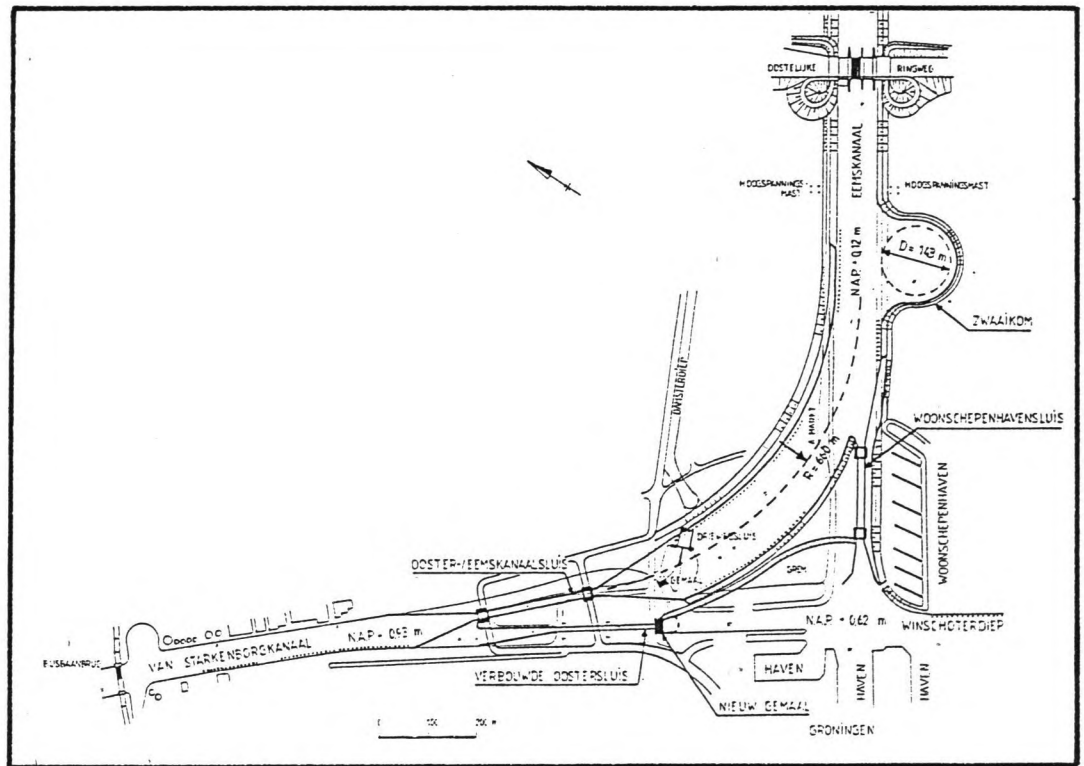


Gevolgen van de bodemdaling door aardgaswinning voor de Eemskanaalboezem in Groningen

Augustus 1988

W. Koolwijk



Deel II

Onderzoek naar het scheiden of combineren van de schut- en waterafvoerfunctie in één constructie.

Beschouwing van de plannen die de nieuwbouw van de Oostersluis (vervanging) en de aanleg van een nieuw reguleringswerk in het Eemskanaal wel of niet combineren tot één bouwwerk



Deel II

Onderzoek naar het scheiden of combineren van de schut- en waterafvoerfunctie in één constructie voor het nieuwe reguleringswerk in het Eemskanaal.

Ontwikkelen en afwegen van plannen die de bouw van een nieuwe Oostersluis (vervanging) en de aanleg van een nieuw reguleringswerk in het Eemskanaal wel of niet combineren tot één bouwwerk in het vaarwegkruispunt; Van Starckenborgkanaal-Eemskanaal-Winschoterdiep ten noorden van de stad Groningen.

Student: Willem Koolwijk
Studienr: 463250
Datum: Augustus 1988

Algemeen Begeleider: Ir. K. Bezuyen
Afstudeerdocent: Prof. Ir. Glerum

INHOUDSOPGAVE

	pagina
INHOUDSOPGAVE	1
HOOFDSTUK 1. PROBLEEMANALYSE	3
HOOFDSTUK 2. DOELSTELLINGEN	7
HOOFDSTUK 3. UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN	9
HOOFDSTUK 4. PROGRAMMA VAN EISEN EN WENSEN	17
4.1. Het programma van eisen	17
4.2. Het programma van wensen	27
HOOFDSTUK 5. CONTROLE VAN SLUISAFMETINGEN EN SLUISCAPACITEITEN	29
HOOFDSTUK 6. GESCHEIDEN OF GECOMBINEERD REGULERINGSWERK IN HET EEMSKANAAL	31
HOOFDSTUK 7. GENEREREN VAN ALTERNATIEVE PLANNEN VOOR PANDSCHEIDING IN HET VAARWEGKRUISPUNT	33
HOOFDSTUK 8. TOETSING VAN DE ALTERNATIEVE PLANNEN	51
HOOFDSTUK 9. KEUZE ALTERNATIEF PLAN	61
BIJLAGEN: I VAARWEGENSHEMA VAN DE PROVINCIE GRONINGEN	63
II OVERZICHT VAN DE VAARWEGEN TEN NOORD-OOSTEN VAN DE STAD GRONINGEN.	65
III OVERZICHT VAARWEGKRUISING EEMSKANAAL-VAN STARKENBURGKANAAL-WINSCHOTERDIEP DIRECT TEN NOORD-OOSTEN VAN DE STAD GRONINGEN.	67

	pagina
BIJLAGEN: IV STREEKPLAN CENTRAAL GRONINGEN 1977	69
V PROGNOSE BODEMDALING EN DREMPELLIGGING VOOR EEN SLUIS IN HET GEBIED TUSSEN WOLTERSUM EN DE STAD GRONINGEN IN DE PERIODE 1993 - 2025	71
VI PROGNOSE VAN DE ONTWIKKELING VAN HET SCHEEP- VAARTVERKEER EN HET GOEDERENVERVOER VIA HET VAARWEGKRUISPUNT TEN NOORD-OOSTEN VAN DE STAD GRONINGEN IN DE PERIODE 1984 - 2000	73
VII BEREKENING SCHEEPVAARTINTENSITEITEN OP DE VERSCHILLENDE VAARWEGVAKKEN NABIJ HET KRUISPUNT VAN DE VAARWEGEN	95
VIII BEREKENING VAN DE CAPACITEIT VAN DE NIEUW TE BOUWEN SLUIZEN IN DE VAARWEGKRUISING TEN NOORD-OOSTEN VAN DE STAD GRONINGEN	99
IX BEREKENING VAN DE VERKEERSBELASTING VOOR DE DE SLUIZEN IN EEN GESCHEIDEN REGULERINGSWERK	107
X AFVOERGEGEVENS VAN DE EEMSKANAALBOEZEM	109
XI BEREKENING VAN DE LOZINGSTIJD BIJ DE WATER- AFVOER DOOR EEN GECOMBINEERD REGULERINGSWERK	119
XII BEREKENING VAN DE CAPACITEIT VAN EEN SLUIS IN EEN GECOMBINEERD REGULERINGSWERK	125
XIII BEREKENING VAN DE VERKEERSBELASTING VOOR DE SLUIZEN IN EEN GECOMBINEERD REGULERINGSWERK	127
LITERATUURLIJST	129

HOOFDSTUK 1. PROBLEEMANALYSE

De problemen op en langs de Eemskanaalboezem, veroorzaakt door de bodemdaling ten gevolge van de aardgaswinning, kunnen het beste door de aanleg van een waterpeil- en scheepvaartreguleringswerk in het Eemskanaal nabij de stad Groningen opgelost worden (zie Deel I).

Het reguleringswerk (waterbeheersing en scheepvaart) moet een pandscheiding aan gaan brengen tussen het Eemskanaal (toekomstig peil N. A. P. + 0.12 m.) en de rest van de Eemskanaalboezem (toekomstig peil N. A. P. + 0.62 m.).

De plaats van het Eemskanaalreguleringswerk kan sterk variëren:

- Van in het kruispunt van het Eemskanaal, het Winschoterdiep en het Van Starckenborgkanaal tot ver stroomafafwaards in het Eemskanaal.

Het reguleringswerk moet met een constructie voor scheepvaartpassage en een constructie voor waterafvoer uitgevoerd worden. De verschillende kanaalpanden blijven hierdoor voor de scheepvaart goed bereikbaar en de waterafvoerfunctie van de Eemskanaalboezem blijft behouden.

De constructie voor de scheepvaartpassage en voor de waterafvoer kunnen in het reguleringswerk gecombineerd of gescheiden uitgevoerd worden.

Het Eemskanaal maakt deel uit van de hoofdbinnenvaartroute Lemmer - Delfzijl en van de zeevaartroute Groningen - Delfzijl. (zie Bijlage I).

Op grond van het rapport "Onderzoek uitbouw vaarweg Lemmer - Delfzijl tot Klasse V respectievelijk tot tweebaks duwvaartkanaal" kan worden aangenomen dat de vergroting van de hoofdvaartroute tot een volledig 2-baks duwvaartkanaal de komende decennia niet haalbaar moet worden geacht. Een vergroting tot Klasse V kanaal is de komende jaren daarentegen zeer goed haalbaar en wenselijk.

Om de ontwikkeling van de 2-baks duwvaart op de vaartroute Lemmer - Delfzijl in de komende decennia niet geheel stop te zetten, zal maar dan in beperkte mate, 2-baks duwvaart op de vergrote Klasse V vaarweg moeten worden toegelaten.

De beperkingen die in dat geval aan de 2-baks duwvaart op de verruimde Klasse V vaarroute Lemmer - Delfzijl worden opgelegd, zijn:

1. Een beperking van de maximale diepgang van een geladen duwbak.
2. Een beperking van het aantal duwboden door een beperkte uitgifte van het aantal vaarvergunningen.

De zeevaartroute is geschikt voor geladen zeeschepen tot en met 1000 BRT. Bovendien worden zo nu en dan speciale transporten van werven langs het Winschoterdiep via de zeevaartroute naar zee gebracht.

Het gevolg is dat de afmetingen van de hoofdvaarweg Lemmer - Delfzijl zullen worden bepaald door het maatgevende Klasse V schip. De afmetingen van de constructies voor scheepvaartpassage (sluizen) in de vaarroute Lemmer - Delfzijl zullen echter worden bepaald door de maatgevende 2-baks duweenheid. Op de zeevaartroute (Eemskanaal) zullen de afmetingen van de vaarweg en de afmetingen van de constructie voor scheepvaartpassage in het reguleringswerk tevens worden bepaald door de afmetingen van de maatgevende zeeschepen en speciale transporten.

In de hoofdbinnenvaartroute, nabij het Kruispunt Van Starckenborg Kanaal - Eemskanaal - Winschoterdiep, ligt de Oostersluis. Deze sluis vormt de pandscheiding tussen de Eemskanaalboezem (Peil NAP + 0.62 m) en het Van Starckenborgkanaal (Peil NAP ÷ 0.93 m) (zie Bijlage III).

De Oostersluis met afmetingen: 180 * 11.70 * 3.07 m (l * b * d) zal naar verwachting (vaarwegennota 1986) in de periode 1990 - 1995 een knelpunt in de hoofdbinnenvaartroute Lemmer - Delfzijl gaan vormen (overschrijding van de capaciteit).

Daarnaast is de bouwkundige staat van de Oostersluis bijzonder slecht. De wanden worden aan de onderzijde, direct boven de sluiscolkvloer, met stalen buizen op elkaar afgestempeld om het naar binnen komen van de wanden te voorkomen.

De bouwvallige Oostersluis zal om grote calamiteiten te voorkomen binnen niet al te lange tijd vervangen moeten worden.

De bouw van een nieuw reguleringswerk in het Eemskanaal en de vervanging van de oude Oostersluis in het Van Starckenborgkanaal betekent dat in korte tijd twee grote waterbouwkundige kunstwerken in de provincie Groningen aangepakt zullen moeten worden.

De bouw van het reguleringswerk in het Eemskanaal is de maatregel die noodzakelijk is om de gevolgen van de bodemdaling door aardgaswinning benedenstrooms langs het Eemskanaal op moet vangen. De bouw van dit reguleringswerk zal daarom grotendeels door de N. A. M. gefinancierd worden. Slechts een klein deel van de totale kosten van het reguleringswerk zullen voor de rekening van de overheid (RIJK en Provincie) komen.

Geheel anders is de situatie met betrekking tot de bestaande Oostersluis. De vervanging van de bestaande sluis is niet noodzakelijk om de schade aan de sluis als gevolg van de bodemdaling of als maatregel om de gevolgen van de bodemdaling op te vangen. De sluis is simpel versleten en de capaciteit wordt te klein. De kosten van de bouw van een nieuwe Oostersluis zullen dus niet op de N. A. M. verhaald kunnen worden en door de overheid alleen opgebracht moeten worden.

De totale kosten van de bouw van de nieuwe Oostersluis en het nieuwe reguleringswerk in het Eemskanaal worden zeer hoog.

De schippers zullen door de bouw van het nieuwe reguleringswerk in het Eemskanaal een extra constructie moeten passeren. Dit betekent voor de schippers en de reders verlenging van de reisduur en daardoor verhoging van de kosten.

Een oplossing voor alle partijen is wellicht om de constructie voor scheepvaartpassage in het reguleringswerk (Nieuwe Eemskanaalsluis) en de nieuw te bouwen Oostersluis te combineren tot 1 kunstwerk. De constructie voor de waterafvoer moet in dat geval apart van de gecombineerde Ooster-/Eemskanaalsluis aangelegd worden.

Het gezamenlijke sluiscomplex zal in dat geval in het kruispunt; Van Starckenborgkanaal - Eemskanaal - Winschoterdiep - Groningse stadsgrachten, gebouwd moeten worden. Hierbij zal een pandscheiding tussen 3 panden gerealiseerd moeten worden.

Voor de onderstaande belangen zijn de volgende voorwaarden van belang:

1. 1. De waterbeheersing

- Tijdens en na de realisatie van de reguleringswerken moet 0 - 120 m³/sec via het Eemskanaalboezempand op het Eemskanaalpand geloosd kunnen worden.
- Het waterreguleringswerk moet deze 0 - 120 m³/sec kunnen verwerken waarbij een maximale dwarsstroming van 0.30 m/s en een maximale langstroming van 0.50 m/s op het Eemskanaalpand veroorzaakt mag worden.

1. 2. De scheepvaart

- De scheepvaart (met uitzondering van 2-baks duweenheden) moet gedurende en na de realisatie van elke vaarweg op de 3 overige vaarwegen kunnen komen.
- Na de realisatie van het nieuwe reguleringswerk en de nieuwe Oostersluis zal beperkte 2-baks duwvaart alleen op de hoofdvaarroute Lemmer - Delfzijl worden toegelaten. De havens van de stad Groningen en het Winschoterdiep behoeven dus niet bereikbaar te worden gemaakt voor de complete 2-baks duweenheden.
- De kleine zeeschepen moeten via het Eemskanaal de havens van de stad Groningen en het Winschoterdiep kunnen bereiken.
- De, op de werven langs het Winschoterdiep, nieuw gebouwde kleine zeeschepen en speciale transporten moeten via het Eemskanaal naar zee gebracht kunnen worden.

Daarnaast bestaat de mogelijkheid om het nieuwe reguleringswerk en de nieuwe Oostersluis wel apart aan te leggen waardoor het nieuwe reguleringswerk (met de Eemskanaalsluis) stroomafwaards (naar het noorden) in het Eemskanaal aangelegd kan worden.

Op het kruispunt van de vaarwegen ontstaat nu ruimte voor de scheepvaart waardoor de uitvoering van de sluiscomplexen en aanverwante kunstwerken eenvoudiger en daardoor veelal goedkoper wordt.

Gezien de bovenstaande feiten zullen een aantal alternatieven met het gecombineerde Ooster/Eemskanaalsluis vergeleken moeten worden met de alternatieven met gescheiden Oostersluis en Eemskanaalsluis. Vooral de technische en uitvoeringstechnische haalbaarheid zullen gekwalificeerd moeten worden om de keuze voor een bepaald alternatief te bepalen.

Vooraf zal echter een keuze tussen een gescheiden of een gecombineerde constructie voor waterafvoer en scheepvaartpassage in het nieuwe reguleringswerk moeten worden gemaakt omdat deze keuze grote invloed heeft op de te ontwikkelen alternatieven.

HOOFDSTUK 2. DOELSTELLINGEN

Het maken van een keuze tussen een gescheiden of een gecombineerde constructie voor de waterafvoer en de scheepvaartpassage in het nieuwe reguleringswerk.

De plaatsbepaling van het waterreguleringswerk en de scheepvaartreguleringswerken ten behoeve van de scheiding tussen de 3 panden met behulp van een kwalitatieve analyse van de alternatieven.

HOOFDSTUK 3. UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

- 1 - De hoofdbinnenvaartroute Lemmer - Delfzijl wordt geschikt gemaakt voor klasse V scheepvaart waarbij tevens in beperkte mate 2-baksduwvaart wordt toegelaten;
- 2 - Voor de afmetingen van de nieuwe sluizen in de hoofdbinnenvaartroute Lemmer - Delfzijl (o. a. de nieuwe Oostersluis en de sluis in het nieuwe reguleringswerk) wordt een 2-baks duweenheid ($L = 185$ m) als maatgevend schip aangenomen;
- 3 - Voor de afmetingen van de vaarwegdoorsnede, de bochten en de zwaaiommen in de hoofdvaarweg Lemmer - Delfzijl wordt het maatgevende klasse V schip, Groot Rijnschip (lengte $L = 110$ m) aangenomen;
- 4 - De zeeschepen en speciale vaartuigen die langs het Winschoterdiep gebouwd worden moeten ook in de toekomst via het reguleringswerk in het Eemskanaal afgevoerd kunnen worden;
- 5 - Havens van de stad Groningen moeten bereikbaar blijven voor alle schepen (met uitzondering van 2-baks duweenheden);
- 6 - De beroepsscheepvaart moet te allen tijde (ook tijdens de bouwfase) doorgang kunnen hebben. De hinder voor de scheepvaart moet daarbij zo veel mogelijk beperkt worden;
- 7 - De scheepvaart en de waterafvoer mogen elkaar bij een gecombineerde constructie voor waterafvoer en scheepvaartpassage niet te veel hinderen. De wachttijden voor de scheepvaart en de stroomsnelheden in de voorhavens moeten beperkt blijven;
- 8 - De stroomsnelheden van het water dat via het reguleringswerk op het Eemskanaal stroomt mag bij dwarsstroming plaatselijk niet groter dan 0.30 m/s en bij langsstroming niet groter dan 0.5 m/s worden;
- 9 - In verband met de veiligheid van de scheepvaart op de kanalen en nabij de kunstwerken worden voor de afmetingen de richtlijnen voor vaarwegen en kunstwerken van de Commissie Vaarweg Beheerders (uit 1986) aangehouden;

- 10 - De speciedepots op de oostelijke Eemskanaaloever op ca 6.5 km en op 9.2 km uit het kruispunt van de vaarwegen, moeten vanwege hun waardevolle milieu zo veel mogelijk behouden blijven; (zie Bijlage II)
- 11 - De bomensingel langs de westelijke Eemskanaaloever ten noorden van de rioolwaterzuiveringsinstallatie moet zo goed mogelijk in stand worden gehouden; (zie Bijlage II)
- 12 - De kunstwerken die voor de aanleg van een nieuw reguleringswerk niet verwijderd mogen worden zijn; (zie Bijlage II)
- De rioolwaterzuiveringsinstallatie van de stad Groningen op de westelijke Eemskanaaloever [lokatie 1];
 - De nieuwe Damstersluis langs de westelijke Eemskanaaloever [lokatie 2a] en de bestaande Slochtersluis langs de oostelijke Eemskanaaloever [lokatie 2b];
 - De bestaande bruggen in het Eemskanaal en in het Van Starckenborgkanaal [lokaties 3, 4 en 5];
- 13 - De woonschepenhaven mag niet verplaatst worden (bestemmingsplan gemeente Groningen); (zie Bijlage III)
- 14 - De Driewegsluis mag verwijderd worden; (zie Bijlage III).
- 15 - Het gemaal ten noorden van de Oostersluis mag verplaatst worden; (zie Bijlage III)
- 16 - Indien het gemaal nabij de Oostersluis verwijderd wordt voor de nieuwbouw van de Oostersluis dan moet er op een andere plaats opnieuw een gemaal worden gebouwd die het water van het Van Starckenborgkanaal naar de Eemskanaalboezem kan pompen met een debiet van $5 \text{ m}^3/\text{sec}$;
- 17 - Door de dichte bebouwing is een verbreding van het Van Starckenborgkanaal tussen de Oostersluis en de busbaanbrug niet mogelijk;

- 18 - De gebieden die nu nog voor de eventuele verbreding van Kanalen, aanleg van bochten, nieuwbouw van sluizen, aanleg van wachtplaatsen en aanleg van zwaaikommen in aanmerking komen zijn: (zie Bijlagen II en III)

Langs het Van Starkenborgkanaal: (zie Bijlage III)

- Het terrein direct ten noorden van de bestaande Oostersluis; [Terrein I]
- Het opslagterrein ten oosten van de bestaande Oostersluis op de noordelijke oever van het Van Starkenborgkanaal, nu in gebruik als opslagterrein voor de Gremi; [Terrein II]

Langs het Eemskanaal: (zie Bijlage II)

- Het terrein direct ten noorden van de Woonschepenhaven op de oostelijke oever van het Eemskanaal tussen de ringweg en de Woonschepenhaven; [Terrein III]
 - Het gebied langs de oostelijke oever van het Eemskanaal tussen de Borgbrug en de Slochtersluis; [Terrein IV]
 - Het gebied langs de oostelijke oever van het Eemskanaal ten noorden van de Slochtersluis (met uitzondering van de aanwezige speciedepots); [Terrein V]
 - Het gebied langs de westelijke oever van het Eemskanaal ten noorden van de Rioolwaterzuiveringsinstallatie van de stad Groningen; [Terrein VI]
- 19 - Het effluent van de rioolwaterzuiveringsinstallatie moet in verband met de sterke kwaliteitsvermindering van het water, benedenstrooms van het reguleringswerk in het Eemskanaal lozen;
- 20 - Het reguleringswerk in het Eemskanaal moet bovenstrooms van de geplande (Streekplan Centraal Groningen) uitmonding van de nieuwe tak van het Van Starkenborgkanaal in het Eemskanaal uitkomen; (zie Bijlage IV)
- 21 - Het verloop van de bodemdaling over het gebied en in de tijd zoals dat is aangegeven in Deel I; Bijlage II, is maatgevend; (zie Bijlage IV)

Toelichting:

- ad 2. De afmetingen van een beperkte 2-bak-sduwenheid in gestrekte formatie is:
- | | | | |
|----------|---|-------|---|
| Lengte | = | 185 | m |
| Breedte | = | 11.40 | m |
| Diepgang | = | 2.80 | m |
- ad 3. De afmetingen van het grootste klasse V binnenvaartschip
- | | | | | | |
|----------------------|---|----------|---|----------|---|
| - Het Groot Rijschip | : | Lengte | = | 95 - 110 | m |
| | | Breedte | = | 11.50 | m |
| | | Diepgang | = | 2.70 | m |
- ad 4. De afmetingen van het grootste zeeschip wat geladen de havens van Groningen kan bereiken is:
- | | | | | | |
|---------------------|---|----------|---|-------|---|
| - 1000 BRT zeeschip | : | Lengte | = | 65 | m |
| (gemiddeld) | | Breedte | = | 10.50 | m |
| | | Diepgang | = | 4.30 | m |

De werven langs het Winschoterdiep bouwen naast binnenvaartschepen ook kleine zeeschepen, onderdelen voor boorplatforms en andere speciale transporten. Deze vaartuigen kunnen alleen via het Winschoterdiep en het Eemskanaal naar zee afgevoerd worden. Om de scheepswerven langs het Winschoterdiep te handhaven moet de afvoermogelijkheid van deze speciale transporten via het Eemskanaal naar zee, blijven bestaan. De maximale afmetingen van deze speciale transporten (onder begeleiding van sleepboten) zijn:

140 m x 15.95 x 4.50 m
(lengte x breedte x diepgang).

Hierbij is rekening gehouden met een waterstandsvariatie van maximaal 0.50 m en een keel clearance van 0.50 m. De drempels van een nieuwe sluis in het Eemskanaal moeten in dat geval minimaal op 5.50 m ÷ KanaalPeil aangelegd worden.

- ad 5. Vooral de havens in het verlengde van het Eemskanaal (zie Bijlage III) zijn belangrijk voor de stad Groningen.
- ad 6. De scheepvaart moet tijdens de realisatie van het nieuwe water- en scheepvaartreguleringswerk gebruik kunnen blijven maken van de oude Oostersluis en een gedeelte van de bestaande vaarwegen. Volledig afsluiten van een vaarrichting is niet toegestaan. Het versmallen van de vaarweg en/of het toepassen van een scheepvaartbegeleidings-systeem is wel toegestaan.
- ad 7. De combinatie van de scheepvaartpassage- en waterafvoer-functie in een constructie betekent direct dat zij elkaar sterk zullen beïnvloeden. Functioneert de waterafvoer dan is geen scheepvaartpassage mogelijk en omgekeerd.
- De mate van onderlinge beïnvloeding hangt af van:
- de scheepvaartintensiteit (dag, maand en jaar);
 - de grootte van de debieten en de frequentie van het optreden van deze debieten (maand en jaar);
 - de grootte van de debieten en de duur van het optreden van deze debieten (uren per dag);
- door het reguleringswerk.
- ad 8. Tijdens extreme afvoeren $Q_{\max} = 100 - 120 \text{ m}^3/\text{sec}$ moet de maximale dwarsstroomsnelheid van het water onder de 0.30 m/s en de maximale langsstroomsnelheid van het water onder de 0.50 m/s blijven om grote besturingsproblemen voor de passerende scheepvaart te voorkomen.
- ad 9. In de voorschriften worden voor elke scheepvaartklasse de minimale en de normale afmetingen van de vaarweg met de daarin aanwezige kunstwerken aangegeven.

Voor een tweestrooks vaarweg worden:

- De minimale en maximale bodembreedte voor het geladen en ongeladen maatgevende schip met of zonder zijwindtoeslag.
- De minimale en normale diepte van de vaarweg voor het maatgevende schip op de vaarweg.
- De minimale en normale bochtstraal voor het maatgevende schip.
- De minimale en normale bochtbreedte (drifthoek schip) voor het maatgevende schip.
- De minimale en normale rechtstand na het passeren van een kunstwerk (sluis of brug)

Voor een sluis wordt aangegeven:

- De afmetingen van de sluis afhankelijk van het maatgevende schip en de maatgevende vaarwegklasse (schutlengte, breedte en drempeldiepte).
- Adviezen voor de inrichting van de sluis
- De afmetingen, vormgeving en inrichting van de voorhaven afhankelijk van de afmetingen van de sluis. (afmetingen van vrije ruimten, wachttruimten en opstelruimten, afmetingen en vormgeving van de geleidewerken)

ad 12. De bruggen in de vaarwegen zijn: (zie Bijlage II)

* In het Van Starckenborg kanaal:

- Op 1.5 km ten westen van het kruispunt met het Eemskanaal ligt de brug van de busbaan. De brug heeft 2 doorvaart openingen waarvan de noordelijke een beweegbaar brugdek heeft. Voor de passerende binnenvaartschepen moet de brug altijd open.

* In het Winschoterdiep:

- Op 0.9 km ten oosten van het kruispunt met het Eemskanaal liggen twee bruggen naast elkaar. Een ophaalbrug uit een secundaire weg met een vrije doorvaarthoogte van ca 1.00 m en een bascule brug uit de Groningse ringweg met een vrije doorvaarthoogte van ca 5.00 m.

* In het Eemskanaal:

- Op 1.2 km ten noorden van het kruispunt ligt de brug van de oostelijke ringweg. Het is een basculebrug met een vrije doorvaarthoogte van 5.00 m.
- Op 2.7 km ten noorden van het kruispunt ligt de Ruischerbrug. Het is een ophaalbrug met een vrije doorvaarthoogte van ca 1.00 m.

ad 13. De woonschepen die vroeger over alle stadsgrachten van Groningen verspreidt lagen zijn sinds enkele jaren naar de woonschepenhaven verplaatst. De gemeente Groningen heeft het betreffende gebied bestemd (bestemmingsplan gemeente Groningen) als woonschepenhaven en heeft voor de bewoners van de woonschepen een aantal permanente voorzieningen aangelegd. De huidige woonschepenhaven mag niet verdwijnen.

ad 14. De Damstersluis die de Driewegsluis moet vervangen is reeds gebouwd en in gebruik genomen.

ad 15. Een tijdelijke verwijdering (een paar jaar) van het gemaal bij de Oostersluis is mogelijk indien aan een tweetal voorwaarden wordt voldaan:

1. De capaciteit van het gemaal bij Dorkwerd (Reitdiep) moet met $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ tot $15 \text{ m}^3/\text{sec}$ vergroot worden.

Een vergroting van het gemaal met $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ is niet mogelijk omdat dan de stroomsnelheden in het Reitdiep te hoog zullen worden.

Na het gereedkomen van de nieuwe Oostersluis zal bij deze sluis een gemaal met een capaciteit van $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ gebouwd moeten worden om de huidige totale capaciteit van $20 \text{ m}^3/\text{sec}$ wederom ter beschikking te hebben.

2. Er zullen betere afspraken met het Energiebedrijf Groningen Drente, eigenaar van het gemaal te Dorkwerd, gemaakt moeten worden over de beschikbaarheid van het gemaal.

Het Energiebedrijf neemt veelal in de zomer het gemaal in onderhoud waardoor slechts een gedeelte van de capaciteit van het gemaal beschikbaar is terwijl voor de waterhuishouding het gemaal, in verband met watertekorten op de Eemskanaalboezem en afname van de totale gemaalcapaciteit van $20 \text{ m}^3/\text{sec}$ naar $15 \text{ m}^3/\text{sec}$, de gehele zomer volledig beschikbaar moet zijn.

HOOFDSTUK 4. HET PROGRAMMA VAN EISEN EN WENSEN

4.1. Het programma van eisen

- Voor de nieuwe Oostersluis:

- De Driewegsluis moet verdwijnen;
- Het gemaal ten noorden van de oude Oostersluis moet verdwijnen;
- De westelijke wachtplaatsen moeten langs de zuidelijke oever van het Van Starkenburgkanaal aangelegd worden;
- De minimale kolkafmetingen van de sluis worden:
(2-baks duweenheid maatgevend)

Lengte: 200 m (2-baks duweenheid maatgevend)

Breedte: 16 m (gelijk aan de overige sluizen
in de hoofdbinnenvaartroute)

Drempeldiepte

Van Starkenburg-

Kanaalzijde : 4.93 m ÷ N. A. P. (= 4.00 m ÷ G. K. P.)

Gemiddeld Kanaal Peil op het Van Starkenburgkanaal ligt op 0.93 m ÷ N. A. P.

De drempelliging is afgestemd op de toekomstige vergroting van de hoofdvaartroute Lemmer - Delfzijl tot Klasse V vaarweg waarop tevens beperkte 2-baks duwvaart mogelijk is. Het (toekomstige) maatgevende schip op deze vaarweg (2-baks duweenheid) heeft een diepgang van 2.80 m.

De benodigde waterdiepte op de sluisdrempel wordt: $h = 1.4 \times \text{diepgang} = 4.00 \text{ m}$.

De vaardiepte op de drempel sluit hiermee aan op de overige sluizen in de vaartroute (Lemmer en Gaarkeuken).

Drempeldiepte

Eemskanaal-

boezemzijde: $3.88 \text{ m} \div \text{N.A.P.}$ ($= 4.50 \text{ m} \div \text{G.B.P.}$)

Gemiddeld Boezem Peil op de Eemskanaalboezem ligt op $0.62 \text{ m} \div \text{N.A.P.}$

Het (toekomstige) maatgevende schip op de vaarweg Lemmer - Delfzijl vereist een totale diepgang van 4.00 m .

Het peil op de Eemskanaalboezem kan gedurende het jaar, als gevolg van z'n bergings- en afvoerfunctie, zeer sterk variëren, tot maximaal $\pm 0.50 \text{ m}$.

Om onder alle omstandigheden goede invaart van maatgevende Klasse V schepen vanaf het Eemskanaal in de Oostersluis te garanderen dient de drempel van het Eemskanaalhoofd op: $4.00 + 0.50 = 4.50 \text{ m}$ onder G.B.P. te worden aangelegd.

- Voor de gecombineerde Oostersluis/Eemskanaalsluis:

- De Driewegsluis moet verdwijnen;
- Het gemaal ten noorden van de oude Oostersluis moet verdwijnen;
- De westelijke wachtplaatsen moeten langs de zuidelijke oever van het Van Starckenborgkanaal aangelegd worden;
- De minimale kolkafmetingen van de sluis worden:
(2-baks duweenheid maatgevend)

Lengte: 200 m (2-baks duweenheid maatgevend)

Breedte: 16 m (gelijk aan de overige sluizen in de hoofdbinnenvaartroute)

Drempeldiepte

Van Starkenburg-

Kanaalzijde : $4.93 \text{ m} \div \text{N. A. P.}$ (= $4.00 \text{ m} \div \text{G. K. P.}$)

Gemiddeld Kanaal Peil op het Van Starkenburgkanaal is $0.93 \text{ m} \div \text{N. A. P.}$

Het (toekomstige) maatgevende schip op de vaarweg Lemmer - Delfzijl vereist een totale diepgang van 4.00 m . De drempelliging is afgestemd op de toekomstige vergroting van deze hoofdvaarroute tot Klasse V vaarweg waarop tevens in beperkte mate 2-baks duwvaart wordt toegelaten.

De vaardiepte op de drempel sluit hiermee aan op de overige sluizen in de vaarroute Lemmer - Delfzijl (sluis Lemmer en sluis Gaarkeuken).

Drempeldiepte

Eemskanaal-

boezemzijde

na 2025: $4.53 \text{ m} \div \text{N. A. P.}$ (= $4.65 \text{ m} \div \text{G. B. P.}$)

Gemiddeld Boezem Peil op de Eemskanaalboezem ligt op $0.12 \text{ m} \div \text{N. A. P.}$

Het peil op de benedenstroomse pand van de Eemskanaalboezem kan gedurende het jaar sterk variëren, tot maximaal $\pm 0.50 \text{ m}$.

De prognoses van de bodemdaling uit 1985 zullen het werkelijke verloop van de bodemdaling niet volledig weergeven. Om deze onnauwkeurigheid op te vangen wordt een extra verlaging van het benedenstroomse drempelpeil van 0.15 m aangenomen.

Met deze extra verlaging van het drempelpeil kunnen de gevolgen, een grotere verlaging (groter dan 0.50 m) van het boezempeil benedenstrooms van het reguleringswerk, door de overschrijding van de prognose voor de einddaling in de regio Delfzijl worden opgevangen.

Het (toekomstig) maatgevend schip op de hoofd-
vaarweg Lemmer - Delfzijl heeft een totale diep-
gang van 4.00 m (diepgang schip + Keel clearance).

De bovenstroomse drempel moet daarom op 4.00
+ 0.50 + 0.15 = 5.65 m beneden G. B. P. worden
aangelegd.

Drempeldiepte

benedenhoofd

tijdens de

bouw in 1990: N. A. P. ÷ (4.53 - Prognose Resulterende
Bodemdaling Sluis) m.

De prognose van de resulterende bodemdaling ter
plaats van het nieuwe reguleringswerk is afhan-
kelijk van de lokatie langs het Eemskanaal (zie
Bijlage V).

Als het reguleringswerk in 1993 gereed is geko-
men en een verval van 0.25 m is aangebracht moet
het benedenstroomse drempelpeil minimaal 4.50 m
onder het gemiddeld benedenstrooms boezempeil
(N. A. P. + 0.37 m.) op N. A. P. ÷ 4.13 m. worden
aangelegd.

• Voor de Eemskanaalsluis:

- De sluis kan tot km paal 8 uit het kruispunt van het
Van Starckenborgkanaal - Eemskanaal, in het Eemskanaal
aangelegd worden (zie Bijlage II) ;
- De sluis moet bovenstrooms van het effluentlozings-
punt van de rioolwaterzuiveringsinstallatie, gebouwd
worden;

- De minimale kolkafmetingen van de Eemskanaalsluis worden:

Lengte: 200 m (2-baks duweenheid maatgevend)

Breedte: 16 m (gelijk aan de overige sluizen in de hoofdbinnenvaartroute)

Drempeldiepte
bovenhoofd bij
begin van de

bouw in 1990: $4.88 \text{ m} \div \text{N. A. P.} (= 5.50 \div \text{G. B. P.})$

Gemiddeld Boezem Peil op het bovenstroomse Eemskanaalpand ligt op $\text{N. A. P.} + 0.62 \text{ m}$.

De maatgevende speciale transporten bepalen de ligging van beide drempels in de sluis. Deze vaartuigen kunnen een maximale diepgang van 4.50 m hebben. Bovendien is bij het binnenvaren van de sluis een keel clearance van minimaal 0.50 m noodzakelijk.

Doordat tevens het boezempeil gedurende het jaar sterk kan variëren, tot $\pm 0.50 \text{ m}$, wordt de bovenstroomse drempel op $4.50 + 0.50 + 0.50 = 5.50 \text{ m}$ onder het G. B. P. aangelegd.

Drempeldiepte
benedenhoofd

na 2025: $5.53 \text{ m} \div \text{N. A. P.} (= 5.65 \div \text{G. B. P.})$

Gemiddeld Boezem Peil op het benedenstroomse pand ligt op $\text{N. A. P.} + 0.12 \text{ m}$.

De maatgevende speciale transporten die via de Eemskanaalsluis afgevoerd moeten kunnen worden hebben een maximale totale diepgang van 5.00 m (diepgang vaartuig + Keel clearance).

Het benedenstroomse boezempeil kan gedurende het jaar (vooral door spuieffecten) sterk variëren, tot maximaal $\pm 0.50 \text{ m}$.

De prognoses van de bodemdaling uit 1985 zullen het werkelijke verloop van de bodemdaling niet volledig weergeven. Om deze onnauwkeurigheid op te vangen wordt een extra verlaging van het benedenstroomse drempelpeil van 0.15 m aangenomen.

Met deze extra verlaging van het drempelpeil kunnen:

- a) De gevolgen, een grotere verlaging (groter dan 0.50 m) van het boezempeil benedenstrooms van het reguleringswerk, door de overschrijding van de prognose voor de einddaling in de regio Delfzijl en/of
- b) De gevolgen, een kleinere daling van het reguleringswerk (en daarmee het benedenstroomse drempelpeil) door de onderschrijding van de prognose voor de resulterende daling van het reguleringswerk na de bouw in 1993 op worden gevangen.

Drempeldiepte

benedenhoofd

tijdens de

bouw in 1990: $N.A.P. \div (5.53 - \text{Prognose Resulterende Bodemdaling Sluis}) \text{ m.}$

De prognose van de resulterende bodemdaling ter plaatse van het nieuwe reguleringswerk is afhankelijk van de lokatie langs het Eemskanaal (zie Bijlage V).

Als het reguleringswerk in 1993 gereed is gekomen en een verval van 0.25 m is aangebracht moet het benedenstroomse drempelpeil minimaal 5.50 m onder het gemiddeld benedenstrooms boezempeil ($N.A.P. + 0.37 \text{ m.}$) op $N.A.P. \div 5.13 \text{ m.}$ worden aangelegd.

Indien de resulterende bodemdaling na 1990 groter dan 0.25 m. wordt (zie Bijlage V) dan is de drempeldiepte in 1990 maatgevend.

De drempeldiepte in 2025 wordt in dat geval bepaald door het drempelpeil in 1990 met de resulterende bodemdaling tussen 1990 en 2025, te verlagen.

Indien de resulterende bodemdaling na 1990 kleiner dan 0.25 meter wordt (zie Bijlage V) dan is de drempeldiepte in 2025 maatgevend.

De drempeldiepte in 1990 wordt in dat geval bepaald door het drempelpeil in 2025 met de resulterende bodemdaling tussen 1990 en 2025, te verhogen.

• Voor de Woonschepenhavensluis:

- De woonschepenhaven mag niet verdwijnen;
- De minimale kolkafmetingen van de sluis worden:

Lengte: 150 m (Speciaal transport maatgevend)

Breedte: 16 m (Speciaal transport maatgevend)

Drempeldiepte
bovenhoofd bij
begin van de

bouw in 1990: 4.88 m ÷ N. A. P. (5.50 m ÷ G. B. P.)

Gemiddeld Boezem Peil op het bovenstroomse pand
ligt op N. A. P + 0.62 m.

Het maatgevende speciale transport dat deze
sluis moeten kunnen passeren (werven langs het
Winschoterdiep) heeft een maximale totale diep-
gang van 5.00 m. (diepgang vaartuig + keel
clearance).

Het bovenstroomse boezempeil kan gedurende het
jaar sterk variëren, tot maximaal ± 0.50 m.

De werkelijk benodigde diepgang op de sluis-
drempel wordt: 4.50 + 0.50 + 0.50 = 5.50 m.

Drempeldiepte
benedenhoofd

na 2025: $5.53 \text{ m} \div \text{N.A.P.}$ ($5.65 \text{ m} \div \text{G.B.P.}$)

Gemiddeld Boezem Peil op het benedenstroomse
pand ligt op N.A.P. + 0.12 m.

Passage van het maatgevende speciale transport
vereist een totale diepgang van 5.00 meter
(diepgang vaartuig + keel clearance).

Het benedenstroomse boezempeil kan tevens sterk
variëren, tot maximaal $\pm 0.50 \text{ m}$.

De prognoses van de bodemdaling uit 1985 zullen
het werkelijke verloop van de bodemdaling niet
volledig weergeven. Om deze onnauwkeurigheid op
te vangen wordt een extra verlaging van het be-
nedenstroomse drempelpeil van 0.15 m aangenomen.

Met deze extra verlaging van het drempelpeil
kunnen de gevolgen, een grotere verlaging (gro-
ter dan 0.50 m) van het boezempeil beneden-
strooms van het reguleringswerk, door de over-
schrijding van de prognose voor de einddaling in
de regio Delfzijl worden opgevangen.

Drempeldiepte
benedenhoofd
tijdens de

bouw in 1990: $\text{N.A.P.} \div (5.53 - \text{Prognose Resulterende}$
 $\text{Bodemdaling Sluis}) \text{ m.}$

De prognose van de resulterende bodemdaling ter
plaats van het nieuwe reguleringswerk is afhan-
kelijk van de lokatie langs het Eemskanaal (zie
Bijlage V).

Als het reguleringswerk in 1993 gereed is geko-
men en een verval van 0.25 m is aangebracht moet
het benedenstroomse drempelpeil minimaal 5.50 m
onder het gemiddeld benedenstrooms boezempeil
(N.A.P. + 0.37 m.) op N.A.P. $\div 5.13 \text{ m.}$ worden
aangelegd.

- Voor het waterreguleringswerk:

- Het waterreguleringswerk moet nauwkeurig regelbaar zijn;

Het boezempeil moet onder normale omstandigheden door een goede bediening van het reguleringswerk op Gemiddeld Boezem Peil ± 3 cm te houden zijn. Onder extreme omstandigheden mag deze peilvariatie oplopen tot ± 50 cm.

- Het reguleringswerk moet een debiet variërend

Van vrijwel $0 \text{ m}^3/\text{sec}$ in het geval van een zeer droge zomer als een watertekort op de Eemskanaal-boezem optreedt (1x per 2 - 3 jaar)

Tot $120 - 125 \text{ m}^3/\text{sec}$ in het geval van een zeer extreme afvoersituatie (Na een langdurige strooming van de lozing, waardoor de waterstand op de boezem bijzonder hoog is opgelopen, wordt met alle middelen gespuid. [1x per 35 - 100 jaar]).

Kunnen verwerken;

- Het reguleringswerk moet de Gemiddeld BoezemPeil op

- * Het bovenstroomse pand na ingebruikname in 1993 op N. A. P. + 0.62 m

- * Het benedenstroomse pand na ingebruikname in 1993 op N. A. P. + 0.37 m

- * Het benedenstroomse pand na de bodemdaling in 2025 op N. A. P. + 0.12 m

Kunnen houden;

- De scheepvaart mag geen grote hinder van de waterlozing ondervinden;
- De maximale stroomsnelheden bij dwarsstroming door eenlozend reguleringswerk worden:

$$V_{\text{dwars}} \leq 0.50 \text{ m/s} \quad \text{Voor } Q = 120 \text{ m}^3/\text{sec} \\ (1 \times \text{per } 35 - 100 \text{ jaar})$$

$$V_{\text{dwars}} \leq 0.30 \text{ m/s} \quad \text{Voor } Q \leq 80 \text{ m}^3/\text{sec} \\ (10 - 20 \times \text{per jaar})$$

- Voor de kanalen:

- De straal van een nieuwe bocht:

(Groot Rijnschip met lengte $l = 110 \text{ m}$ maatgevend)

Normaal profiel: $R_{\text{bocht}} \geq 4 \times l = 440 \text{ m}$
($I \geq 15000$ schepen/jaar)

Krap profiel: $R_{\text{bocht}} \geq 2 \times l = 220 \text{ m}$
($I \leq 15000$ schepen/jaar)

- De diameter van een zwaaiKom:

(Groot Rijnschip maatgevend)

$$D_{\text{zwaaiKom}} \geq 1.3 \times l = 143 \text{ m}$$

- De huidige bruggen blijven gehandhaafd;
- De Damstersluis en de Oostersluis worden niet verplaatst;
- De scheepvaart moet tijdens de aanleg van de sluis en stuwcomplexen te allen tijde doorgang hebben (enige vertraging is echter toelaatbaar);
- Het werk moet praktisch uitvoerbaar zijn;

4.2. Het programma van wensen

- De speciedepots langs de oostelijke Eemskanaaloever moeten zoveel mogelijk behouden blijven;
- De bomensingel langs de westelijke Eemskanaaloever moet zoveel mogelijk in takt blijven;
- De scheepvaart moet zo weinig mogelijk gehinderd worden door de nieuwbouw van de sluizen, het waterreguleringswerk en de aanpassing van de boezem;

HOOFDSTUK 5. CONTROLE VAN SLUISAFMETINGEN EN SLUISCAPACITEITEN

Door de scheepvaartgegevens uit 1984 en het prognosemodel voor de scheepvaartontwikkeling bij de Sluis Gaarkeuken (zie Bijlage VI, figuur 9a en 9b) te combineren wordt een prognose voor de ontwikkeling van de scheepvaart via het vaarwegkruispunt Eemskanaal-Van Starckenborgkanaal-Winschoterdiep (zie Bijlage II) voor de periode 1984 - 2000 gemaakt.

Met behulp van deze gegevens worden de maximum scheepvaartintensiteiten voor de nieuwe Oostersluis en het nieuwe reguleringswerk in het Eemskanaal (of benedenstrooms in het Eemskanaal of in het vaarwegkruispunt langs de woonschepenhaven) bepaald (zie Bijlage VII, tabel 10, 11 en 12).

Voor de minimale sluisafmetingen (zie Programma van Eisen, bladzijde 17) worden de theoretische (C_s) en de werkelijke (C_w) capaciteiten van de sluizen bepaald (zie Bijlage VIII, tabel 14 t/m 19).

Door deze werkelijke capaciteiten van de sluizen te vergelijken met het maximale scheepsaanbod (maximum scheepsintensiteiten) wordt de verkeersbelasting van de sluis bepaald (zie Bijlage IX, tabel 20).

De totale beschouwing leidt tot de volgende conclusies:

1. De capaciteit van de nieuwe Oostersluis ($A = 16 \times 200 \text{ m}^2$) is net voldoende.
 - In 1990 kunnen op de drukste dagen (enkele dagen per jaar) groter wachttijden tot ca. 30 minuten optreden.
 - In 2000 kunnen deze wachttijden tijdens de drukste dagen oplopen met ca 45 - 60 minuten.

2. De capaciteit van de sluis in het Eemskanaalreguleringswerk ($A = 16 \times 200 \text{ m}^2$) is voldoende.
 - In 1990 treden tijdens de drukste dagen nog geen grotere wachttijden op.
 - In 2000 kunnen deze wachttijden tijdens de drukste dagen oplopen met 15 - 30 minuten.

3. De capaciteit van de sluis in het Woonschepenhavenreguleringswerk ($A = 16 \times 150 \text{ m}^2$) is ruim voldoende.
 - Zowel in 1990 als in 2000 treden geen extra wachttijden tijdens de drukste dagen van het jaar op.

HOOFDSTUK 6. GESCHEIDEN OF GECOMBINEERD REGULERINGSWERK IN HET EEMSKANAAL.

Onder een gescheiden reguleringswerk wordt verstaan:

een tweetal verschillende constructies waarbij de scheepvaartpassage en de waterafvoer door 2 verschillende openingen plaats vindt.

Onder een gecombineerd reguleringswerk wordt verstaan:

een constructie waarbij de scheepvaartpassage en de waterafvoer via 1 gezamenlijke opening plaats vindt.

Voor een nieuw reguleringswerk (gescheiden of gecombineerd) kunnen in het Eemskanaal globaal 2 alternatieve lokaties worden aangedragen:

1. Het reguleringswerk wordt in het vaarwegkruispunt langs de Woonschepenhaven gebouwd.
2. Het reguleringswerk wordt stroomafwaards in het Eemskanaal gebouwd.

Voor beide lokaties is de waterafvoerbelasting hetzelfde. De scheepvaartbelasting voor beide lokaties verschilt echter aanzienlijk (zie Bijlage VII, tabel 11 en 12).

Indien het reguleringswerk gecombineerd uitgevoerd wordt is de onderlinge beïnvloeding van de schut- en waterafvoerfunctie bijzonder groot (geen waterafvoer tijdens het schutten en omgekeerd).

Door het lozen (primaire functie) neemt de werkelijk beschikbare schut tijd sterk af. De scheepvaartfunctie van de Kanalen aan het Kruispunt, vooral de hoofdvaarroute Lemmer - Delfzijl zijn zo belangrijk dat geen grote wachttijden voor de scheepvaart op mogen treden. De resulterende schut tijd en daarmee de capaciteit van het reguleringswerk moet zo groot zijn dat geen grote wachttijden voor de scheepvaart optreden. Alleen dan is het gecombineerd uitvoeren van het reguleringswerk verantwoord.

Met behulp van een computermodel (opgesteld door het Waterloop-Kundig Laboratorium) is het afvoerverloop op de Eemskanaalboezem zonder (T0) en met reguleringswerk (T9 en T24) voor verschillende boezembelastingen berekend (zie Bijlage X, figuren 26 t/m 30)

Voor een tweetal boezembelastingen (3 mm/etmaal en 5 mm/etmaal) zijn de gemiddelde lozingstijden voor de minimale sluisopening $A_1 = 16 \times 5.5 \text{ m}^2$ en voor een grotere opening $A_2 = 18 \times 5.5 \text{ m}^2$ berekend (zie Bijlage XI, tabel 24).

Door nu de resterende schuttijden voor het reguleringswerk te bepalen (zie Bijlage XII, tabel 25) kan de werkelijke capaciteit van de sluis in het gecombineerde reguleringswerk worden berekend (zie Bijlage XII, tabel 26 en 27).

Door wederom de werkelijke capaciteit van de sluis en de maximale scheepvaartintensiteit bij het reguleringswerk (zie Bijlage VII, tabel 11 en 12) te combineren kan de verkeersbelasting van het reguleringswerk worden berekend (zie Bijlage XIII, tabel 28)

Uit Bijlage XIII, tabel 28 moet worden geconcludeerd dat:

1. Het Eemskanaalreguleringswerk niet gecombineerd uitgevoerd kan worden.
 - Door de lozingstijd neemt de werkelijke schutcapaciteit zodanig af dat de verkeerbelasting groter dan 1 wordt. Hetgeen betekent dat het aanbod groter wordt dan de sluiscapaciteit. Deze situatie is op een vaarweg en voor een sluis absoluut onaanvaardbaar.
2. Het Woonschepenhavenreguleringswerk kan zowel gescheiden als gecombineerd uitgevoerd worden.
 - Zelfs met de lozingstijd heeft de sluis in het reguleringswerk nog voldoende resulterende schuttijd en daarmee capaciteit om de scheepvaart zonder grote wachttijden te laten passeren. Vooral met $A_2 = 18 \times 5.5 \text{ m}^2$ zijn de verkeersbelastingen ook in 1990 en 2000 voldoende laag om deze oplossing als zeer reëel te beschouwen.

Het in het vaarwegkruispunt gelegen reguleringswerk moet bij voorkeur i.v.m. ruimteproblemen, gecombineerd uitgevoerd worden. Vergroot daarbij de sluisopening van $A = 16 \times 5.5 \text{ m}^2$ tot $A_2 = 18 \times 5.5 \text{ m}^2$ om ook in de verdere toekomst voldoende reservecapaciteit te behouden.

HOOFDSTUK 7. HET GENERENEN VAN ALTERNATIEVE PLANNEN

Het genereren van alternatieve plannen voor de bouw van een nieuwe Oostersluis en een groot reguleringswerk in het kruispunt van de vaarwegen wordt zeer sterk beïnvloed door het feit dat er in een bestaande vaarroute grote constructieve aanpassingen moeten worden aangebracht.

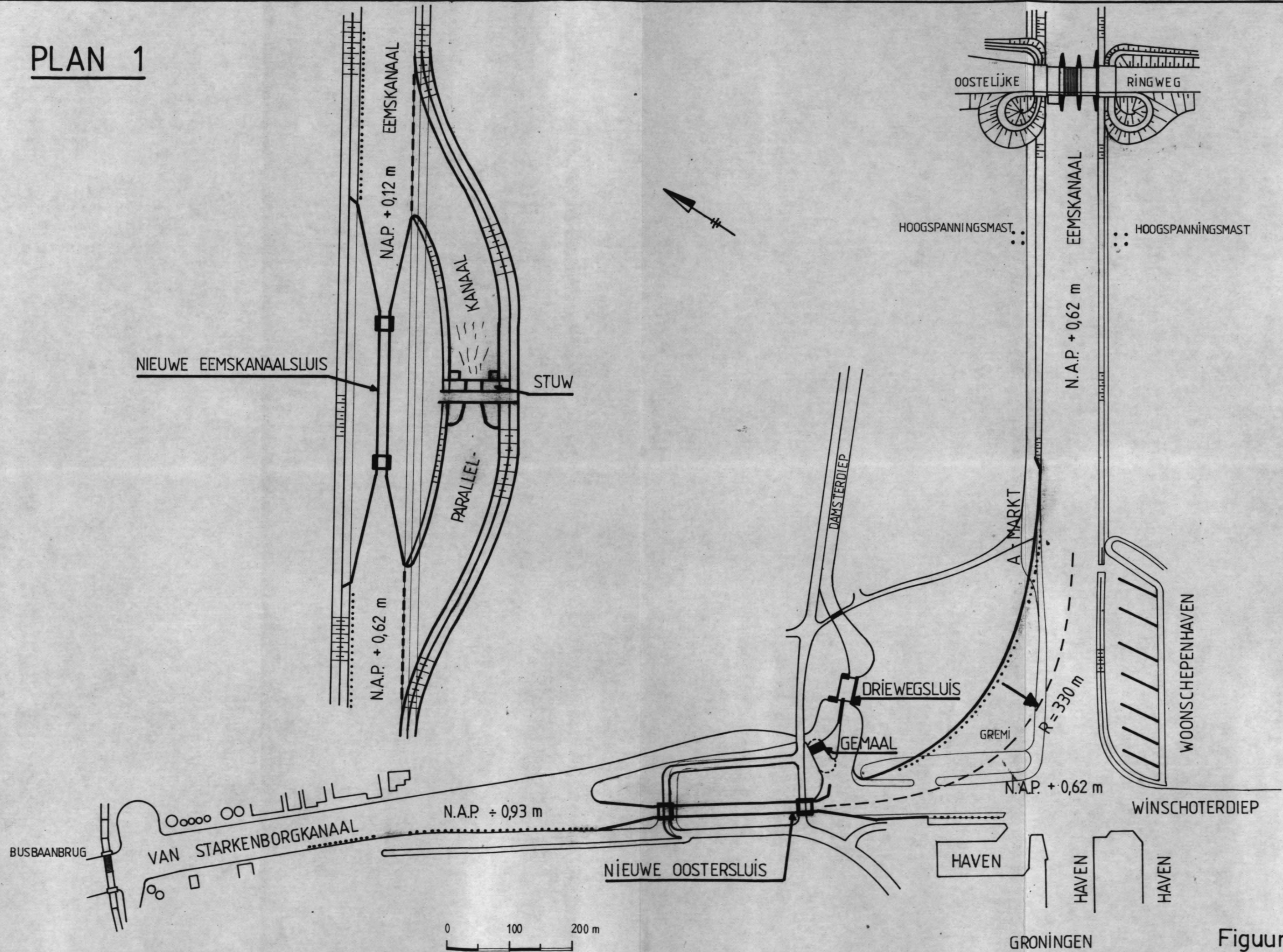
De eis: permanente scheepvaartdoorgang tijdens de bouwperiode die uit het bovenstaande voortvloeit, bepaalt zeer sterk de planvorming.

De bestaande Oostersluis moet daarom tijdens de bouwperiode in bedrijf blijven. Pas nadat de nieuwe Oostersluis gereed is en in gebruik wordt genomen kan de oude Oostersluis buiten bedrijf worden gesteld. Hierna kan een eventuele renovatie van de oude sluis of een verbouwing van de oude sluis tot aanstroomkanaal voor een gemaal kan worden aangepakt.

Plan 1: (zie Figuur 1, bladzijde 37)

- De bestaande Oostersluis wordt gesloopt en op de zelfde plaats door een nieuwe grotere sluis (Nieuwe Oostersluis) vervangen. De sluis wordt de pandscheiding tussen het Van Starkenburgkanaal (Peil: N. A. P. $\div$ 0.93 m) en de Eemskanaalboezem (Peil: N. A. P. + 0.62 m);
- De bocht tussen het Van Starkenburgkanaal en het Eemskanaal ten noordoosten van de Oostersluis (zie Bijlage III) wordt verruimd (Normaal profiel: $R = 3 * L_{maat-gevend\ schip}$) en geschikt gemaakt voor de toekomstige maatgevende schepen op de hoofdvaarroute Lemmer - Delfzijl (Klasse V schepen en 2-baks duweenheden);
- Een nieuwe waterafvoer- en scheepvaartreguleringswerk wordt benedenstrooms ten noorden van Ruischerbrug in het Eemskanaal gebouwd. De constructie voor waterafvoer (stuw) en de constructie voor scheepvaartpassage (sluis) moeten in het reguleringswerk gescheiden worden aangelegd (zie Hoofdstuk 6). Het reguleringswerk wordt de pandscheiding tussen het benedenstroomse Eemskanaal (Peil: N. A. P. + 0.12 m) en de bovenstroomse Eemskanaalboezem (Peil: N. A. P. + 0.62 m);
- De wachtplaatsen van de nieuwe Oostersluis worden langs de zuidelijke Van Starkenburgkanaaloever uitgebreid en langs de noordelijke oever in de bocht tussen het Van Starkenburgkanaal en het Eemskanaal nieuw aangelegd;
- Het Gremi opslagterrein ten noordoosten van de oude Oostersluis (zie Bijlage III) wordt voor ca 50 % voor de verbetering van de bocht tussen het Van Starkenburgkanaal en het Eemskanaal afgegraven;

PLAN 1



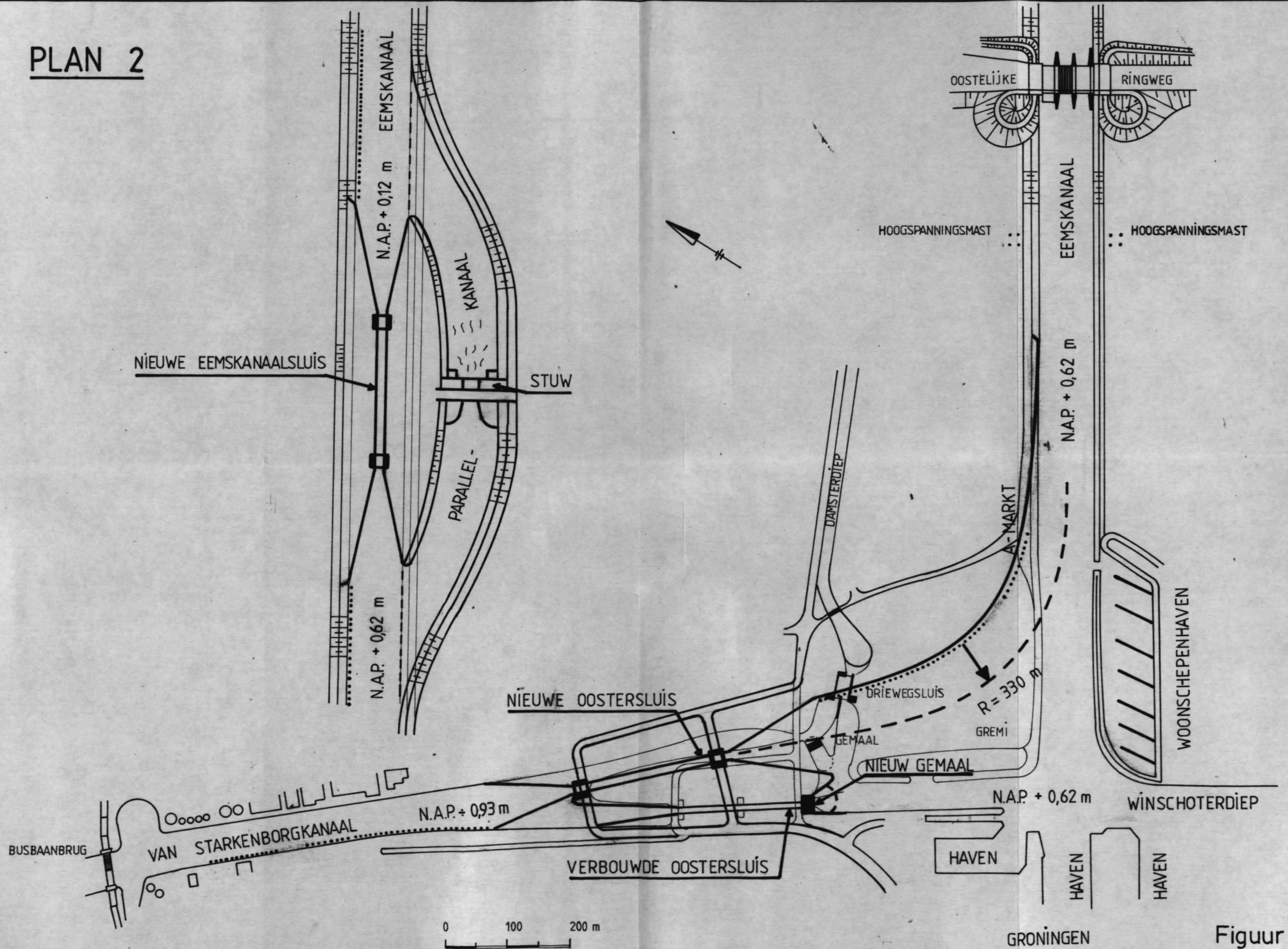
Figuur 1

Plan 2: (zie Figuur 2, bladzijde 41)

- De bestaande Oostersluis wordt door een nieuwe grotere nieuwe sluis vervangen. De nieuwe Oostersluis wordt op het terrein ten noorden van de bestaande sluis aangelegd (zie Bijlage III). De nieuwe Oostersluis wordt de pandscheiding tussen het Van Starkenburgkanaal (Peil: N. A. P. + 0.93 m) en de Eemskanaalboezem (Peil: N. A. P. + 0.62 m);
- Er wordt een nieuw gemaal met een capaciteit van $10 \text{ m}^3/\text{s}$ op de zuidelijke Van Starkenburgkanaaloever gebouwd. Het gemaal wordt direct ten oosten van de oude Oostersluis geplaatst. De oude sluis wordt tot aanstroomkanaal voor het nieuwe gemaal omgebouwd;
- Een nieuwe waterafvoer- en scheepvaartreguleringswerk wordt benedenstrooms ten noorden van Ruischerbrug in het Eemskanaal gebouwd. De constructie voor waterafvoer (stuw) en de constructie voor scheepvaartpassage (sluis) moeten in het reguleringswerk gescheiden worden aangelegd (zie Hoofdstuk 6). Het reguleringswerk wordt de pandscheiding tussen het benedenstroomse Eemskanaal (Peil: N. A. P. + 0.12 m) en de bovenstroomse Eemskanaalboezem (Peil: N. A. P. + 0.62 m);
- De bocht tussen het Van Starkenburgkanaal en het Eemskanaal ten noordoosten van de Oostersluis (zie Bijlage III) wordt verruimd (Normaal profiel: $R = 3 * L_{\text{maatgevend schip}}$) en geschikt gemaakt voor de toekomstige maatgevende schepen op de hoofdvaarroute Lemmer - Delfzijl (Klasse V schepen en 2-baks duweenheden);
- De wachtplaatsen van de nieuwe Oostersluis worden langs de zuidelijke Van Starkenburgkanaaloever en langs de noordelijke oever in de bocht tussen het Van Starkenburgkanaal en het Eemskanaal aangelegd;

- Het bestaande gemaal direct ten noordoosten van de oude Oostersluis komt te vervallen en wordt gesloopt;
- De Driewegsluis komt te vervallen en moet worden gesloopt. Voor de wateraanvoer in de zomerperiode van het Van Starckenborgkanaal naar het Damsterdiep ($Q = 2 \text{ à } 3 \text{ m}^3/\text{s}$) wordt een duiker aangelegd;
- Het Gremi opslagterrein wordt volledig voor de verbetering van de bocht tussen het Van Starckenborgkanaal en het Eemskanaal afgegraven;

PLAN 2



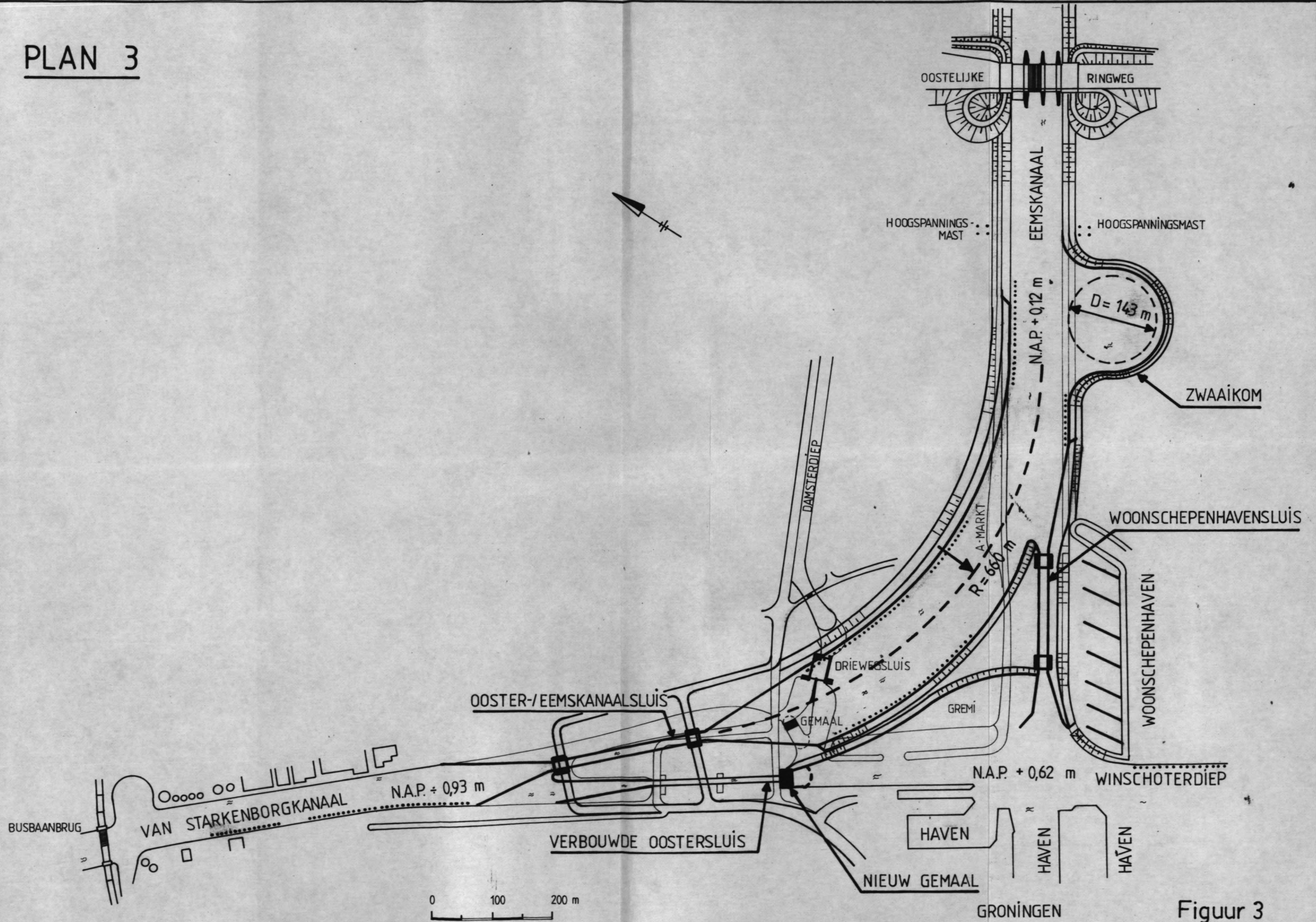
Figuur 2

Plan 3: (zie Figuur 3, bladzijde 45)

- De bestaande Oostersluis wordt door een gecombineerde Oostersluis/Eemskanaalsluis vervangen. Deze gecombineerde nieuwe sluis wordt direct ten noorden van de bestaande Oostersluis aangelegd (zie Bijlage III). De nieuwe Oostersluis/Eemskanaalsluis wordt de pandscheiding tussen het Van Starckenborgkanaal (Peil: N. A. P. $\div$ 0.93 m) en het benedenstroomse Eemskanaal (Peil: N. A. P. + 0.12 m);
- De bocht tussen het Van Starckenborgkanaal en het Eemskanaal ten noordoosten van de Oostersluis (zie Bijlage III) wordt verruimd (Normaal profiel voor bocht in doorgaande vaarroute: $R = 6 * L_{\text{maatgevend schip}}$) en geschikt gemaakt voor de toekomstige maatgevende schepen op de hoofdvaarroute Lemmer - Delfzijl (Klasse V schepen en 2-baks duweenheden);
- In het kruispunt wordt een dam aangelegd om de pandscheiding tussen het benedenstroomse Eemskanaal (N. A. P. + 0.12 m) en de bovenstroomse Eemskanaalboezem (N. A. P. + 0.62 m) te realiseren;
- In deze dam wordt een nieuw gecombineerd reguleringswerk aangelegd (zie Hoofdstuk 6). Een constructie die door één opening zowel het overtollige water op de Eemskanaalboezem via het benedenstroomse Eemskanaal naar zee af kan voeren, als de scheepvaart kan laten passeren. De sluis (Woonschepenhavensluis) in het reguleringswerk wordt gebouwd om de vaarroute van het Eemskanaal en het Van Starckenborgkanaal naar de Groningse havens en het Winschoterdiep en omgekeerd open te houden. Het totale reguleringswerk maakt deel uit van de pandscheiding tussen het Eemskanaal (Peil: N. A. P. + 0.12 m) en de Eemskanaalboezem (Peil: N. A. P. + 0.62 m);

- Langs de oostelijke Eemskanaaloever tussen het Kruispunt en de Oostelijke Ringwegbrug wordt een zwaaiKom (Diameter zwaaiKom = $1.3 \cdot L_{\text{maatgevend schip}}$) aangelegd. Na het buiten gebruik stellen van de oude Oostersluis kan de scheepvaart die van het Van Starckenborgkanaal naar de Groningse havens of het Winschoterdiep wil alleen via de nieuwe Oostersluis en de nieuwe Woonschepenhavensluis varen. Er zal door ongeveer 1800 schepen in het jaar 1990 en ongeveer 2250 schepen in het jaar 2000 gezwaaid moeten worden (zie Bijlage VI, figuren 22 en 23). Om dit zwaaien zonder grote hinder voor de overige scheepvaart op het Eemskanaal te laten verlopen is een zwaaiKom buiten de vaarweg noodzakelijk
- De wachtplaatsen van de Nieuwe Oostersluis worden langs de zuidelijke oever van het Van Starckenborgkanaal en langs de noordelijke oever in de bocht tussen het Van Starckenborgkanaal en het Eemskanaal aangelegd;
- De wachtplaatsen van de nieuwe Woonschepenhavensluis worden langs de oostelijke oever van het Eemskanaal en de noordelijke oever van het Winschoterdiep aangelegd;
- Er wordt een nieuw gemaal met een capaciteit van $10 \text{ m}^3/\text{s}$ op de zuidelijke Van Starckenborgkanaaloever gebouwd. Het gemaal wordt direct ten oosten van de oude Oostersluis geplaatst. De oude sluis wordt tot aanstroomkanaal voor het nieuwe gemaal omgebouwd;
- Het bestaande gemaal direct ten noordoosten van de oude Oostersluis komt te vervallen en wordt gesloopt;
- De Driewegsluis komt te vervallen en moet worden gesloopt. Voor de wateraanvoer in de zomerperiode van het Van Starckenborgkanaal naar het Damsterdiep ($Q = 2 \text{ à } 3 \text{ m}^3/\text{s}$) wordt een duiker aangelegd;
- Het volledige Gremi opslagterrein en een groot gedeelte van het A - Markt terrein wordt voor de verbetering van de bocht tussen het Van Starckenborgkanaal en het Eemskanaal afgegraven;

PLAN 3



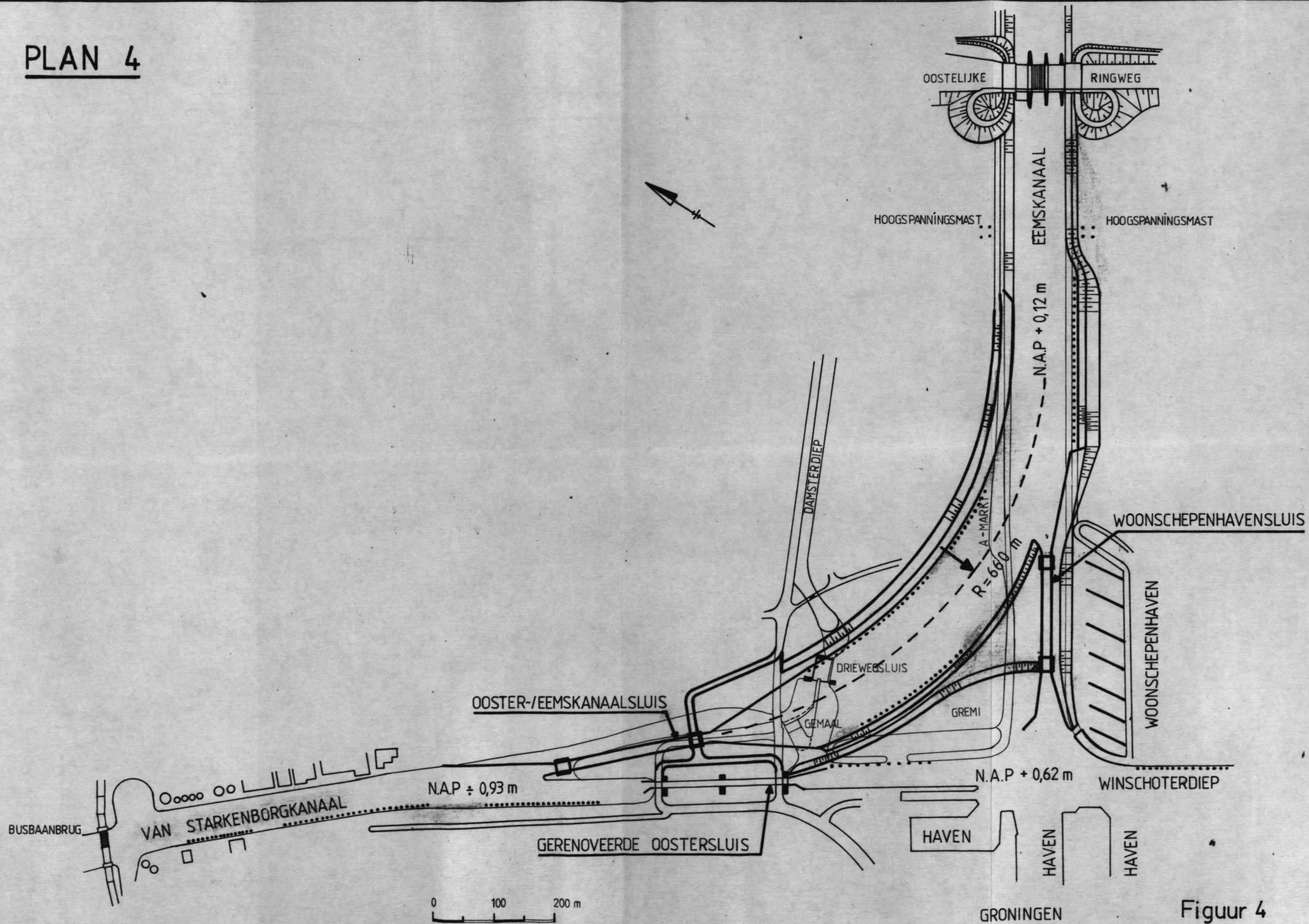
Figuur 3

Plan 4: (zie Figuur 4, bladzijde 49)

- Een nieuwe gecombineerde Oostersluis/Eemskanaalsluis wordt direct ten noorden van de bestaande Oostersluis aangelegd (zie Bijlage III). De nieuwe Oostersluis/Eemskanaalsluis wordt de pandscheiding tussen het Van Starckenborgkanaal (Peil: N. A. P. $\div$ 0.93 m) en het benedenstroomse Eemskanaalpand (Peil: N. A. P. + 0.12 m);
- De bestaande Oostersluis wordt volledig gerenoveerd en later weer in gebruik gesteld. De bestaande Oostersluis blijft de pandscheiding tussen het Van Starckenborgkanaal (Peil: N. A. P. $\div$ 0.93 m) en de Eemskanaalboezem (Peil: N. A. P. + 0.62 m);
- De bocht tussen het Van Starckenborgkanaal en het Eemskanaal ten noordoosten van de Oostersluis (zie Bijlage III) wordt verruimd (Normaal profiel voor een bocht in een doorgaande vaarroute: $R = 6 * L_{\text{maatgevend schip}}$) en geschikt gemaakt voor de toekomstige maatgevende schepen op de hoofdvaarroute Lemmer - Delfzijl (Klasse V schepen en 2-baks duweenheden);
- In het kruispunt wordt een dam aangelegd om de pandscheiding tussen het benedenstroomse Eemskanaal (N. A. P. + 0.12 m) en de bovenstroomse Eemskanaalboezem (N. A. P. + 0.62 m) te realiseren;
- In deze dam wordt een nieuw gecombineerd reguleringswerk aangelegd (zie Hoofdstuk 6). Een constructie die door één opening zowel het overtollige water op de Eemskanaalboezem via het benedenstroomse Eemskanaal naar zee af kan voeren, als de scheepvaart kan laten passeren. De sluis (Woonschepenhavensluis) in het reguleringswerk wordt gebouwd om de vaarroute van het Eemskanaal en het Van Starckenborgkanaal naar de Groeningse havens en het Winschoterdiep en omgekeerd open te houden. Het totale reguleringswerk maakt deel uit van de pandscheiding tussen het Eemskanaal (Peil: N. A. P. + 0.12 m) en de Eemskanaalboezem (Peil: N. A. P. + 0.62 m);

- De wachtplaatsen van de Nieuwe Oostersluis worden langs de zuidelijke oever van het Van Starckenborgkanaal en langs de noordelijke oever in de bocht tussen het Van Starckenborgkanaal en het Eemskanaal aangelegd;
- De wachtplaatsen van de nieuwe Woonschepenhavensluis worden langs de oostelijke oever van het Eemskanaal en langs de noordelijke oever van het Winschoterdiep aangelegd;
- Het bestaande gemaal direct ten noordoosten van de oude Oostersluis komt te vervallen en wordt gesloopt;
- De capaciteit van het gemaal te Dorkwerd wordt met 10 m³/sec vergroot;
- De Driewegsluis komt te vervallen en moet worden gesloopt. Voor de wateraanvoer in de zomerperiode van het Van Starckenborgkanaal naar het Damsterdiep ($Q = 2 \text{ à } 3 \text{ m}^3/\text{s}$) wordt een duiker aangelegd;
- Het volledige Gremi opslagterrein en een groot gedeelte van het A - Markt terrein wordt voor de verbetering van de bocht tussen het Van Starckenborgkanaal en het Eemskanaal afgegraven;

PLAN 4



Figuur 4

HOOFDSTUK 8. TOETSING VAN DE ALTERNATIEVE PLANNEN

Uit de uitgangspunten, randvoorwaarden en het programma van eisen en wensen volgen een aantal criteria waarmee de alternatieve plannen (Plan 1 t/m 4, zie pagina 37, 41, 45 en 49) op kwalitatieve en kwantitatieve wijze getoetst kunnen worden.

Door de mate waarin de alternatieve plannen aan een bepaald criterium voldoen, te vergelijken is het mogelijk de verschillende alternatieven voor dat criterium met elkaar te vergelijken. Door het toetsingsproces voor alle criteria te doorlopen ontstaat een totaalbeeld van alle alternatieven. De alternatieven kunnen nu als geheel met elkaar vergeleken worden. Waarna voor de kwalitatief beste oplossing gekozen wordt.

DE TOETSINGSKRITERIA:

1. CONSTRUCTIEVE MAATREGELEN

- 1.1. Slopen.
- 1.2. Renoveren.
- 1.3. Verbouwen.
- 1.4. Nieuw bouwen.

2. GRONDVERZET

- 2.1. Uitbaggeren of wegbaggeren.
- 2.2. Dijken verhogen of aanbrengen.

3. UITVOERING VAN PLANNEN

- 3.1. Technische moeilijkheidsgraad van het plan.

4. SCHEEPVAART

- 4.1. Mate van voldoening aan de richtlijnen voor vaarwegen
- 4.2. Onderlinge bereikbaarheid Kanalen.
- 4.3. Voortgang scheepvaart tijdens de bouwfase.
- 4.4. Veiligheid scheepvaart tijdens de bouwfase.
- 4.5. Veiligheid scheepvaart na de bouw.

5. WATERHUISHOUDING

- 5.1. Benodigde gemaalcapaciteit tijdens de bouwfase.
- 5.2. Benodigde gemaalcapaciteit na de bouw.
- 5.3. Invloed van een spuiend reguleringswerk

Toetsing alternatieven				
Tabel 1 A	Alternatief Plan 1	Alternatief Plan 2	Alternatief Plan 3	Alternatief Plan 4
Kriterium				
1. Constructieve aanpassingen benodigd voor de realisatie van de plannen.				
1.1. Slopen van bestaande constructies	• Oude Oostersluis	• Driewegsluis • Oostersluis-gemaal op de noordelijke oever	• Driewegsluis • Oostersluis-gemaal op de noordelijke oever	• Driewegsluis • Oostersluis-gemaal op de noordelijke oever
1.2. Renoveren van bestaande constructies.				• De oude Oostersluis
1.3. Verbouwen van de bestaande constructies.		• Oude Oostersluis tot stroomkoker voor het nieuwe gemaal. • Vergroten van het gemaal te Donkwerd met $5 \text{ m}^3/\text{s}$ tot $15 \text{ m}^3/\text{sec}$.	• Oude Oostersluis tot stroomkoker voor het nieuwe gemaal • Vergroten van het gemaal te Donkwerd met $5 \text{ m}^3/\text{s}$ tot $15 \text{ m}^3/\text{s}$ • Vergroten van het gemaal te Donkwerd met $5 \text{ m}^3/\text{s}$ tot $15 \text{ m}^3/\text{sec}$.	
1.4. Nieuw bouwen als maatregel of om bestaande constructies te vervangen	• Oostersluis • Gescheiden reguleringswerk (sluis + stuw) in het Eemskanaal.	• Oostersluis • Gescheiden reguleringswerk (sluis + stuw) in het Eemskanaal.	• Oostersluis • Gecombineerd reguleringswerk in het vaarweg kruispunt langs de Woonschepenhaven.	• Oostersluis • Gecombineerd reguleringswerk in het vaarweg kruispunt langs de Woonschepenhaven.

Toetsing alternatieven				
Vervolg tabel 1 A	Alternatief Plan 1	Alternatief Plan 2	Alternatief Plan 3	Alternatief Plan 4
Kriterium				
1.4. Vervolg nieuw bouwen		Oostersluis gemaal met $Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ op de zuidelijke VSB Kan. oever	Oostersluis-gemaal met $Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ op de zuidelijke VSB Kan. oever	Gemaal nabij de Westervluis met $Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Het grondverzet dat nodig is om de plannen te realiseren				
2.1. Uitbaggeren van vaarwegen en weg-baggeren van terreinen	- Ca. 50 % van het Gremi-terrein (zie Bijlage III) wordt afgegraven voor de bochtverbetering - Verdiepen van de Eemskanaal-bodem benedenstrooms van het reguleringswerk tot Woltersum. 1 - 3 km - Uitbaggeren van het parallelkanaal voor de stuw of de sluis 2 - 3 km	- Het volledige Gremi-terrein (zie Bijlage III) wordt afgegraven voor de bochtverbetering - Verdiepen van de Eemskanaal-bodem benedenstrooms van het reguleringswerk tot Woltersum. 1 - 3 km - Uitbaggeren van het parallelkanaal voor de stuw of de sluis 2 - 3 km	- Het volledige Gremi-terrein + groot gedeelte A-markt terrein wordt voor de bochtverbetering afgegraven. - Verdiepen van de Eemskanaal-bodem benedenstrooms van het reguleringswerk tot Woltersum. 10 km - Uitbaggeren van de zwaaihoek langs de N - O Eemskanaaloevers tussen het vaarwegkruispunt en de Oostelijke ringweg	- Het volledige Gremi-terrein + groot gedeelte A-markt terrein wordt voor de bochtverbetering afgegraven. - Verdiepen van de Eemskanaal-bodem benedenstrooms van het reguleringswerk tot Woltersum. 10 km

Toetsing alternatieven				
Vervolg tabel 1 A	Alternatief Plan 1	Alternatief Plan 2	Alternatief Plan 3	Alternatief Plan 4
Kriterium				
2.2. Dijken verhogen of aanbrengen	- Verhogen van de dijken bovenstrooms van het reguleringswerk tussen het kruispunt en het reguleringswerk. 7 - 9 km - Aanleg dijken langs het parallelkanaal voor sluis of stuw.	- Verhogen van de dijken bovenstrooms van het reguleringswerk tussen het kruispunt en het reguleringswerk. 7 - 9 km - Aanleg dijken langs het parallelkanaal voor sluis of stuw.	Aanleggen van een zware dam in het vaarwegkruispunt om de pandscheiding te realiseren.	Aanleggen van een zware dam in het vaarwegkruispunt om de pandscheiding te realiseren.
3. Factoren die de uitvoerbaarheid van de plannen bepalen.	- Gemiddeld - De Eemskanaal-sluis kan geheel "in den droge" in een open bouwput worden aangelegd.	- Moelijkker - De Eemskanaal-sluis kan geheel "in den droge" in een open bouwput worden aangelegd.	- Veel moeilijker - Het reguleringswerk langs de Woonschepenhaven kan alleen in een beperkte bouwput worden aangelegd. De constructie zal ingewikkelder en zwaarder uitgevoerd moeten worden.	- Veel moeilijker - Het reguleringswerk langs de Woonschepenhaven kan alleen in een beperkte bouwput worden aangelegd. De constructie zal ingewikkelder en zwaarder uitgevoerd moeten worden.

Vervolg tabel 1 A	Toetsing alternatieven			
Kriterium	Alternatief Plan 1	Alternatief Plan 2	Alternatief Plan 3	Alternatief Plan 4
3.1. Vervolg technische moeilijkheidsgraad van de plannen	- De stuw zal waarschijnlijk wegens scheepvaartpassage door de opening tijdens de bouwfase, gedeeltelijk "in den natte" moeten worden aangelegd. - Door de geringe aanwezigheid van bebouwing zal de bemaling van de bouwput geen problemen veroorzaken. - De lokaties langs het Eemskanaal zijn goed bereikbaar voor materiaal en materieel. - De Oostersluis kan eenvoudig in een open bouwput "in den droge" worden aangelegd.	- De stuw zal waarschijnlijk wegens scheepvaartpassage door de opening tijdens de bouwfase, gedeeltelijk "in den natte" moeten worden aangelegd. - Door de geringe aanwezigheid van bebouwing zal de bemaling van de bouwput geen problemen veroorzaken. - De lokaties langs het Eemskanaal zijn goed bereikbaar voor materiaal en materieel. - De Oostersluis kan eenvoudig in een open bouwput "in den droge" worden aangelegd.	- Dit i.v.m. de gecombineerde uitvoering van de waterafvoer- en schutfunctie in het reguleringswerk. - Door de aanwezigheid van bebouwing kan de bemaling van de bouwput problemen geven. - Vooral de aanwezigheid van de Woonschepenhaven (die niet droog gezet mag worden) zal problemen veroorzaken. - De woonschepenhaven lokatie is slecht bereikbaar voor materiaal en materieel. - De Oostersluis kan eenvoudig in een open bouwput "in den droge" worden aangelegd.	- Dit i.v.m. de gecombineerde uitvoering van de waterafvoer- en schutfunctie in het reguleringswerk. - Door de aanwezigheid van bebouwing kan de bemaling van de bouwput problemen geven. - Vooral de aanwezigheid van de Woonschepenhaven (die niet droog gezet mag worden) zal problemen veroorzaken. - De woonschepenhaven lokatie is slecht bereikbaar voor materiaal en materieel. - De Oostersluis kan eenvoudig in een open bouwput "in den droge" worden aangelegd.

Toetsing alternatieven				
Vervolg tabel 1 A	Alternatief Plan 1	Alternatief Plan 2	Alternatief Plan 3	Alternatief Plan 4
Kriterium				
3.1. Vervolg technische moeilijkheidsgraad van de plannen	- Door de dichte bebouwing rond de oude sluis kan de bemaling van de bouwput wellicht grote problemen veroorzaken - De Oostersluis is goed bereikbaar voor materiaal en materieel.	- Door de dichte bebouwing rond de oude sluis kan de bemaling van de bouwput wellicht grote problemen veroorzaken - De Oostersluis is goed bereikbaar voor materiaal en materieel.	- Door de dichte bebouwing rond de oude sluis kan de bemaling van de bouwput wellicht grote problemen veroorzaken - De Oostersluis is goed bereikbaar voor materiaal en materieel.	- Door de dichte bebouwing rond de oude sluis kan de bemaling van de bouwput wellicht grote problemen veroorzaken - De Oostersluis is goed bereikbaar voor materiaal en materieel.
4. Scheepvaart				
4.1. Mate van voldoening aan de richtlijnen voor vaarwegen	- Voldoet redelijk - De Eemskanaalsluis kan zodanig gebouwd worden dat aan alle richtlijnen wordt voldaan. - De ruimte tussen de vaarwegkruising en de Oostersluis is zeer beperkt. - De bochtstraal van de verruimde bocht voldoet wel aan de richtlijnen. - De rechtstand voor de sluis is echter kleiner dan de richtlijn	- Voldoet matig - De Eemskanaalsluis kan zodanig gebouwd worden dat aan alle richtlijnen wordt voldaan. - De ruimte tussen de vaarwegkruising en de Oostersluis is zeer beperkt. - De bochtstraal van de verruimde bocht voldoet wel aan de richtlijnen. - De rechtstand voor de sluis is echter kleiner dan de richtlijn.	- Voldoet slecht - De sluis in het reguleringswerk langs de Woonschepenhaven ligt zodanig (gedwongen plaatsing i.v.m. scheepvaartpassage) dat aan vrijwel geen richtlijn wordt voldaan. - De ruimte voor wachtplaatsen, geleiden werken is aan de Winschoterdiepzijde van het Woonschepenhavenreguleringswerk vrijwel niet aanwezig. - De bocht van het Winschoterdiep naar het Eemskanaal voldoet niet aan de richtlijnen. - De rechtstand voor de constructie is aan de Winschoterdiepzijde in het geheel niet aanwezig. (in/uitvaren vanaf/naar het Winschoterdiep is moeilijk)	- Voldoet slecht - De sluis in het reguleringswerk langs de Woonschepenhaven ligt zodanig (gedwongen plaatsing i.v.m. scheepvaartpassage) dat aan vrijwel geen richtlijn wordt voldaan. - De ruimte voor wachtplaatsen, geleiden werken is aan de Winschoterdiepzijde van het Woonschepenhavenreguleringswerk vrijwel niet aanwezig. - De bocht van het Winschoterdiep naar het Eemskanaal voldoet niet aan de richtlijnen. - De rechtstand voor de constructie is aan de Winschoterdiepzijde in het geheel niet aanwezig. (in/uitvaren vanaf/naar het Winschoterdiep is moeilijk)

Toetsing alternatieven				
Vervolg tabel 1 A	Alternatief Plan 1	Alternatief Plan 2	Alternatief Plan 3	Alternatief Plan 4
Kriterium				
4.2. Onderlinge bereikbaarheid van de kanalen.	Goed	Zeer goed (veel manoeuvreerruimte op het kruispunt ontstaan na de verruiming van de bocht)	- Matig - De scheepvaart van en naar het Van Starckenborgkanaal moet omvaren, zwaaien en twee maal schutten - De bocht vanuit de Woonschepenhaven-sluits naar het Winschoterdiep en omgekeerd is voor de grotere schepen bijzonder lastig te nemen.	- Redelijk - Alleen scheepvaart van en naar het Eemskanaal moet via de Woon-schepenhavensluits schutten.
4.3. Voortgang scheepvaart tijdens de bouw fase	- Volledig gestremd bij de Oostersluits - Eventueel enige vertraging bij de passage van het reguleringswerk in het Eemskanaal tijdens de bouw.	Geringe vertragingen bij de de Oostersluits	- Geringe vertraging bij de passage van de bestaande Oostersluits. - Meer vertraging bij de passage van de bouwput van het reguleringswerk langs de Woonschepenhaven	
4.4. Veiligheid van de scheepvaart tijdens de bouw fase.	- Verminderd sterk indien door het reguleringswerk in het Eemskanaal moet worden gevaren. - Verminderd nauwelijks indien niet door het reguleringswerk hoeft te worden gevaren tijdens de bouw fase	- Verminderd sterk indien door het reguleringswerk in het Eemskanaal moet worden gevaren. - Verminderd nauwelijks indien niet door het reguleringswerk hoeft te worden gevaren tijdens de bouw fase	- Verminderd sterk - De ruimte voor het varen van de bocht Eemskanaal-Van Starckenborgkanaal is zeer sterk verkleind door de aanwezigheid van de bouwput voor het Woon-schepenhavenreguleringswerk direct na de bocht in het Eemskanaal. - Door de forse afmeting van de bouwput die geheel in het Eemskanaal ligt wordt de ruimte voor passage van schepen klein. Door de slechte bereikbaarheid zal waarschijnlijk met veel drijvend materieel worden gewerkt. Als nu tegelijkertijd een forse waterafvoer en scheepvaart langs de bouwput plaats vindt kan een gevaarlijke situatie voor bouwput en materieel ontstaan.	

Vervolg tabel 1 A	Toetsing alternatieven			
Kriterium	Alternatief Plan 1	Alternatief Plan 2	Alternatief Plan 3	Alternatief Plan 4
4.5. Veiligheid van de scheepvaart na de bouw.	• Verbeterd • De bocht voor de Oostersluis is sterk verruimd.	• Sterk verbeterd • De bocht voor de Oostersluis is sterk verruimd. • De manoeuvreer-ruimte op het kruispunt is sterk vergroot waardoor de kans op aanvaringen kleiner is geworden.	• Sterk verslechterd • Verslechterd • De bevaarbaarheid van de bocht na de Oostersluis is door de verruiming sterk verbeterd. De rechtstand voor de constructie is nog onvoldoende maar de ruime bocht vergoed dit grotendeels. • De scheepvaartsituatie voor de Woon-scheephaven is bijzonder slecht. -Aan de Eemskanaalzijde moeten schepen die langs de westelijke wachtplaatsen liggen te wachten de hoofdvaarroute kruisen om via de Woon-scheephaven te kunnen schutten. De langzaam varende schepen zijn slecht manoeuvreerbaar. Door de bocht is het uitzicht voor deze schepen enigzins beperkt zodat zich snel gevaarlijke situaties kunnen voordoen. -Door het feit dat de schepen van het Van Starkenborg om moeten varen en moeten zwaaien wordt het aantal kruisende schepen nog eens sterk vergroot. Om de veiligheid nog enigzins te verbeteren is de zwaaihoek aangelegd. -Aan de Winschotendiepzijde is de situatie ook bijzonder slecht. De plaats voor wachtplaatsen is bijzonder klein en de scheepvaart die uit de Woon-scheephaven komt varen heeft totaal geen zicht op de scheepvaart die op het kruispunt langs de sluis vaart.	

Toetsing alternatieven				
Vervolg tabel 1 A	Alternatief Plan 1	Alternatief Plan 2	Alternatief Plan 3	Alternatief Plan 4
Kriterium				
5. Waterhuishouding				
5.1. Benodigde gemeal- capaciteit tijdens de bouw.	• Voldoende (gemeal blijft staan)	• Onvoldoende $5 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Dorkwerd bijplaatsen	• Onvoldoende $5 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Dorkwerd bijplaatsen.	• Onvoldoende $5 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Dorkwerd bijplaatsen.
5.2. Benodigde gemeal- capaciteit na de bouw.	• Voldoende	• Onvoldoende $5 \text{ m}^3/\text{s}$ bij de Oostersluis bijplaatsen	• Onvoldoende $5 \text{ m}^3/\text{s}$ bij de Oostersluis plaatsen	• Onvoldoende Misschien moge- lijk om $5 \text{ m}^3/\text{s}$ bij de Wester- havensluis te plaatsen. Uitbreiding van gemeal Dorkwerd tot $20 \text{ m}^3/\text{s}$ is ivm het Reitdiep niet mogelijk.
5.3. Invloed van een spuiend regule- ringswerk	• Gering • De stuw van het reguleringswerk in het Eemskanaal kan met een goede stroom- brekende en verdelende constructie worden uitgerust zodat op betrekkelijk korte afstand na de stuw het stroom- beeld weer redelijk gelijkmatig is. De invloed van de lozing op het stro- mingsbeeld, vooral van belang voor de scheepvaart, wordt hierdoor sterk ver- mindert.	• Gering	• Groot	• Groot • Bij het Woonschepenhavenregulerings- werk vindt de waterafvoer via de sluisopening plaats. In verband met deze scheepvaart kunnen voor de sluis dus geen grote stroombrekende en stroomverdelende constructies worden aangelegd. Bij het spuien ontstaat bij het Woonschepenhavenreguleringswerk een sterke geconcentreerde stroming die nog ver doorwerkt en die voor een sterke indirecte stroming in de voor- havens van de Oostersluis zorgt. Vooral de doorgaande scheepvaart en in het bijzonder de zeer lange ongeladen transporten (2-baks duweenheden) on- dervinden enorm veel hinder van deze geconcentreerde stroming.

Tabel 1 B	Toetsing alternatieven			
Kriterium	Plan 1	Plan 2	Plan 3	Plan 4
1. CONSTRUCTIEVE AANPASSINGEN				
1.1. Slopen	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻
1.2. Renoveren	0	0	0	2 ⁻
1.3. Verbouwen	0	2 ⁻	2 ⁻	1 ⁻
1.4. Nieuwbouw	4 ⁻	5 ⁻	4 ⁻	4 ⁻
2. GRONDVERZET				
2.1. Uit- of wegbag- geren van grond	4 ⁻	5 ⁻	7 ⁻	6 ⁻
2.2. Dijken verhogen of aanbrengen	6 ⁻	6 ⁻	3 ⁻	3 ⁻
3. UITVOERING				
3.1. Technische uit- voerbaarheid	0	4 ⁻	8 ⁻	8 ⁻
4. SCHEEPVAART				
4.1. Voldoen aan richtlijnen	1 ⁺	0	1 ⁻	1 ⁻
4.2. Bereikbaar- heid kanalen	1 ⁺	2 ⁺	0	0/1 ⁻
4.3. Scheepvaart tijdens bouw	50 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻
4.4. Veiligheid tijdens bouw	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻
4.5. Veiligheid na bouw	1 ⁺	2 ⁺	2 ⁻	1 ⁻
5. WATERHUISHOUDING				
Gemaalcapaci- teit tijdens bouwfase	1 ⁺	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻
5.2. Gemaalcapaci- teit na bouw	1 ⁺	1 ⁻	1 ⁻	4 ⁻
5.3. Invloed spuiend reguleringswerk	1 ⁻	1 ⁻	2 ⁻	2 ⁻
	63 ⁻	25 ⁻	35 ⁻	37 ⁻ /38 ⁻

HOOFDSTUK 9. KEUZE ALTERNATIEF PLAN

In tabel 1A zijn de verschillende plannen naast elkaar gezet en op grond van een aantal criteria op kwalitatieve en kwantitatieve wijze aan elkaar getoetst.

Door de gevens uit tabel 1 A te wegen en met +, - of 0 te beoordelen kan een eindoordeel van de 4 plannen worden gegeven. Door deze procedures te volgen is tabel 1B ontstaan.

De Conclusie:

Plan 1 zou op grond van de minste constructieve aanpassingen en de minste hoeveelheid grondverzet een goede oplossing zijn. De vooraf gestelde eis dat geen stremming van de scheepvaart op mag treden tijdens de uitvoeringsfase maakt dat deze oplossing praktisch niet uitvoerbaar is.

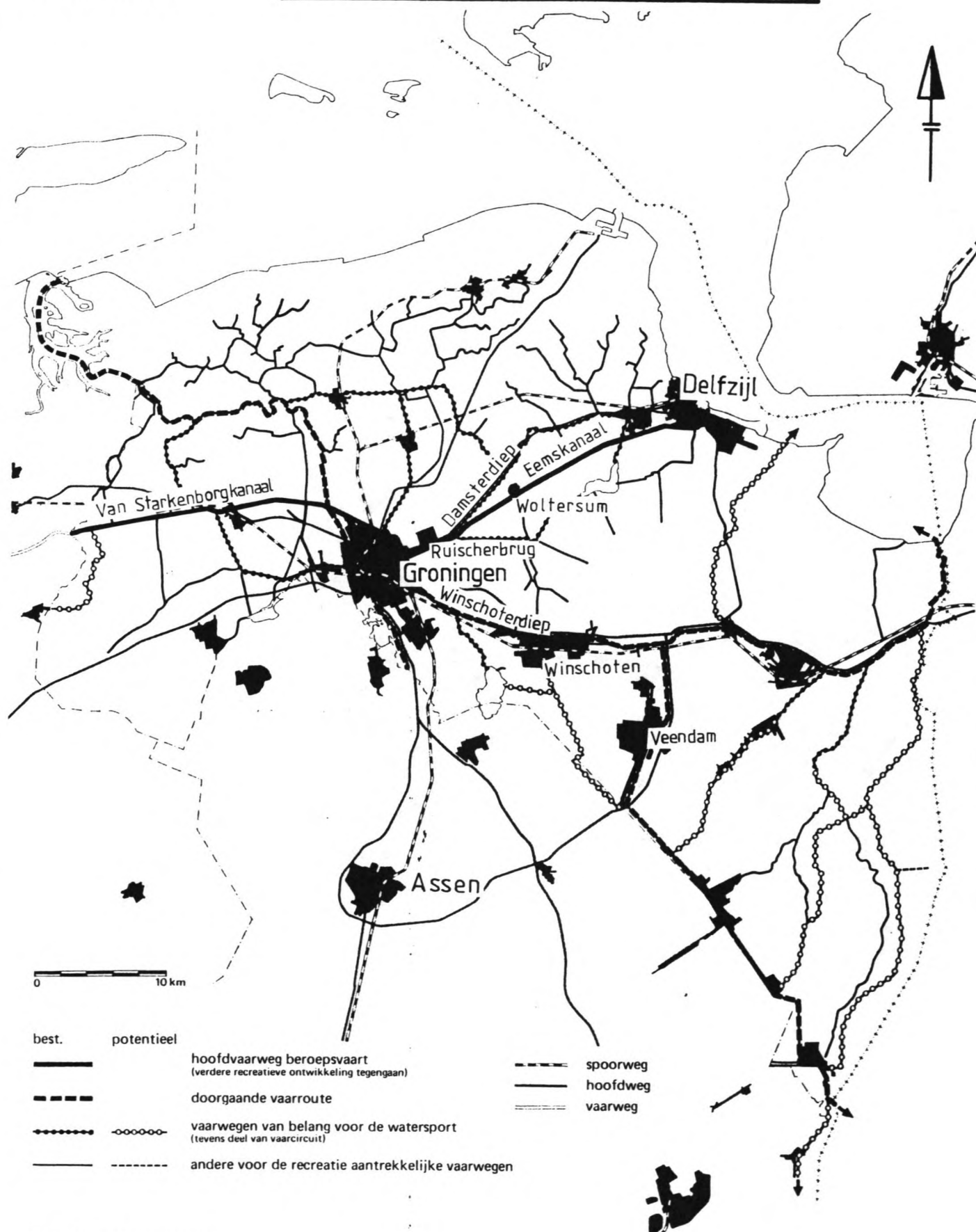
Voor de overige plannen loopt het aantal constructieve aanpassingen en de hoeveelheid grondverzet nauwelijks uiteen.

Plan 2 is uitvoeringstechnisch een stuk eenvoudiger dan de Plannen 3 en 4.

Bij plan 2 is bovendien de hinder van een lozend reguleringswerk voor de scheepvaart minder dan voor de plannen 3 en 4.

De keuze valt daarom op Plan 2 (zie hfst 7, bladzijde 41)

- Een nieuwe Oostersluis ten noorden van de bestaande Oostersluis en
- Een gescheiden reguleringswerk (sluis en stuw) benedenstrooms in het Eemskanaal op een lokatie tussen de Oostelijke ringwegbrug en Woltersum.



Bron: Raamplan waterwegen

Figuur 5

Figuur 6



1. Riolwaterzuiveringsinstallatie van de stad Groningen

2a. Damstersluis

b. Stochtersluis

3. Borgbrug te Ruisherbrug

4. Oostelijke Ringwegbrug

5. Busbaanbrug

6. Windsingel langs het Eemskanaal

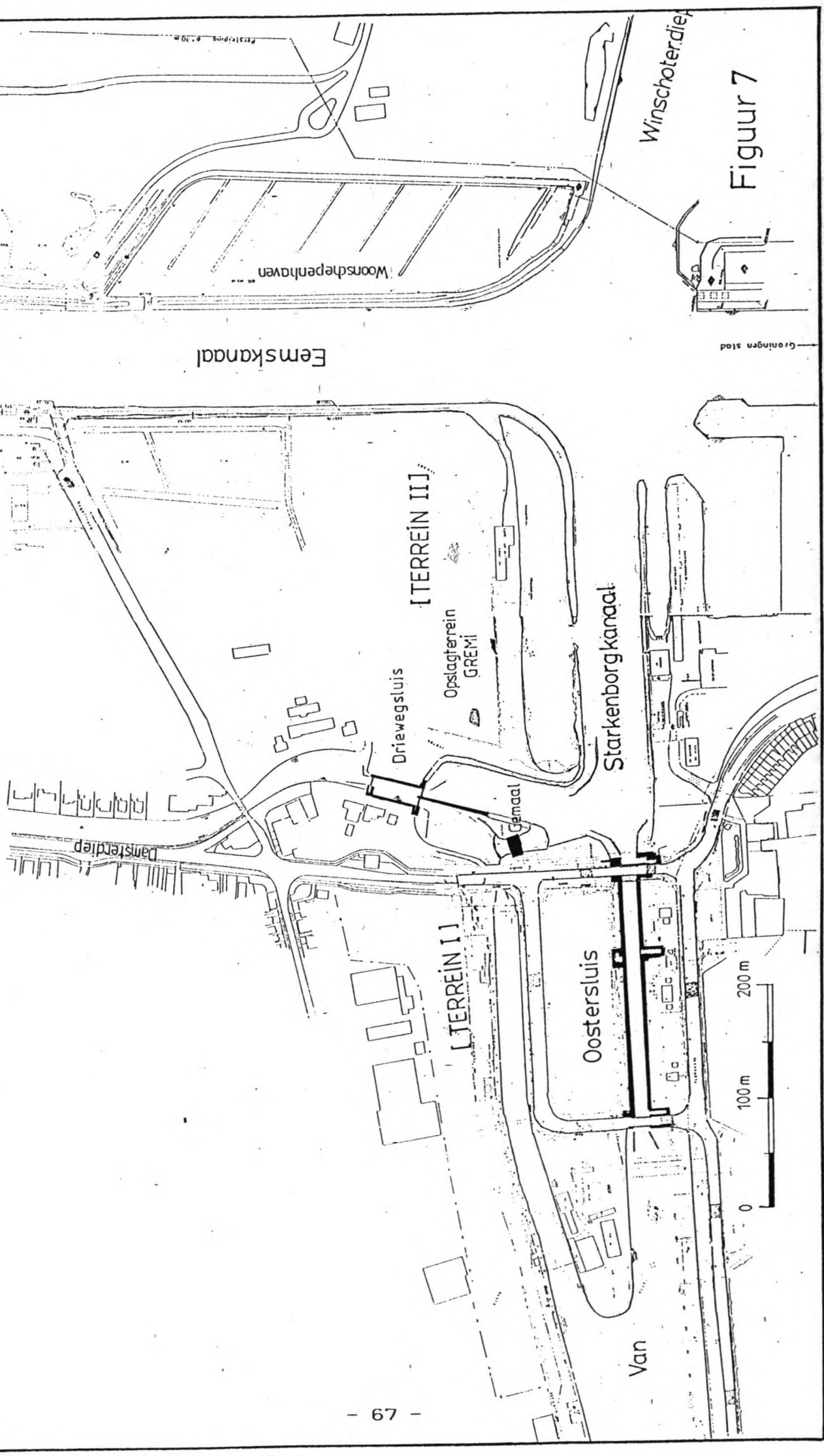
7. Speciedepots

8. Vaarwegkruispunt (zie Bijlage III)

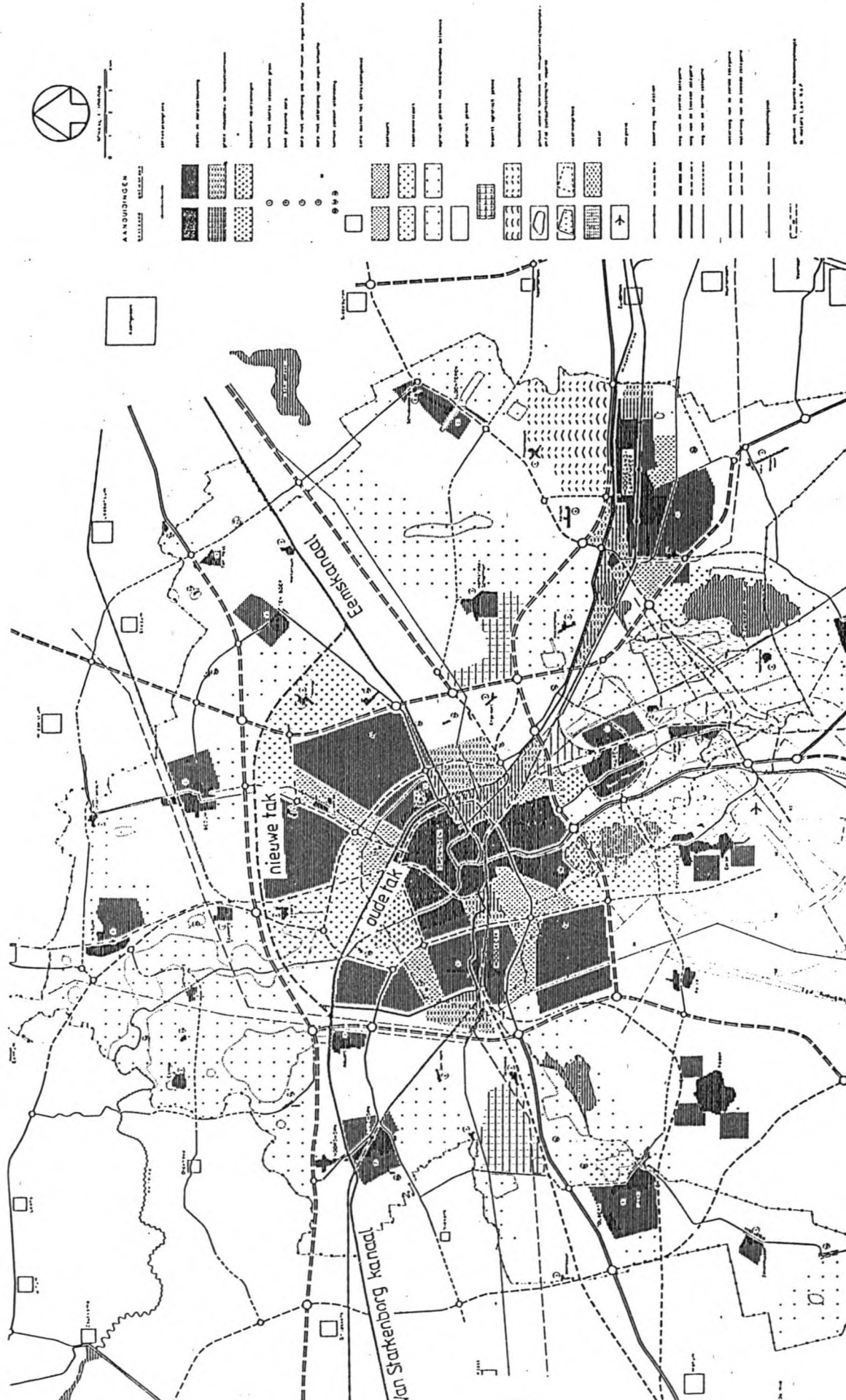
9. Beschikbare bouwlokaties [.....]

BIJLAGE III OVERZICHT VAARWEGKRUISING

EEMSKANAAL - VAN STARKENBORGKANAAL - WINSCHOTERDIEP



Figuur 7



Figuur 8

BIJLAGE V PROGNOSE VOOR DE BODEMDALING EN DE LIGGING VAN DE
BENEDENSTROOMSE DREMPEL VAN EEN SLUIS IN HET GE-
GEBIED TUSSEN DE STAD GRONINGEN EN WOLTERSUM VOOR
DE PERIODE 1993 - 2025

Tabel 2	Prognose bodemdaling door aardgaswinning		Resulterende bodemdaling voor periode 1993 - 2025	Extra drempel- peilverlaging na 1993
	1993	2025		
Lokatie				
Vaarwegkruis- punt nabij de stad Groningen	0.02	0.05	0.03	0.22 + 0.15
Oostelijke Ring- wegbrug tot Dam- ster- en Sloch- tersluis	0.09	0.23	0.14	0.11 + 0.15
Damster- en Slochtersluis tot rioolwater- zuivering	0.14	0.34	0.20	0.05 + 0.15
Van rioolwater- zuivering tot Bloemhofbrug te Woltersum	0.19	0.45	0.26	0.00 + 0.15
Delfzijl	0.23	0.53	0.30	-

De extra drempelverlaging wordt veroorzaakt door het feit dat in 2025 het benedenstroomse peil met 0.25 meter verlaagd wordt. Omdat de waterdiepte op de drempel zowel in 1990 als in 2025 aan een minimale waarde moet voldoen zal bij een kleinere resulterende bodemdaling in 2025 dan 0.25 m de drempel in 1993 reeds verdiept aangelegd moeten worden. Bovendien wordt de onzekerheid in de prognoses voor de bodemdaling opgevangen met een extra drempelpeilverlaging van 0.15 m.

Tabel 3	Drempelpeilen ten opzichte van N. A. P. benedenstrooms van het reguleringswerk	
Lokatie	1993	2025
Vaarwegkruispunt bij de stad Groningen	÷ 5.50 m	÷ 5.53 m
Oostelijke Ringweg- brug tot Damster- en Slochtersluis	÷ 5.39 m	÷ 5.53 m
Damster- en Sloch- tersluis tot Riool- waterzuivering	÷ 5.33 m	÷ 5.53 m
Rioolwaterzuivering tot Bloemhofbrug te Woltersum	÷ 5.28 m	÷ 5.54 m

BIJLAGE VI PROGNOSE VAN DE ONTWIKKELING VAN HET SCHEEPVAART-
VERKEER EN HET GOEDERENVERKEER VIA HET VAARWEG-
KRUISPUNT TEN NOORD-OOSTEN VAN DE STAD GRONINGEN
IN DE PERIODE 1984 - 2000

Voor het ontwerpen van een nieuwe sluis in de hoofdvaarroute Lemmer - Delfzijl zijn de toekomstige ontwikkelingen in het scheepvaartaanbod op de hoofdvaarroute van essentieel belang. Voor het kruispunt van de vaarwegen is geen prognose van de ontwikkeling van het scheepvaartverkeer en het goederenvervoer voor handen.

Voor de Pr. Margrietsluis te Lemmer en de sluis te Gaarkeuken zijn wel onderzoeken naar de ontwikkeling van het scheepvaartverkeer en het goederenvervoer te water verricht.

In het rapport "Onderzoek uitbouw vaarweg Lemmer - Delfzijl tot Klasse V respectievelijk tot tweebaks duwvaartkanaal" uitgevoerd in opdracht van de provinciale Waterstaat Groningen, zijn door de Werkgroep Prognose Transportbehoefte voor het jaar 2000 prognoses van het scheepvaartverkeer en goederenvervoer te water via de Pr. Margrietsluis bij Lemmer en de sluis bij Gaarkeuken opgesteld.

Voor de verwachtingen van de ontwikkelingen ten aanzien van de toekomstige bevaarbaarheid van de hoofdvaarroute worden een 3 tal varianten beschouwd.

Het geval dat:

- a. Verruiming van de hoofdvaarroute tot Klasse V plaatsvindt
- b. Geen verruiming van de hoofdvaarroute plaatsvindt.
- c. Verruiming tot 2-baks duwvaartroute plaatsvindt.

De te verwachten ontwikkelingen in het scheepvaartverkeer en het goederenvervoer zijn sterk afhankelijk van de economische ontwikkeling van Nederland en in het bijzonder van het Noorden van Nederland.

Voor economische ontwikkeling van Nederland en Noord-Nederland voor de periode 1984 - 2000 zijn twee scenario's ontwikkeld.

Een optimistisch scenario waarbij uit gegaan is van een gunstige economische ontwikkeling in Nederland en in het noorden: gemiddelde groei van het bruto nationaal en bruto regionaal produkt van 2 à 2.5 % per jaar.

Een pessimistisch scenario waarbij de economische ontwikkeling stagneert: gemiddelde groei van het bruto nationaal produkt van 0 à 1 % per jaar en een groei in het noorden van ca. 0 % per jaar.

Uitbreiding van de hoofdvaarroute tot een 2-baks duwvaartroute (variant c) lijkt de komende decennia niet echt haalbaar. De kans op een vergroting tot volledige CEMT Klasse V vaarroute (variant a) is in de komende decennia zeer reëel aanwezig. Op de vaarroute zal na verruiming in beperkte mate 2-baks duwvaart worden toegelaten.

Bij de verdere uitwerking wordt de meest reële prognose "Het optimistische scenario en een vergroting van de hoofdvaarroute tot Klasse V route" aangehouden.

De ontwikkeling van prognoses voor de scheepvaart via de sluis te Gaarkeuken worden in het bovenstaande rapport van de Werkgroep Prognose Transportbehoefte gegeven (zie tabel 4 en de figuren 9a en 9b).

Tabel 4	Huidige situatie	Vaarweg verruimd tot Klasse V vaarroute	
	1984	1990	2000
<u>Sluis te Gaarkeuken</u>			
Totaal aantal schepen	20300	18540	19400
Totaal laadvermogen (x 1000 ton)	15844	17430 (+ 10 %)	22100 (+ 28.3 %)
Gemiddeld laadvermogen (ton)	780	940	1140

Voor de meetpunten

- Oostersluis in het Van Starckenborgkanaal
- Bloemhofbrug in het Eemskanaal
- Waterhuizerbrug in het Winschoterdiep

zijn de jaartotalen en de verdeling over het jaar voor 1984 bekend (zie de figuren 12 t/m 20).

Bovendien is het routekeuze - gedrag van de binnenvaart op de vaarwegkruising Eemskanaal-Van Starckenborgkanaal-Winschoterdiep voor 1984 bekend (zie figuur 21).

Bij het berekenen van de prognoses voor het scheepvaartverkeer en het goederenvervoer op de vaarwegkruising zijn de volgende aannamen gemaakt:

1. Het totale en het gemiddelde laadvermogen op de hoofdvaarvaarroute (Eemskanaal en Van Starckenborgkanaal) groeit even sterk als bij de sluis Gaarkeuken.
2. Het totale laadvermogen op het Winschoterdiep en het Eemskanaal in de stad Groningen groeit even sterk als bij de sluis Gaarkeuken. Het gemiddelde laadvermogen door de nieuwe Woonschepenhavensluis neemt van $\bar{T} = 785$ ton in 1984 tot $\bar{T} = 845$ ton in 1990 en $\bar{T} = 950$ ton in 2000 toe.
3. Het routekeuze-gedrag van de binnenvaart voor op de vaarwegkruising Eemskanaal-Van Starckenborgkanaal-Winschoterdiep uit 1984 wordt evenredig voor de verdeling van het totale laadvermogen over het kruispunt in 1990 en in 2000 toegepast.

Met de bovenstaande gegevens en aannamen kunnen de prognoses voor de aankomst van het scheepvaartverkeer bij de Oostersluis, de Eemskanaalsluis en de Woonschepenhavensluis voor de jaren 1990 en 2000 gemaakt worden.

De prognoses voor het scheepvaartverkeer worden:

Voor het Van Starckenborgkanaal (zie tabel 5)

Tabel 5	Huidige situatie	Vaarweg verruimd tot Klasse V vaarroute	
	1984	1990	2000
Totaal aantal schepen	16405	15851	16269
Totaal laadvermogen (x 1000 ton)	13318	14900 (+ 10 %)	18577 (+ 28.3 %)
Gemiddeld laadvermogen (ton)	812	940	1140

Voor het Eemskanaal (zie tabel 6):
(lokatie Bloemhofbrug)

Tabel 6	Huidige situatie	Vaarweg verruimd tot Klasse V vaarroute	
	1984	1990	2000
Totaal aantal schepen	15286	14752	15194
Totaal laadvermogen (x 1000 ton)	12527	14015 (+ 10 %)	17473 (+ 28.3 %)
Gemiddeld laadvermogen (ton)	820	950	1150

Voor het Eemskanaal (zie tabel 7):
(lokatie haven Groningen)

Tabel 7	Huidige situatie	Vaarweg verruimd tot Klasse V vaarroute	
	1984	1990	2000
Totaal aantal schepen	1780	1845	2048
Totaal laadvermogen (x 1000 ton)	1460	1633 (+ 10 %)	2036 (+ 28.3 %)
Gemiddeld laadvermogen (ton)	820	885	994

Voor het Winschoterdiep (zie tabel 8):

Tabel 8	Huidige situatie	Vaarweg verruimd tot Klasse V vaarroute	
	1984	1990	2000
Totaal aantal schepen	2096	2174	2412
Totaal laadvermogen (x 1000 ton)	1571	1758 (+ 10 %)	2191 (+ 28.3 %)
Gemiddeld laadvermogen (ton)	750	809	909

Door het evenredig toepassen van routekeuze-gedrag uit 1984 ontstaat met de bovenstaande gegevens het routekeuze-gedrag in 1990 en in 2000 (zie figuur 22 en 23).

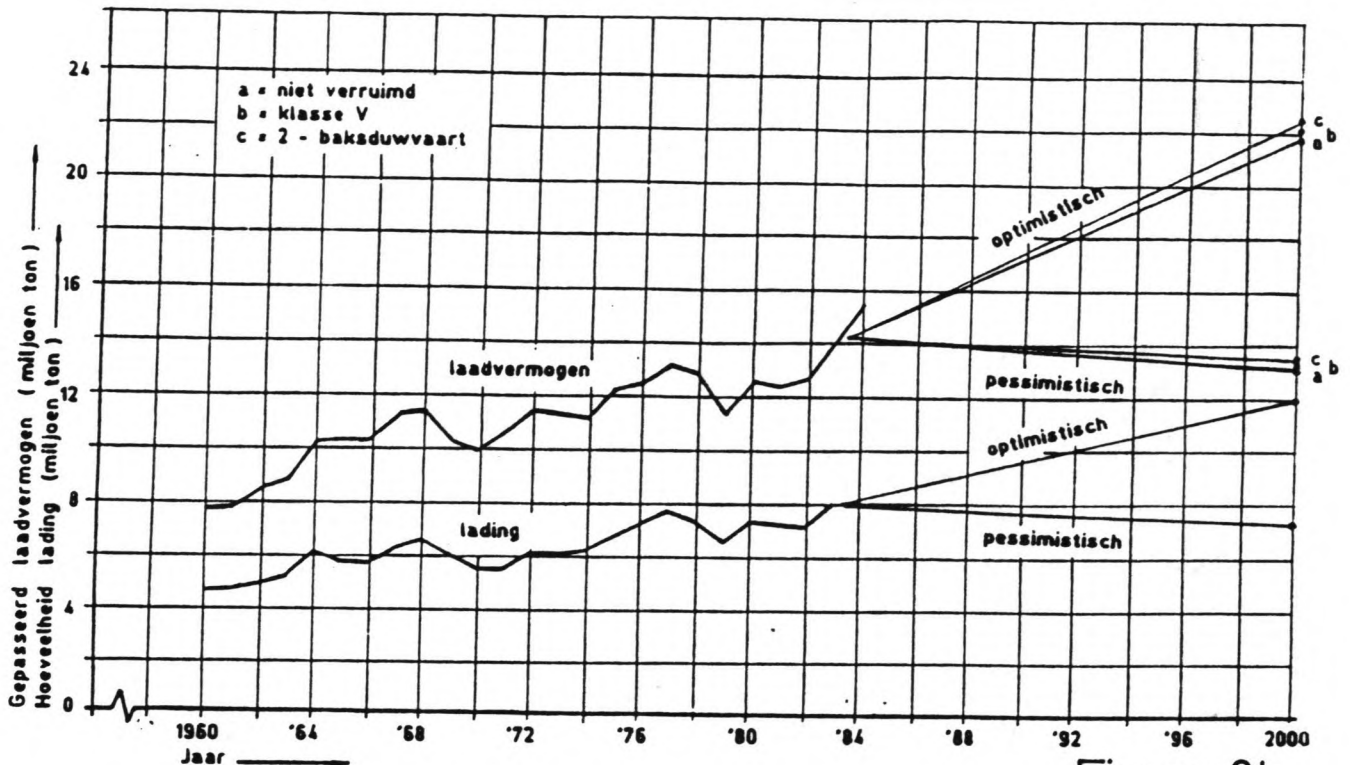
De prognose van de aankomst van de scheepvaart bij de Woonschepenhavensluis kan worden bepaald door de vervoersstromen van het Van Starckenborgkanaal en het Eemskanaal naar het Win-schoterdiep en de Groningse havens en omgekeerd bij elkaar op te tellen.

De prognose van de ontwikkeling van het scheepvaartverkeer door een eventuele Woonschepenhaven sluis wordt nu (zie tabel 9):

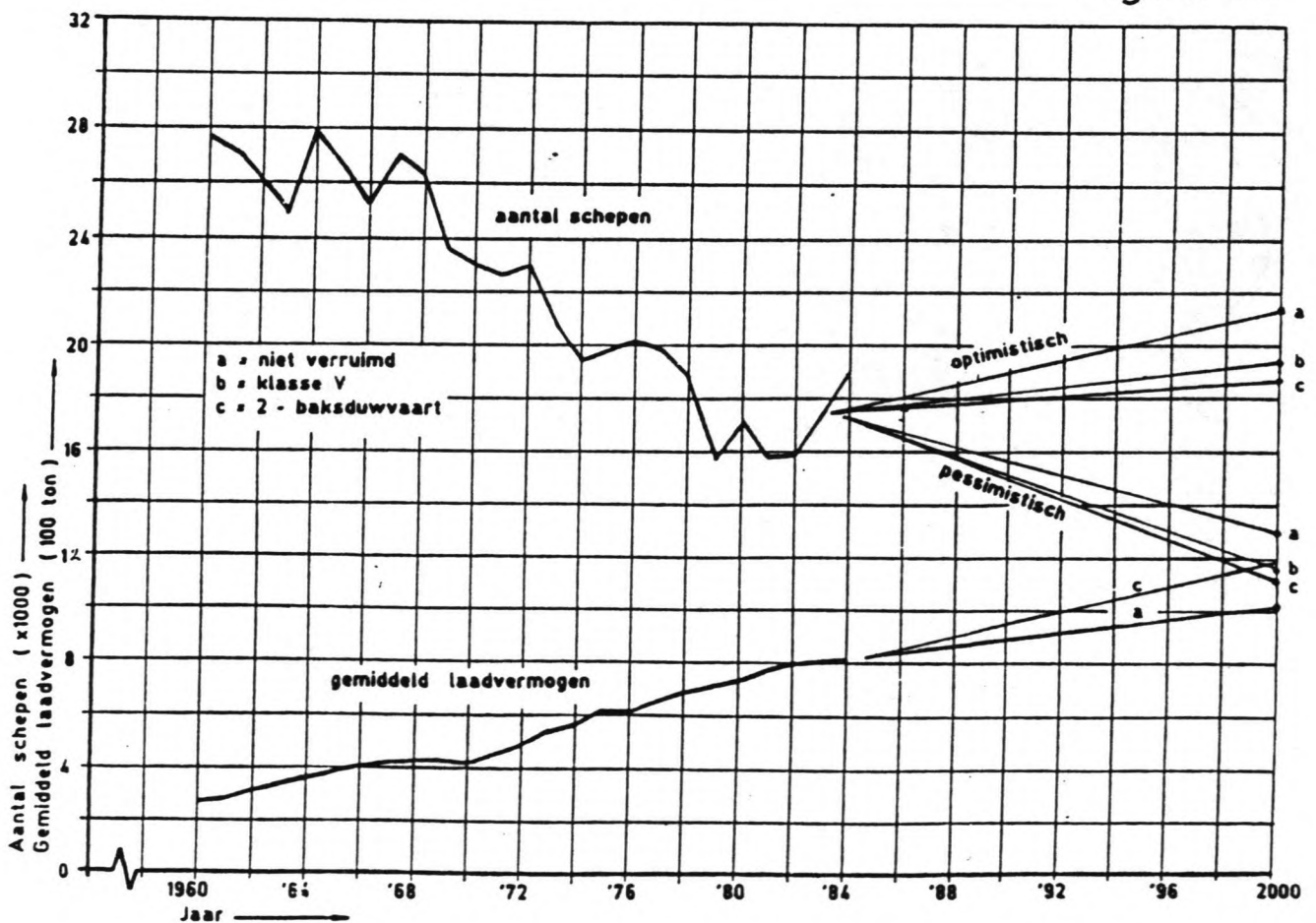
Tabel 9	Huidige situatie	Vaarweg verruimd tot Klasse V vaarroute	
	1984	1990	2000
Totaal aantal schepen	3815	3957	4392
Totaal laadvermogen (x 1000 ton)	2995	3344 (+ 10 %)	4172 (+ 28.3 %)
Gemiddeld laadvermogen (ton)	785	845	950

Prognose voor het scheepvaartverkeer via de Sluis te Gaarkeuken

Figuur 9a

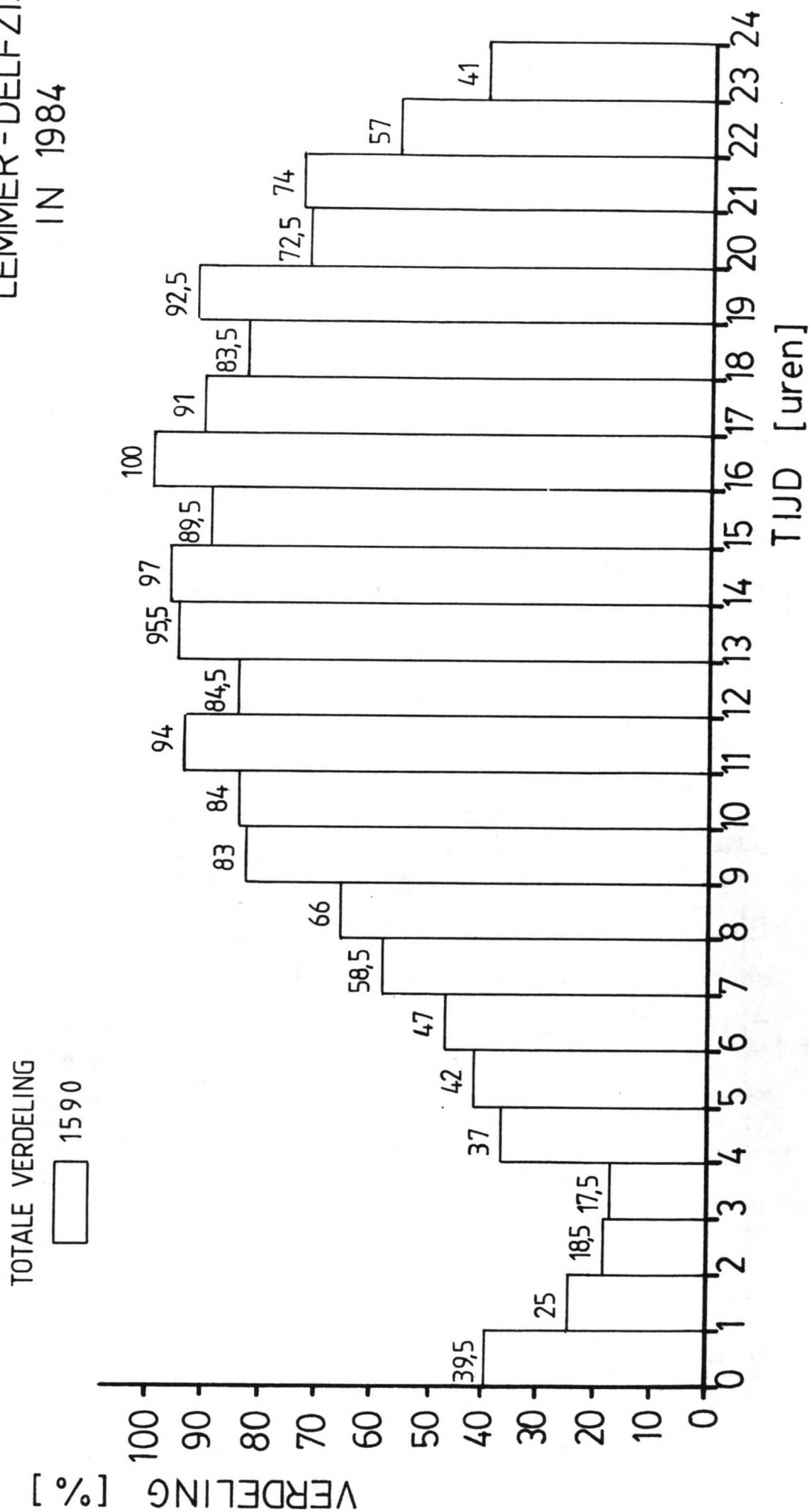


Figuur 9b



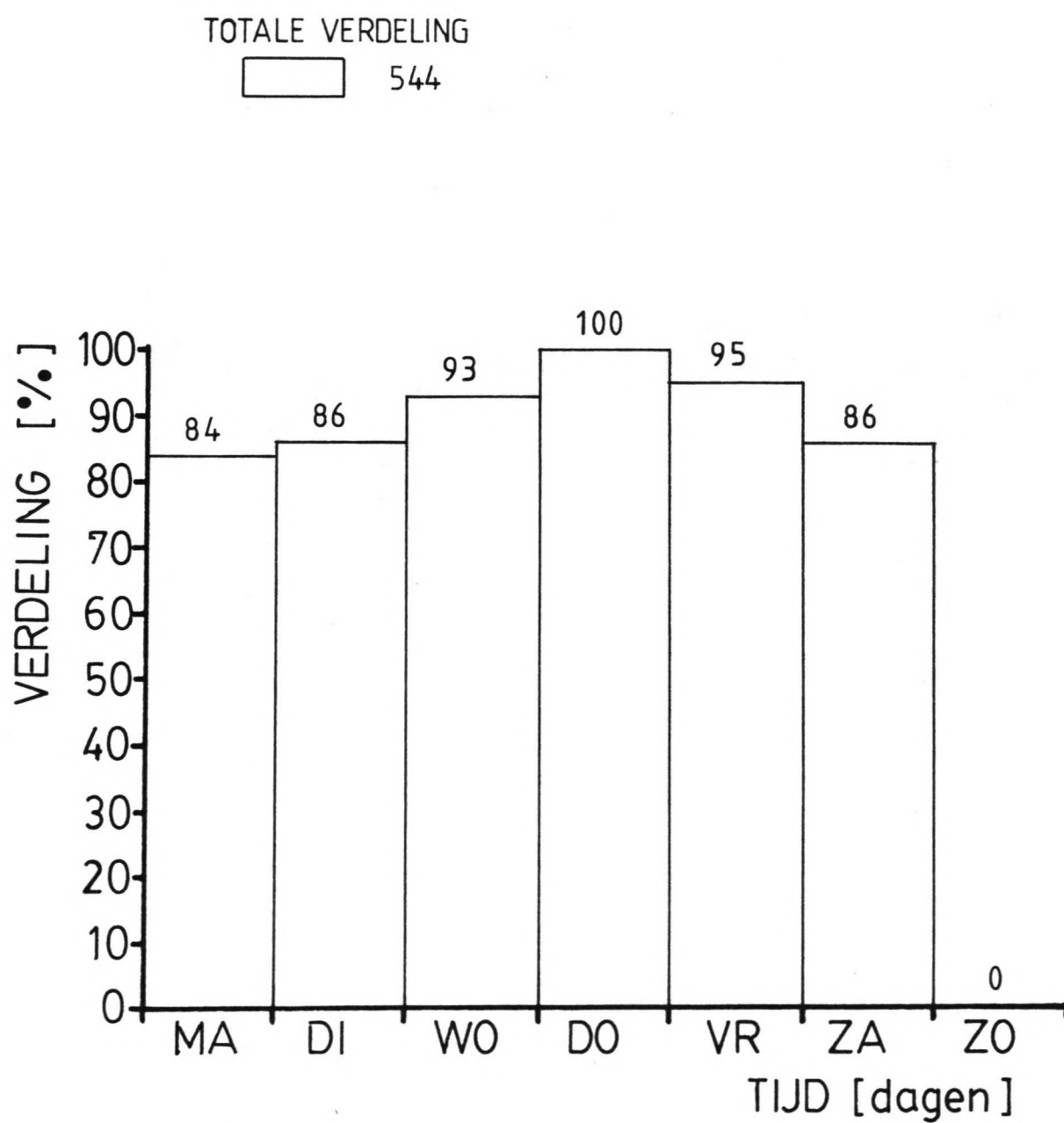
Figuur 10

DAGVERDELING
BEROEPSVAART
OP DE ROUTE
LEMMER - DELFZIJL
IN 1984



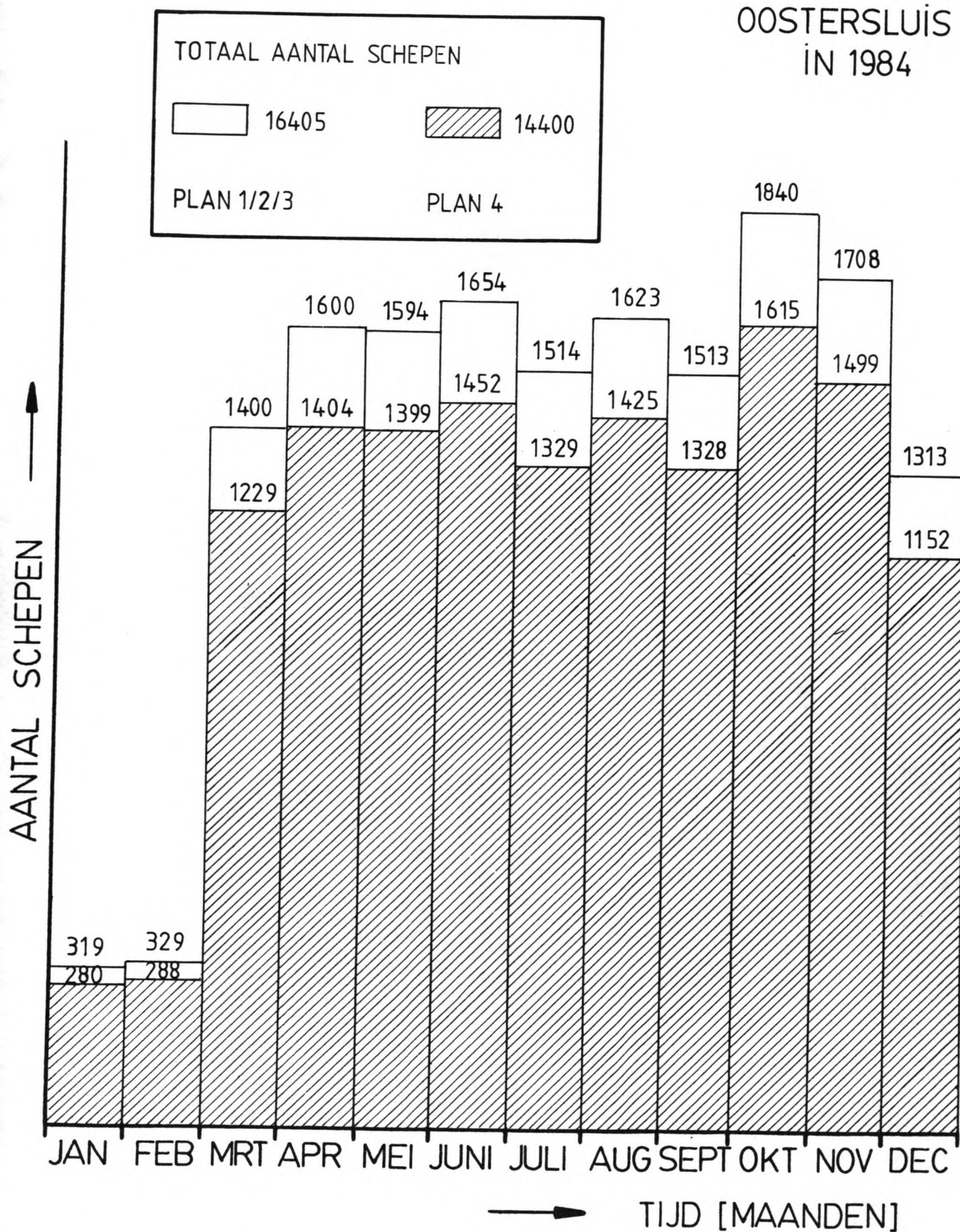
Figuur 11

WEEKVERDELING
BEROEPSVAART
OP DE ROUTE
LEMMER-DELFZIJL
IN 1984



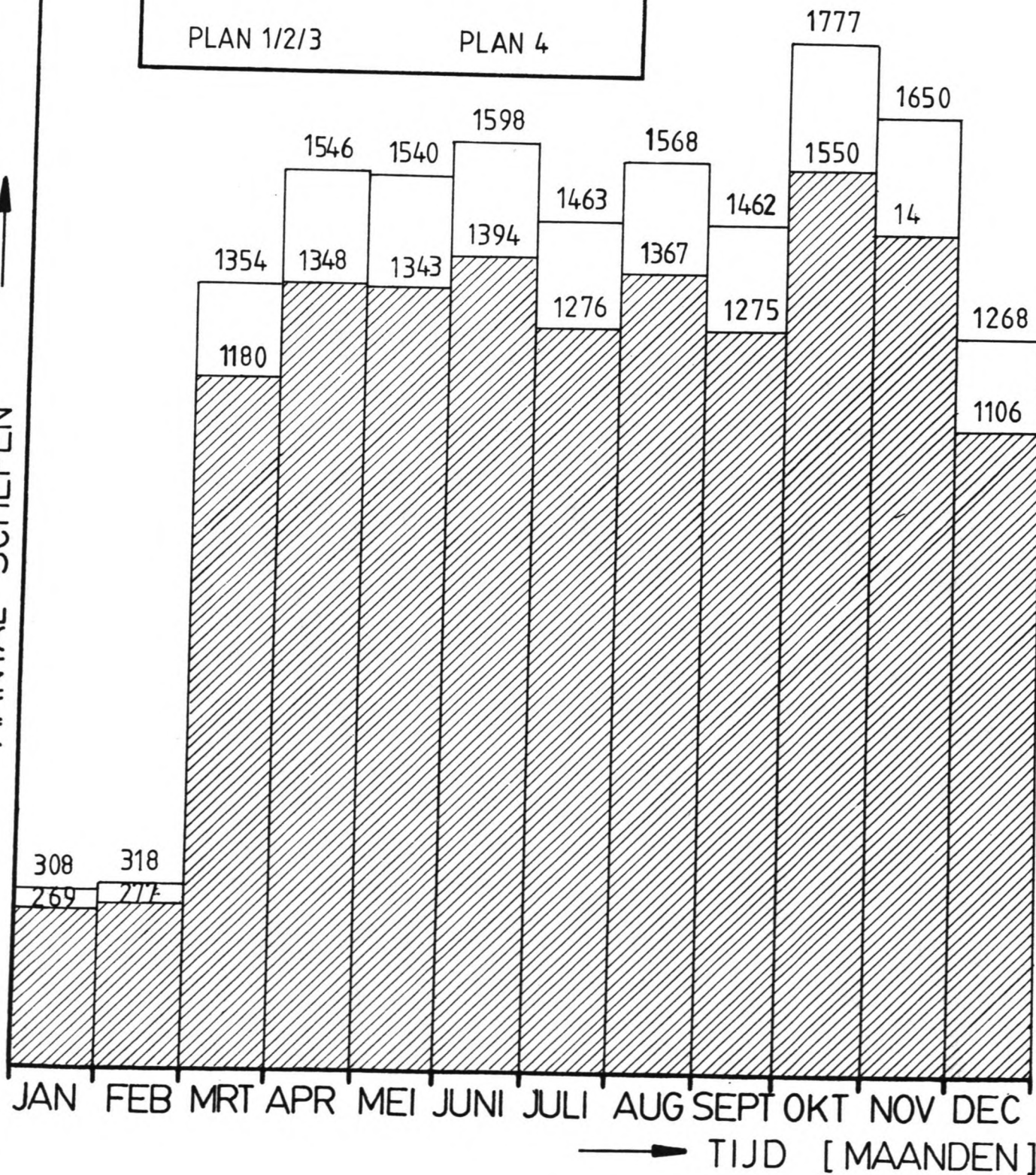
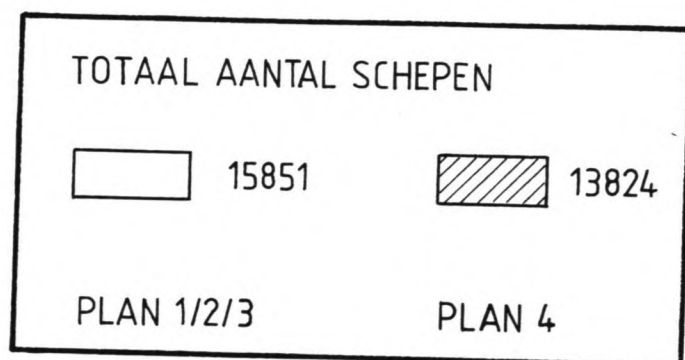
Figuur 12

JAARVERDELING
BEROEPSVAART
OOSTERSLUIS
IN 1984



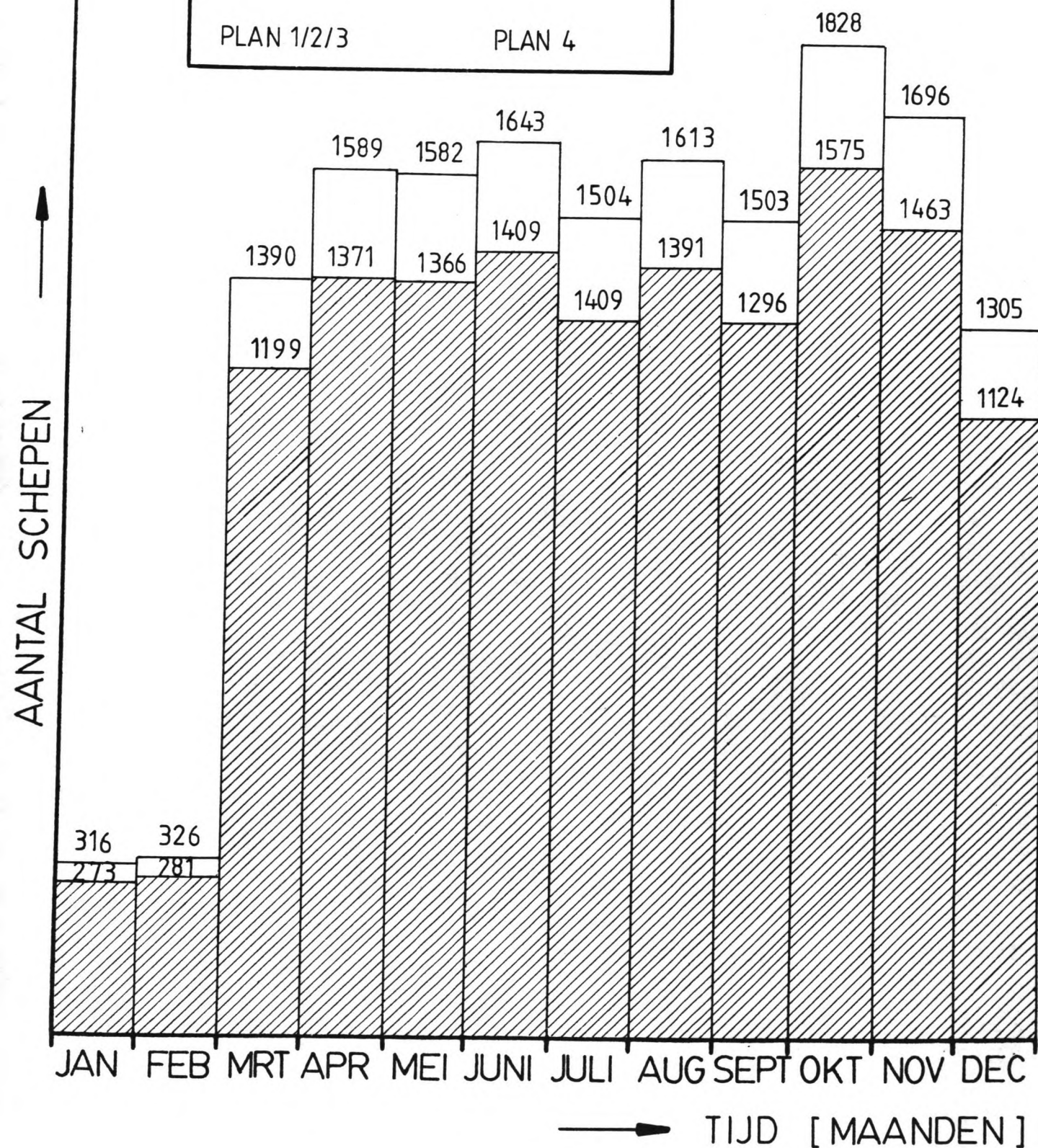
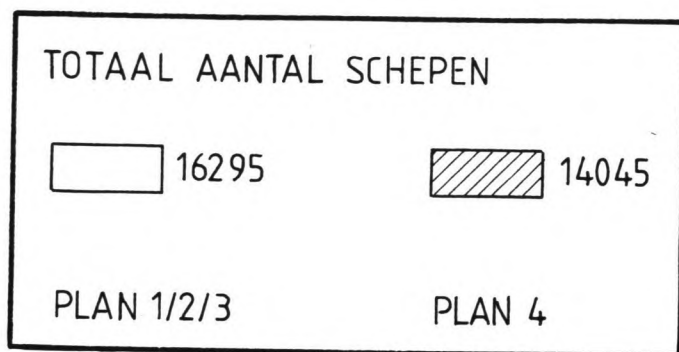
Figuur 13

JAARVERDELING
BEROEPSVAART
OOSTERSLUIS
IN 1990



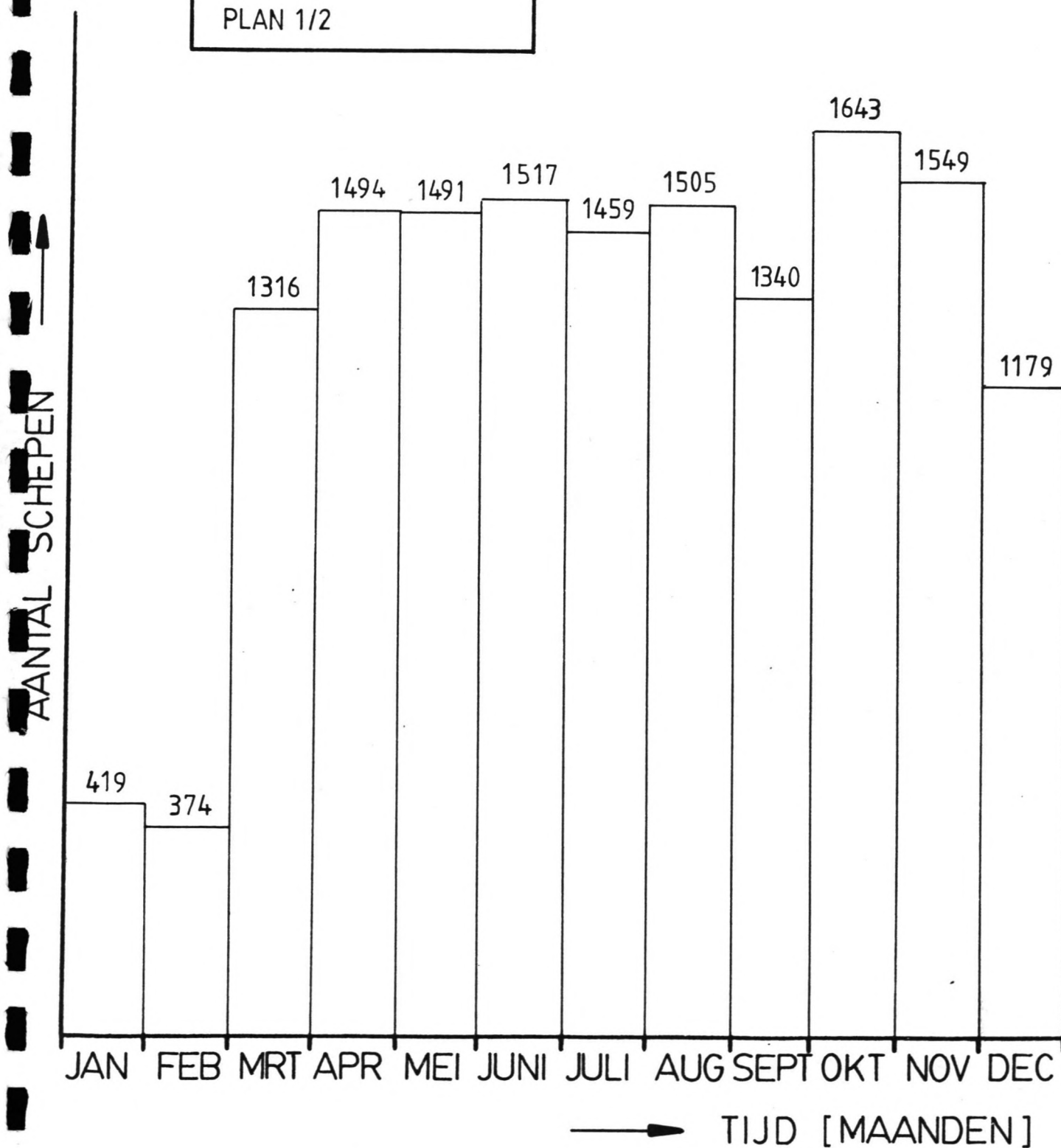
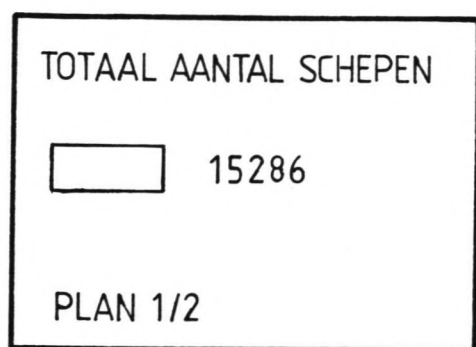
Figuur 14

JAARVERDELING
BEROEPSVAART
OOSTERSLUIS
IN 2000



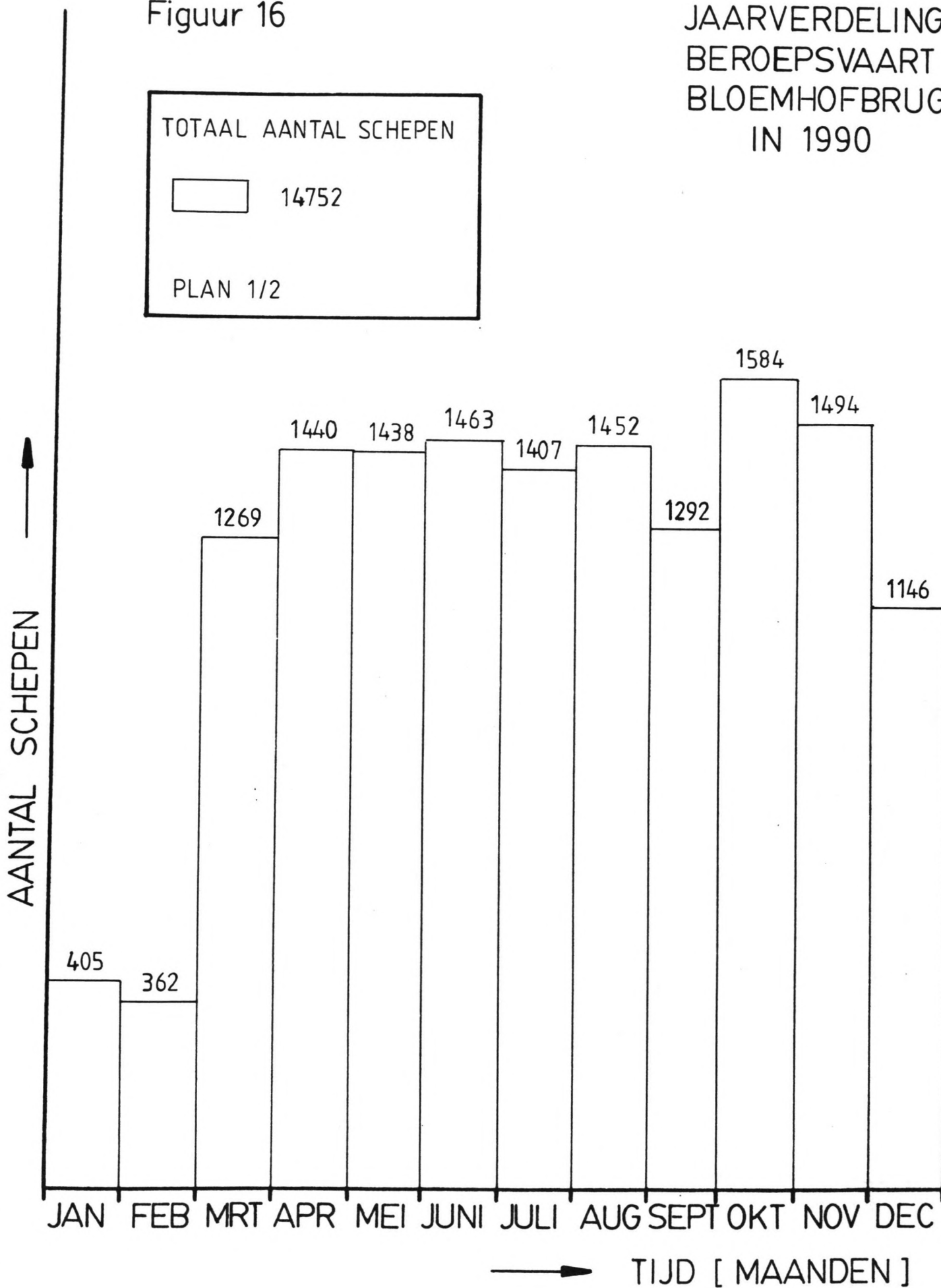
Figuur 15

JAARVERDELING
BEROEPSVAART
BLOEMHOFBRUG
IN 1984



Figuur 16

JAARVERDELING
BEROEPSVAART
BLOEMHOFBRUG
IN 1990



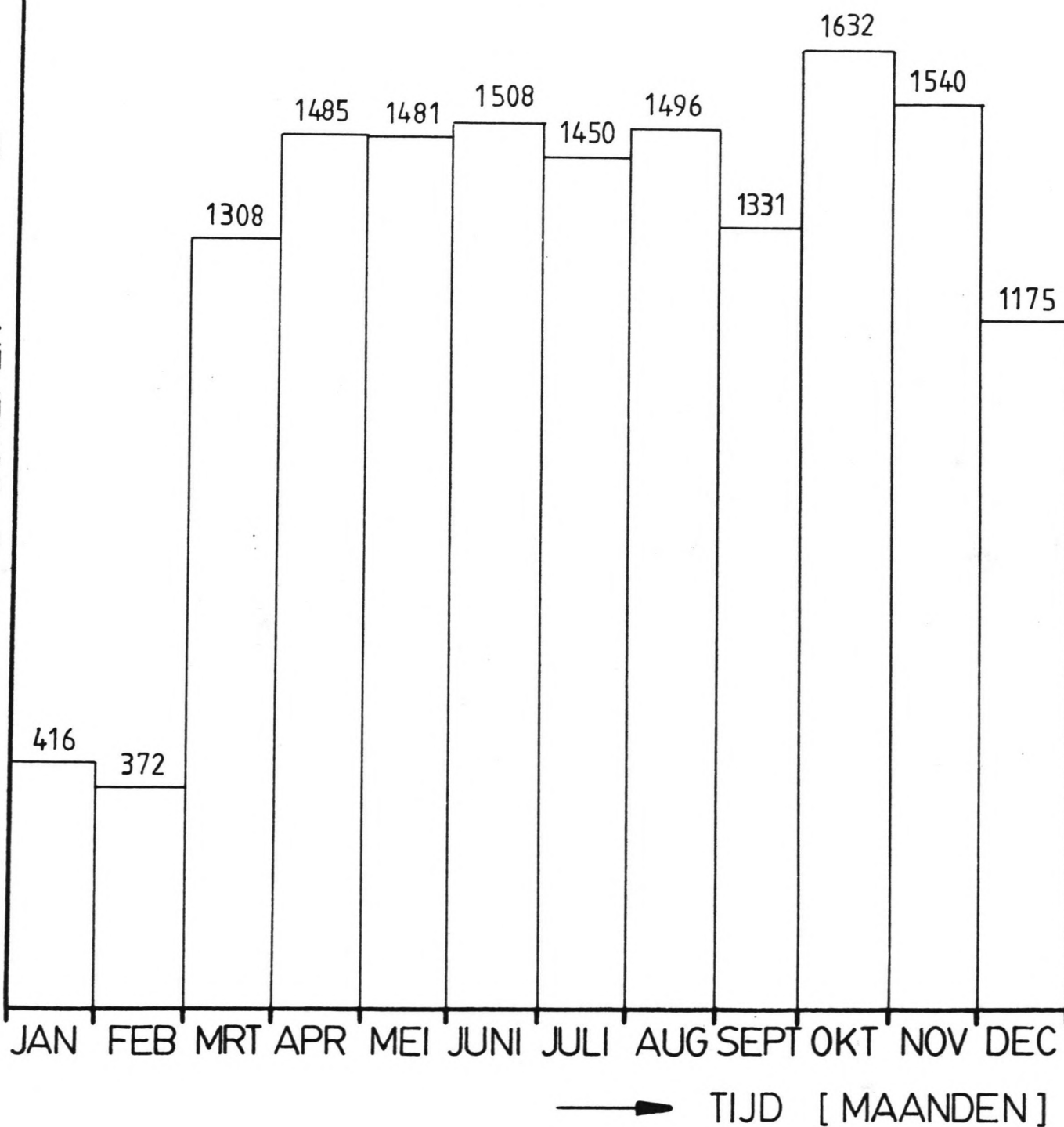
Figuur 17

JAARVERDELING
BEROEPSVAART
BLOEMHOFBRUG
IN 2000

TOTAAL AANTAL SCHEPEN

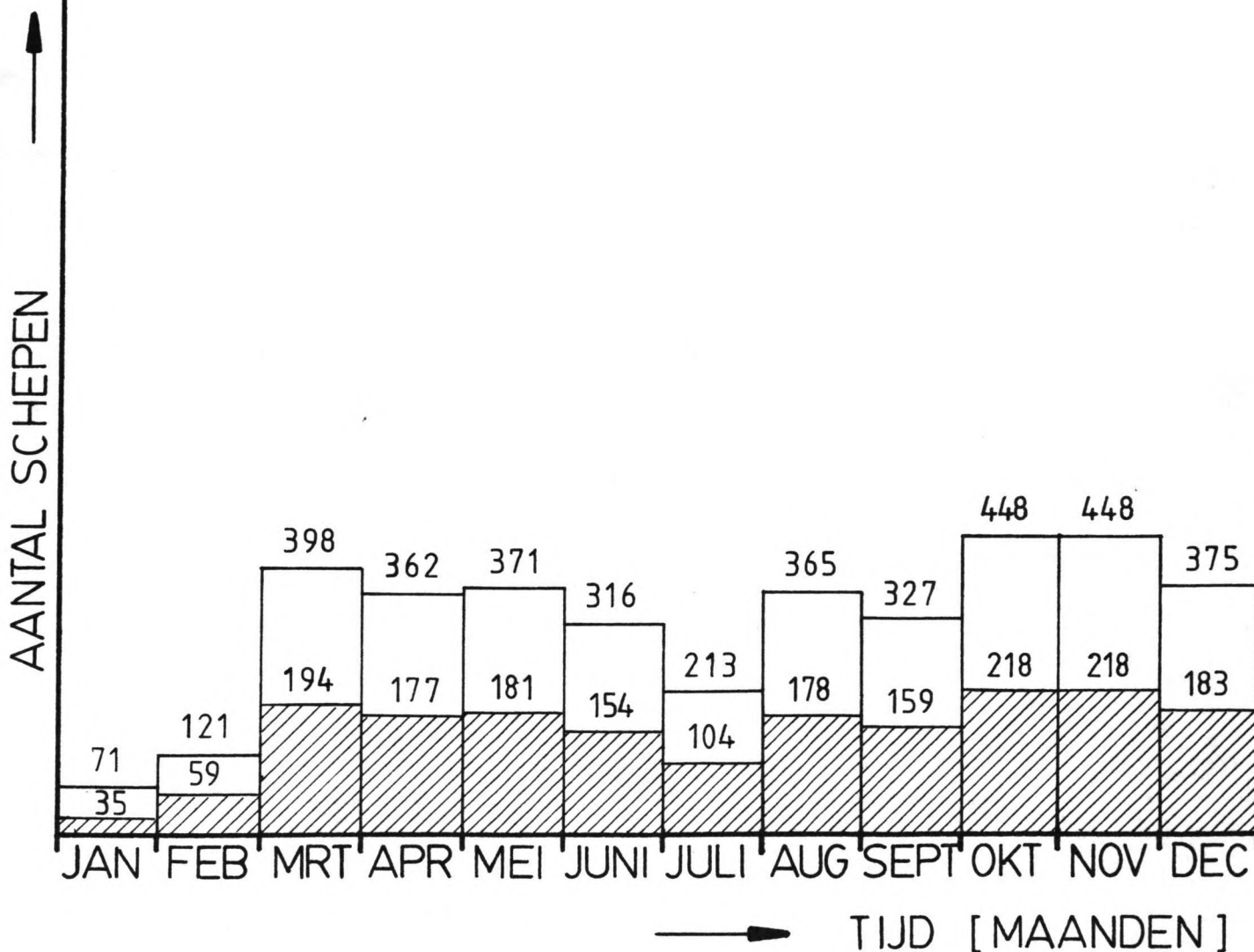
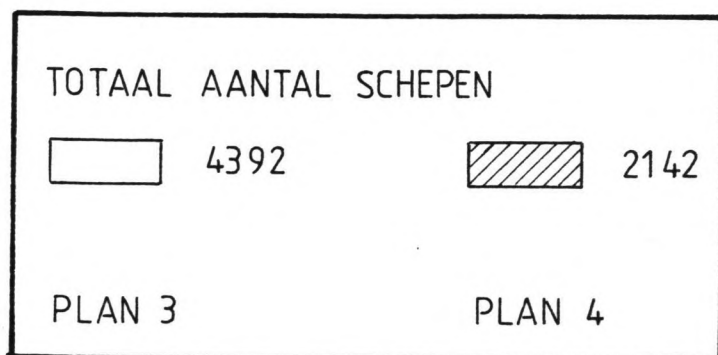
15194

PLAN 1/2



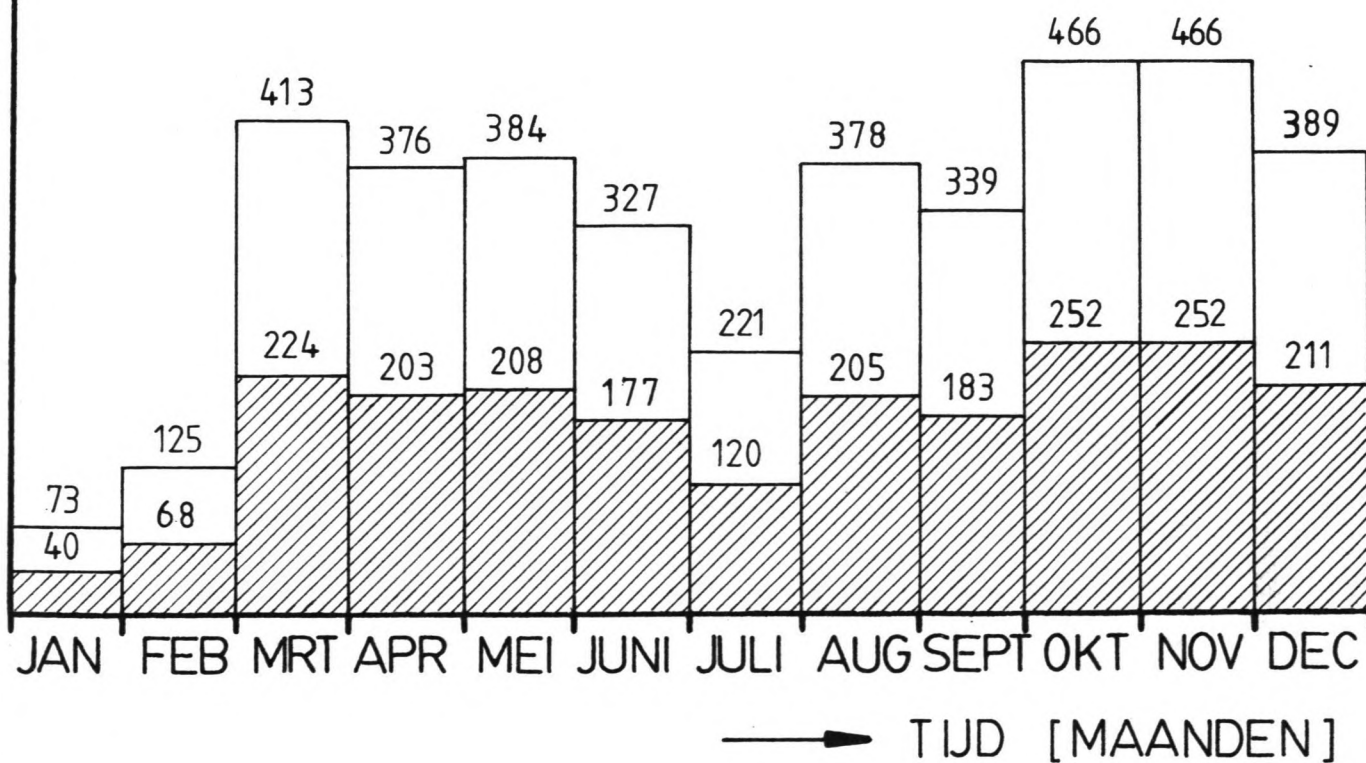
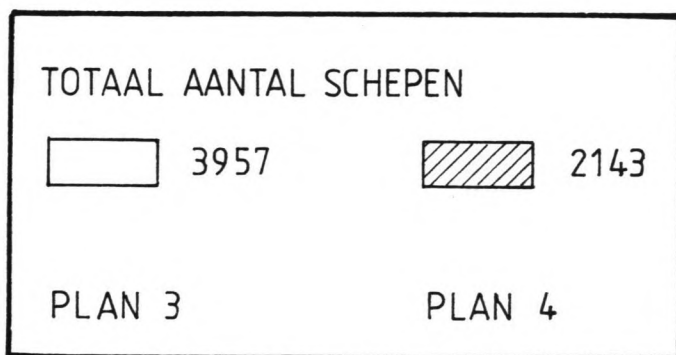
Figuur 18

JAARVERDELING
BEROEPSVAART
WOONSCHEPEN-
HAVENSLUIS
IN 1984



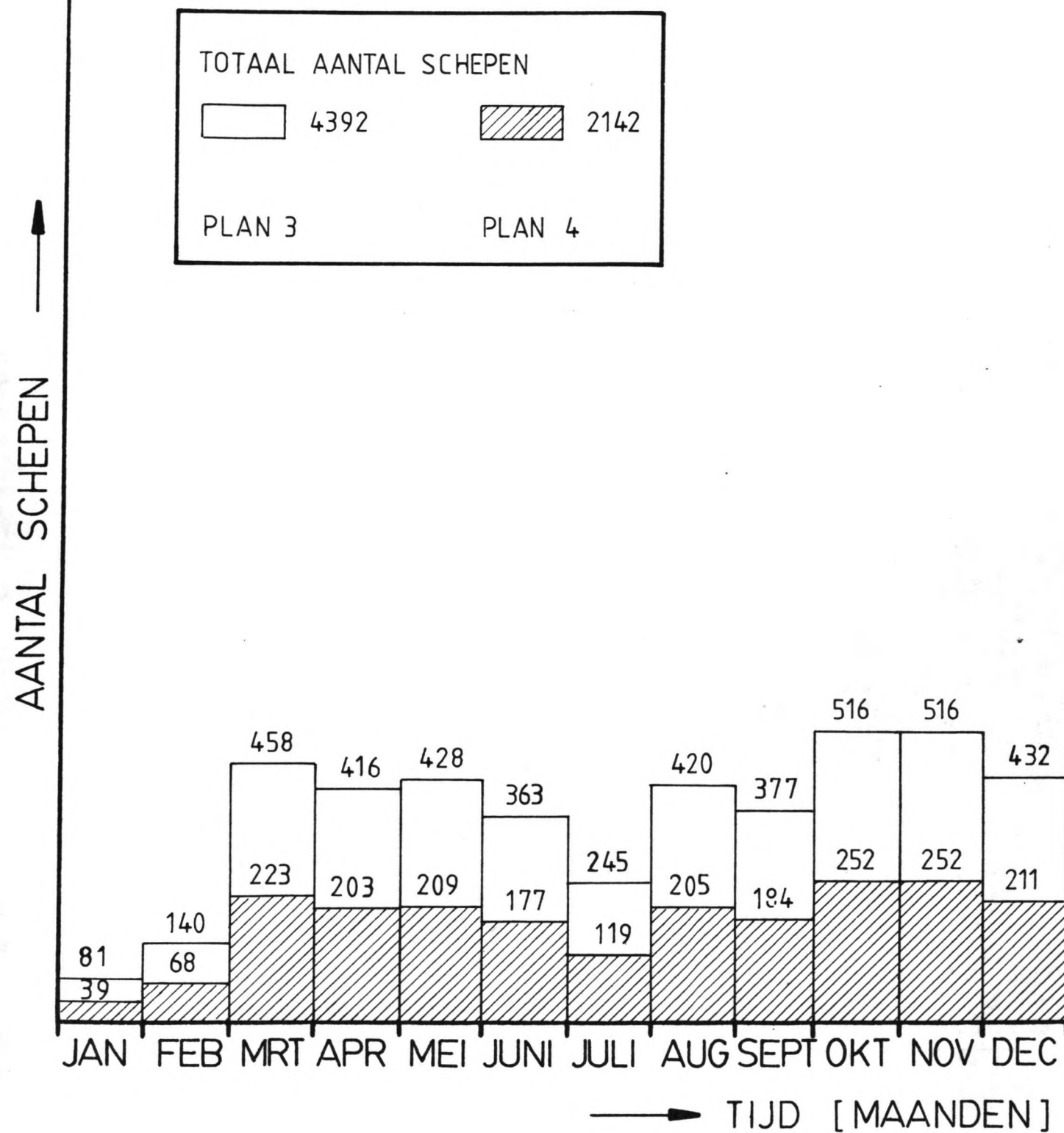
Figuur 19

JAARVERDELING
BEROEPSVAART
WOONSCHEPEN-
HAVENSLUIS
IN 1990

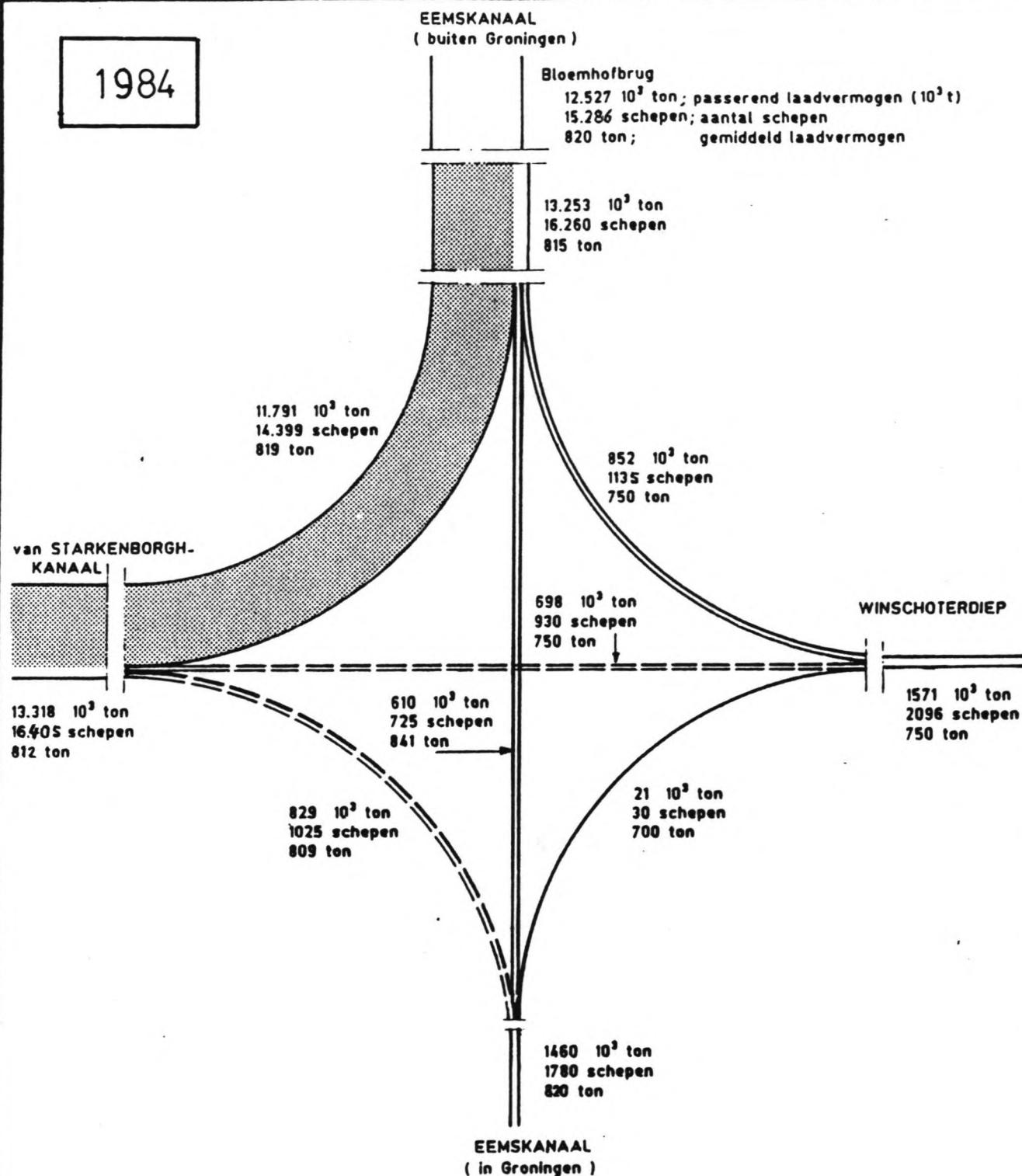


Figuur 20

JAARVERDELING
BEROEPSVAART
WOONSCHEPEN-
HAVENSLUIS
IN 2000



1984



SCHEPEN DIE EXTRA MOETEN SCHUTTEN VIA DE SLUIS IN HET EEMSKANAAL (PLAN 1/2)



SCHEPEN DIE MOETEN OMVAREN, ZWAAIEN EN SCHUTTEN VIA DE WOON-SCHEPENHAVENSLUIS (PLAN 3)



SCHEPEN DIE MOETEN SCHUTTEN VIA DE WOON-SCHEPENHAVENSLUIS (PLAN 3/4)

ROUTEKEUZE-GEDRAG VAN DE BINNENVAART IN '84/'85 OP DE VAARWEG-KRUISSING EEMSKANAAL-van STARKENBORGHKANAAL-WINSCHOTERDIEP

RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

Figuur 21

1990

EEMSKANAAL
(buiten Groningen)

Bloemhofbrug

14 015 10^3 ton; passerend laadvermogen
14 752 schepen; aantal schepen
950 ton; gemiddeld laadvermogen

14 827 10^3 ton
15 754 schepen
941 ton

13 191 10^3 ton
13 824 schepen
954 ton

9 532 10^3 ton
1 178 schepen
809 ton

van STARKENBORGH-
KANAAL

14 900 10^3 ton
15 851 schepen
940 ton

781 10^3 ton
965 schepen
809 ton

WINSCHOTERDIEP

17 576 10^3 ton
2 174 schepen
809 ton

682 10^3 ton
752 schepen
907 ton

927 10^3 ton
1 062 schepen
873 ton

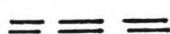
23,5 10^3 ton
31 schepen
755 ton

16 334 10^3 ton
1 845 schepen
885 ton

EEMSKANAAL
(in Groningen)



SCHEPEN DIE EXTRA MOETEN SCHUTTEN VIA DE SLUIS IN HET EEMSKANAAL (PLAN 1/2)



SCHEPEN DIE MOETEN OMVAREN, ZWAAIEN EN SCHUTTEN VIA DE WOONSCHEPEN-
HAVENSLUIS (PLAN 3)



SCHEPEN DIE MOETEN SCHUTTEN VIA DE WOONSCHEPENHAVENSLUIS (PLAN 3/4)

PROGNOSE ROUTEKEUZE - GEDRAG VAN DE BIN-
NENVAAT IN 1990 OP DE VAARWEGKRUISING
EEMSKANAAL-VAN STARKENBORGKANAAL-WINSCHOTERDIEP

Figuur 22

2000

EEMSKANAAL
(buiten Groningen)

Bloemhof brug

17473 10^3 ton; passerend laadvermogen
15194 schepen; aantal schepen
1150 ton; gemiddeld laadvermogen

18486 10^3 ton
16187 schepen
1142 ton

16447 10^3 ton
14045 schepen
1171 ton

1188 10^3 ton
1307 schepen
909 ton

van STARKENBORGH-
KANAAL

WINSCHOTERDIEP

18577 10^3 ton
16295 schepen
1140 ton

851 10^3 ton
835 schepen
1019 ton

974 10^3 ton
1071 schepen
909 ton

2191 10^3 ton
2412 schepen
909 ton

1156 10^3 ton
1179 schepen
981 ton

29 10^3 ton
34 schepen
848 ton

2036 10^3 ton
2048 schepen
994 ton

EEMSKANAAL
(in Groningen)



SCHEPEN DIE EXTRA MOETEN SCHUTTEN VIA DE SLUIS IN HET EEMSKANAAL (PLAN 1/2)



SCHEPEN DIE MOETEN OMVAREN, -ZWAAIEN EN SCHUTTEN VIA DE WOON-
SCHEPENHAVENSLUIS (PLAN 3)



SCHEPEN DIE MOETEN SCHUTTEN VIA DE WOONSCHEPENHAVENSLUIS (PLAN 3/4)

PROGNOSE ROUTEKEUZE-GEDRAG VAN DE BIN-
NENVAART IN 2000 OP DE VAARWEGKRUISING
EEMSKANAAL-VAN STARKENBORGKANAAL-WINSCHOTERDIEP

Figuur 23

BIJLAGE VII BEREKENING SCHEEPVAARTINTENSITEITEN OP DE
VERSCHILLENDE VAARWEGVAKKEN NABIJ HET KRUISPUNT
VAN DE VAARWEGEN.

De maatgevende uurintensiteit van de beroepsscheepvaart op een bepaald vaarwegvak wordt op de onderstaande wijze bepaald.

Op verschillende plaatsen langs de vaarrouten zijn meetpunten ingericht die het aantal schepen en het tonnage laadvermogen van de schepen registreert.

Door de verdeling van de beroepsvaart over de dag, de week, de maand en het jaar voor het betreffende vaarwegvak te meten is het mogelijk om maatgevende uurintensiteiten te berekenen met behulp van het totaal aantal in een jaar gepasseerde schepen.

Voor de vaarwegen aan het kruispunt direct ten noorden van de stad Groningen (het Van Starkenborgkanaal, het Eemskanaal en het Winschoterdiep) zijn alleen de jaartotalen en de verdelingen van de scheepvaart (beroepsvaart) over het jaar bekend (zie figuur 12 t/m 20).

Voor de Pr. Margrietsluis en de sluis Gaarkeuken zijn echter wel verdelingen over de week en over de dag gemeten (zie figuur 10 en figuur 11).

Omdat deze sluizen tevens deel uit maken van de hoofdvaarroute Lemmer - Delfzijl wordt nu aangenomen dat deze verdelingen ook voor de rest van deze hoofdvaarroute van toepassing zijn. De verdelingen zijn dus voor alle nieuwe sluizen in het kruispunt van de vaarwegen van toepassing (zie figuur 10 en 11).

De verdeling van de scheepvaart over de maand wordt constant aangenomen omdat deze niet goed bekend is.

Alle verdelingen van de scheepvaart (jaar-, maand-, week- en dagverdeling) worden voor de totale periode van 1984 tot 2000 constant verondersteld.

Zoals in Bijlage VI is aangegeven wordt uitgegaan van een vergroting van de hoofdvaarroute Lemmer - Delfzijl tot volwaardige Klasse V vaarweg waarop in beperkte mate 2-baks duwvaart wordt toegelaten.

De maatgevende scheepvaartgegevens (jaartotalen en de verdelingen van de scheepvaart over het jaar) voor de periode 1984 - 2000 voor aan het Kruispunt grenzende vaarwegtakken worden gegeven in Bijlage VI, tabel 5 t/m 9.

De verdeling van de scheepvaart over het jaar voor de bestaande Oostersluis wordt ook voor de nieuwe Oostersluis aangehouden.

De verdeling van de scheepvaart door de Bloemhofbrug wordt voor een nieuwe Eemskanaalsluis aangehouden.

De verdeling van de scheepvaart door de Waterhuizerbrug wordt voor een nieuwe Woonschepenhavensluis aangehouden.

Door de factoren voor de maatgevende week-, dag- en uurintensiteiten te bepalen kan met een eenvoudige vermenigvuldiging van de totale factor met de maximum maandintensiteit de maximum uurintensiteit bepalen:

De maximum en gemiddelde factor voor de weekverdeling zijn het zelfde:

$$f_{\text{week maximaal}} = \frac{\text{aantal maanden per jaar}}{\text{aantal weken per jaar}} = \frac{12}{52} = 0.23077$$

De factor voor de berekening van de maximum dagintensiteit is (zie figuur 11):

$$\begin{aligned} f_{\text{dag maximaal}} &= \frac{\text{maximale verdeling per dag}}{\text{totale verdeling over de week}} = \frac{100}{544} \\ &= 0.18382 \end{aligned}$$

De factor voor de berekening van de maximum uurintensiteit is (zie figuur 10):

$$\begin{aligned} f_{\text{uur maximaal}} &= \frac{\text{gemiddelde maximale verdeling per uur}}{\text{totale verdeling over de dag}} \\ &= \frac{95}{1590} = 0.05975 \end{aligned}$$

De totale factor voor de berekening van de maximum uurintensiteit uit de maatgevende maandintensiteit wordt nu:

$$f_{\text{totaal}} = f_{\text{week maximaal}} \times f_{\text{dag maximaal}} \times f_{\text{uur maximaal}}$$

$$= 0.23077 \times 0.18382 \times 0.05975 = 0.0025345$$

Met behulp van deze factor en de figuren 12 t/m 20 kan de maximum uurintensiteit van het scheepsaanbod bij de verschillende sluizen voor de periode 1984 tot 2000 worden berekend.

Voor het Van Starckenborgkanaal (Oostersluis):
(zie figuur 12, 13 en 14)

Tabel 10	Maximale uurintensiteiten van beroepsvaart op het vaarwegvak [aantal schepen/uur]		
	1984	1990	2000
Plan 1/2/3	4.66	4.51	4.63
Plan 4	4.09	3.95	3.99

Voor het Eemskanaal (Eemskanaalsluis):
(zie de figuren 15, 16 en 17)

Tabel 11	Maximale uurintensiteiten van beroepsvaart op het vaarwegvak [aantal schepen/uur]		
	1984	1990	2000
Plan 1/2	4.16	4.01	4.14
Plan 3/4	-	-	-

Voor het Winschoterdiep en de Groningse havens (Woonschepen-
havensluis, zie de figuren 18, 19 en 20):

Tabel 12	Maximale uurintensiteiten van beroepsvaart op het vaarwegvak [aantal schepen/uur]		
	1984	1990	2000
Plan 1/2	-	-	-
Plan 3	1. 14	1. 18	1. 31
Plan 4	0. 55	0. 64	0. 64

VAKGROEP
WATERBOUWKUNDE
Afd. Civiele Techniek
TH Delft



BIJLAGE VIII BEREKENING VAN DE CAPACITEIT VAN DE NIEUW TE
BOUWEN SLUIZEN IN DE VAARWEGKRUISING TEN NOORD-
OOSTEN VAN DE STAD GRONINGEN

Indien in een bestaand vaarwegvak een nieuwe sluis moet worden gebouwd dient de capaciteit van deze nieuw te ontwerpen sluis zodanig te zijn dat er in een grote periode na de ingebruikname (10 - 15 jaar) geen grote capaciteitsproblemen (sterk oplopende wachttijden bij de sluis) voor zullen doen.

De capaciteit van een sluis is: Het aantal schepen of het
aantal ton laadvermogen dat
de sluis per uur passeert.

De capaciteit van een nieuw te ontwerpen sluis kan worden geschat met behulp van figuur 24.

Hiertoe moet eerst het gemiddeld tonnage per schip dat het betreffende vaarwegvak passeert worden bepaald. Dit kan gebeuren aan de hand van reeds gemeten scheepvaartbewegingen voor het betreffende vaarwegvak.

De capaciteit van de sluis moet nu maar ook in de toekomst nog voldoende zijn om grote wachttijden te voorkomen. Aan de hand van prognoses voor de ontwikkeling van de scheepvaartverkeer en het goederenverkeer voor het betreffende vaarwegvak wordt het toekomstig gemiddeld tonnage op dat vaarwegvak bepaald (zie Bijlage VI). De toekomstige capaciteit (veelal maatgevend) van de sluis kan nu tevens worden bepaald.

In figuur 24 kan voor $B = 16$ m voor verschillende sluiscolklengten een schatting van het maximaal aantal schepen per schutting (N_{max}) worden bepaald. In figuur 25 kan dit voor een sluis $B = 18$ m.

De minimale sluisafmetingen voor een sluis in het Van Starckenborgkanaal (Oostersluis) en in het Eemskanaal (Eemskanaalsluis) zijn:

$L = 200$ m

$B = 16$ m (zie Prog. van Eisen, blz. 17)

De minimale sluisafmetingen van een sluis in het Kruispunt langs de woonschepenhaven (Woonschepenhavensluis) is:

$L = 150$ m

$B = 16$ m (zie Prog. van Eisen, blz 23)

De scheepvaartgegevens (huidig en toekomstig) voor de vaarwegvakken grenzend aan het kruispunt zijn (zie Bijlage VI):

Tabel 13	Gemiddeld tonnage per schip		
	1984	1990	2000
Van Starckenborgkanaal (lokatie Oostersluis)	812	940	1140
Eemskanaal (lokatie Bloemhofbrug)	820	950	1150
Winschoterdiep + havens Groningen stad	785	845	950

De nieuwe sluizen zullen in de periode 1990 - 1993 in gebruik worden genomen. De maatgevende capaciteiten zullen dus in de periode 1990 - 2000 optreden.

Voor een tweetal sluiskolkbreedten, $B = 16$ m (minimale afmeting) en $B = 18$ m, zullen de $N_{\max}$ - waarden voor verschillende lokaties worden bepaald. Uit deze $N_{\max}$ - waarden kunnen de capaciteiten van de sluizen worden bepaald door:

$$\text{Capaciteit sluis: } C_s = \frac{N_{\max}}{T_c} \times 60 \text{ minuten} \quad [\text{schepen /uur}]$$

waarin T_c = de maximale schuttijd voor het heen of terugschutten van de sluis

De schuttijd T_c van de Oostersluis en de Eemskanaal sluis worden geschat op 30 minuten en de schuttijd van de Woonschepenhaven-sluis op ca 25 minuten

Voor een nieuwe Oostersluis worden de maatgevende capaciteiten (zie figuur 13 en 14 en tabel 14):

Tabel 14	Capaciteit van de sluis [schepen/uur] C_s	
	1990	2000
$A_1 = 16 \times 200 \text{ m}^2$	8.0	6.4
$A_2 = 18 \times 200 \text{ m}^2$	9.6	7.2

Voor de Eemskanaalsluis worden de maatgevende capaciteiten (zie figuur 16 en 17 en tabel 15):

Tabel 15	Capaciteit van de sluis [schepen/uur] C_s	
	1990	2000
$A_1 = 16 \times 200 \text{ m}^2$	7.8	6.1
$A_2 = 18 \times 200 \text{ m}^2$	9.2	7.0

Voor de nieuwe Woonschepenhavensluis worden de maatgevende capaciteiten (zie figuur 20 en tabel 16):

Tabel 16	Capaciteit van de sluis [schepen/uur] C_s	
	1990	2000
$A_1 = 16 \times 200 \text{ m}^2$	7.7	6.7
$A_2 = 18 \times 200 \text{ m}^2$	9.1	7.7

De sluizen in het noordelijke hoofdvaarwegenstelsel zijn 24 uur per dag operationeel.

Schut tijd overdag: 15 uur (7.00 - 22.00 uur)

Schut tijd s'nachts 9 uur (22.00 - 7.00 uur)

Op zondag zijn de sluizen gesloten.

Tijdens het schutproces treden echter kleine verliestijden op zodat de werkelijke schut tijd kleiner is dan de operationele tijd. Gemiddeld wordt over de gehele dag een korting van 10 % aangehouden en s'nachts wordt een extra korting van 5 % aangehouden. De werkelijke schut capaciteit van de sluizen wordt dus nu:

$$C_{\text{werkelijk}} = \frac{0.9}{24 \text{ uur}} \times (\text{uren overdag} + 0.95 \times \text{uren s'nachts}) \times C_s$$

$$C_{\text{werkelijk}} = 0.98125 \times C_s$$

Voor een nieuwe Oostersluis worden de werkelijke capaciteiten: (zie tabel 17):

Tabel 17	Capaciteit van de sluis [schepen/uur]	
	C_w	
	1990	2000
$A_1 = 16 \times 200 \text{ m}^2$	7.8	6.3
$A_2 = 18 \times 200 \text{ m}^2$	9.4	7.1

Voor de Eemskanaalsluis worden de werkelijke capaciteiten (zie tabel 18):

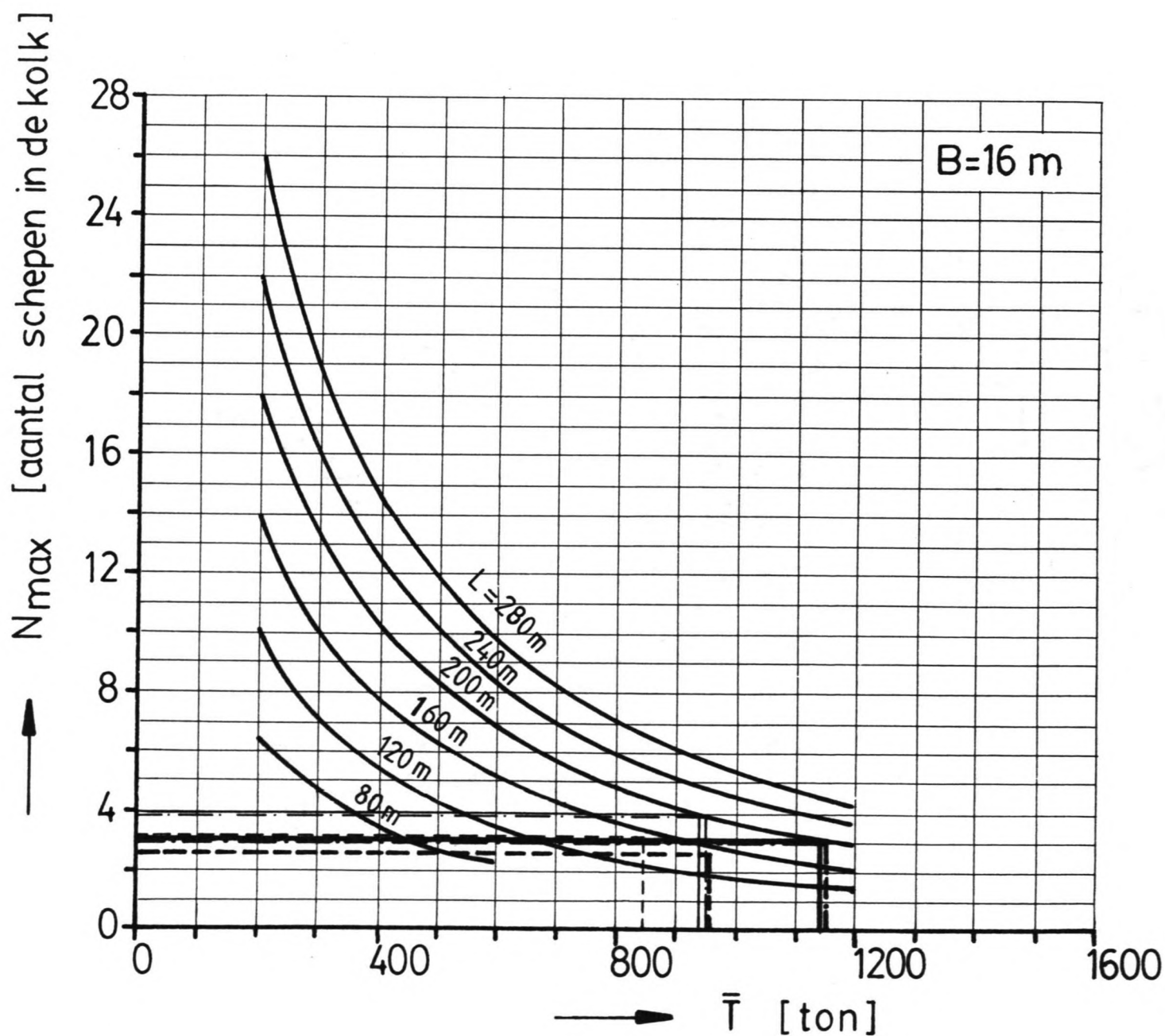
Tabel 18	Capaciteit van de sluis [schepen/uur]	
	C_w	
	1990	2000
$A_1 = 16 \times 200 \text{ m}^2$	7.7	6.0
$A_2 = 18 \times 200 \text{ m}^2$	9.0	6.9

Voor de nieuwe Woonschepenhavensluis worden de werkelijke capaciteiten (zie tabel 19):

Tabel 19	Capaciteit van de sluis [schepen/uur] C_w	
	1990	2000
$A_1 = 16 \times 200 \text{ m}^2$	7.5	6.6
$A_2 = 18 \times 200 \text{ m}^2$	8.9	7.5

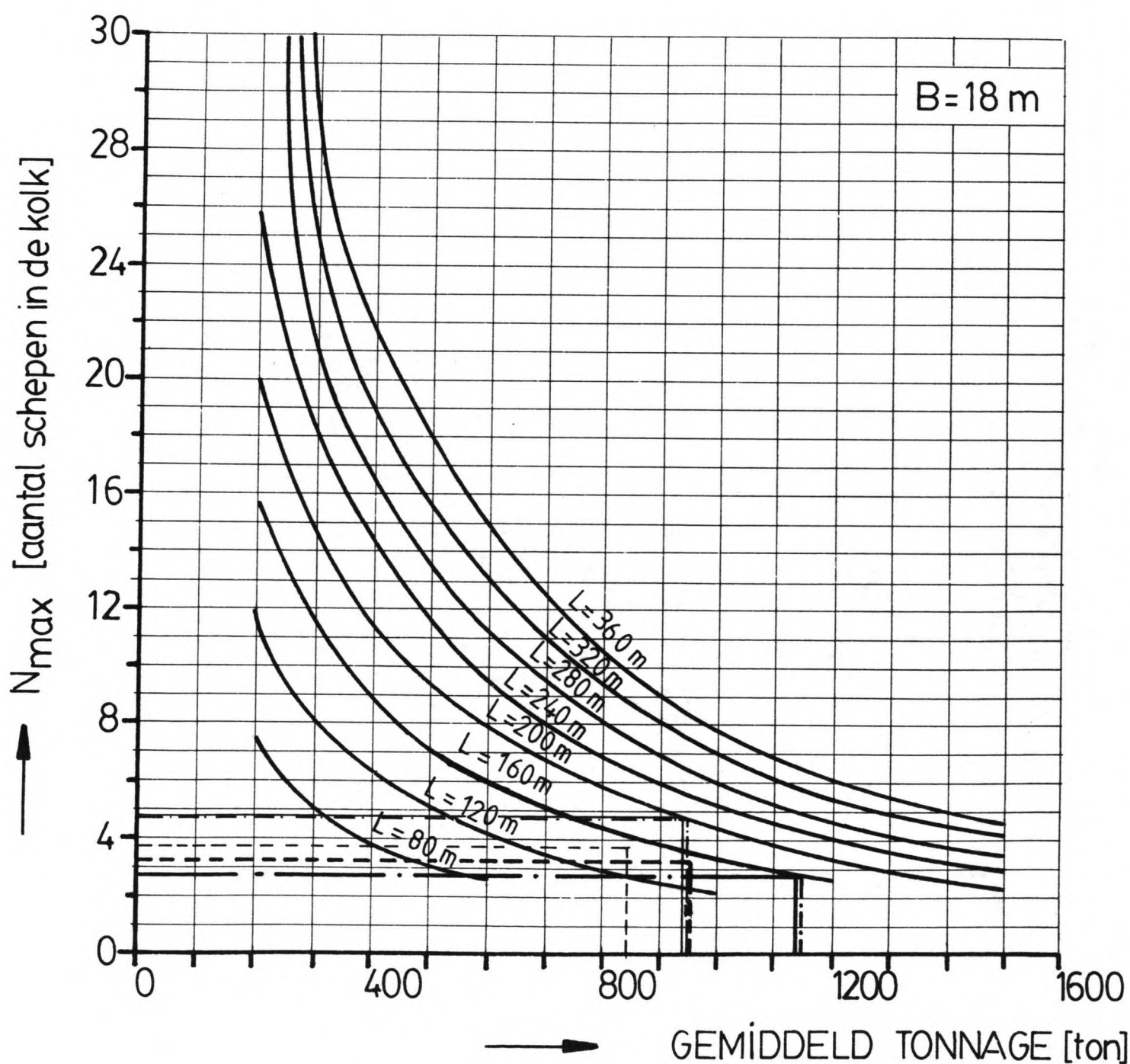
Figuur 24

Oostersluis	1990	—
	2000	—
Eemskanaalsluis	1990	- - - -
	2000	- . - .
Woonschepenhavensluis	1990	- - - -
	2000	- - - -



Figuur 25

Oostersluis	1990	————
	2000	————
Eemskanaalsluis	1990	- - - - -
	2000	- . - . -
Woonschepenhavensluis	1990	- - - - -
	2000	- - - - -



BIJLAGE IX BEREKENING VAN DE VERKEERSBELASTING VOOR DE
SLUIZEN IN EEN GESCHEIDEN REGULERINGSWERK
(SCHEEPVAARTPASSAGE EN WATERAFVOER VIA TWEE
APARTE CONSTRUCTIES)

De maatgevende scheepvaartintensiteiten op de vaarwegvakken waarin de nieuwe sluizen gebouwd kunnen worden zijn bepaald in Bijlage VII.

De werkelijke capaciteit van de sluizen op de verschillende lokaties in het vaarwegkruispunt Eemskanaal-Van Starckenborgkanaal-Winschoterdiep is berekend in Bijlage VIII.

Met behulp van deze gegevens zijn de verkeersbelastingen van de verschillende sluizen voor de periode 1984 tot 2000 te bepalen.

De verkeersbelasting van een sluis is: De maximale scheepvaartintensiteit gedeeld door de werkelijke sluiscapaciteit.

Dus:

$$\frac{I_{\text{maximaal}}}{C_{\text{werkelijk}}}$$

Voor de maatgevende verkeersintensiteiten in de plannen wordt deze berekening gemaakt voor de verschillende sluizen.

Het resultaat staat in tabel 20.

Tabel 20	Maximale verkeersbelastingen door beroepsvaart voor de sluizen			
	1990		2000	
	$A_1=88 \text{ m}^2$	$A_2=99 \text{ m}^2$	$A_1=88 \text{ m}^2$	$A_2=99 \text{ m}^2$
Oostersluis (Plan 1/2/3)	0.58	0.48	0.74	0.65
Eemskanaalsluis (Plan 1/2)	0.52	0.45	0.69	0.60
Woonschepenhaven- sluis (Plan 3)	0.16	0.20	0.15	0.18

Bij verkeersbelastingen groter dan 0.5 treden enige vertragingen en geringe overligtijden voor de scheepvaart op. Bij verkeersbelastingen van 0.65 tot 0.85 treden gemiddelde overligtijden van ca 3/4 tot 1 uur op

Conclusies:

1. De capaciteit van de Woonschepenhaven is ruim voldoende. De minimale breedte is indien de constructie alleen als sluis dienst doet voldoende.
2. De capaciteit van de Eemskanaalsluis is ook voldoende. In 1990 treden zelfs in de drukste periode nog nauwelijks overligtijden op en in 2000 slechts maximale overligtijden van ca. 1/2 uur.
3. De capaciteit van de Oostersluis is net voldoende. In 1990 zullen in de drukste periode overligtijden van ca. 1/2 uur optreden. In het jaar 2000 zullen de maximale overlig tijden zijn toegenomen tot ca 3/4 - 1 uur. Deze overligtijden zijn aanvaardbaar.

BIJLAGE X AFVOERGEGEVENS VAN DE EEMSKANAALBOEZEM

Het totale afwateringsgebied (land + water) de Eemskanaalboezem heeft een oppervlakte van ongeveer 60.000 ha.

Als er op het afwateringsgebied neerslag valt dan zal een gedeelte direct verdampen, een ander gedeelte zal door de vegetatie worden opgenomen. De resterende neerslag (indien aanwezig) zal via de afvoerkanalen van de Eemskanaalboezem naar het buitenwater afgevoerd moeten worden.

De hoeveelheid water die door de boezemkanalen afgevoerd wordt wordt als een dunne schijf over het totale afwateringsgebied verdeeld. De afvoer via de boezem (ook wel afvoerbelasting genoemd) wordt nu niet uitgedrukt in m^3 /etmaal maar in mm/etmaal. De totale hoeveelheid afgevoerde neerslag verkrijgt men weer door de afvoerbelasting met de totale oppervlakte van het afwateringsgebied te vermenigvuldigen.

De afvoerbelasting (mm/etmaal) en de neerslag (mm/etmaal) kan men direct met elkaar vergelijken.

Uit metingen is gebleken dat voor de Eemskanaalboezem geldt:

Tabel 21	
AFVOERBELASTING [MM/ETMAAL]	FREQUENTIE VAN VOORKOMEN [1 / JAAR]
3	20 - 30
5	10
1928	1/35 - 1/100

Hoge afvoerbelastingen zullen vooral in het Voorjaar (Februari, Maart, April en Mei) en in het Najaar (September, Oktober, November en December) optreden.

De afvoergegevens van de Eemskanaalboezem voor de huidige situatie zonder een reguleringswerk in het Eemskanaal zijn door metingen redelijk bekend.

De afvoergegevens van de Eemskanaalboezem na 2025 met een reguleringswerk in het Eemskanaal zijn echter niet direct te meten. Deze gegevens zijn voor de berekening van de lozings-tijden van het reguleringswerk onmisbaar.

De provinciale waterstaat Groningen, die de Eemskanaalboezem beheert heeft daarom het WaterloopKundig Laboratorium opdracht gegeven om aan de hand van de huidige afvoergegevens een computersimulatiemodel van de afvoersituatie van de Eemskanaal-boezem te maken.

Bij een zekere boezembelasting kunnen door computersimulatie verschillende situaties (T0...T24) worden doorgerekend. De verschillende situaties: (zie tabel 22 en 23 en de figuren 26 t/m 30).

- T0
- Huidige boezem voor de bodemdaling
 - Geen reguleringswerk in het Eemskanaal
 - Lozing te Delfzijl door oude zeesluis ($B = 10.5 \text{ m}$)
Lozing te Farmsum door kleine sluis ($B = 7 \text{ m}$)
- T9
- Boezem na de bodemdaling in 2025 met 0.50 m peilverlaging benedenstrooms van het reguleringswerk.
 - Een reguleringswerk in het Eemskanaal nabij Ooster-sluis. ($\mu = 1$, $\Delta h = 0.50 \text{ m}$ en $A \approx 30 \text{ m}^2$)
 - Een extra benedenstroomse berging van 150 ha .
 - Lozing te Delfzijl door oude zeesluis ($B = 10.5 \text{ m}$)
Lozing te Delfzijl met extra gemaal ($Q = 25 \text{ m}^3/\text{s}$)
Lozing te Farmsum door kleine sluis ($B = 7 \text{ m}$)
- T24
- Boezem na de bodemdaling in 2025 met 0.50 m peilverlaging benedenstrooms van het reguleringswerk.
 - Een reguleringswerk in het Eemskanaal nabij Garmer-wolde ($\mu = 1$, $\Delta h = 0.50 \text{ m}$ en $A \approx 40 \text{ m}^2$)
 - Een extra benedenstroomse berging van 200 ha bij Oterdum (Eind van de Oosterhorn haven)
 - Lozing te Delfzijl door oude zeesluis ($B = 10.5 \text{ m}$)
Lozing te Farmsum door kleine sluis ($B = 7 \text{ m}$)
Lozing te Oterdum door uitwateringssluis ($B = 25 \text{ m}$)

Zowel voor de situatie T0 als T9 zijn berekeningen van verschillende boezembelastingen (3 mm/etmaal , 5 mm/etmaal en belasting periode 1928) gemaakt.

Tabel 22

Situatie Belasting (mm/etmaal)	T0		T9	
	3	5	3	5
max. waterstand. (m+NAP)				

Veendam	0.73	0.80	0.75	0.77
Zuidbroek	0.72	0.78	0.74	0.75
Zuidlaardermeer	0.68	0.78	0.70	0.77
De Punt	0.71	0.75	0.74	0.67
Stuw boven	0.69	0.70	0.71	0.61
Stuw beneden	0.69	0.70	0.21	0.11
Delfzijl	0.69	0.70	0.20	0.06
max. sluisdebiet (m3/s)				

Delfzijl	97	98	100	92
Farmsum	61	57	61	55
Stuw Eemskanaal	-	-	83	91
Nieuwe Statenzijl	94	111	97	102
tot. geloosd. (milj. m3)				

Delfzijl + Farmsum	13.9	19.8	11.7	20.0
Nieuwe Statenzijl	5.6	9.2	5.7	9.3

Eemskanaal.

Situatie	waterstand Delfzijl		Woltersum		max stroomsnelheid
	min	max	min	max	Eemskan. (Woltersum)
	(m + N. A. P.)				(m/s)
T0					
3	-0.13	0.69	0.05	0.69	0.46
5	-0.15	0.70	0.04	0.64	0.47
T9					
3	-0.53	0.21	-0.37	0.21	0.44
5	-0.60	0.06	-0.40	0.06	0.46

Resultaten NETFLOW-berekeningen voor de Eemskanaalboezem en Reiderzijlvest zonder bodemdaling (T0) en met bodemdaling en een stuw in het Eemskanaal bij de Oostersluis (T9) bij een gemiddeld getij en een boezembelasting van 3 en 5 mm per dag.

Tabel 23

Situatie	T0	T9	T24
Cap. gemaal Delfzijl (m3/s)	-	25	-
Berging Oterdum (ha)	0	0	200
Br. sluis Farmsum (m)	7	7	7
Br. sluis Delfzijl (m)	10.5	10.5	10.5
Br. sluis Oterdum (m)	0	0	25

max. waterstand. (m+NAP)

Veendam	1.11	1.08	1.10
Zuidbroek	1.09	1.06	1.08
Zuidlaardermeer	1.06	1.01	1.03
De Punt	1.11	1.03	1.05
Oostersluis	1.01	0.97	1.02
Stuw boven	1.01	0.97	1.02
Stuw beneden	1.01	0.47	0.45
Delfzijl	1.00	0.43	0.46

max. sluisdebiet (m3/s)

Delfzijl	104	99	98
Farmsum	61	60	58
Stuw Oostersluis	-	101	125
Nieuwe Statenzijl	190	187	180
Oterdum	0	0	205

tot. geloosd. (milj. m3)

Delfzijl(+Oterdum)+Farmsum	11.3	12.1	12.5
Nieuwe Satenzijl	10.7	10.1	10.2

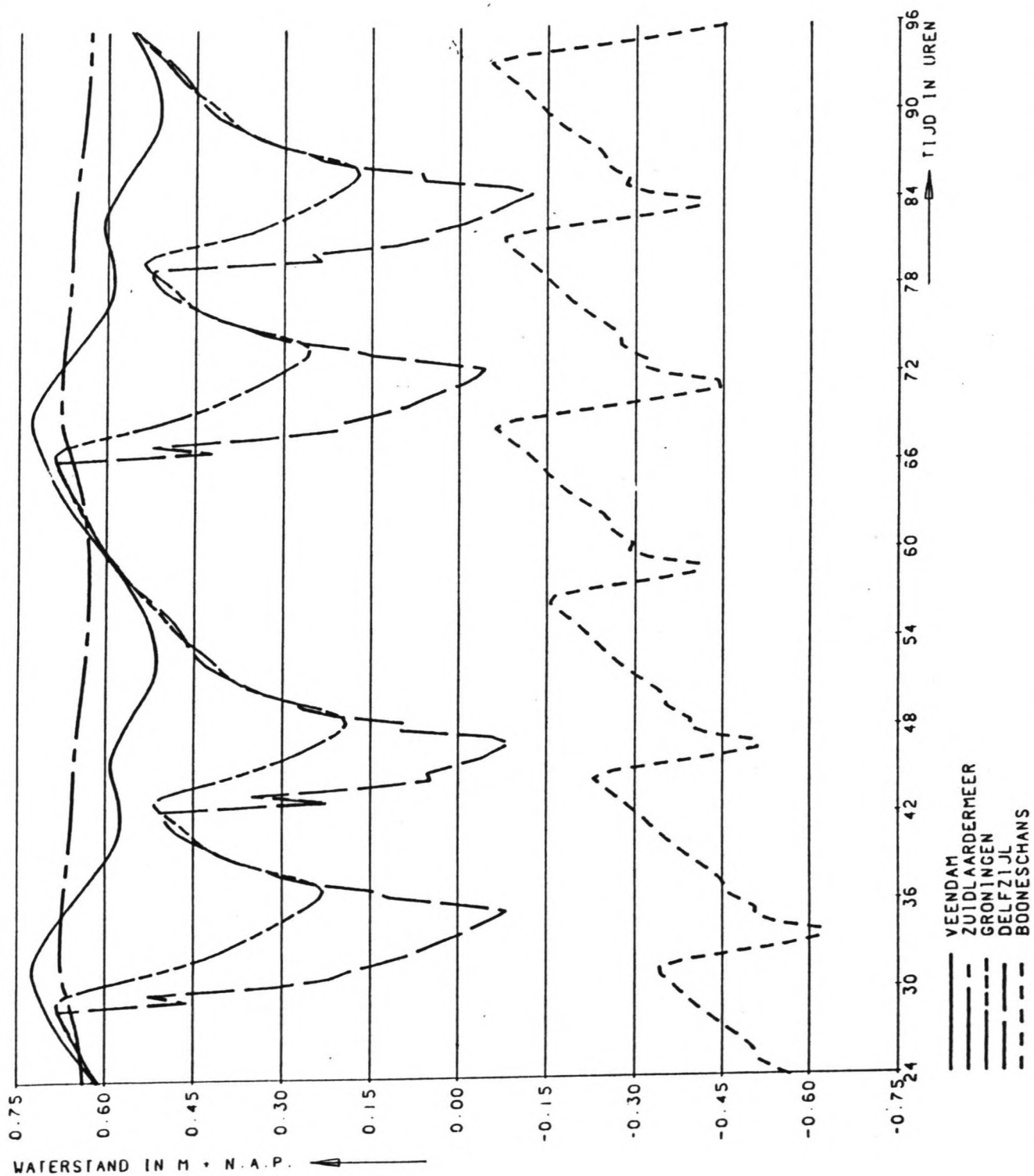
Eemskanaal.

Situatie	waterstand Delfzijl		Woltersum		max. stroomsnelheid	
	min.	max. (m + N. A. P.)	min.	max.	Eemskanaal (m/s)	Woltersum 't Ailand
T9	-0.30	0.43	-0.14	0.41	0.46	0.47
T24	-0.48	0.46	-0.24	0.45	0.58	0.73

				T24	
Oterdum min. waterstand	N. A. P.		-0.53	m	
Oterdum max. waterstand	N. A. P.		+0.47	m	
Max. snelheid begin Oosterhornkanaal			0.41	m/s	

Resultaten NETFLOW-berekeningen voor de Eemskanaalboezem en Reiderzijlvest zonder bodemdaling (T0) en met bodemdaling en een stuw in het Eemskanaal bij de Oostersluis (T9) en een stuw in het Eemskanaal bij Garmerwolde (T24) voor de maatmaatgevende boezembelasting uit periode november 1928.

Figuur 26



WATERSTAND IN M + N.A.P.

TIJD IN UREN

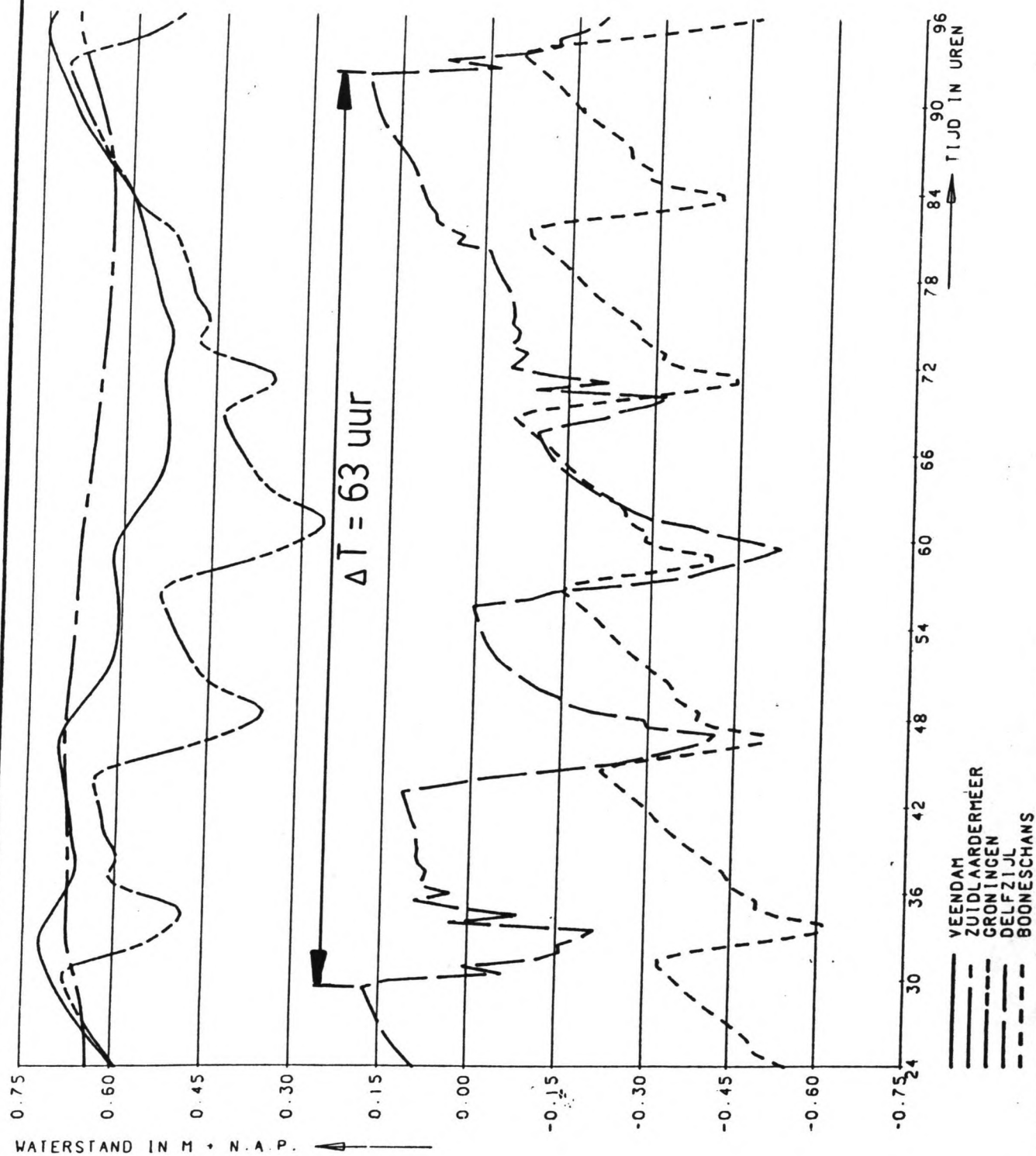
VEENDAM
ZUIDLAARDEMEER
GRONINGEN
DELFZIJL
BOONESCHANS

EEMSKANAALBOEZEM
BOEZEMBELASTING 3 MM/DAG
WATERSTANDSVERLOOP

TO

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Figuur 27

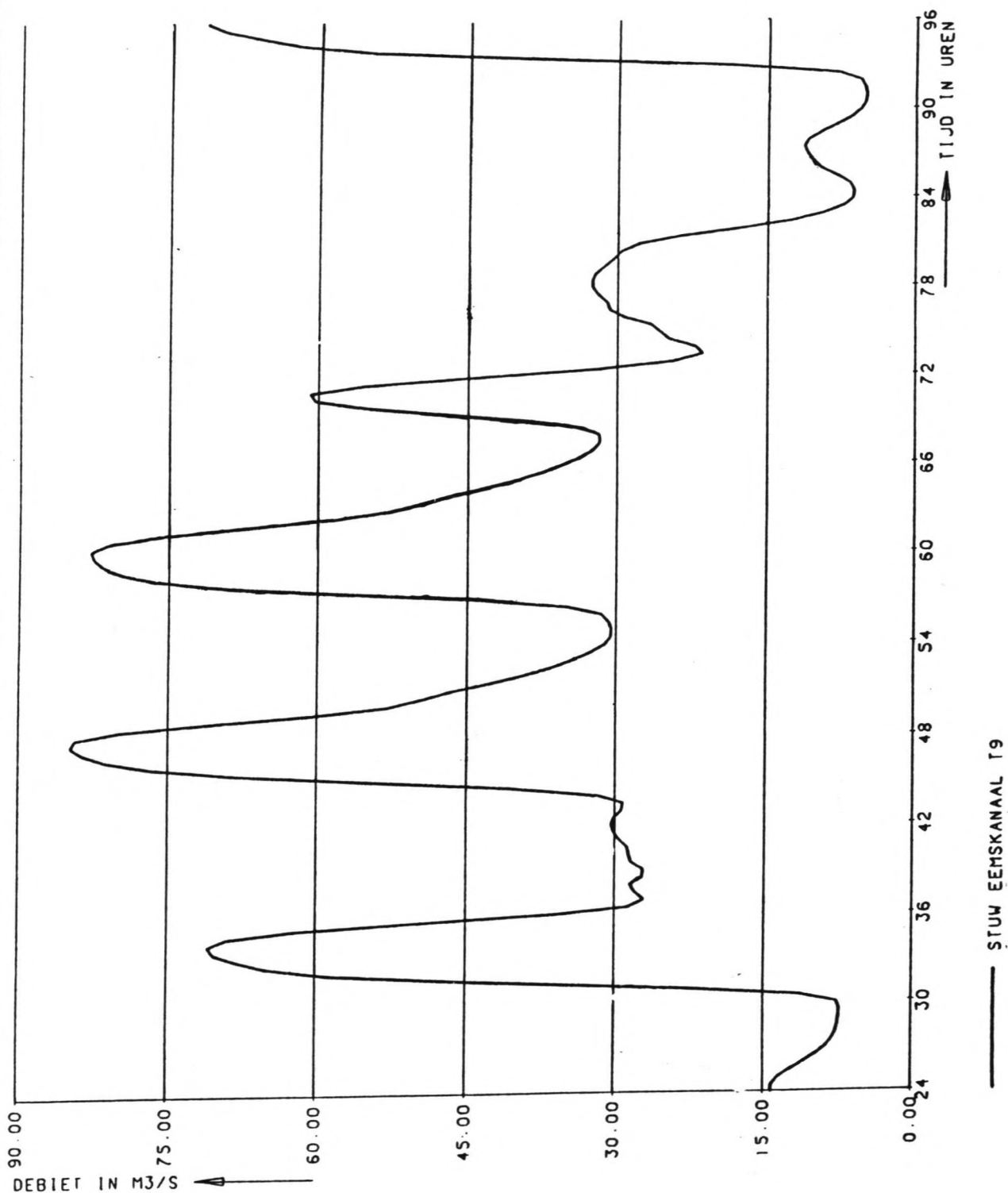


EEMSKANAALBOEZEM, STUW IN EEMSKANAAL
BOEZEMBELASTING 3 MM/DAG
WATERSTANDSVERLOOP

T9 / 25 M3/S

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Figuur 28



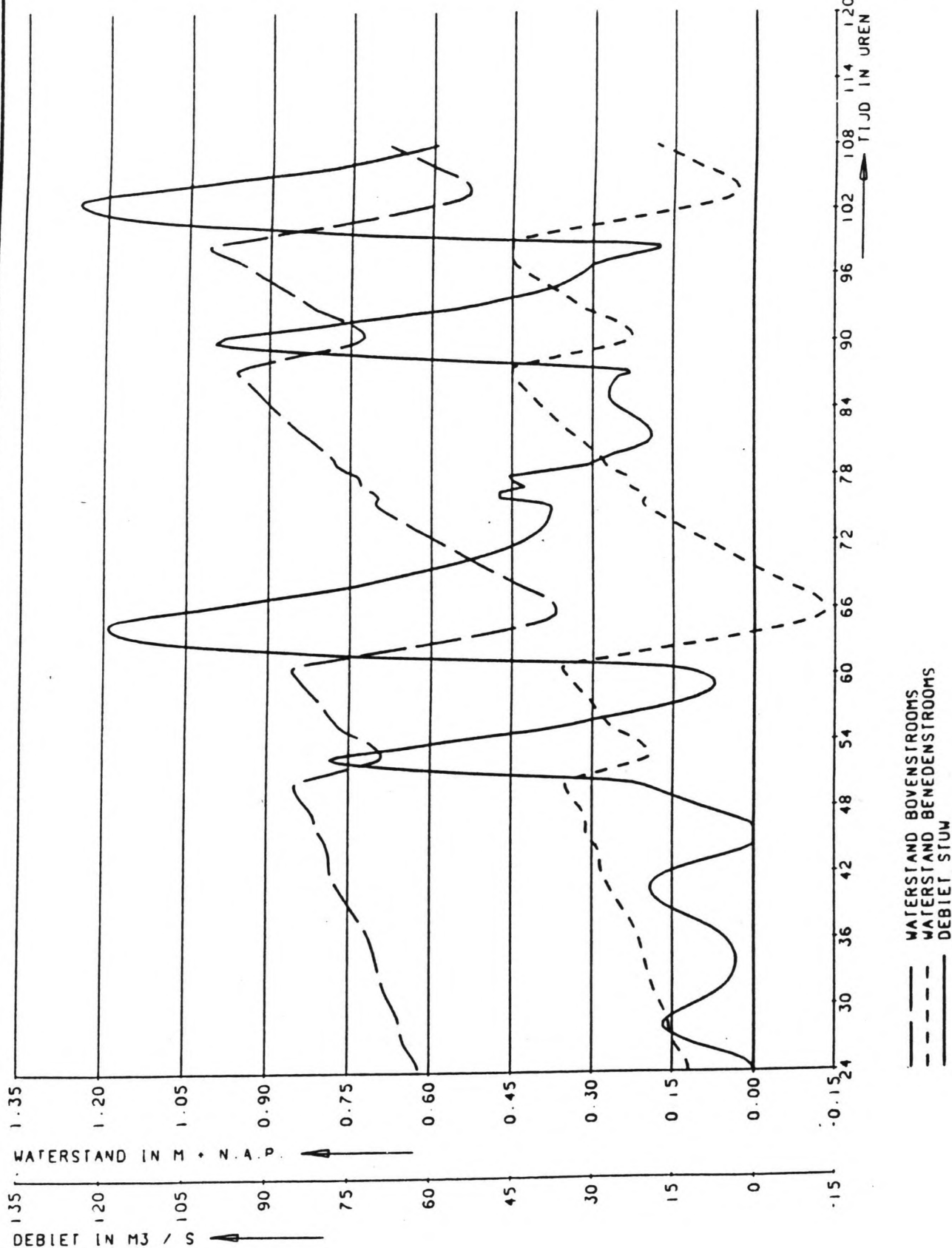
EEMSKANAALBOEZEM. STUW IN EEMSKANAAL
BOEZEMBELASTING 3 MM/DAG
DEBIETVERLOOP STUW

T9

25 M3/S

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Figuur 29

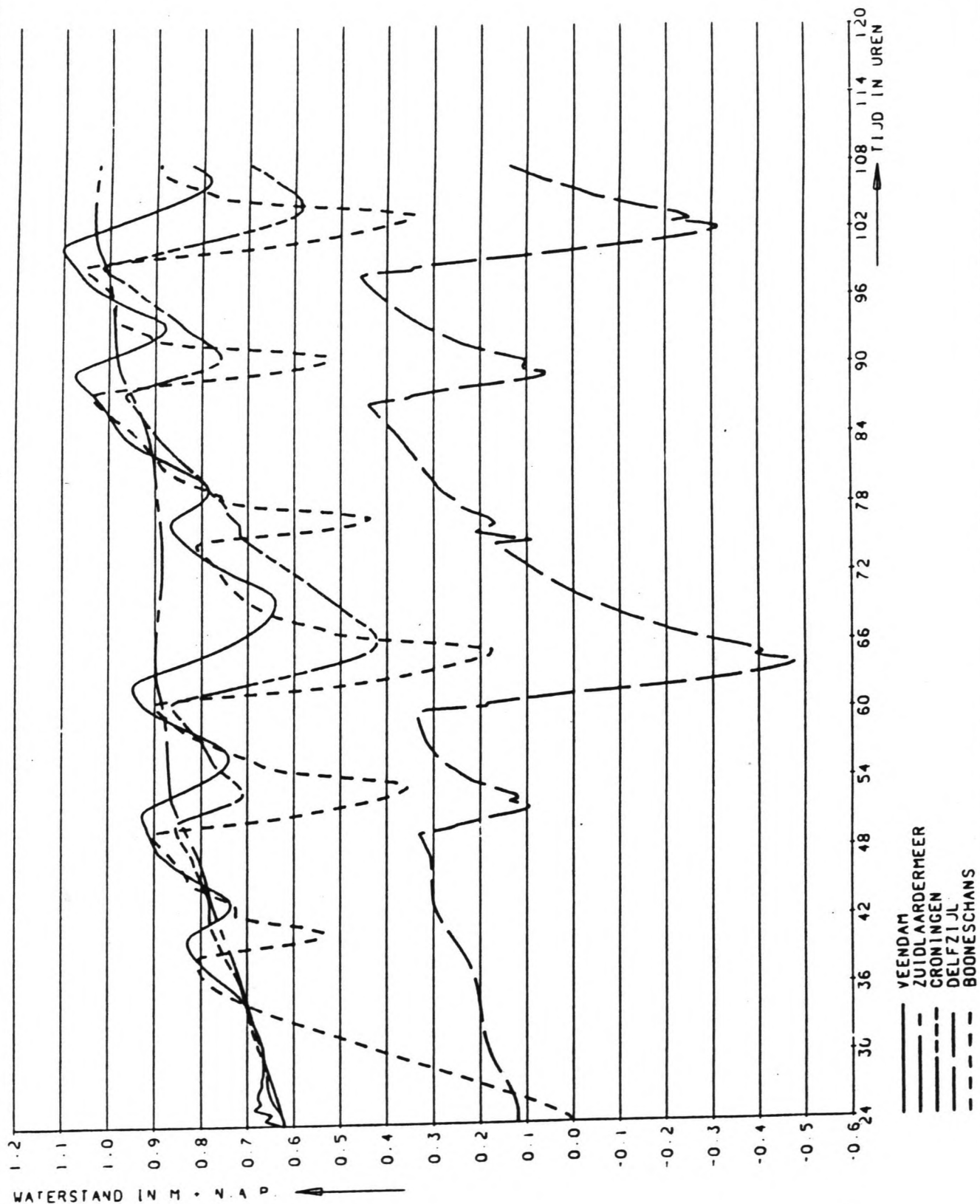


EEMSKANAALBOEZEM. STUW IN EEMSKANAAL
200 HA OTERDUM + SLUIS 25 M
WATERSTANDS- EN DEBIETVERLOOP STUW

T24 / 1928

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

Figuur 30



EEMSKANAALBOEZEM. STUW IN EEMSKANAAL
200 HA OTERDUM + SLUIS 25 M
WATERSTANDSVERLOOP

T24/1928

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

BIJLAGE XI BEREKENING VAN DE LOZINGSTIJD BIJ DE WATERAFVOER
DOOR EEN REGULERINGSWERK MET GECOMBINEERDE FUNC-
TIE (WATERAFVOER EN SCHEEPVAARTPASSAGE DOOR EEN
OPENING.

Er wordt aangenomen dat de waterafvoer via het reguleringswerk via onvolkomen bovenafvoer plaats vindt.

Voor de maximum watersnelheid door het reguleringswerk geldt in dat geval:

$$V_{\text{maximaal reguleringswerk}} = \sqrt{2 * g * \Delta h}$$

Na de bouw van het reguleringswerk in 1993 wordt het waterpeil op het benedenstroomse pand met 0.25 m verlaagd tot N.A.P. + 0.37 m. De maximum watersnelheid door het reguleringswerk wordt nu:

$$V_{\text{maximaal reguleringswerk}} = \sqrt{2 * 9.813 * 0.25} = 2.22 \text{ m/s.}$$

Na de einddaling in 2025 wordt het waterpeil benedenstrooms van het reguleringswerk met nog eens 0.25 m verlaagd tot N.A.P. + 0.12 m. Het totale verval bedraagt dan 0.50 m.

De maximum watersnelheid door het reguleringswerk wordt nu:

$$V_{\text{maximaal reguleringswerk}} = \sqrt{2 * 9.813 * 0.50} = 3.13 \text{ m/s.}$$

De maatgevende afvoersituatie door het reguleringswerk treedt op in 1993 omdat:

1. Door de bodemdaling de drempel van het reguleringswerk zakt maar de waterstand niet mee zakt. De doorstroomopening wordt dus met het verlopen van de jaren steeds groter. De afvoercapaciteit van het reguleringswerk neemt dus met het verlopen van de jaren langzaam toe.
2. Het verval over het reguleringswerk vergroot wordt tot 0.50 m. De maximum doorstroomsnelheid door het reguleringswerk neemt hierdoor van 2.22 m/s toe tot 3.13 m/s. De afvoercapaciteit van het reguleringswerk neemt hiermee dus eenmalig zeer sterk toe.

Stel dat $\mu_{\text{reguleringswerk}} = 0.90$ en

$$V_{\text{gemiddeld reguleringswerk}} = 0.85 * V_{\text{maximaal reguleringswerk}}$$

$$V_{\text{gemiddeld reguleringswerk}} = 0.85 * 2.22 = 1.887 \text{ m/s}$$

Indien de waterafvoer en de scheepvaartpassage in een constructie gecombineerd uitgevoerd worden is een opening die voor beide functies geschikt is, voldoende.

De minimale opening van deze constructie wordt bepaald door de maatgevende scheepvaart die deze constructie moet kunnen passeren.

De constructies voor scheepvaartpassage in het Eemskanaal moeten een minimale waterdiepte op de drempel van 5.50 m en een minimale breedte van 16 m hebben (zie Programma van eisen).

$$A_1 = 5.50 * 16 = 88 \text{ m}^2 \text{ (minimaal profiel)}$$

Daarnaast kan een bredere opening, $B = 18 \text{ m}$ voor constructie voor scheepvaartpassage worden beschouwd om de passage van speciale transporten eenvoudiger te maken.

$$A_2 = 5.50 * 18 = 99 \text{ m}^2$$

Als de scheepvaartopening tevens dienst doet voor waterafvoer (gecombineerd reguleringswerk) wordt het gemiddelde debiet door de opening:

$$Q_{\text{gemiddeld}} = \mu * V_{\text{gemiddeld}} * A_{\text{reguleringswerk}}$$

Het gemiddelde debiet door beide openingen wordt:

$$A_1 = 88 \text{ m}^2 \quad Q_1 = 0.90 * 1.887 * 88 = 149.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_2 = 99 \text{ m}^2 \quad Q_2 = 0.90 * 1.887 * 99 = 168.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Voor een bepaalde boezembelasting (bijv. 3 mm/etmaal) is nu de gemiddelde lozingstijd van het reguleringswerk te bepalen.

De totaal beschikbare schuttijd (waterafvoer gaat voor) van het reguleringswerk is nu ook te bepalen omdat tijdens het spuien geen scheepvaartpassage door het reguleringswerk mogelijk is.

De beschikbare schuttijd wordt de totale bedrijfstijd van het reguleringswerk - (1.15 * de gemiddelde lozingstijd).

Door nu uit te gaan van situatie T9 met een reguleringswerk in het Eemskanaal bij de Oostersluis kan een schatting van de lozingstijden van het reguleringswerk voor verschillende boezembelastingen gemaakt worden.

Situatie T9

Boezembelasting: 3 mm/etmaal

De totale hoeveelheid water geloosd in Delfzijl en Farmsum om een boezembelasting van 3 mm/etmaal op de boezem af te voeren is: $V_{\text{totaal}} = 11.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ (zie tabel 22)

In figuur 27 is te zien dat de duur van de periode waarin deze hoeveelheid water wordt geloosd ongeveer 62 uur is. In deze tijd wordt de beginsituatie weer hersteld. Gedurende deze van 62 uur moet het reguleringswerk in het Eemskanaal bij de Oostersluis de totale hoeveelheid water lozen.

De gemiddelde lozingsduur van het reguleringswerk wordt dus:

$$\bar{T}_{\text{lozingsperiode}} = V_{\text{totaal}} / \bar{Q}_{\text{reguleringswerk}}$$

- Voor Reguleringswerk 1: $A_1 = 88 \text{ m}^2$ en $Q_1 = 149.5 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\bar{T}_{3.1} = 11.7 \times 10^6 / 149.5 = 78260 \text{ seconden}$$

$$\bar{T}_{3.1} = 78260 / 3600 \approx 21.7 \text{ uur}$$

Als deze lozingstijd gelijkmatig over de periode van 62 uur verdeeld wordt dan wordt de lozingstijd per dag (24 uur):

$$\bar{T}_{3.1 \text{ dag}} = 24/62 * 21.7 \text{ uur} \approx 8.5 \text{ uur}$$

Verdeel de lozingstijd over de dag:

Lozingstijd s'nachts : 5.5 uur
(22.00 - 7.00 uur)

Lozingstijd overdag : 3.0 uur
(7.00 - 24.00 uur)

- Voor Reguleringswerk 2: $A_2 = 99 \text{ m}^2$ en $Q_2 = 168.1 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\bar{T}_{3.2} = 11.7 \times 10^6 / 168.1 = 69600 \text{ seconden}$$

$$\bar{T}_{3.2} = 69600/3600 \approx 19.3 \text{ uur}$$

Als deze lozingstijd gelijkmatig over de periode van 62 uur verdeeld wordt dan wordt de lozingstijd per dag (24 uur):

$$\bar{T}_{3.2 \text{ dag}} = 24/62 * 19.3 \text{ uur} \approx 7.5 \text{ uur}$$

Verdeel de lozingstijd over de dag:

Lozingstijd s'nachts : 5.5 uur
(22.00 - 7.00 uur)

Lozingstijd overdag : 2.0 uur
(7.00 - 24.00 uur)

Situatie T9

Boezembelasting: 5 mm/etmaal

De totale hoeveelheid water geloosd in Delfzijl en Farmsum om een boezembelasting van 4 mm/etmaal op de boezem af te voeren is: $V_{\text{totaal}} = 20.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ (zie tabel 22)

De periode waarin deze hoeveelheid water wordt geloosd en de boezem zich weer tot de begintoestand hersteld wordt ook op ongeveer 62 uur gesteld.

De gemiddelde lozingsduur van het reguleringswerk wordt dus:

$$\bar{T}_{\text{lozingsperiode}} = V_{\text{totaal}} / \bar{Q}_{\text{reguleringswerk}}$$

- Voor Reguleringswerk 1: $A_1 = 88 \text{ m}^2$ en $Q_1 = 149.5 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\bar{T}_{5.1} = 20.0 \times 10^6 / 149.5 = 133800 \text{ seconden}$$

$$\bar{T}_{5.1} = 133800 / 3600 \approx 37.2 \text{ uur}$$

Als deze lozingstijd gelijkmatig over de periode van 62 uur verdeeld wordt dan wordt de lozingstijd per dag (24 uur):

$$\bar{T}_{5.1 \text{ dag}} = 24/62 * 37.2 \text{ uur} \approx 14.5 \text{ uur}$$

Verdeel de lozingstijd over de dag:

Lozingstijd s'nachts : 7.5 uur
(22.00 - 7.00 uur)

Lozingstijd overdag : 7.0 uur
(7.00 - 24.00 uur)

- Voor Reguleringswerk 2: $A_2 = 99 \text{ m}^2$ en $Q_2 = 168.1 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\bar{T}_{5.2} = 20.0 \times 10^6 / 168.1 = 118900 \text{ seconden}$$

$$\bar{T}_{5.2} = 118900 / 3600 \approx 33.0 \text{ uur}$$

Als deze lozingstijd gelijkmatig over de periode van 62 uur verdeeld wordt dan wordt de lozingstijd per dag (24 uur):

$$\bar{T}_{5.2 \text{ dag}} = 24/62 * 33.0 \text{ uur} \approx 13.0 \text{ uur}$$

Verdeel de lozingstijd over de dag:

Lozingstijd s'nachts : 7.0 uur
(22.00 - 7.00 uur)

Lozingstijd overdag : 6.0 uur
(7.00 - 24.00 uur)

Tabel 24					
Boezem- belasting [mm/etmaal]	Lozingstijd met doorstroom opening	$A_1 = 88 \text{ m}^2$		$A_2 = 99 \text{ m}^2$	
		dag [uren]	nacht [uren]	dag [uren]	nacht [uren]
3		5.5	3.0	5.5	2.0
5		7.5	7.0	7.0	6.0

BIJLAGE XII BEREKENING VAN DE CAPACITEIT VAN EEN SLUIS IN
EEN GECOMBINEERD REGULERINGSWERK IN DE VAARWEG-
KRUISING TEN NOORD-OOSTEN VAN DE STAD GRONINGEN.

Alleen via het Winschoterdiep en het Eemskanaal vindt de waterafvoer van de Eemskanaalboezem plaats. Alleen de reguleringswerken in het Eemskanaal (Eemskanaalsluis en de Woonschepenhaven sluis) kunnen een constructie voor de afvoer van het boezemwater hebben. In deze reguleringswerken wordt nu de constructie voor de waterafvoer (stuw) en de constructie voor de scheepvaartpassage (sluis) gecombineerd. De waterafvoer vindt in een gecombineerd reguleringswerk via de sluisopening plaats.

De waterafvoer is belangrijker dan de scheepvaart zodat tijdens een periode met grote afvoer de werkelijke schuttijd van de sluis sterk afneemt.

In Bijlage XI, tabel 24 is de gemiddelde lozingstijd van het reguleringswerk voor twee verschillende boezembelastingen berekend (3 mm/etmaal en 5 mm/etmaal).

Naast de lozingstijd zal nog een deel van de schuttijd verloren gaan aan het openen en sluiten van de sluis voor en na het lozen.

Ik neem nu aan dat de werkelijke lozingstijd $1.15 \times$ de gemiddelde lozingstijd is.

De werkelijke schuttijd overdag wordt in dat geval 15 uur min de werkelijke lozingstijd overdag (zie tabel 25)

De werkelijke schuttijd s' nachts wordt in dat geval 9 uur min de werkelijke lozingstijd overdag (zie tabel 25).

Tabel 25	Werkelijke schuttijden [uren]					
	$A_1 = 88 \text{ m}^2$			$A_2 = 99 \text{ m}^2$		
Boezem belasting	dag	nacht	totaal	dag	nacht	totaal
3 mm/etmaal	8.5	5.5	14.0	8.5	6.5	15
5 mm/etmaal	6.5	1.0	7.5	7.0	2.0	9

De sluiscapaciteiten (C_s) van de Eemskanaalsluis en de Woonschepenhavensluis worden bepaald in Bijlage VIII, tabel 15 en 16).

Met behulp van de werkelijke schuttimes (tabel 25) kan de werkelijke schutcapaciteit van een sluis in een gecombineerd reguleringswerk worden berekend (zie tabel 26).

$$C_{\text{werkelijk}} = \frac{\text{Totaal aantal werkelijke schutturen}}{24 \text{ uur}} \times C_s$$

Voor de Eemskanaalsluis worden de werkelijke schutcapaciteiten:

Tabel 26	Werkelijke schutcapaciteiten [schepen/uur]			
	1990		2000	
Boezem belasting	$A_1=88 \text{ m}^2$	$A_2=99 \text{ m}^2$	$A_1=88 \text{ m}^2$	$A_2=99 \text{ m}^2$
3 mm/etmaal	4.55	5.75	3.56	4.38
5 mm/etmaal	2.44	3.45	1.91	2.63

Voor de Woonschepenhavensluis worden de werkelijke schutcapaciteiten:

Tabel 27	Werkelijke schutcapaciteiten [schepen/uur]			
	1990		2000	
Boezem belasting	$A_1=88 \text{ m}^2$	$A_2=99 \text{ m}^2$	$A_1=88 \text{ m}^2$	$A_2=99 \text{ m}^2$
3 mm/etmaal	4.49	5.67	3.91	4.81
5 mm/etmaal	2.41	3.41	2.09	2.89

BIJLAGE XIII BEREKENING VAN DE VERKEERSBELASTING VOOR DE
SLUIZEN IN EEN GECOMBINEERD REGULERINGSWERK
(SCHEEPVAARTPASSAGE EN WATERAFVOER VIA EEN
OPENING IN DE CONSTRUCTIE).

De maatgevende scheepvaartintensiteiten op het Eemskanaal en op het Winschoterdiep en de Groningse havens worden bepaald in Bijlage VII, tabel 10, 11 en 12)

De werkelijke capaciteit van de sluizen in de reguleringswerken in het Eemskanaal en langs de woonschepenhaven is berekend in Bijlage XII, tabel 26 en 27)

Met behulp van de bovenstaande gegevens zijn de verkeersbelastingen van de beide sluizen voor de periode 1990 - 2000 te bepalen.

$$\text{De verkeersbelasting} = \frac{I_{\text{maximaal}}}{C_{\text{werkelijk}}}$$

Voor de maatgevende verkeersintensiteiten in de plannen wordt de verkeersbelasting voor beide sluizen berekend.

Het resultaat is zichtbaar in tabel 28.

Tabel 28	Maximale verkeersbelasting door de beroepsvaart voor beide sluizen			
	1990		2000	
	$A_1 = 88 \text{ m}^2$	$A_2 = 99 \text{ m}^2$	$A_1 = 88 \text{ m}^2$	$A_2 = 99 \text{ m}^2$
Eemskanaalsluis (Plan 1/2)				
* 3 mm/etmaal	0.88	0.70	1.16	0.95
* 5 mm/etmaal	1.64	1.16	2.17	1.57
Woonschepenhaven- sluis (plan 3)				
* 3 mm/etmaal	0.26	0.21	0.34	0.27
* 5 mm/etmaal	0.49	0.35	0.63	0.45

Bij verkeersbelastingen groter dan 0.5 treden vertragingen en wachttijden voor de scheepvaart op. Bij verkeersbelastingen van 0.65 tot 0.85 treden gemiddelde wachttijden van 3/4 tot 1 uur op. Bij verkeersbelastingen groter dan 1 treden zeer lange wachttijden op (vele uren) waardoor als het ware filevorming op de vaarweg voor het reguleringswerk optreedt. De kans op ongelukken wordt dan bijzonder groot. Deze situatie mag daarom bij een sluis nooit optreden.

Conclusies:

1. Het reguleringswerk in het Eemskanaal kan niet gecombineerd uitgevoerd worden omdat bij een boezembelasting van 3 mm/etm (ca. 1 x per week optredend in het voor- en najaar) reeds wachttijden van meer dan 1 op zullen treden en bij een boezembelasting van 5 mm/etmaal (ca. 1 x per maand voorkomend) zelfs voor $A_2 = 99 \text{ m}^2$ de verkeersbelasting groter dan 1 wordt. Hetgeen volstrekt onaanvaardbaar is.
2. Het reguleringswerk in het kruispunt langs de woonschepenhaven kan wel gecombineerd uitgevoerd worden.
De verkeersbelasting van het reguleringswerk is dermate laag dat zelfs voor een boezembelasting van 5 mm/etmaal nauwelijks wachttijden op zullen treden.
3. Het dient echter wel als aanbeveling om de sluis breder uit te voeren dan $B = 16 \text{ m}$. Neem $B = 18 \text{ m}$ zodat ook tot het jaar 2000 de verkeersbelasting kleiner dan 0.5 blijft (zie tabel 28). Een sterke groei van de recreatievaart op het Winschoterdiep en het Noord-Willemskanaal kan hierdoor zonder problemen worden opgevangen.

LITERATUURLIJST

- [1] Provinciale Waterstaat Groningen afdeling Verkeerszaken
Scheepvaartbewegingen Provincie Groningen 1981 - 1985
Groningen, september 1986

- [2] Werkgroep Prognose Transportbehoefte
Onderzoek uitbouw vaarweg Lemmer - Delfzijl tot Klasse V
respectievelijk tweebaks duwvaartkanaal
Groningen, mei 1986

- [3] Commissie Vaarwegbeheerders
Proceedings van het symposium: Richtlijnen voor vaarwegen
en kunstwerken.
Utrecht, Jaarbeurscongrescentrum, 5 november 1986

- [4] Commissie Vaarwegbeheerders
Rijkswaterstaat dienst Verkeerskunde
Richtlijnen voor de afmetingen en de vormgeving van vaar-
wegen van de CEMT-klassen I t/m IV
Dordrecht, Hoofdafdeling Scheepvaart, april 1986

- [5] Prof. Ir. J.F. Agema/prof. ir. A. Glerum/prof. dr. ir. E.W. Bijker
Inleiding in de waterbouwkunde
Collegediktaat f1
TU Delft, Vakgroep waterbouwkunde, oktober 1980

- [6] Prof Ir. A. Glerum
Het ontwerpen van waterbouwkundige constructies
Collegediktaat f9
TU Delft, Vakgroep waterbouwkunde, januari 1984

- [7] Prof Ir. A. Glerum
Waterbouwkundige constructies bijzondere onderwerpen I
Collegediktaat f9A
TU Delft, Vakgroep waterbouwkunde, januari 1983

- [8] Ir. J. Bouwmeester
Binnenscheepvaart en scheepvaartwegen
Havens en scheepvaartwegen
Collegediktaat f12N
TU Delft, Vakgroep waterbouwkunde, januari 1987
- [9] Ir. J. Bouwmeester
Weerstand en capaciteit van scheepvaartwegen
Havens en scheepvaartwegen bijzondere onderwerpen
Collegediktaat f13C
TU Delft, Vakgroep waterbouwkunde, augustus 1984
- [10] Ir. P. Winsemius
Nieuwe spuisluis bij Dintelsas/1
De Dintel gedicht
Pt/Civiele Techniek: Nr 10, jaargang 37 (1982)
- [11] Ir. J. A. de Jong
Nieuwe spuisluis bij Dintelsas/2
Waterloopkundig onderzoek
Pt/Civiele Techniek: Nr 11, jaargang 37 (1982)
- [12] Ir. B.W. Slijkhuis en ing. B. van Weesep
Nieuwe spuisluis bij Dintelsas/3
Ontwerp en uitvoering
Pt/Civiele Techniek: Nr 12, jaargang 37 (1982)
- [13] Ing. M. v.d. Schaft en ing. D.J. Roelofs
Directie sluizen en stuwen van de Rijkswaterstaat
De bouw van duwvaartsluizen in het Amsterdam-Rijnkanaal te
Wijk bij Duurstede en Tiel
- Deel I: Otar: Nr 4, 1974
- Deel II: Otar: Nr 5, 1974
- Deel III: Otar: Nr 6, 1974
- Deel IV: Otar: Nr 8, 1974
- Deel V: Otar: Nr 10, 1974
- Deel VI: Otar: Nr 12, 1974

