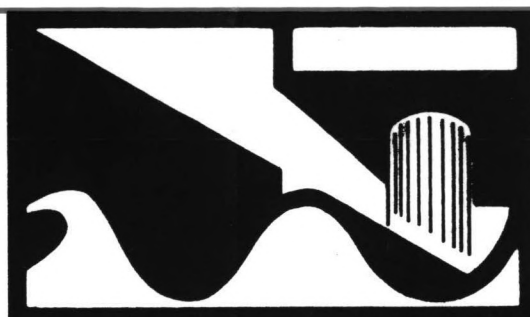


6902

augustus 1987

R.P. van Dijk P.J. Eimers

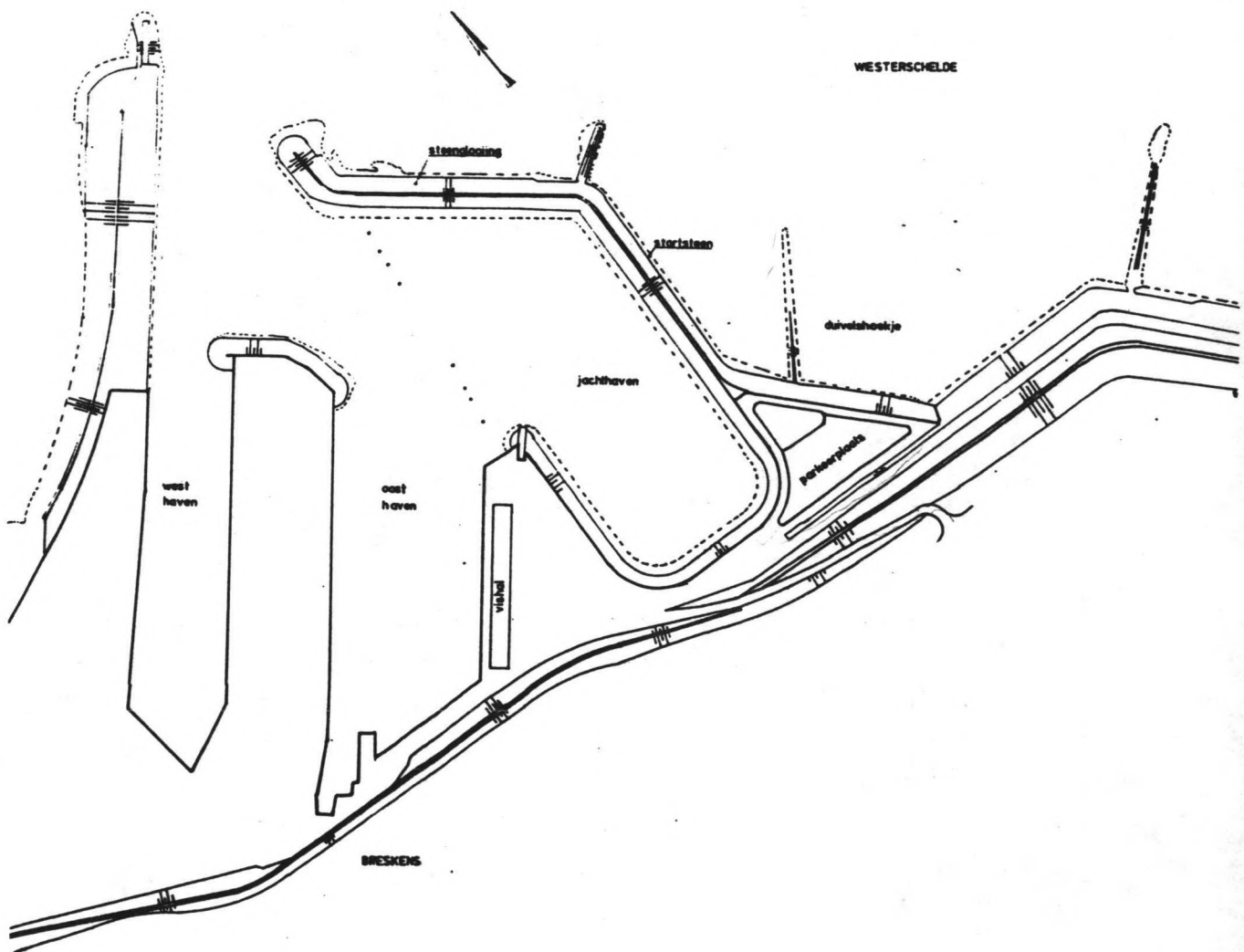


UITBREIDING VAN DE JACHTHAVEN VAN BRESKENS

VOORONDERZOEK

VOORONDERZOEK

Uitbreiding van de jachthaven van Breskens.



R.P. van Dijk
P.J. Eimers

VOORONDERZOEK

Uitbreiding van de jachthaven van Breskens.

Afstudeerwerk van: R.P. van Dijk
P.J. Eimers

Onder begeleiding van Prof.dr.ir. E.W. Bijker

Delft, oktober 1986.

	blz.
1. INLEIDING.	3
1.1. Plannen voor de uitbreiding van de jachthaven te Breskens.	3
1.2. De geprojecteerde uitbreiding.	3
1.3. Kosten van de jachthaven.	4
1.4. Doelstelling onderzoek.	4
1.5. Programma van eisen en wensen.	5
2. AANPAK ONDERZOEK.	6
2.1. Planning werkzaamheden.	6
2.2. Genereren van alternatieven.	6
2.3. Computerprogramma DUCHESS.	7
2.3.1. Introductie.	7
2.3.2. Oplossingsmethode.	7
2.3.3. Ruimtelijke schematisatie.	8
3. VERZAMELDE GEGEVENS.	9
3.1. Getijgegevens.	9
3.2. Bodemgegevens.	9
3.3. Analyse slibmonsters	10
3.3.1. Bepaling korrelverdeling.	10
3.3.2. Interpretatie resultaten.	10
3.4. Inrichting jachthaven.	12
4. LITERATUURLIJST.	14

BIJLAGEN

1. INLEIDING

1.1. Plannen voor de uitbreiding van de jachthaven te Breskens.

De haven van Breskens, gelegen in Zeeuws Vlaanderen aan de Westerschelde, bestaat uit drie bassins, namelijk een werkhaven, een visserijhaven en een jachthaven (figuur 1.1 en 1.2). In 1976 is de jachthaven in gebruik genomen en heeft van meet af aan een goede bezetting gekend. De haven ligt op een, uit zeilersoogpunt, ideale plek. Het is een prima basis om tochten te beginnen langs de Belgisch-Franse kust, de Nederlandse kust en om een oversteek te maken naar Engeland. Zelfs bij zwaar weer bestaat de mogelijkheid om te gaan varen op de enigzins beschut gelegen Westerschelde.

Dit en het feit dat de laatste jaren de recreatiemogelijkheden zijn toegenomen, heeft er toe geleid dat de vraag naar vaste ligplaatsen sterk is toegenomen.

De watersportvereniging Breskens heeft daarom besloten de jachthaven te gaan uitbreiden, dit moet leiden tot een verdubbeling van het aantal ligplaatsen (tot 860). Men wil tevens de haven beter toegankelijk maken (met name voor grotere schepen), de baggerkosten verlagen en een nieuwe inrichting van de haven ontwerpen. De huidige steigerconstructies voldoen niet meer aan de stringente eisen van een getijdehaven, er zal een geheel nieuw type moeten worden toegepast.

Aan de faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft is gevraagd, door de bouwcommissie Watersportvereniging Breskens, een plan op te stellen voor de uitbreiding van de jachthaven te Breskens.

1.2. De geprojecteerde uitbreiding.

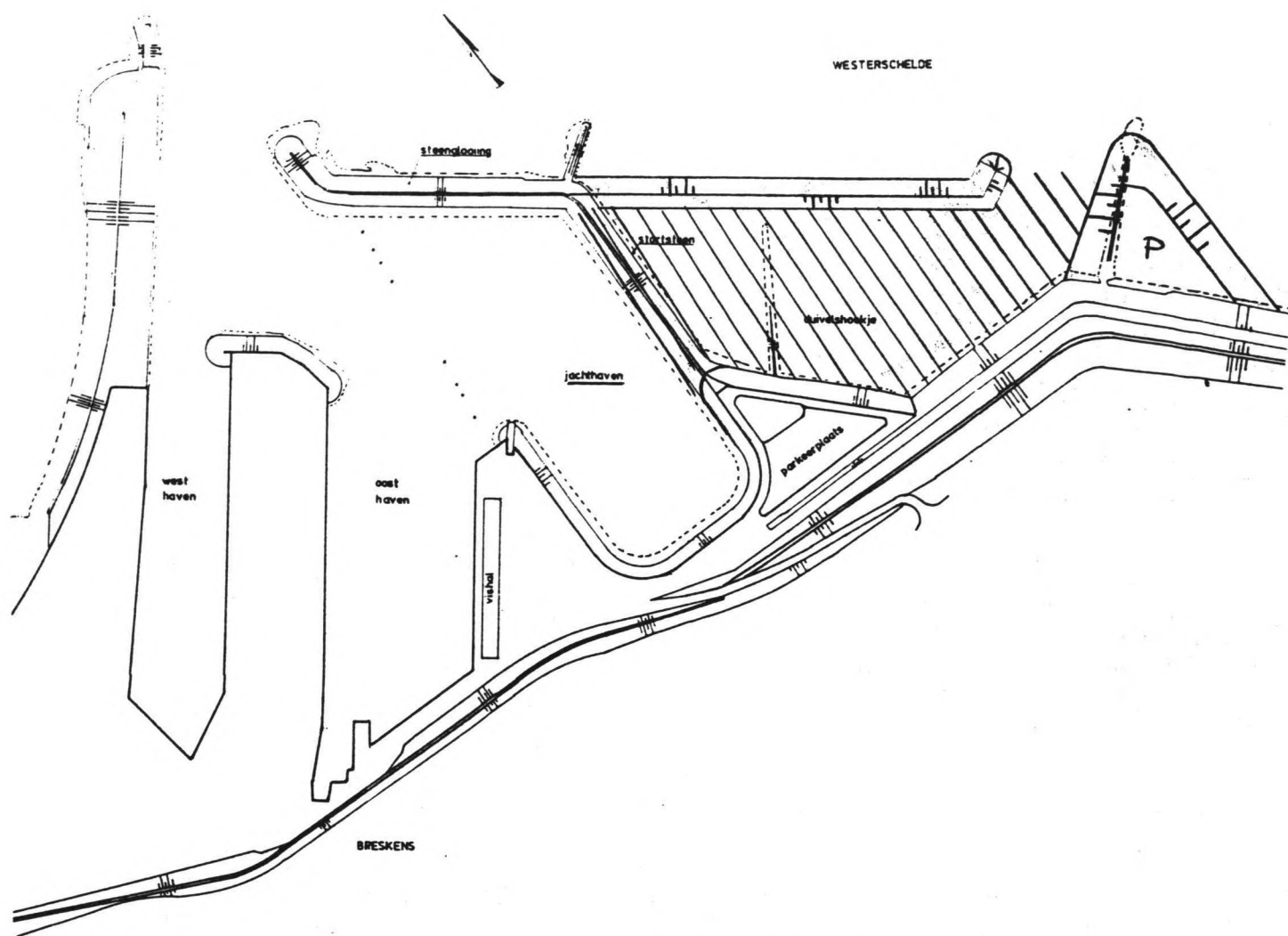
De uitbreiding van de jachthaven is geprojecteerd in oostelijke richting. Een schets van deze uitbreiding is gegeven in figuur 1.2.

Naast de uitbreiding van het aantal ligplaatsen denkt men aan het opzetten van een zeilschool, een grote parkeerplaats en wellicht aan de bouw van appartementen.

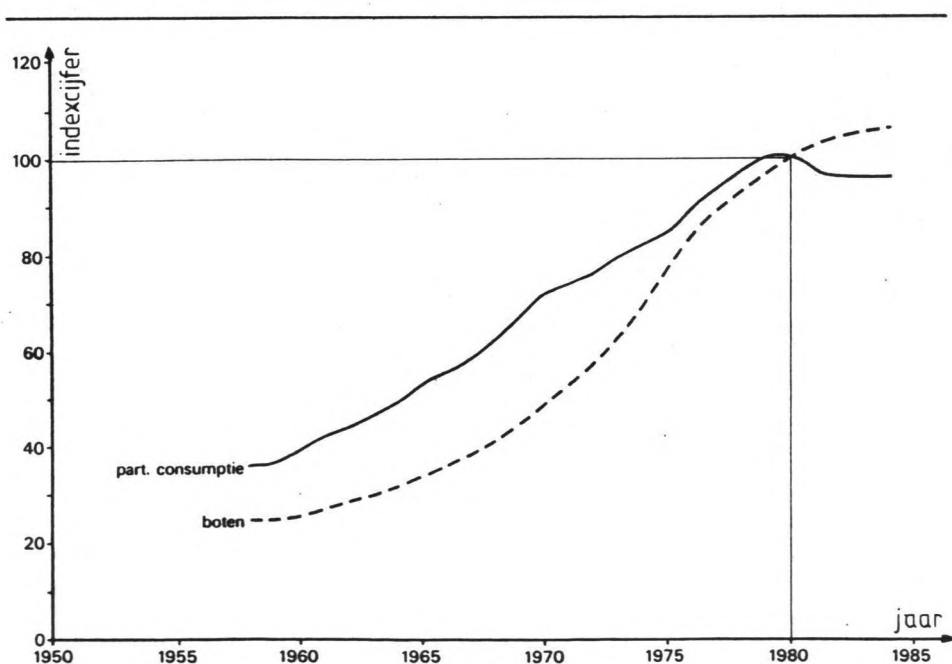
Dat uitbreiding van de jachthaven een reeel streven is, moge blijken uit een aantal ontwikkelingen [1] (*) in de maatschappij en de technologie (figuur 1.3), zoals:

- er komen steeds meer grote jachten (de gemiddelde grootte van jachten stijgt nog steeds figuur 1.4 en 1.5);
- er zijn scheepstypen die andere eisen stellen, bijvoorbeeld catamarans;
- er ontstaan nieuwe vormen van recreatief gebruik,

(*) [1] verwijst naar literatuurlijst hoofdstuk 4.



figuur 1.2. Geprojecteerde uitbreiding van de jachthaven Breskens.



figuur 1.3. Vergelijking van de ontwikkeling van het volume van de particuliere consumptie en de ontwikkeling van het aantal zeil- en motorboten (indexcijfer 1980=100).

- de voor recreatie beschikbare tijd neemt toe;
- de toename van het besteedbaar inkomen, de wensen verschuiven steeds meer in de richting van comfort.

1.3. Kosten van de jachthaven.

De exploitatiekosten van een jachthaven worden sterk bepaald door de ligging ervan. Met name de kosten van de steigeraccommodatie van een getijdehaven zijn veel hoger dan die van een haven met constant peil.

Een andere grote kostenpost is het baggerwerk, in Breskens iedere twee jaar. Er wordt door Rijkswaterstaat per keer ongeveer 50.000 m³ 'a fl 2,50 gebaggerd [2]. Het storten van de gebaggerde specie in de Westerschelde kost fl 0,80 per m³. Op jaarbasis zijn de kosten van baggerwerk circa fl 105.000,=.

De uitbreiding van de jachthaven van 52.000 m² naar ruim 100.000 m² resulteert wellicht in een verdubbeling van het te baggeren slib en dus ook van de kosten.

Een derde grote kostenpost wordt gevormd door de havendam die verlengd moet worden met ongeveer 400 m. De bestaande havendam moet worden opgehoogd om een voldoende rustig klimaat in de haven te kreeëren.

Een eerste schatting van deze kosten [3] geeft een totaal bedrag van 400 m * fl 7000/m is fl 2.800.000,=. Dit zijn eenmalige kosten, in tegenstelling tot de baggerkosten die tweejaarlijks terugkeren.

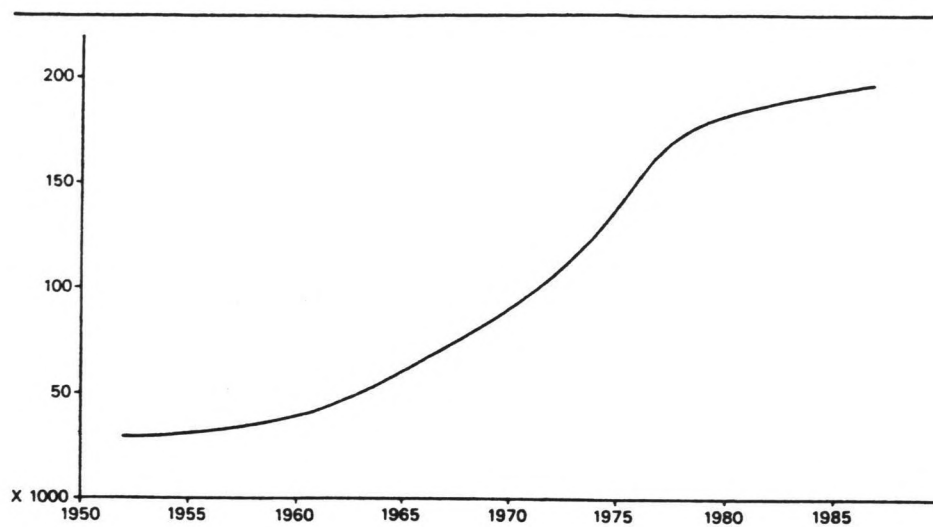
Om een eerste indruk te krijgen van de kosten van de nieuwe steigeraccommodatie wordt uitgegaan van 180 m hoofdsteiger en in totaal 400 dwarssteigers. Voor de hoofdsteiger, bestaande uit 12 m lange en 2.30 m brede elementen 'a fl 8.800,=, resulteert dit in fl 132.000,=. De dwarssteigers kosten fl 1.500,= per stuk, totaal fl 600.000,=.

De totale kosten voor de nieuwe steigers exclusief palen komen op fl 732.000,=.

1.4. Doelstelling onderzoek.

De doelstelling van dit onderzoek is de baggerkosten in de jachthaven van Breskens zo laag mogelijk te houden.

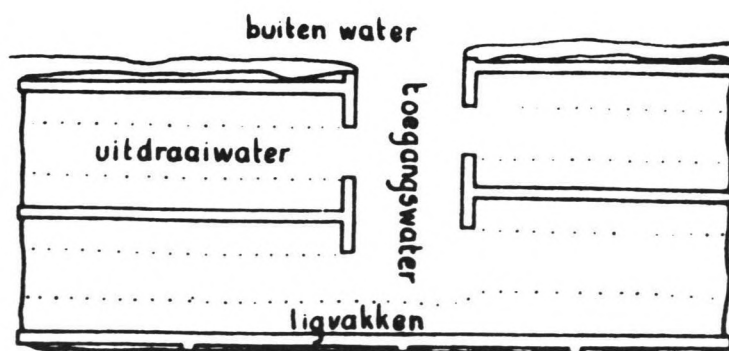
In paragraaf 1.5 worden de eisen en wensen genoemd ten aanzien van de uitbreiding. Deze zijn tot stand gekomen na gesprekken met de opdrachtgever.



figuur 1.4. ontwikkeling van het aantal zeilboten groter dan 3.50 m.

<i>lengte</i> <i>meter</i>	<i>zeil-</i> <i>boten</i> %	<i>motor-</i> <i>boten</i> %	<i>zeil- + motor-</i> <i>boten</i> %
4	15	5	10
5	20	8	13
6	20	12	16
7	15	15	13
8	10	15	12
9	5	12	9
10	4	10	7
11	3	8	6
12	2	6	5
13	2	4	4
14	2	3	3
15	2	2	2
	100	100	100

figuur 1.5. Procentuele verdeling naar bootlengte van zeil- en motorboten (groter dan 3,5 m).

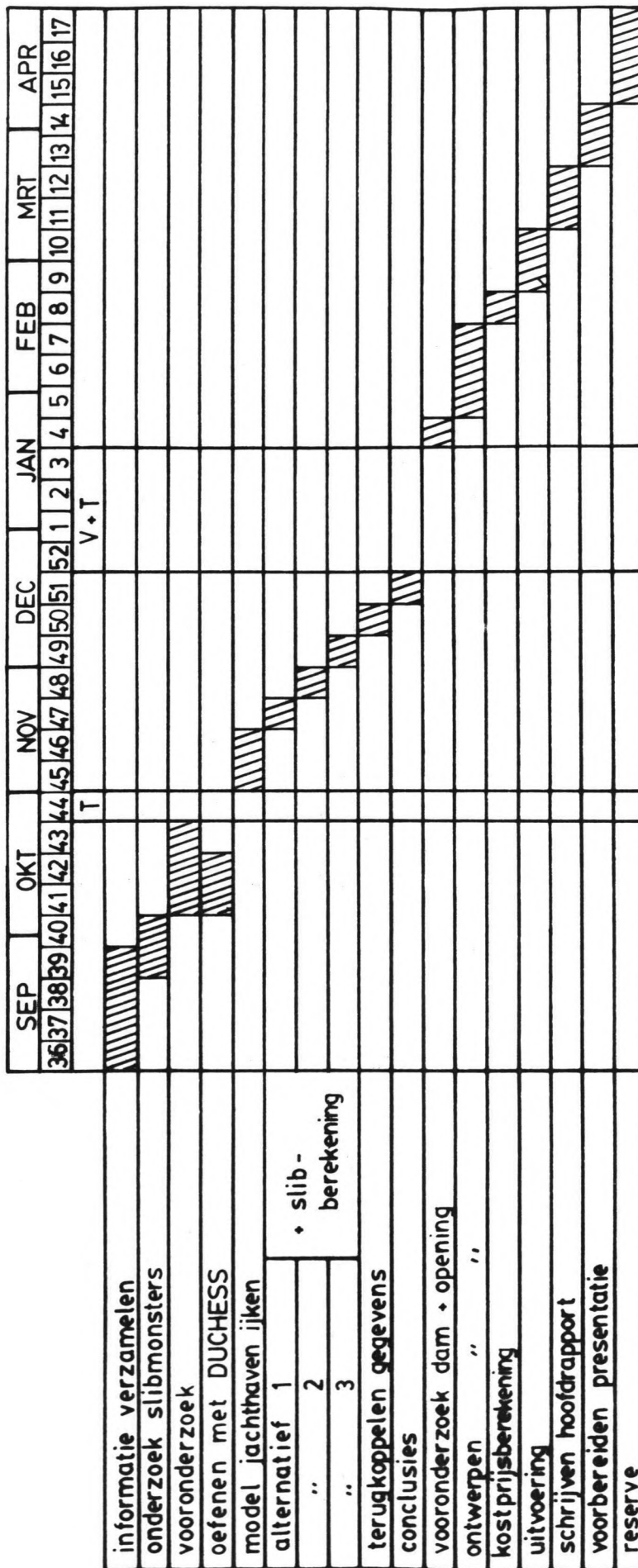


figuur 1.6. Definitie uitdraaiwater.

1.5. Programma van eisen en wensen.

Puntsgewijs kunnen als eisen en wensen worden genoemd:

- Er moet in de haven een stroomsnelheid optreden van minimaal 0.15 m/s om aanslibbing te voorkomen (zie paragraaf 3.3).
- De stroomsnelheid in de haven mag in verband met aanleggen van schepen niet groter zijn dan 0,20 'a 0,30 m/s. Vooral de dwarsstroom in het uitdraaiwater (figuur 1.6 [4]) moet gering zijn.
- De streefdiepte van de haven bedraagt 5,50 -NAP.
- De oude en nieuwe havendam moeten een rustig regime garanderen in de haven (rekening houdend met een zware storm eens in de 10 'a 20 jaar).
- Kruinhoogte van de havendam moet 5.00 m +NAP bedragen.
- Binnentalud van de havendam moet zo steil mogelijk om zoveel mogelijk ruimte in de haven te maken.
- De maximale dwarsstroomsnelheid bij de haveningang (zowel de oude als de eventuele nieuwe ingang) mag niet groter worden dan 0.50 m/s.
- De haveningang moet 50 m breed zijn zodat de schepen zelfs onder zeil rustig kunnen binnenlopen.
- De invloed van de vorm van de haveningang op het stroombeeld in de haven moet worden onderzocht.
- De invloed van de eventuele tweede opening op de stroomgeul moet gering zijn.
- Nader onderzoek naar de invloed van de vorm van de parkeerplaats op het stroombeeld voor de haveningang moet plaatsvinden.
- Een standaardschip (90% van de schepen is kleiner) heeft een lengte van 10 m en een diepgang van 1.50 m.
- Het grootste schip dat de haven moet kunnen binnenlopen heeft een lengte van 30 m en een diepgang van 2.70 m.
- Men moet goed kunnen manoeuvreren in de haven.
- Onderhoudsbaggerwerk in de haven moet eenvoudig gedaan kunnen worden.
- Indien mogelijk moet er een functionele scheiding komen tussen beroeps- en recreatievaart in de haven.



T = tentamenperiode

V = vacantie

figuur 2.1. Globale planning van het onderzoek.

2. AANPAK ONDERZOEK.

2.1. Planning werkzaamheden.

Om het onderzoek van de uitbreiding van de jachthaven te beheersen (besturen) is een globale planning opgesteld (figuur 2.1.).

Na een eerste orientatie van het project waarin de verschillende aspecten van de uitbreiding zijn geïnventariseerd, kunnen drie fasen worden onderscheiden.

Ten eerste het vooronderzoek, dat heeft geresulteerd in dit rapport.

In de tweede plaats het stromingsonderzoek waarin de verschillende alternatieven onderzocht worden door middel van computersimulatie.

De constructieve fase is het derde deel van het project.

Invulling van de tijdsbesteding is gedaan op grond van de resultaten uit het vooronderzoek en de voor het afstuderen beschikbare tijd (circa 10 maanden).

Om de planning te beheersen zullen aan het eind van elke maand de resultaten worden bekeken en zal zonodig de tijdsplanning worden bijgesteld.

2.2. Genereren van alternatieven.

De uitbreiding van de jachthaven is te onderscheiden in drie hoofdontwerpen:

- 1- Uitbreiding zonder speciale maatregelen (figuur 2.2).
- 2- Uitbreiding met een tweede havenmond (figuur 2.3).
- 3- Als 2 maar nu met de jachthaven gescheiden van de Oosthaven met een al of niet doorlatende constructie (figuur 2.4).

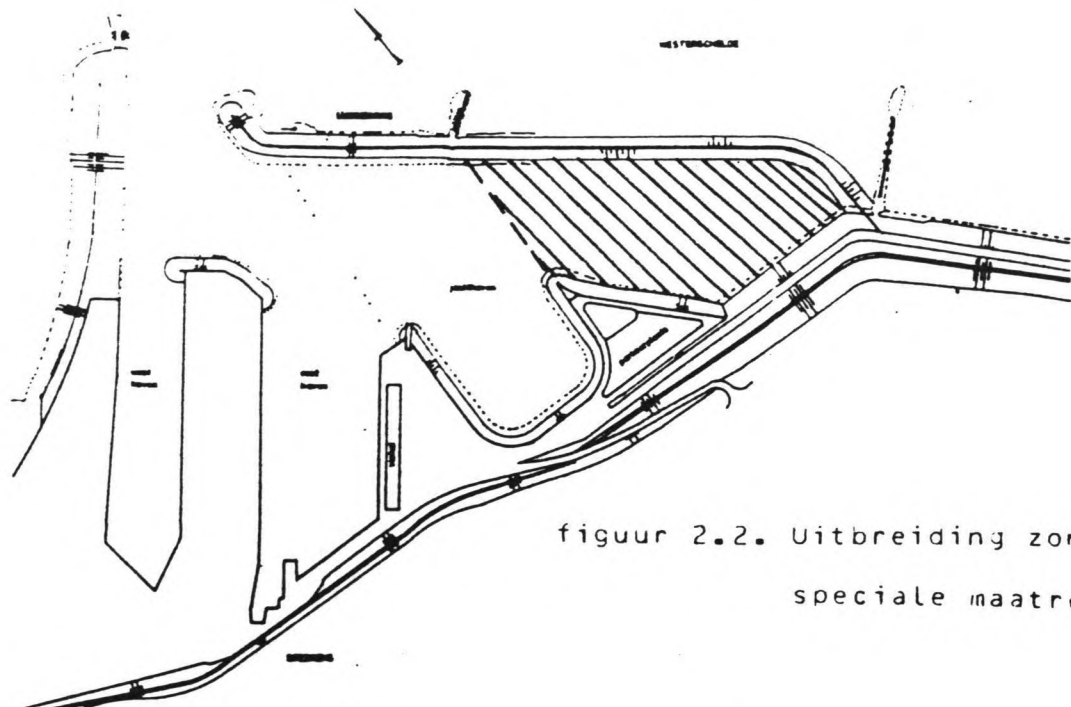
Binnen deze drie hoofdalternatieven kunnen nog variaties aangebracht worden.

De plaats van de tweede haveningang ligt in principe niet vast. Uit het stromingsonderzoek zal kunnen blijken dat het aan te bevelen is om bijvoorbeeld de havenmond halverwege de dam te plaatsen.

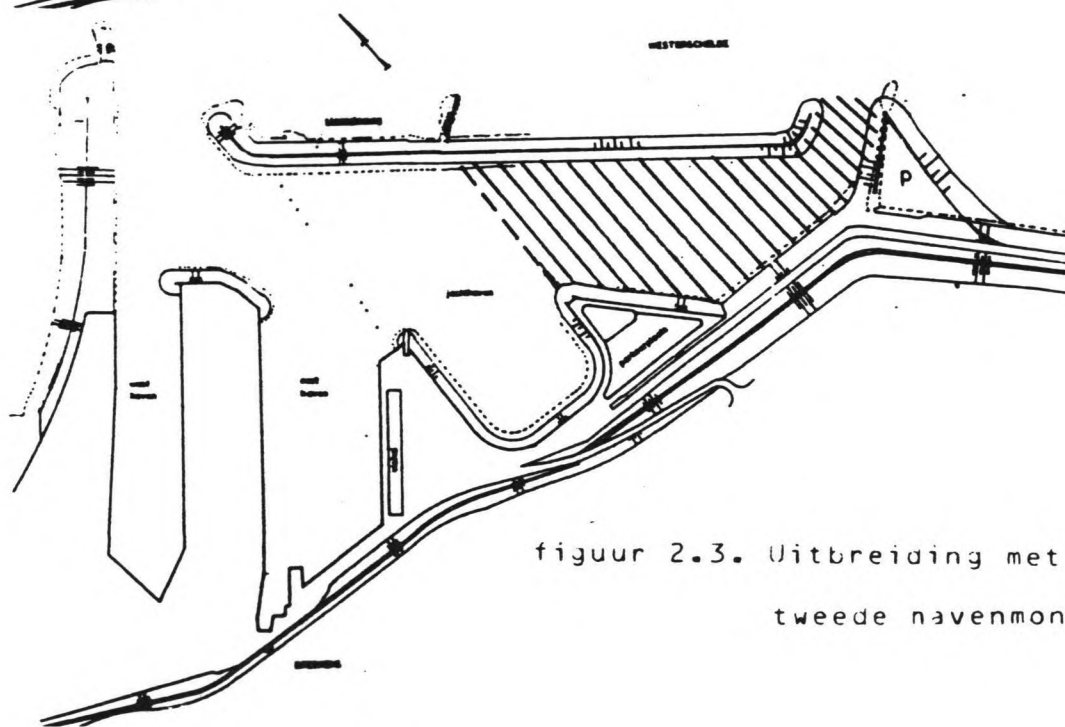
De vorm van de tweede havenmond en de parkeerplaats liggen eveneens niet vast. Er zal moeten worden onderzocht wat de invloed van de vorm is op het stroombeeld in de haven en buiten de haven.

Bij de alternatieven -2- en -3- bestaat de mogelijkheid om de stroming in de haven te beïnvloeden door variatie van de doorlatendheid van de scheidingsconstructie. Deze constructie kan dienen als aanlegsteiger voor de vissersschepen.

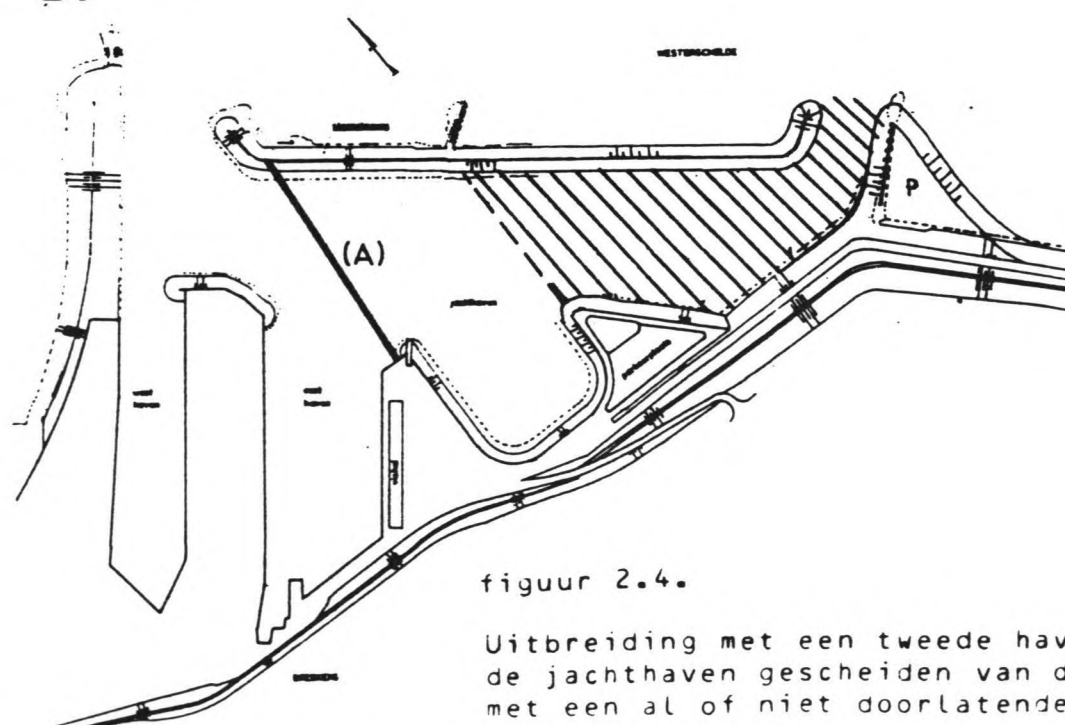
Bij het stromingsonderzoek zal in eerste instantie worden uitgegaan van de vorm zoals weergegeven in de figuren



figuur 2.2. Uitbreiding zonder speciale maatregelen.



figuur 2.3. Uitbreiding met een tweede havenmond.



figuur 2.4.

Uitbreiding met een tweede havenmond en de jachthaven gescheiden van de Oosthaven met een al of niet doorlatende constructie (A)

2.2, 2.3 en 2.4.

Verder is het mogelijk om een meer of minder steil talud toe te passen.

De inrichting van de haven is afhankelijk van het gekozen alternatief. Dit geldt voornamelijk voor alternatief -2- waarbij er een stroming in de haven is. De ligplaatsen komen daar waar de stroming de minste hinder geeft.

2.3. Computerprogramma DUCHESS.

2.3.1. Introductie.

DUCHESS staat voor Delft University Computer program for 2-dimensional Horizontal Estuary and Sea Surges. Het programma is gebaseerd op de eindige differentie benadering van de twee dimensionale ondiepwatervergelijkingen [5]. Als onbekenden worden gebruikt de waterstand en de stroming (zijnde de diepte * snelheid).

De rekenprocedure vindt plaats via een impliciete methode.

2.3.2. Oplossingsmethode.

De basisvergelijkingen van het model zijn de bewegingsvergelijkingen in x- en y-richting. De onbekenden zijn de over de diepte gemiddelde snelheden in beide coördinaat-richtingen (u_x, u_y) en de waterstand (H) als functie van x, y en t.

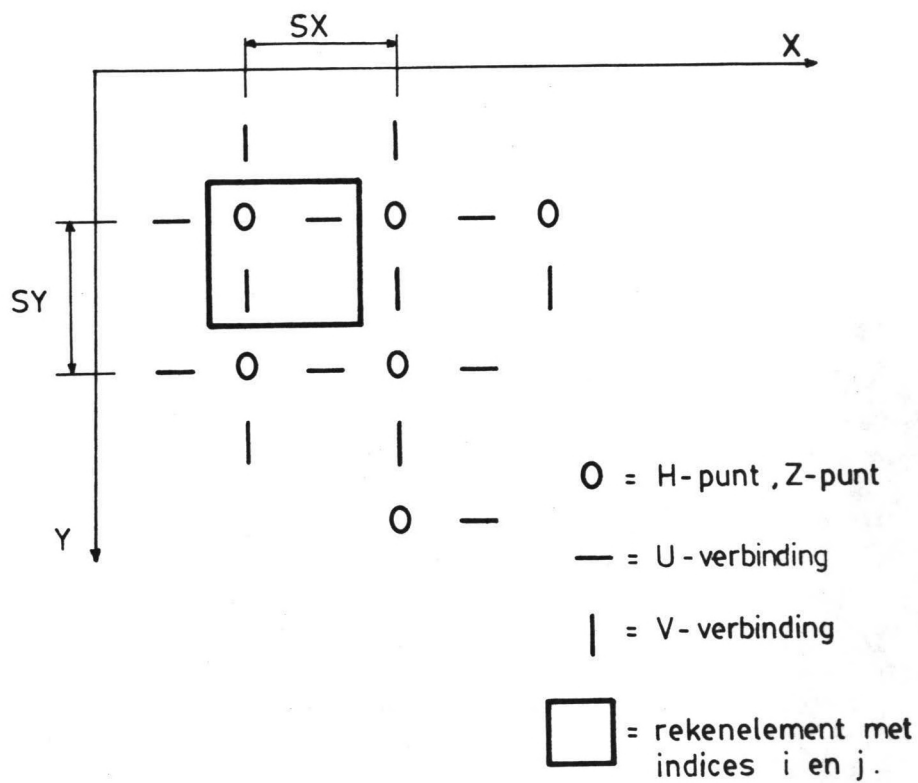
Voor het oplossen van de differentiaalvergelijkingen wordt gebruik gemaakt van een impliciete methode van het "alternating direction implicit" type (ADI). Deze methode onderscheidt zich van een volledige impliciete omdat niet gerekend wordt met een groot stelsel vergelijkingen dat alle roosterpunten bevat.

Bij de ADI-methode wordt per kolom en per rij een afzonderlijk stelsel vergelijkingen opgelost. Dit is mogelijk door de afgeleide dwars op de rekenrichting expliciet te behandelen. De in twee richtingen gesplitste berekening kan in een tijdstap uitgevoerd worden als de tijdstap ook in twee stukken wordt gesplitst.

Tijdens de eerste stap wordt in x-richting langs rijen gerekend, u_x en H worden impliciet berekend terwijl de y-differenties expliciet worden behandeld.

In de tweede tijdstap wordt dit hersteld door in y-richting te rekenen en nu de y-differenties impliciet te nemen en de afgeleiden in x-richting expliciet. u_y en H worden impliciet berekend langs kolommen.

De ADI-methode vindt vooral toepassing bij grote rekengebieden met veel roosterpunten. Bij volledige impliciete methoden leidt uitbreiding van het aantal roosterpunten tot een snelle toename van de hoeveelheid rekenwerk.



figuur 2.5. Schematisatie rekenmodel geprojecteerd in het x-y-vlak.

2.3.3. Ruimtelijke schematisatie.

Het rekengebied wordt geschematiseerd in een rechthoekig en zogeheten versprongen rooster ("staggered grid") met uniforme maaswijdte (figuur 2.5).

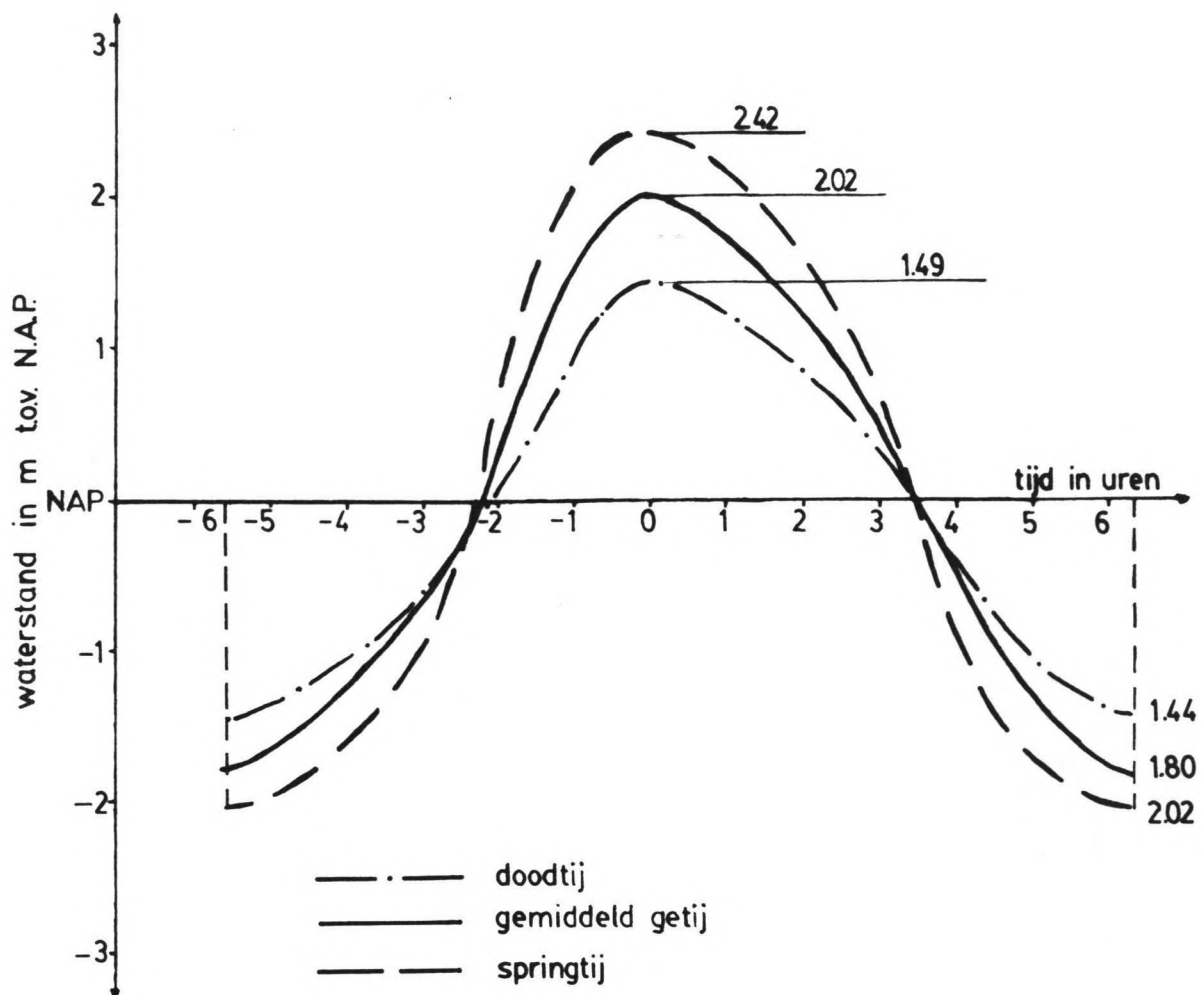
- De waterdiepte in punt (i,j) wordt bepaald door gebruik te maken van de bodemligging in punt (i,j) .
- De randen van het model worden tot trapjeslijnen geschematiseerd.
- De stroomsnelheden worden gevonden door te stellen $u = Q_x / D$ en $v = Q_y / D$, waarin D de diepte is.
- Gesloten randen gaan door snelheidspunten (Q_x, Q_y) zodat de normaalsnelheid nul kan worden gesteld.
- Open randen waar de waterstanden worden opgelegd gaan door waterstandspunten.

Een versprongen rooster biedt voordelen ten opzichte van een niet-versprongen rooster. Bij een traditionele schematisatie bevat elk roosterpunt 3 onbekende grootheden: de waterstand (H) , de snelheid in x-richting (u) en de snelheid in y-richting (v) .

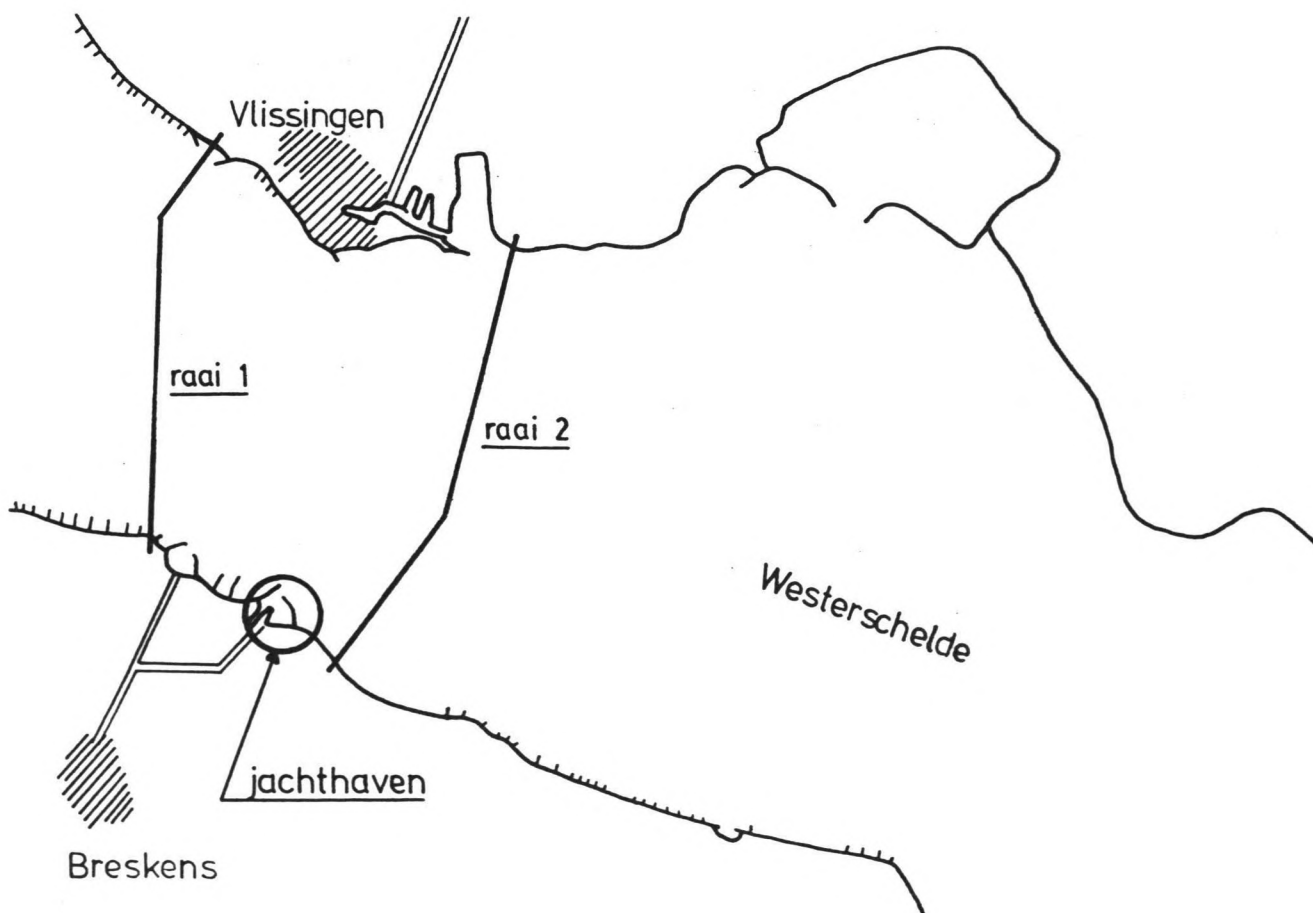
Bij toepassing van centrale differenties blijkt het echter niet noodzakelijk om in elk roosterpunt deze variabelen te definiëren. Door onderscheid te maken tussen waterstands- en snelheidspunten kan het aantal rekenpunten worden verminderd.

Combinatie van roosters van waterstands- en snelheidspunten die ten opzichte van elkaar verschoven zijn levert weer het traditionele rooster op.

Het versprongen rooster is efficiënt omdat het aantal onbekenden met een factor vier wordt verminderd zodat met een kwart van de rekentijd kan worden volstaan.



figuur 3.1. Getijkromme Breskens.



figuur 3.2. Meetraaien Westerschelde.

3. VERZAMELDE GEGEVENS.

3.1. Getijgegevens.

In Breskens zijn de volgende getijgegevens bekend (zie ook figuur 3.1)[6]:

- Hoog Water :	gemiddeld	2.02	m	+NAP
	doodtij	1.49	m	+NAP
	springtij	2.42	m	+NAP
- Laag Water :	gemiddeld	1.80	m	-NAP
	doodtij	1.44	m	-NAP
	springtij	2.02	m	-NAP
- Hoogst bekende waterstand		4.80	m	+NAP
- Laagst bekende waterstand		3.54	m	-NAP
- Gemiddeld zeeniveau		0.044	m	-NAP
- Grenspeil		3.27	m	+NAP

Deze gegevens zijn van de periode 1961-1971 en kunnen nog niet voor extrapolatie worden gebruikt. Daarom wordt er gewerkt met de peilschaal van Vlissingen waarvan de waterstanden sinds 1885 geregistreerd zijn.

Uit metingen (1970, 1972 en 1980) verricht door Rijks-waterstaat over twee raaien in de Westerschelde (figuur 3.2) is gebleken dat de getijkromme van Breskens nagenoeg overeenkomt met die van Vlissingen. Volgens waarnemingen treedt in Breskens het HW 4 minuten en het LW 8 minuten eerder op dan in Vlissingen.

Het verloop van het getij over de gehele Westerschelde is weergegeven in bijlage 1.

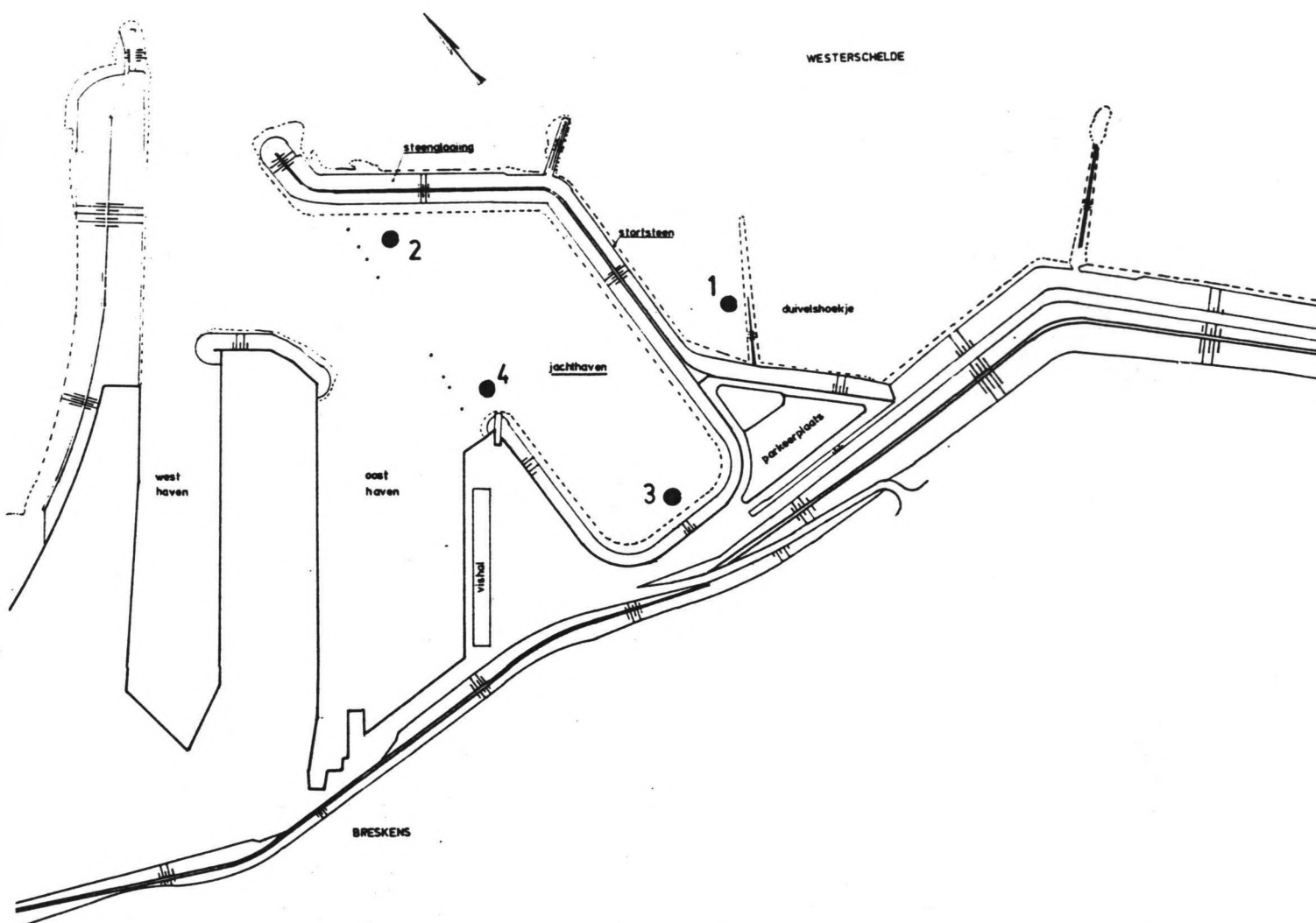
3.2. Bodemgegevens.

Voor de haven van Breskens langs loopt een geul ("Het vaarwater langs de Hoofdplaat") die nagenoeg stabiel is. Metingen over de afgelopen 20 jaar geven geen indicatie dat de geul zich richting kust verplaatst.

De bodemgegevens zijn ontleend aan een onderzoek naar de geologische gesteldheid van de bodem voor het nieuwe dijktrace bij Breskens (bijlage 2.1 en 2.2) [7].

De conclusie van dit onderzoek is dat de ondergrond bij Duivelshoekje tot circa 20 m diepte bestaat uit zeer jonge afzettingen. Deze zijn in het algemeen zeer zandig met ingesloten kleilenzen. Plaatselijk bevinden zich in de bovenkant van het zandpakket recent verlande geulen opgevuld met zeeklei.

Eerst op circa 20 meter diepte treden oudere lagen op die plaatselijk uit klei, zand of zand met kleinsluiting bestaan. De geaardheid van deze lagen beantwoordt ten volle aan alle funderingseisen voor kunstwerken.



figuur 3.3 Monstername in en buiten de haven.

3.3. Analyse slibmonsters.

3.3.1. Bepaling korrelverdeling.

Om met de resultaten (stroomsnelheden) uit het computermodel DUCHESS de aanslibbing in de haven te kunnen bepalen is het nodig een idee te hebben van de samenstelling van het slib. Daar toe is een aantal monsters genomen op verschillende plaatsen in en buiten de haven (figuur 3.3).

Het fijnere materiaal zal in zwevende toestand het algemene stroombeeld volgen terwijl het bodemtransport, het grovere materiaal, zich in de richting van de grootste stroomsnelheden zal verplaatsen.

De vier monsters zijn in het laboratorium onderzocht op korrelsamenstelling. Voor de grovere fracties is gebruik gemaakt van de zeefmethode en voor het fijnere materiaal is gebruik gemaakt van de pipetteer-methode.

In het natuurlijk zout watermilieu komen de slibdeeltjes als vlokken voor. Voor de proeven in het laboratorium worden de vlokken van elkaar gescheiden door natriumhydroxide (NaOH).

Van elk te onderzoeken monster wordt 10 gram voorbewerkte, gedroogde stof in een met gedestilleerd water gevuld maatglas gedaan (500 ml). Na het in suspensie brengen van de stof wordt op verschillende hoogten op vastgestelde tijdstippen een monster van 20 ml gepipetteerd. Immers de valsnelheid is een maat voor de diameter van een korrel.

De gepipetteerde monsters worden gedroogd in een oven bij een temperatuur van 105 graden Celsius, waarna het gewicht van het monster wordt bepaald.

Het percentage aan deeltjes met een diameter kleiner dan D (μm) volgt uit:

$$p(D) = \{(500W(D)/20)/W\} * 100\%$$

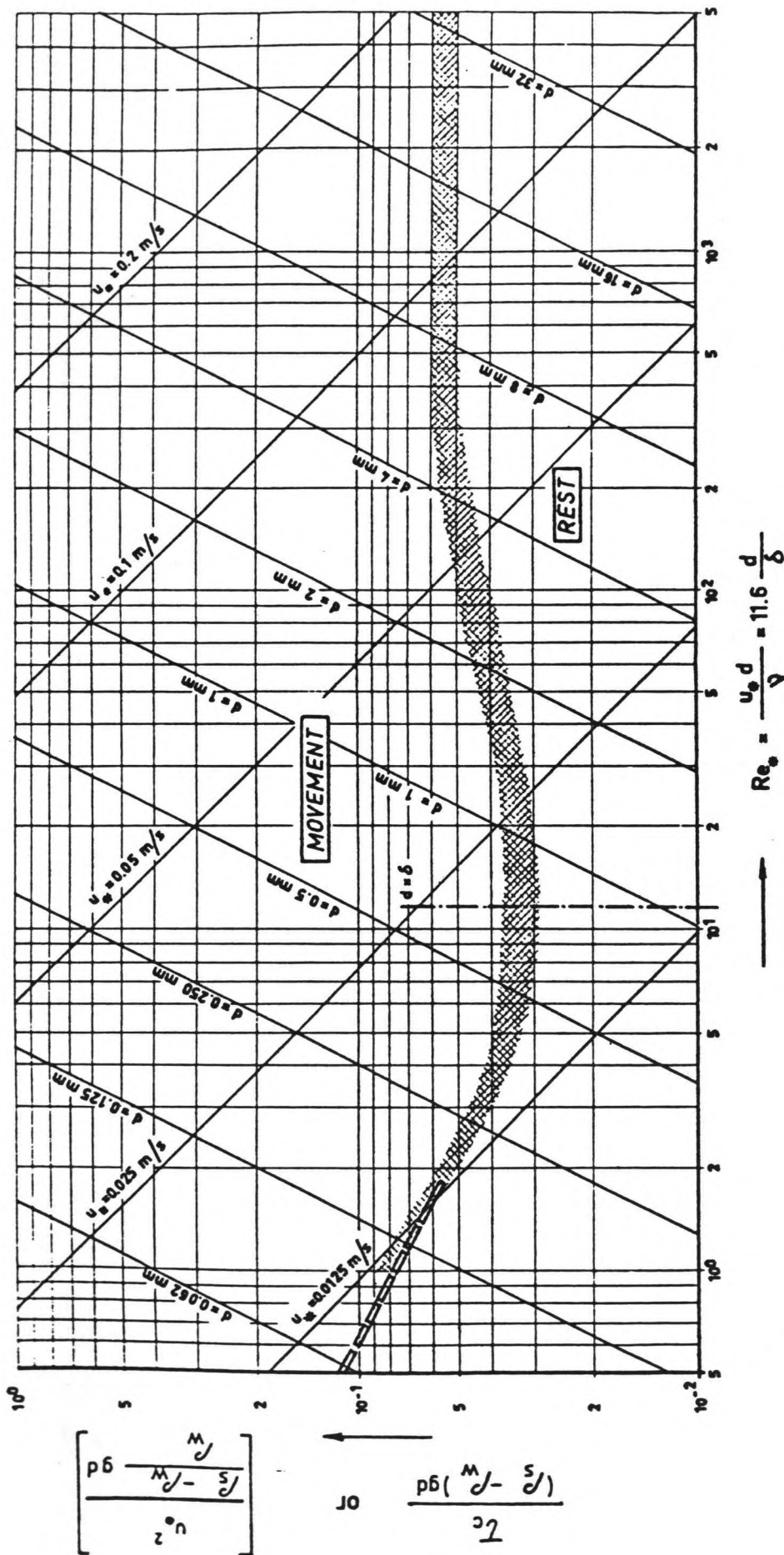
waarin: $W(D)$ = drooggewicht van het monster.

W = totaal gewicht van het monster.

3.3.2. Interpretatie resultaten.

De resultaten zijn in grafiekvorm uitgezet in bijlagen 3.1, 3.2, 3.3 en 3.4. Met de pipetteerproef wordt de korrelverdeling bepaald van de fijne frakties (35, 25, 16, 8, 4 en 2 μm). De verdeling van de zandfracties wordt bepaald door het zeven van de monsters (diameters 250, 175, 125, 90 en 60 μm).

Uit de bijlagen 3.1 tot en met 3.4 blijkt dat de aansluiting van de twee delen van de krommen niet vloeiend verloopt. Er is hiervoor een aantal oorzaken te noemen. Uit de vier figuren valt op te maken dat er relatief veel grove fracties zijn gemeten bij de pipetteer-methode. Een oorzaak kan zijn dat de deeltjes niet genoeg gedispergeerd zijn



LINES OF EQUAL u_* AND d BASED ON $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ AND $\nu = 1.25 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (12 °C)

RELATIONSHIP OF CRITICAL SHEAR STRESS AND DIAMETER FOR A BED OF UNIFORM GRAINS. ACC. TO SHIELDS (1936)

figuur 3.4. Shields-kromme voor begin van beweging.

waardoor schijnbaar meer grote deeltjes voorkomen. Voor het zeven mag wel voldoende dispersie verondersteld worden.

Een tweede oorzaak voor de discrepantie is dat er twee verschillende methoden zijn gehanteerd voor onderzoek van het zelfde sliemonster. Uit literatuur onderzoek [8] blijkt dat juist aan de grenzen van het toepassingsgebied van een methode de nauwkeurigheid afneemt. Bij de pipetteermethode is bijvoorbeeld de tijd tussen mixen en het nemen van het eerste monster vrij kort. Vaak blijkt dat door rest stromen kleine deeltjes langer in suspensie blijven. Het gevolg is dat er meer materiaal van een bepaalde diameter wordt gevonden dan er werkelijk aanwezig is. De eerste meting die wordt verricht, is van de deeltjes kleiner dan 35 μm , de gevonden waarden liggen aanmerkelijk hoger dan die van de volgende meting (kleiner dan 25 μm).

In het korrelverdelingsdiagram wordt aangegeven welk deel kleiner is dan een bepaalde diameter, uitgedrukt in gewichtsprocenten.

Een steile curve hoort bij een gelijkmatige grondsoort [9]. Als de curve flauw is duidt dit op een grondsoort met sterk verschillende korrelgroottes.

De monsters genomen in de haven (II, III en IV) bestaan voor 50% uit slib en voor 50% uit zand, te kwalificeren als zandhoudend slib. De mediane diameter (D50) van de monsters is respectievelijk 55, 65 en 55 μm (gemiddeld 60 μm).

Monster I, genomen in het Duivelshoekje, heeft een duidelijk grotere diameter namelijk 110 μm . Deze grond kan gekwalificeerd worden als slibhoudend zand, dit is overwegend fijn zand verontreinigd met slib.

Zoals in paragraaf 3.3.1. gesteld is, wordt de korrelverdeling van de bodemonsters uit de haven bepaald om na te gaan bij welke snelheid het afgezette slib opgewoeld wordt. Als karakteristieke diameter van de slibdeeltjes wordt D50 genomen, voor de haven is dit 60 μm .

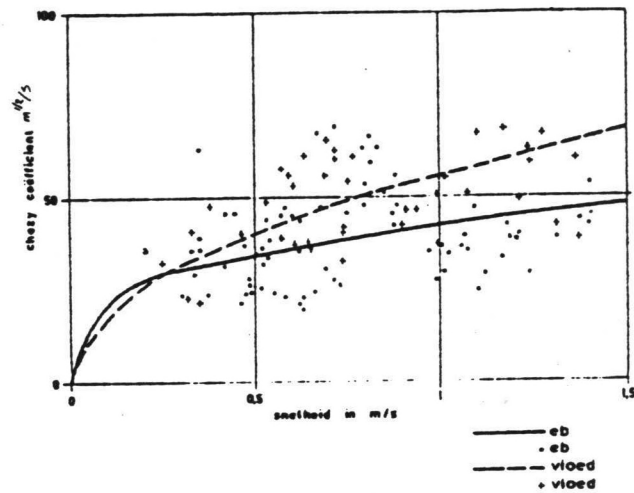
Met een globale berekening kan een indruk worden verkregen van de kritieke stroomsnelheid waarbij sediment wordt opgewoeld. Omdat de mediane diameter van 60 μm de ondergrens aangeeft voor fijn zand, wordt in eerste instantie Shields toegepast.

Shields geeft een verband tussen de kritieke schuifspanning aan de bodem en de diameter van de korrels voor uniform materiaal (figuur 3.4). Voor de mediane diameter van 60 μm volgt uit de grafiek bij begin van bewegen een kritieke schuifspanningssnelheid van $u_* = 0.1 \text{ m/s}$.

Met de kritieke schuifspanningssnelheid kan de stroomsnelheid waarbij de korrels opgewoeld worden als volgt worden bepaald:

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{C}{\sqrt{g}}$$

waarin: $\bar{u}$ = gemiddelde stroomsnelheid,
 u_* = kritieke schuifspanningssnelheid,



figuur 3.5. Chézy-coëfficiënt in de westerschelde.

C = Chézy-coëfficiënt,
g = versnelling zwaartekracht.

De Chézy-coëfficiënt wordt in eerste instantie geschat op 55 m^{1/2}/s (dit is een ruwheid van 0.05 m), dit op grond van metingen verricht door Rijkswaterstaat (figuur 3.5.) [11]. Voor de gemiddelde stroomsnelheid volgt dan:

$$\bar{u} = \frac{u_* C}{\sqrt{g}} = \frac{0.01 * 55}{\sqrt{9.81}} = 0.18 \text{ m/s}$$

Hier uit blijkt dat oij gemiddelde stroomsnelheden groter dan 0.18 m/s het afgezette materiaal in beweging zal worden gebracht.

Voor zuiver slib moet een andere formule worden toegepast [12]. De maximum stroomsnelheid die hieruit volgt vormt dan meer een ondergrens in tegenstelling tot de waarschijnlijk te grote stroomsnelheid gevonden met Shields. De formule is als volgt:

$$v(k) = \sqrt{\frac{8B}{\lambda} * \frac{\rho(s) - \rho(w)}{\rho(w)} * g * D50}$$

B = faktor voor de wrijving van de deeltjes met de bodem en voor de porositeit van het slib;
B = 0.05,

λ = wrijvingsfactor Darcy-Weissenbach; $\lambda = 0.03$,

$\rho(s)$ = soortelijke massa slib [kg/m³],

$\rho(w)$ = soortelijke massa water [kg/m³],

g = versnelling van de zwaartekracht [m/s²],

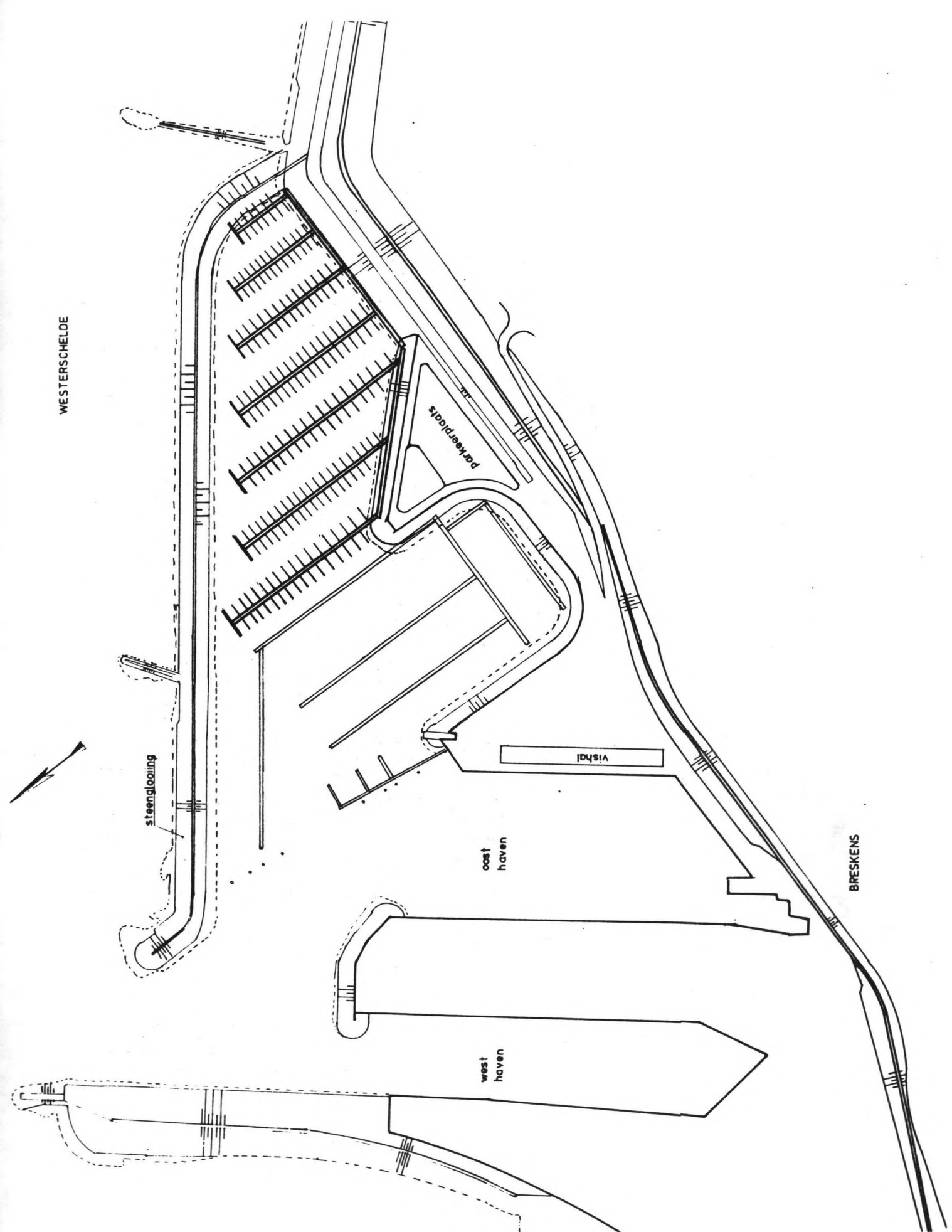
D50 = mediane diameter [m].

Ingevuld geeft dit een kritieke snelheid van 0.11 m/s, dit is de snelheid waarbij het sediment net niet in beweging komt.

Aangenomen mag worden dat, gezien de twee berekeningen, de werkelijke kritieke snelheid in de buurt van 0.14 m/s zal liggen.

Opgemerkt dient te worden dat de bovenstaande formules zijn ontwikkeld voor stroming in rivieren. Er is hierbij geen rekening gehouden met golven.

Ten gevolge van de orbitaal beweging aan de bodem, veroorzaakt door golven, zal een slibdeeltje (zandkorrel) reeds in beweging zijn. De kritieke stroomsnelheid waarbij het sediment in suspensie raakt (en door de stroming meegenomen wordt) zal daardoor eerder lager zijn dan hoger. In het hoofdonderzoek zal nader op deze problematiek worden ingegaan.



figuur 3.6. Inrichtingsvariant jachthaven.

3.4. Inrichting jachthaven.

Bij de inrichting van de jachthaven wordt gestreefd naar een zo groot mogelijk aantal ligplaatsen. Dit om de opbrengsten te maximaliseren en daarmee een gunstige exploitatie te realiseren.

Een van de inrichtingsvarianten wordt geschetst in figuur 3.6., deze is opgesteld door de opdrachtgever als een mogelijke oplossing.

De inrichting van de haven is mede afhankelijk van het gekozen uitbreidingsalternatief (zie 2.2).

De keuze van steigerconstructies kan in het vooronderzoek nog niet worden gedaan. Er zal uitgebreid gekeken moeten worden naar de krachten op de constructie. In een latere fase van het onderzoek naar de uitbreiding van de jachthaven van Breskens zal misschien nog naar deze problematiek gekeken kunnen worden.

4. LITERATUURLIJST

- [1] - Regionale studiedagen Rekreatie en Toerisme 1980, ANWB.
- [2] - Gemeente Oostburg afd II, brief dd 12-09-86.
- [3] - Watersportvereniging Breskens, brief prof.dr.ir. E.W. Bijker dd 13-01-83.
- [4] - Symposium Pleziervaart en Verkeerskunde, KIVI, RWS, dd 24-10-78.
- [5] - User's guide for the program Duchess, TU-Delft, Civiele Techniek, dr.ir. N. Booy.
- [6] - Technische Scheldecommissie, subcommissie Westerschelde: Verdieping Westerschelde programma 48'/43', juni 1984.
- [7] - De geologische ondergrond in dijktrace Breskens nummer een, Geologische Stichting, rapport nr 282, dd 18-02-60.
- [8] - Estuarine hydrography and sedimentation, K.R. Dyer, 1979.
- [9] - Collegedictaat Grondmechanica, prof.dr.ir. A. Veruijt, 1982.
- [10] - Collegedictaat Vloeistofmechanica, prof.dr.ir. M. de Vries.
- [11] - District kust en zee, nummer 1, 1982.
- [12] - Collegedictaat Verontreiniging en zelfreiniging van oppervlaktewater, ir. R.G. Veldkamp 1985.

Overige bronnen:

- Waterschap 'Het Vrije van Sluis', Breskens.
- RWS, adviesdienst, Vlissingen.
- RWS, dienst getijdewateren, Middelburg.
- RWS, Terneuzen.
- Bouwcommissie Watersportvereniging Breskens.

- BIJLAGEN: 1. Verloop getij op de Westerschelde.
2.1. Locatie boringen.
2.2. Geologisch profiel.
3.1. Korrelverdelingsdiagram monster I.
3.2. Korrelverdelingsdiagram monster II.
3.3. Korrelverdelingsdiagram monster III.
3.4. Korrelverdelingsdiagram monster IV.

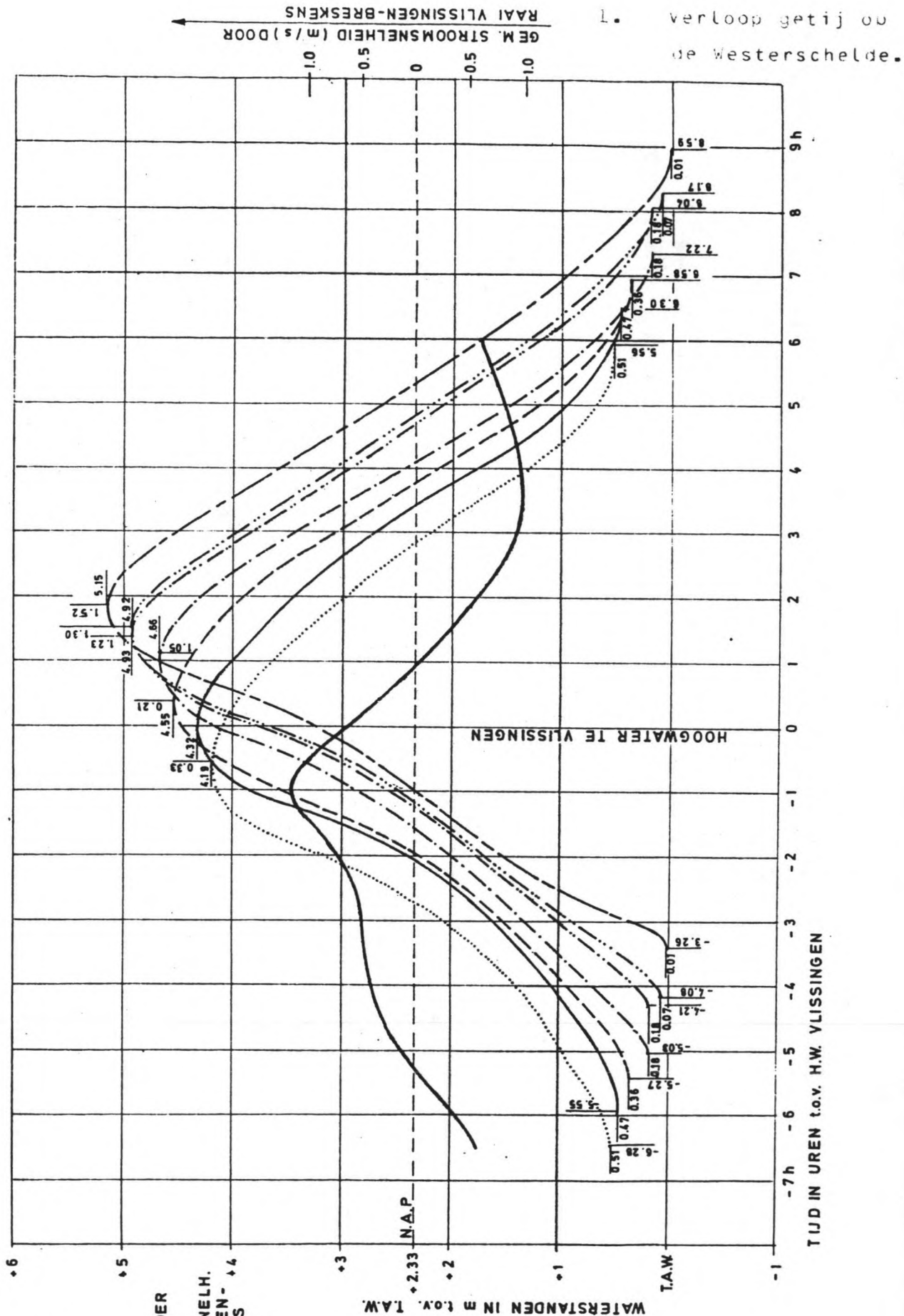
GEMIDDELTE GETIJKROMMEN (1971-1980)

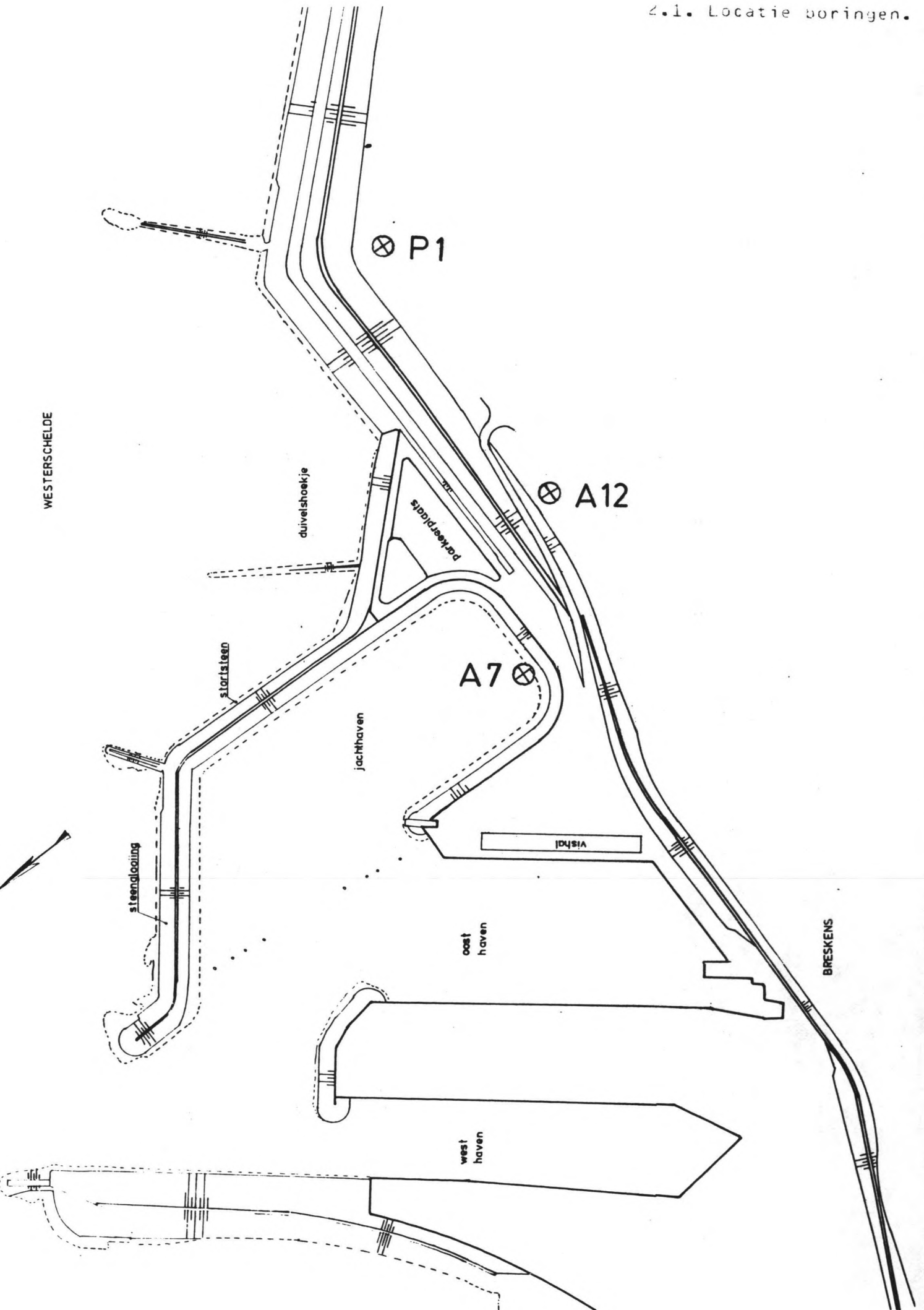
ZEEBRUGGE - ANTWERPEN

TOELICHTING

- ZEEBRUGGE
- VLISSINGEN
- TERNEUZEN
- - - HANSWEERT
- BATH
- PROSPERPOLDER
- ANTWERPEN
- GEM. STROOMSNELH.
- RAAI VLISSINGEN -
- BRESKENS

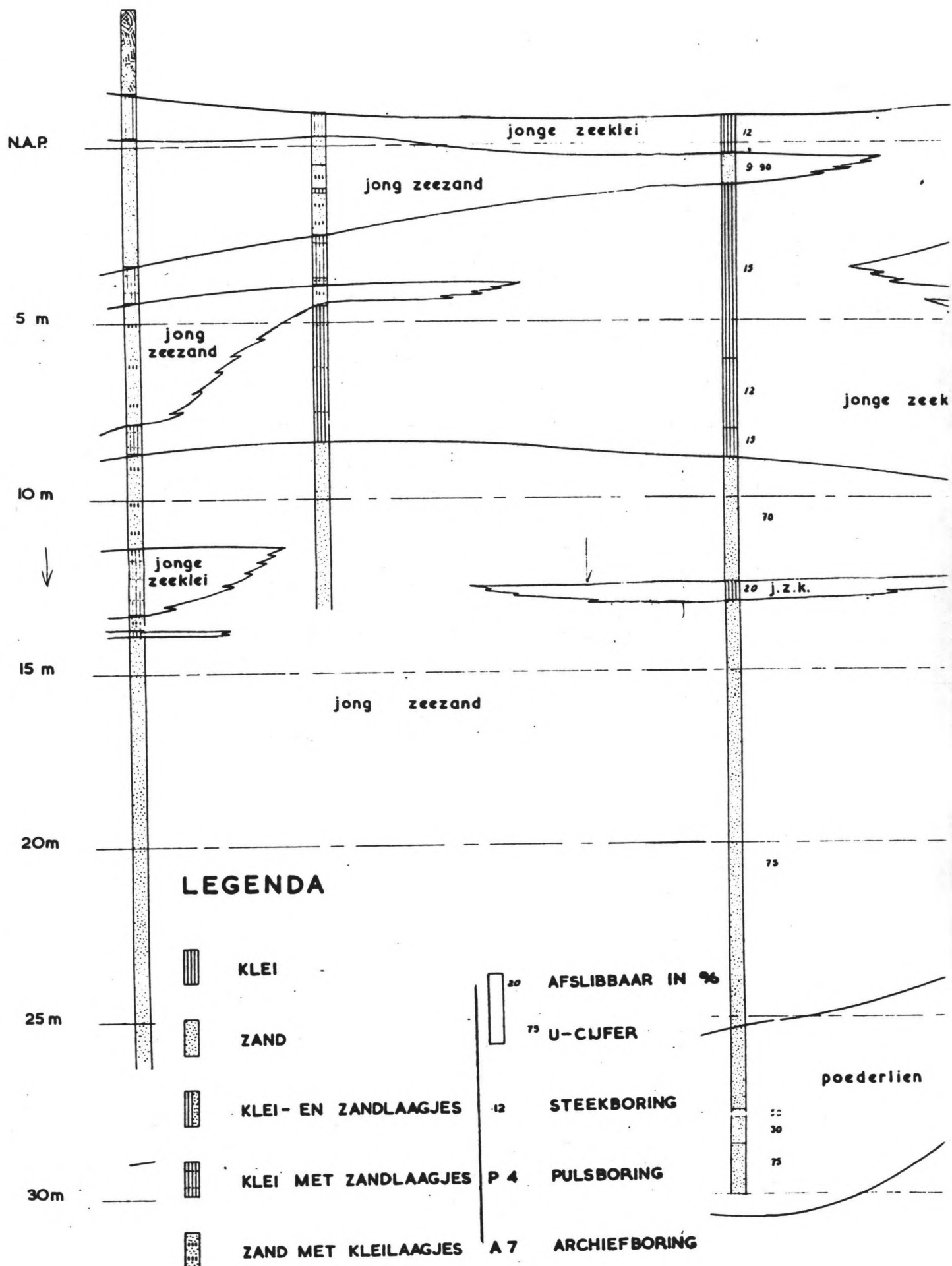
(1) GEMIDDELTE TIJKROMME
ZEEBRUGGE 1982.3 - 1980

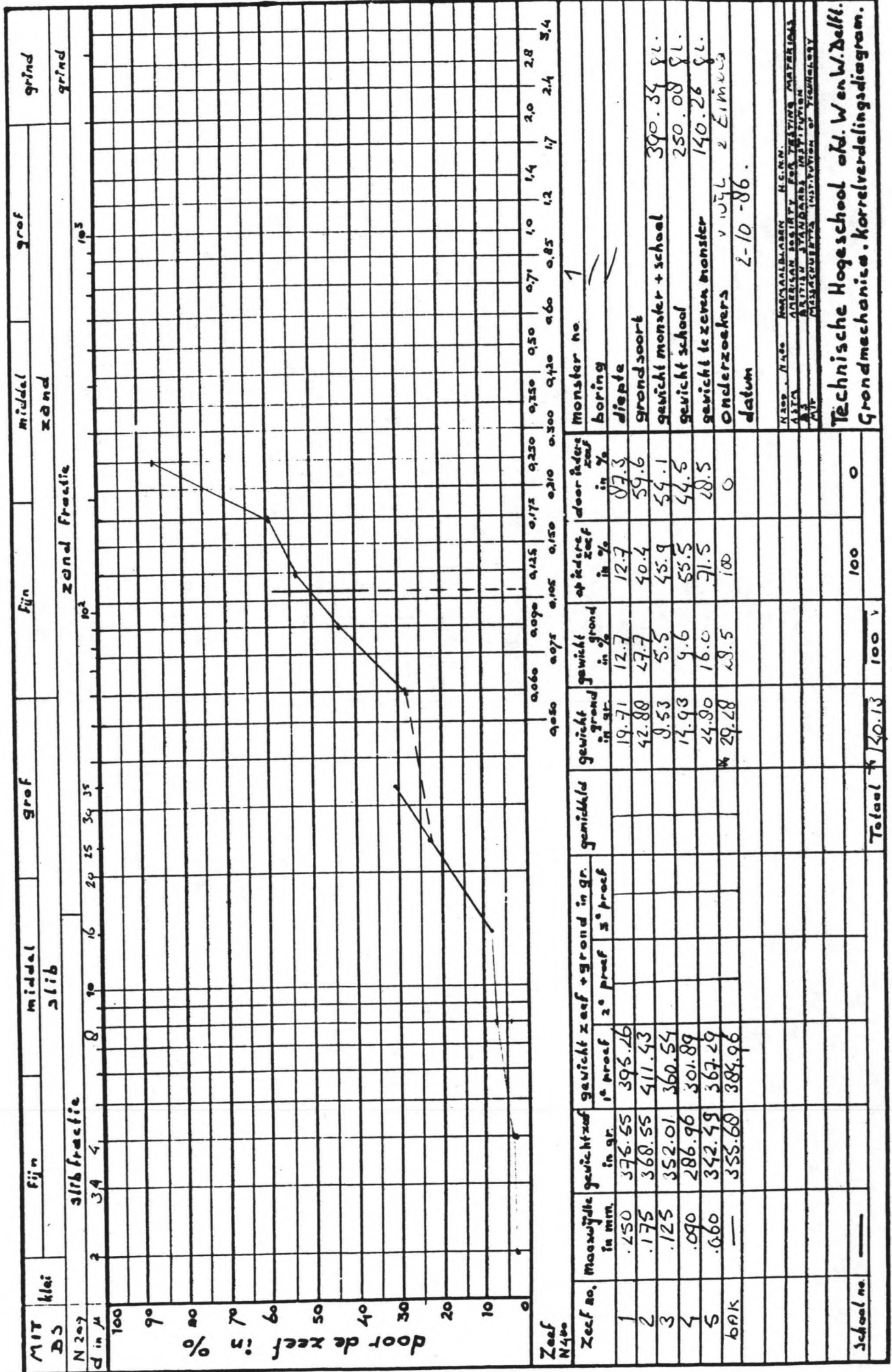




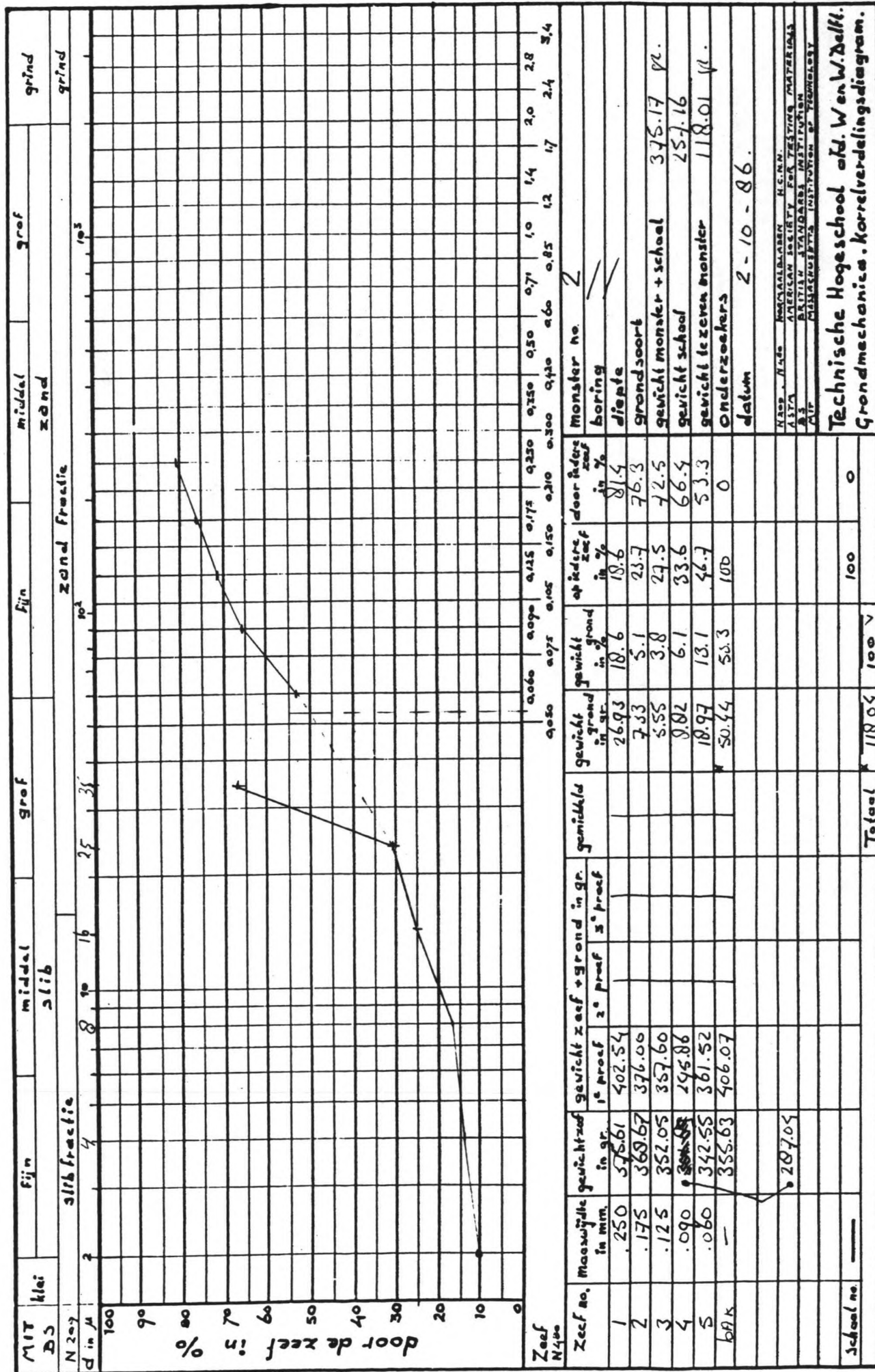
A 7

A 12

P1 2.2. Geologisch
profiel.

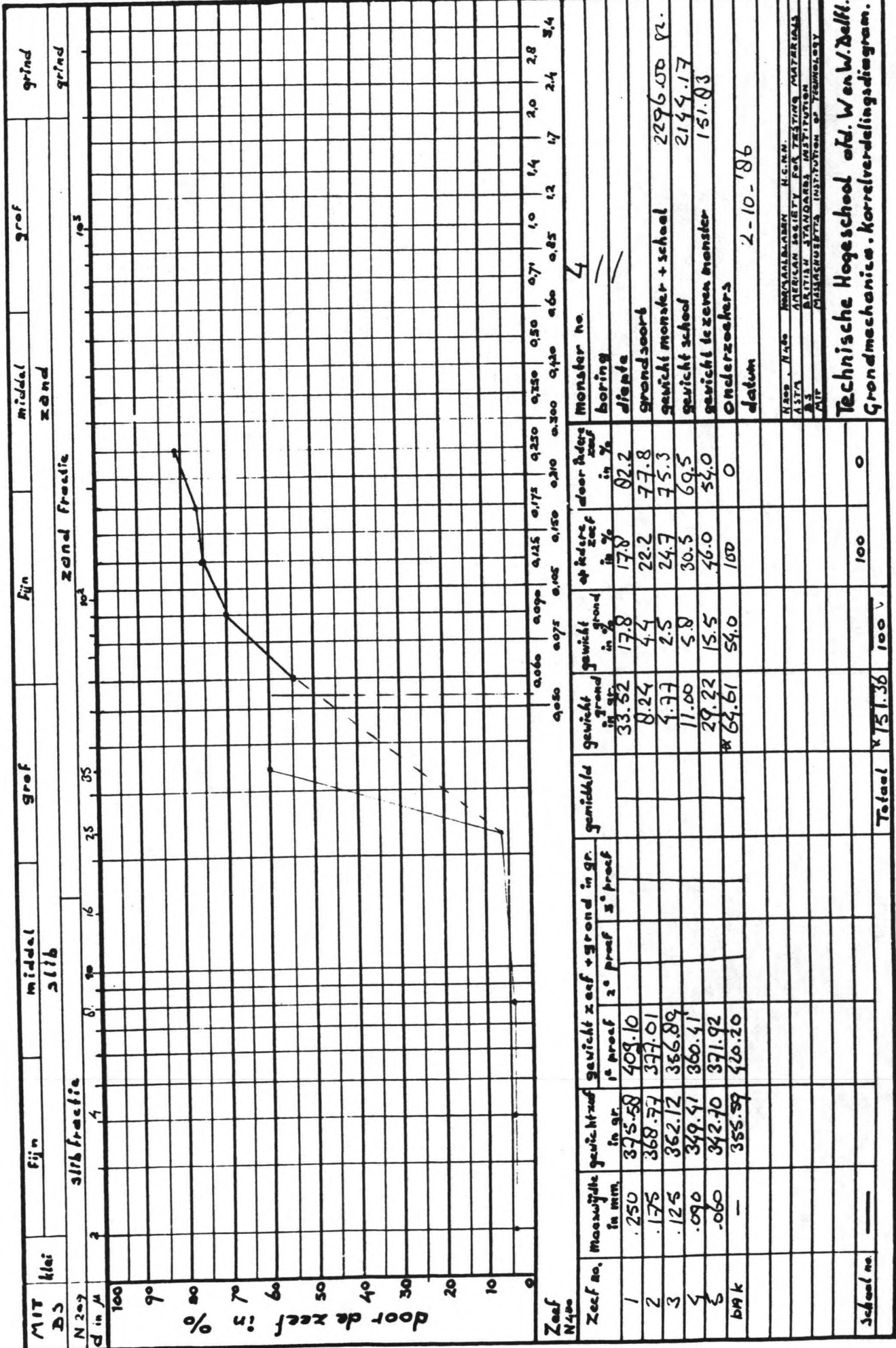
D₅₀ = 110 μ m

154.94



144.60.

$$D_{50} = 55 \mu m$$



$D_{50} = 85 \mu m$

18867

