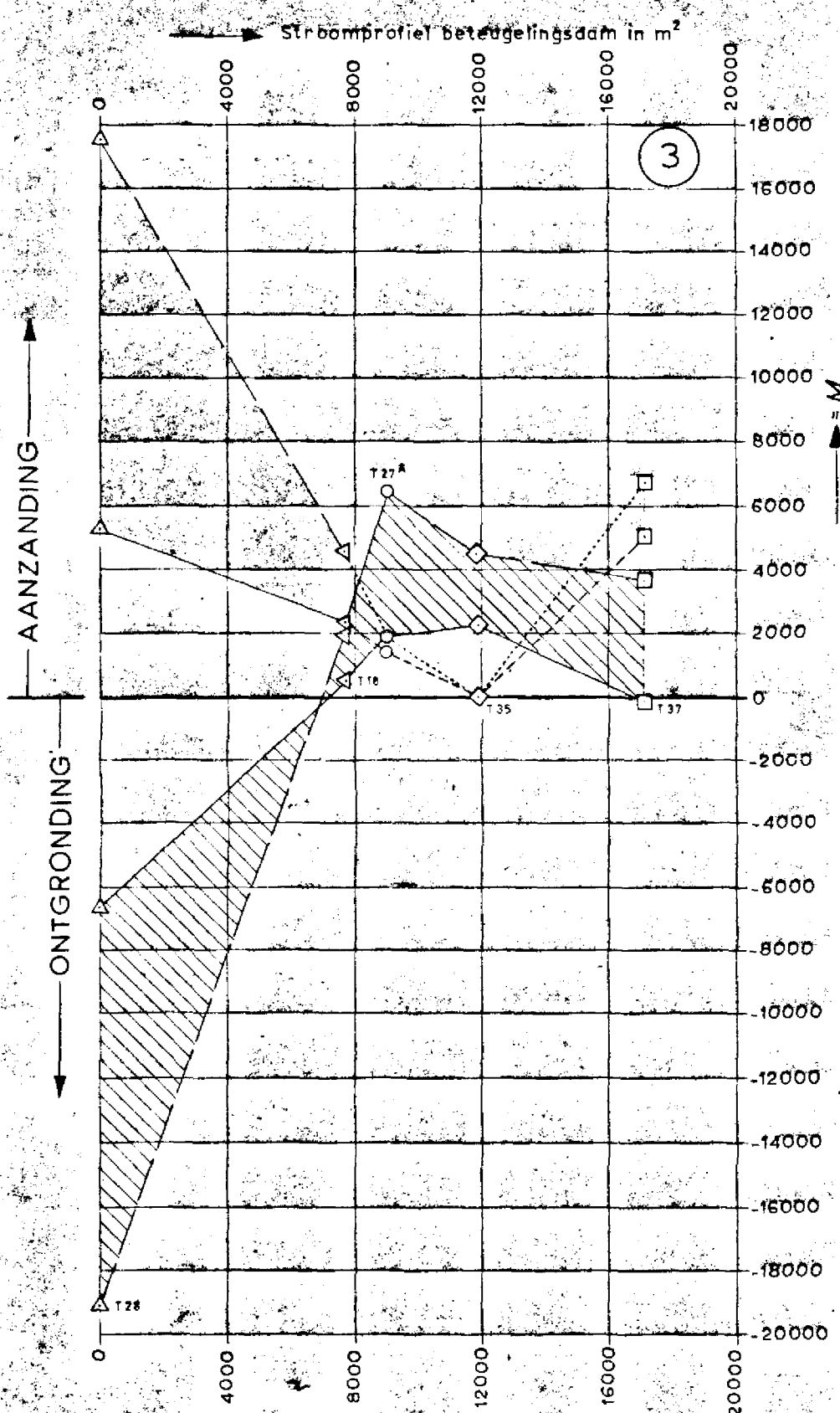
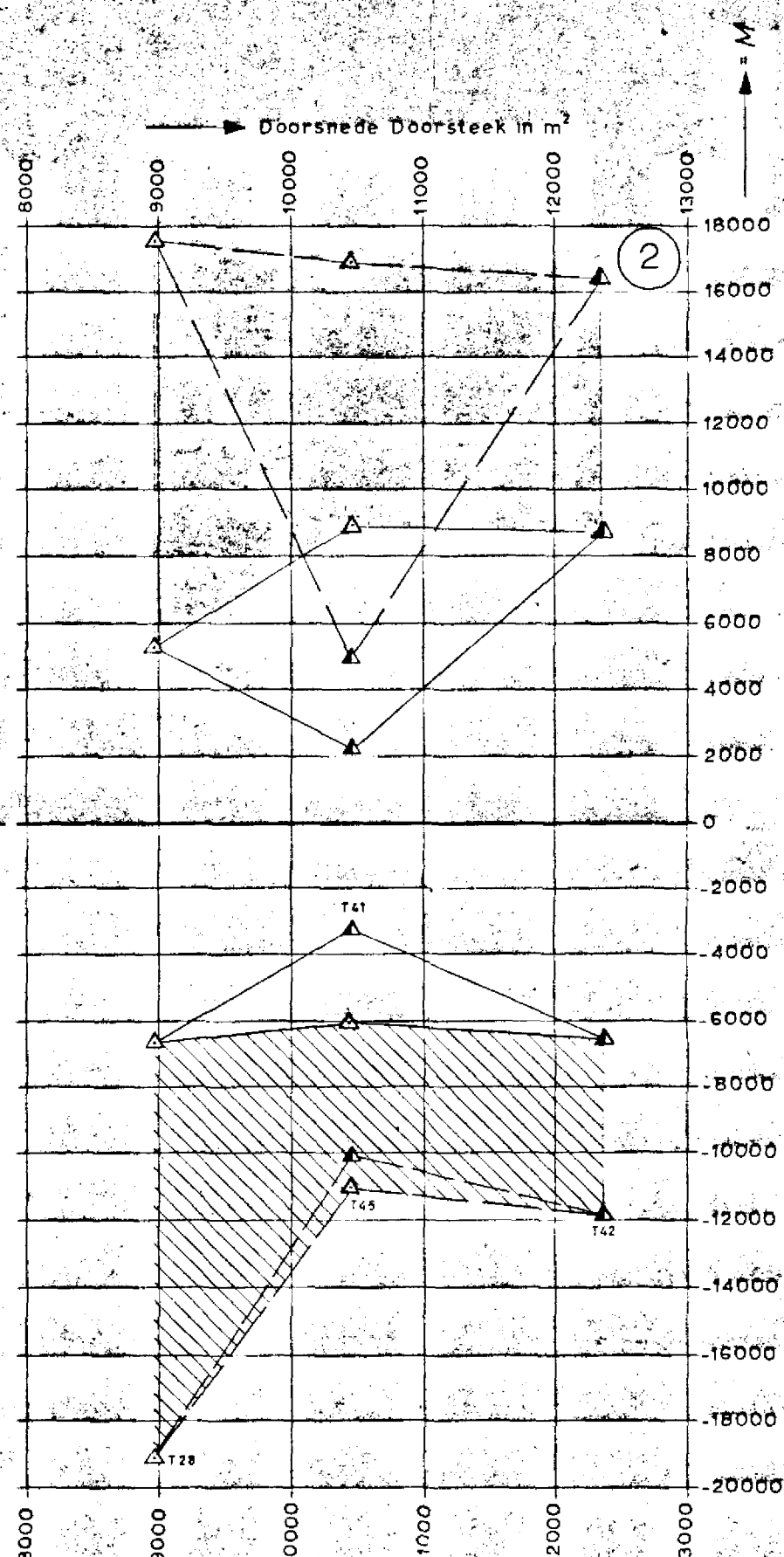
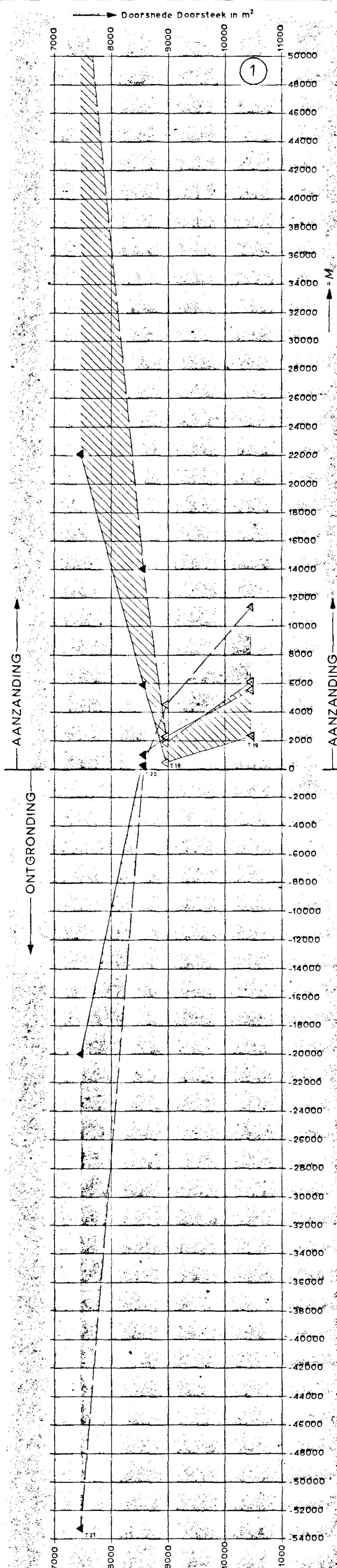
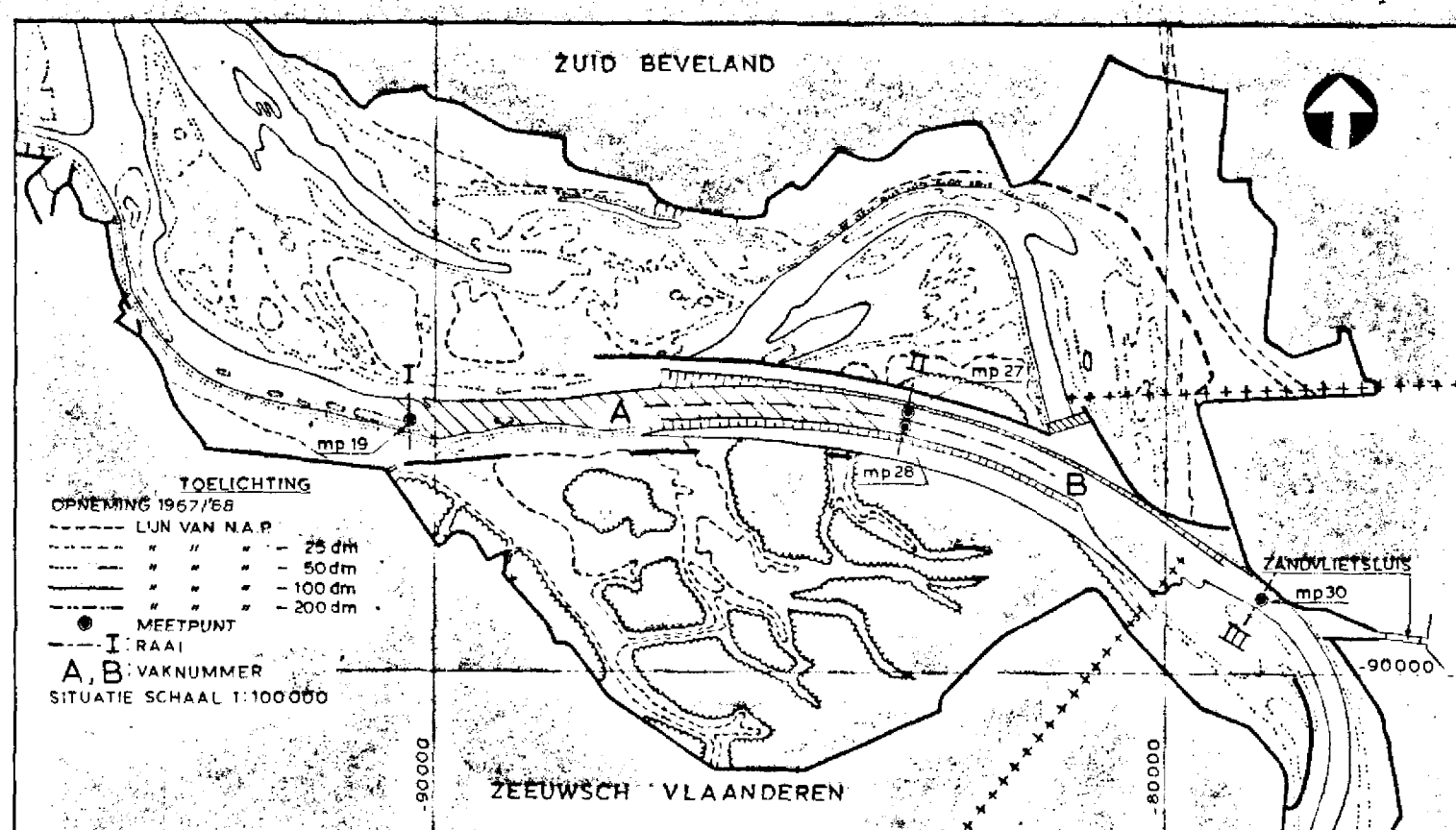
V_m : puntsnelheid volgens modelmeting op peil N.K.D.-3 m

$$\eta = \frac{V_{opp}}{V_m}$$

GET.	GEZ.	GEC.	AKK.
25-1-71 L.P.	E.	P.R.	AKK.

WESTERSCHDELDE
PLAN DOORSTEEK - MODELONDERZOEK
OPPERVLAKTESNELHEDEN T 27^A

A2 71.46



————— p = 4
 - - - - - id. m_{III} geschat
 ————— p = 5
 - - - - - id. m_{III} geschat

Voor het schema der gebruikte symbolen en de bijzonderheden der verwerkte modeltoestanden zie tek. A2-70.666 (bijlage 2). De natte doorsnede van de Doorsteek en het stroomprofiel van de lei-betugelingsdam zijn bepaald t.o.v. N.K.D. 4.90m = N.A.P. + 2,50m

BIJZONDERHEDEN GRAFIEKEN

Grafiek	Kruinpeil lei-betugelingsdam nabij Ballastplaat	Diepte en bodembreedte Doorsteek
1	N.K.D. 2,50m = N.A.P. + 0,10m	Variabel
2	Onoverstroombaar	Variabel
3	Uiteenlopende oplossingen, alleen T 28 onoverstroombaar	N.K.D. - 10,00m, 400m

TOELICHTING

Per raai bedraagt het resulterende zandtransport in m³ voor een geheel getij:

$$S_{raai} = 1,7 \alpha m_{raai} \quad (3^b)$$

waarin $m_{raai} = \frac{b}{3600} \left[\int_{t_{16}}^{t_{27}} (\bar{v}_t)^p dt - \int_{t_{35}}^{t_{37}} (\bar{v}_t)^p dt \right]$
 In deze formule is

$\alpha \leq 1$ (onbepaald);
 b : bodembreedte geult in m;
 $\bar{v}_t$: gemiddelde snelheid in verlicht op tijdstip t , in m/sec.
 p : een onbepaalde coëfficiënt

Per vak bedraagt het totaal resulterend zandtransport in m³ voor een getij het verschil van $S_{bovenraai}$ en $S_{benedenraai}$

$$d.w.z. \quad S_A = S_{II} - S_I = 1,7 \alpha (m_{II} - m_I) = 1,7 \alpha M_A \quad (4^A)$$

$$S_B = S_{III} - S_{II} = 1,7 \alpha (m_{III} - m_{II}) = 1,7 \alpha M_B \quad (4^B)$$

$$[M] = [m^3]$$

De grootheid m_{III} is geschat voor T 27^A, T 35 en T 37

RUKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
 STUDIEDIENST VLISSINGEN

WESTERSCHDELDE

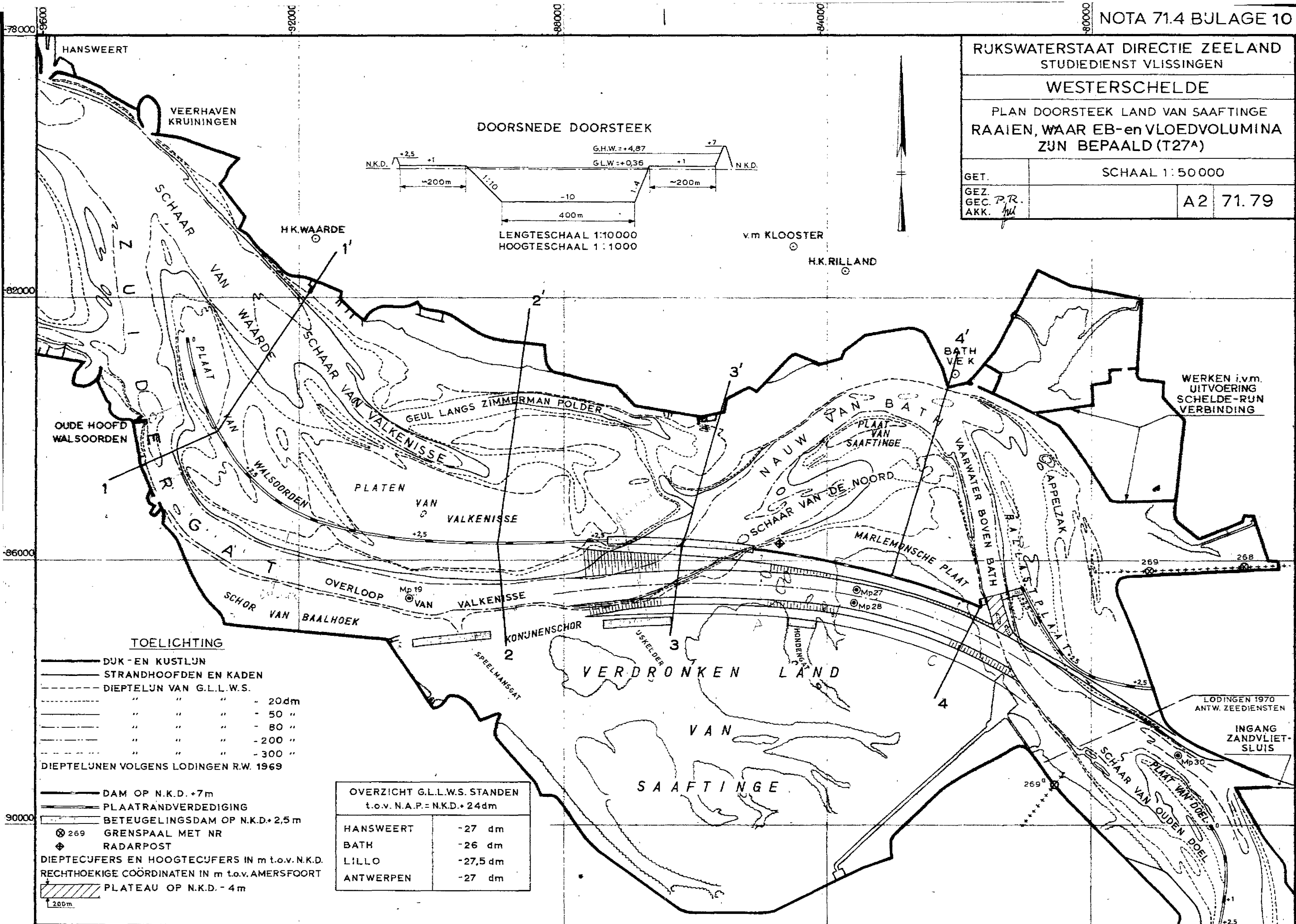
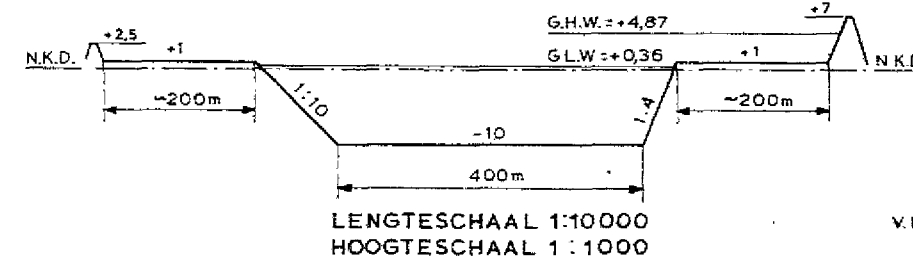
PLAN DOORSTEEK-MODELONDERZOEK
 ZANDTRANSPORTVERHOUDINGEN VOOR
 VERSCHILLENDE OPLOSSINGEN

29 JAN. 1971
 GET L. P.
 GEZ.
 GEC.
 AKK.

B2 71.71

WESTERSCHELDE

GET.	SCHAAL 1:50 000
------	-----------------



TOELICHTING

- | DUK - EN KUSTLUN | | | | |
|--------------------------|----|----|----|----------|
| STRANDHOOFDEN EN KADEN | | | | |
| DIEPTELUN VAN G.L.L.W.S. | | | | |
| ----- | '' | '' | '' | = 20dm |
| ----- | '' | '' | '' | = 50 '' |
| ----- | '' | '' | '' | = 80 '' |
| ----- | '' | '' | '' | = 200 '' |
| ----- | '' | '' | '' | = 300 '' |

DIEPTELJUNEN VOLGENS LODINGEN R.W. 1969

-  DAM OP N.K.D. +7m
 PLAATRANDEVERDEDIGING
 BETEUGELINGSDAM OP N.K.D. +2,5m
 269 GRENSPAAL MET NR
 RADARPOST
 DIEPTECUJERS EN HOOGTECUJERS IN m t.o.v. N.K.D.
 RECHTHOEKIGE COÖRDINATEN IN m t.o.v. AMERSFOORT
 PLATEAU OP N.K.D. - 4m

OVERZICHT G.L.L.W.S. STANDEN
t.o.v. N.A.P. = N.K.D. + 24dm

HANSWEERT	-27 dm
BATH	-26 dm
LILLO	-27,5 dm
ANTWERPEN	-27 dm

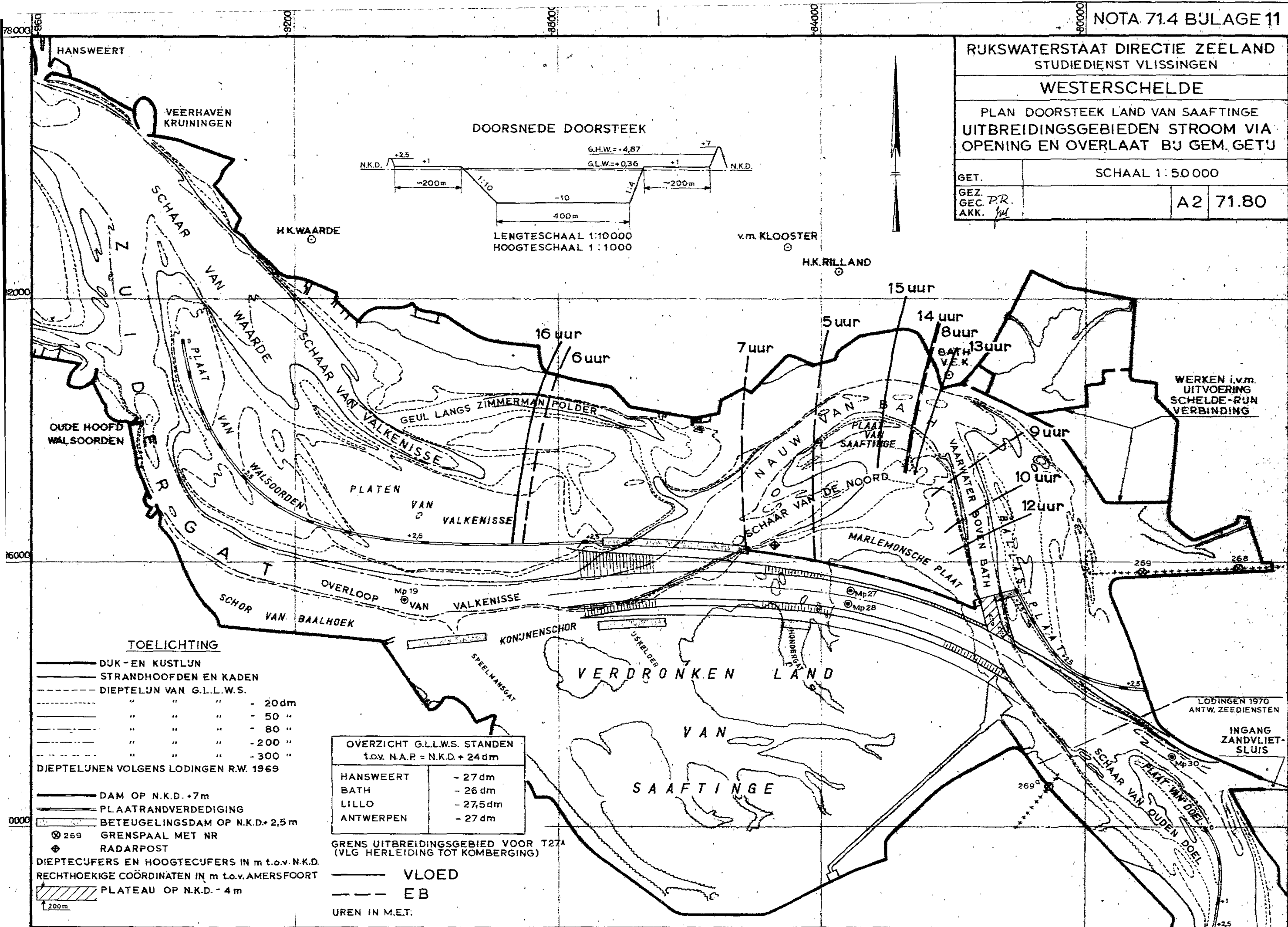
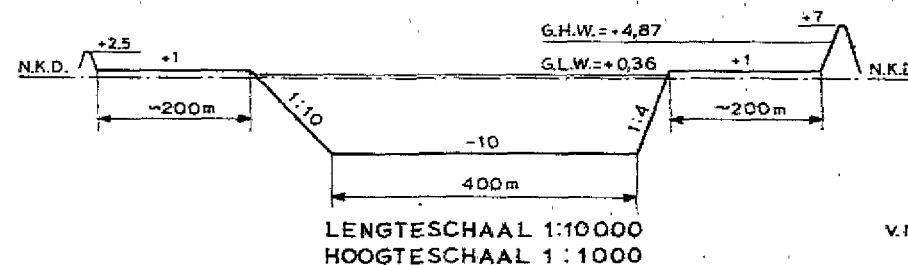
RUKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
 STUDIEDIENST VLISSINGEN

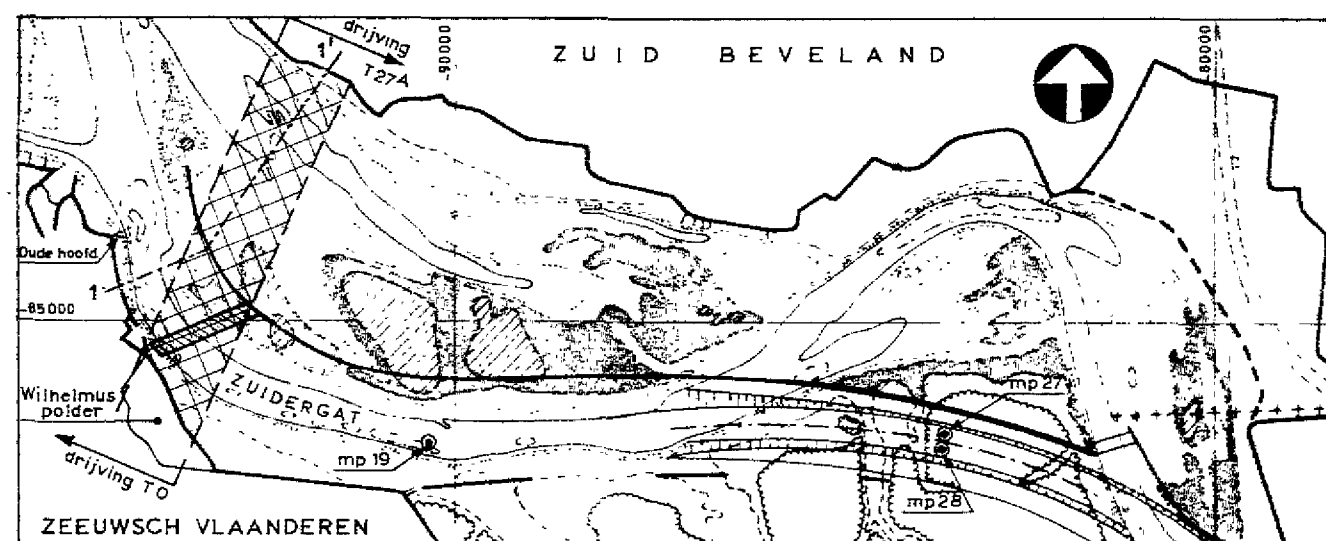
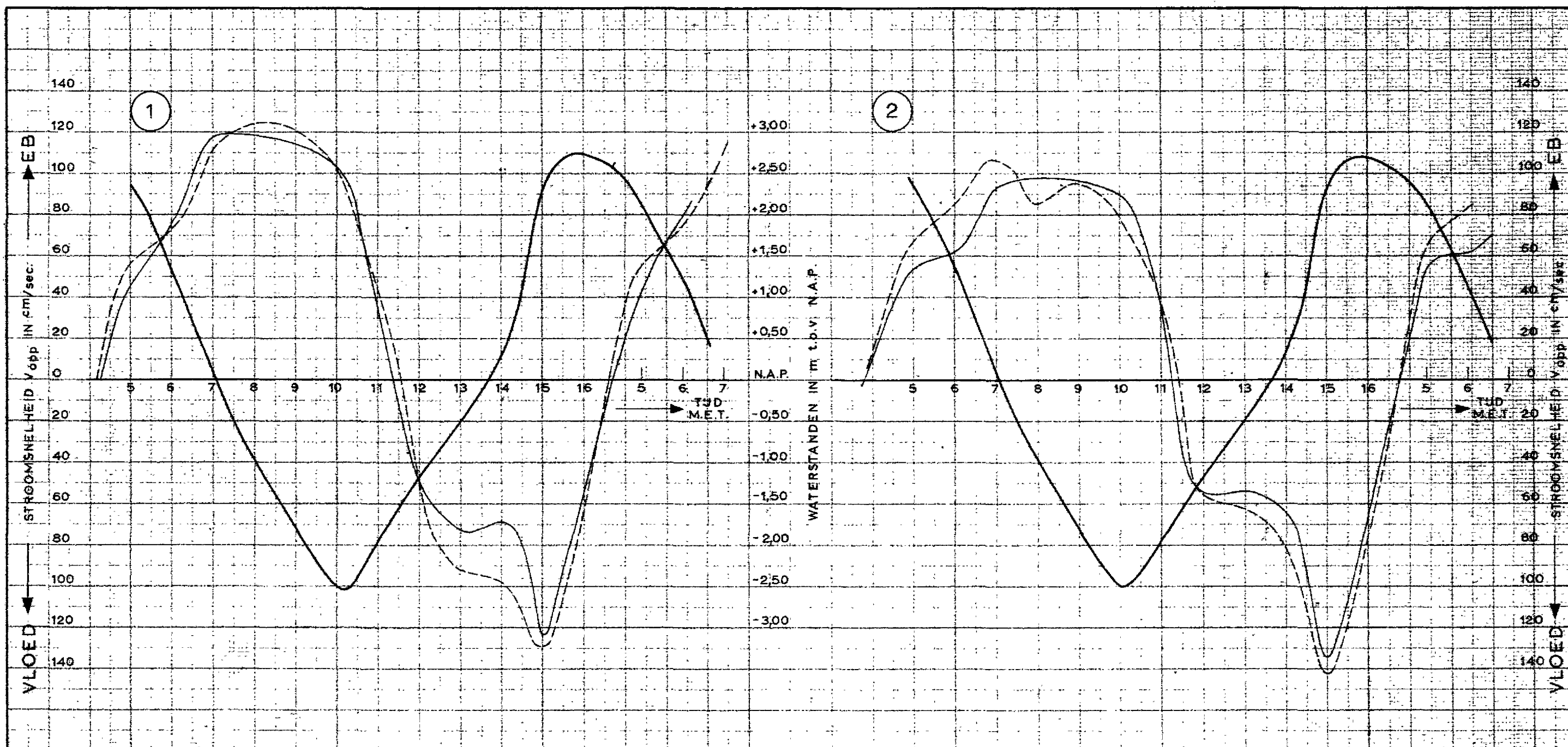
WESTERSCHELDE

PLAN DOORSTEEK LAND VAN SAAFTINGE
 UITBREIDINGSGEBIEDEN STROOM VIA
 OPENING EN OVERLAAT BIJ GEM. GETU

GET. SCHAAAL 1:50 000
 GEZ. PR. A2 71.80
 GEZ. PR. A2 71.80
 AKK.

DOORSNEDE DOORSTEEK





TOELICHTING

Opneming 1967/1968

- Lijn van N.A.P.
- - - 25 dm
- - - 50 dm
- - - 100 dm
- - - 200 dm
- - - 300 dm

⊙ Meetpunt

--- Raai 1-1'

Situatie schaal 1:100 000

TOELICHTING GRAFIEKEN

- Getijkromme Hansweert voor hoog springtij 4-11-1967
- Snelheidskromme T0
- - - Snelheidskromme T27A

▨ Stroom waarvan drijvermetingen zijn verwerkt

① Vaarwater Zuidergat

② Plaatrand t.p.v. Zuidergat (ten zuiden van leidam)

GET	GEZ	GEC	AKK
5-2-71	E	T.R.	hul
L.P.			

WESTERSCHDELDE
PLAN DOORSTEEK-MODELONDERZOEK
GEMIDDELTE OPPERVLAKTESNELHEID
VOLGENS DRIJVERMETINGEN IN MODEL

A2 71.128

ASLUNEN DOORSTEEK
SCHAAL 1:25000

RADARPOST

H.K. KRABBENDUKE

VEERHAVEN
KRUININGEN

H.K. WAARDE

R.C.K. HANSWEERT

Kapelle-
bank

MOLEN-
PLAAT

BROUWER-
PLAAT

PLATEN
VAN
OSSERISSE

SCHAAR (VAN)
WAARDE

SCHAAR VAN VALKENISSE

PLATEN VAN VALKENISSE

PLAAT VAN
WALSDOORDEN

OUDE HOOFD
WALSDOORDEN

OVERLOOP VAN
BAALHOEK

BAALHOEK

SPEELMANS-
GAT

MARLEMONS-
PLAAT

IJSKLEER

SAAFTINGE

WERKEN v.m. UITVOERING
SCHELDE-RIJN VERBINDING

LODINGEN x RW 1969

LODINGEN ANTW. ZEEDIENSTEN
1968/69

Zandvlietsluis 500 m x 57 m
drempel G.L.L.W.S. -132 dm

LODINGEN

BALLAST-
PLAAT

SCHAAR V. OUDEN DOEL

KRUISINGS-
PLAATSEN ZINKERS

TOELICHTING

DUK-EN KUSTLIJN	DIEPTELIJN VAN G.L.L.W.S. +25 dm
KRIJBBEN ENZ.	" " G.L.L.W.S.
ONTWORPEN LEI- BETUIGELINGS- DAM	" " " -20 dm
GRENSPAAL MET NR. 269	" " " -50 "
COÖRDINATEN IN m. tov. AMERSFOORT	" " " -120 "
	" " " -200 "
	" " " -300 "
	" " " -400 "

OPM: DE ONTWORPEN DIJK EN PLAATRANDVERDEDIGINGEN
ZIJN NIET INGETEKEND

- AS HUIDIGE VAARWEG (1969)
- TRACÉ WL. BORGERHOUT (T16EV)
- VARIANT ANTWERPSE ZEEDIENSTEN
- MOGELIJKE VARIANTEN

OVERZICHT G.L.L.W.S. STANDEN
tov. N.A.P.

HANSWEERT	-27 dm
BATH	-26 dm
LILLO	-27,5 dm
ANTWERPEN	-27 dm

RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

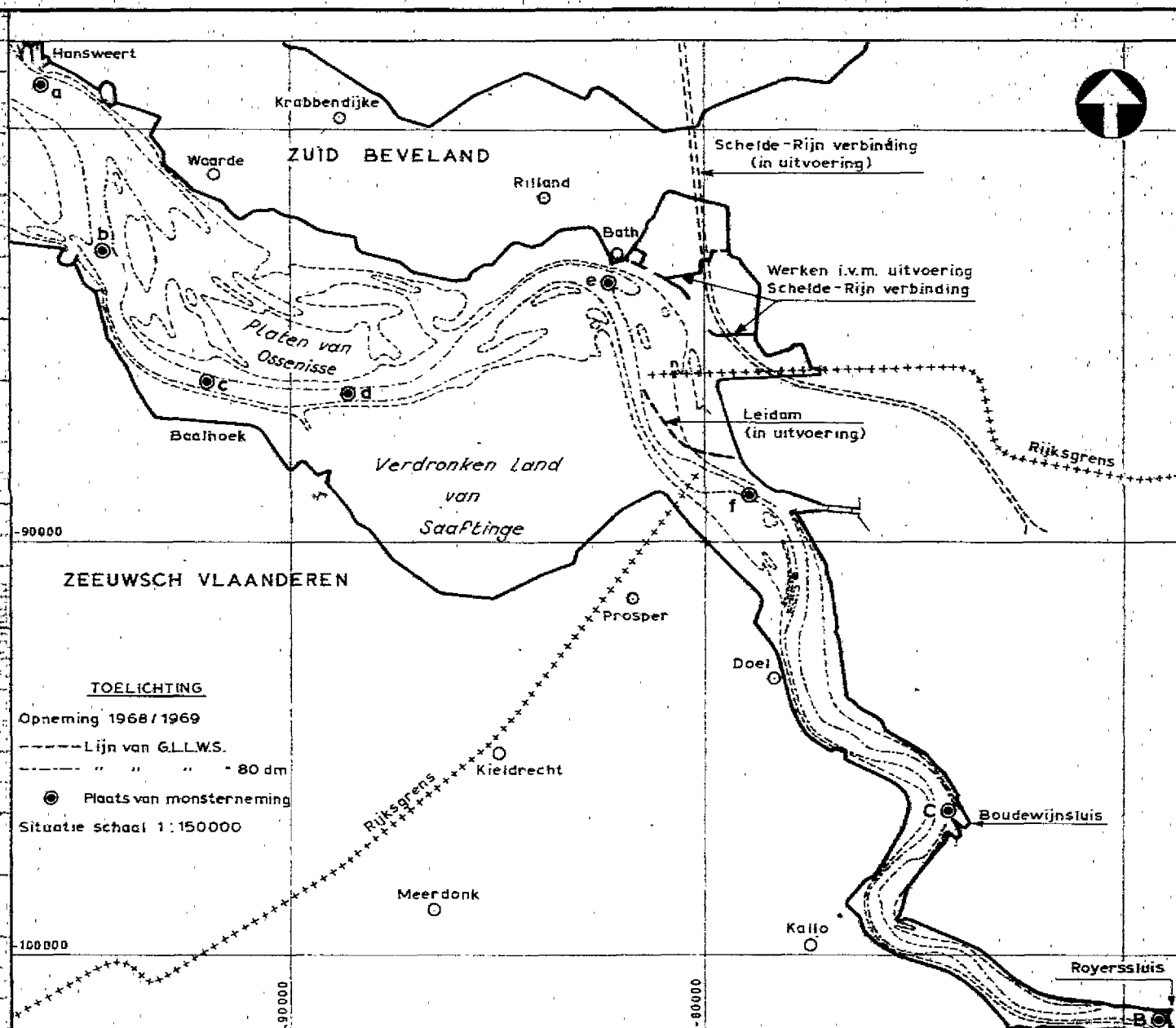
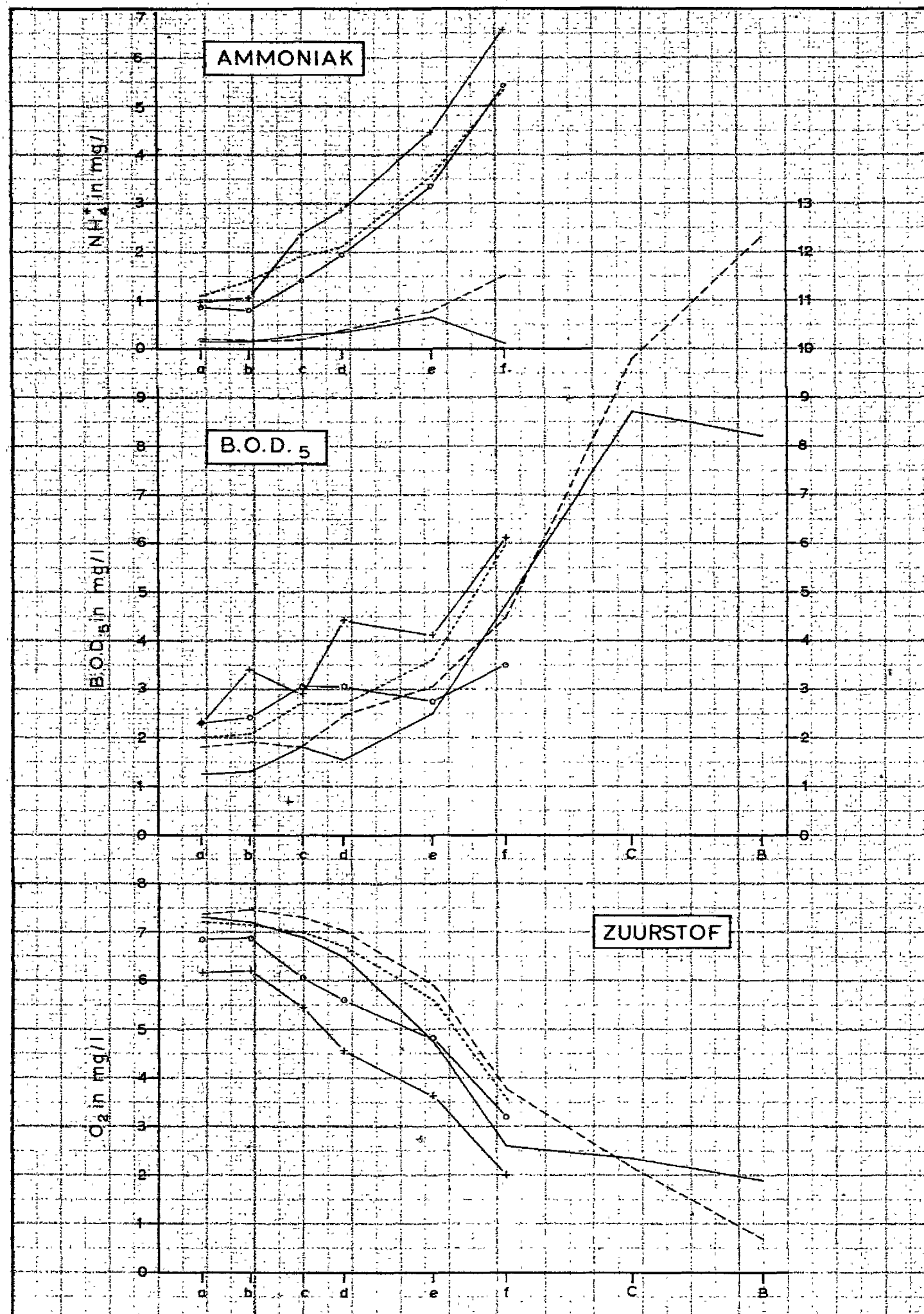
WESTERSCHELDE-SCHELDE

DOORSTEEK LAND VAN SAAFTINGE
PLAN WL. BORGERHOUT MET
VARIANTEN

SCHAAL 1:50000

24-11-70
GET J.d.B.
GEZ.
GEC.
AKK.

A3 70.668



Toelichting

Plaatsen van monsternemingen

Punt	Omschrijving	P l a a t s
a	Boei 42	Voor de haven Hansweert
b	Lichtboei 46	Zuidergat
c	Lichtboei 59	Zuidergat
d	Lichtboei 65	Overloop van Valkenisse
e	Lichtboei 68	Nauw van Bath
f	Lichtboei 87	Schaar van Ouden Doel
C		Boudewijnsdijk
B		Royerssluis

— 1966
- - - 1967
—○— 1968
—+— 1969
- - - 1970

De bemonsteringen geschieden van 1966 t/m '69 eens per maand in 1970 eens per 14 dagen
Het zomerseizoen bestaat de periode half juni - half oktober
Naar gegevens van het R.I.Z.A.

GET. GEZ. GEC. AKK.

10-2-71
L.P.

E. PR.

WESTERSCHDELDE - SCHDELDE
VERVUILINGSGRAFIEKEN
ZOMERGEMIDDELDEN 1966-1970

A2 71.133