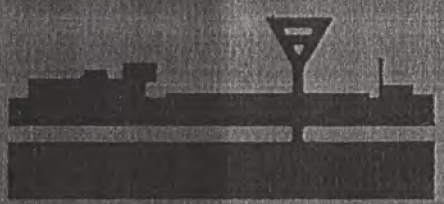
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Directie Zeeland
Nummer: P420
Bibliotheek, Koestr. 30, tel: 0118-686362,
postbus 5014, 4330 KA Middelburg

DZ: 74009 b.d. Meer



rijkswaterstaat
dienst verkeerskunde
hoofdafdeling scheepvaart

DE KWALITEIT VAN DE VERKEERS-AFWIKKELING IN DE ONTWORPEN BOCHTAFSNIJDING IN DE WESTERSCHELDE BIJ BATH.

Nota S 72-13.

RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE ZEELAND
bibliotheek

Rijkswaterstaat
Dienst Verkeerskunde
Hoofdafdeling Scheepvaart

Dordrecht,
maart 1976

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

INHOUD

	blz
SAMENVATTING EN KONKLUSIE	1
1. INLEIDING	
1.1. Algemeen	4
1.2. Wijze van onderzoek	5
2. PROGNOSE SCHEEPVAARTVERKEER	
2.1. Algemeen	6
2.2. Prognose van het goederenvervoer in de vaargeul bij Bath	6
2.3. Prognose scheepvaartverkeer	7
2.4. Prognose van de tijvaart	8
2.5. Variatie van de verkeersintensiteit	9
2.5.1. Variatie van de weekintensiteit	9
2.5.2. Variatie dagintensiteiten over de week	9
2.5.3. Variatie uurintensiteit over een dag	9
2.5.4. Variatie van de uurintensiteiten binnen een getij	10
2.6. Aandeel van de geladen schepen	11
2.7. Vaarsnelheden	11
3. VERKEERSSIMULATIE	
3.1. Verkeerssituaties als basis beoordeling ruimtebeslag	13
3.2. Opzet verkeerssimulatie	14
3.3. Vaststellen verkeerssituaties uit de tijd-weg-diagrammen	15
3.4. Kontrole van het simulatiemodel op goede werking	17
3.5. IJking van het simulatiemodel	17
4. BEOORDELINGSKRITERIA VOOR DE KWALITEIT VAN DE VERKEERSAFWIKKELING	
4.1. Algemeen	20
4.2. Invloed van de waterdiepte	21
4.3. Vaarwegbreedte	23
4.4. Kriteria vaststelling voor de verkeerssituaties benodigde breedte	25
4.5. Beoordeling op basis van praktijkervaring	26

INHOUD (vervolg)

blz

5. DE KWALITEIT VAN DE VERKEERSAFWIKKELING IN DE ONTWORPEN BOCHTAFSNIJDING
   5.1. Algemeen 28
   5.2. Kwaliteitskriteria verkeersafwikkeling 28
   5.3. Beoordeling frekwentie onveilige verkeerssituatis . . 29
   5.4. Beoordeling vlotte verkeersafwikkeling 31
   5.5. Beoordeling kwaliteit verkeersafwikkeling 31
6. VERGELIJKING ONTWORPEN BOCHTAFSNIJDING BATH MET ANDERE VAARWEGEN
   6.1. Nieuwe Rotterdamse Waterweg 33
   6.2. Elbe 33

TABELLEN

1. Indeling van de vloot in draagvermogenklassen en representatieve standaardschepen
2. Scheepvaartverkeer bij Bath per scheepskategorie
3. Aandeel van de tijvaart in scheepvaartverkeer
4. Verdeling uurintensiteiten over de dag voor niet-tijvaarders bij Bath
5. Uurintensiteiten van tijvaarders per uur t.o.v. H.W. bij Bath
6. Aandeel geladen schepen in het scheepvaartverkeer bij Bath
7. Vaarsnelheden t.o.v. water bij Bath
8. Gesimuleerd scheepvaartverkeer 1972
9. Gesimuleerd scheepvaartverkeer volgens Belgische lange-termijn prognose
10. Gesimuleerd scheepvaartverkeer volgens extreme lange-termijn prognose
11. Verkeerssituaties gesimuleerd scheepvaartverkeer 1972 in huidige bocht, gerangschikt op breedtebeslag
12. Belangrijkste verkeerssituaties gesimuleerd scheepvaartverkeer 1972 in ontworpen bochtafsnijding, gerangschikt op breedtebeslag
13. Belangrijkste verkeerssituaties gesimuleerd scheepvaartverkeer volgens Belgische prognose voor de lange termijn in de ontworpen bochtafsnijding, gerangschikt op breedtebeslag.
14. Belangrijkste verkeerssituaties gesimuleerd scheepvaartverkeer volgens extreme prognose voor de lange termijn in de ontworpen bochtafsnijding, gerangschikt op breedtebeslag.
15. Beoordeling verkeerssituaties scheepvaartverkeer in 1972 (simulatie) in huidige Nauw van Bath.
16. Beoordeling verkeerssituaties scheepvaartverkeer volgens Belgische prognose voor de lange termijn in ontworpen bochtafsnijding.
17. Beoordeling verkeerssituaties scheepvaartverkeer volgens extreme prognose voor de lange termijn in ontworpen bochtafsnijding.
18. Overzicht belangrijkste gegevens scheepvaartonderzoeken.

FIGUREN

1. Overzicht Westerschelde
2. Overzicht huidige en ontworpen vaarweg bij Bath
3. Horizontaal en vertikaal getij
4. Prognose goederen en scheepverkeer
5. Prognose vlootsamenstelling naar draagvermogenklasse
6. Variatie gemiddelde verkeersintensiteit over de tijd
7. Voorbeeld uitwerking tijd-weg diagram
8. Globale samenvatting resultaten van 20 dagen simuleren scheepvaart-verkeer 1972 huidige bocht Bath
9. Globale samenvatting resultaten 20 dagen simuleren scheepvaartverkeer 1972 na bochtafsnijding Bath
10. Globale samenvatting resultaten 20 dagen simuleren scheepvaartverkeer volgens Belgische lange termijn prognose in bochtafsnijding Bath
11. Globale samenvatting resultaten 20 dagen simuleren scheepvaartverkeer volgens extreme lange termijn prognose in bochtafsnijding Bath
12. Aangehouden strookbreedte ten behoeve van bepaling vaarwegbreedte
13. Vergelijking dwarsprofiel ontworpen bochtafsnijding met dat van andere zeevaartwegen

LITERATUUR.

[1] Y. Fujii en K. Tanaka.
Traffic capacity.
Journal of Navigation, vol. 24 no. 4, oktober 1971, pp. 543-552.

[2] Masataka Fujino.
Studies on manoeuvrability of ships in restricted waters.
Japan Shipbuilding and Marine Eng., vol 4 no. 6, 1969, pp. 5-23.

[3] S. Motora.
Manoeuvrability, State of the Art.
Int. Jubilee Meeting NSMB, aug. 1972, pp. 136-170.

[4] Y. Guliev en Y. Vorobyev
Determination of safety dimensions of the cross-section in maritime approach channels.
XXIIIrd Intern. Nav. Congress, Ottawa 1973, paper SII-3.

[5] C.G. Moody.
The handling of live super ships through Gaillard Cut of the Panama Canal.
David Taylor Model Basin, Report 1277, okt. 1958.

[6] C.G. Moody.
The handling of ships through a widened and asymmetrically deepened section of Gaillard Cut in the Panama Canal.
David Taylor Model Basin, Report 1705, aug. 1964.

[7] C.F. Wicker.
Economic channels and manoeuvring areas for ships.
Journ. of Waterways, Harb. & Coast. Eng. Div. ASCE, aug. 1971, pp.443-453.

[8] S. Motora en R.B. Cough.
Manoeuvrability of full bodied ships in restricted waters.
Univ. of Michigan, dept. Nav. Arch. and Mar. Eng., sept. 1961.

[9] J.B. McAleer, C.F. Wicker en J.R. Johnston.
Evaluation of present state of knowledge of factors affecting tidal hydraulics and related phenomena, chapter X:
Design of channels for navigation.
Corps of Engineers, U.S. Army, mei 1965.

[10] E.W. Eden.
Vessel controllability in restricted waters.
Journ. of Waterways, Harb. and Coast. Eng. Div., ASCE, aug. 1971.

[11] H. Eda.
Dynamic behaviour of tankers during two-way traffic in channels.
Marine Technology, juli 1973, pp. 254-262.

[12] K. Helm en W. Moeckel.
Einfluss des Wasserquerschnittes von Kanalprofilen aus Absenkung, Vertrimmung und Steuereigenschaften eines grossen Tankschiffes.
Mitt. Hannoverschen Versuchsanst. für Grundbau und Wasserbau, Franzius Inst., 1952, Heft 2.

[13] K. Helm en W. Moeckel.
Model examination on the propulsion and steering performance of a large ore-carrier transiting the Ghent-Terneuzen Canal H.S.V.A., report 1332, aug. 1965.

[14] R.G. Waugh.
Water depths required for ship navigation.
Journ. of Waterw., Harb. and Coast. Div. ASCE, aug. 1971, pp. 455-467.

[15] J.P. Hooft.
De invloed van de waterdiepte op de manoeuvreereigenschappen van schepen.
De Zee, okt. 1974, pp. 247-254.

[16] J.K. in 't Veld.
Duwvaart in kanalen, deel II: verslag onderzoek dwarsprofiel (eerste deel).
Waterloopkundig Laboratorium, rapport M 782, aug. 1966.

|17| Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation.
Proeven met een 100.000 dwt tanker op ondiep water.
Manoeuvreerrapport no. 22, maart 1962.

|18| J. Koster.
Duwvaart in kanalen, deel V: passeermanoeuvres.
Waterloopkundig Laboratorium, rapport M 782.

|19| Rijkswaterstaat, Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging.
Speurwerk schepen in dwarsstroom, deel I: Inventarisatie.
Nota HNO 73/6-12 no. 311.

|20| M.E. El-Ghamry, I.E. Mobarek en A.A. Kadib.
Navigability of super tankers in the Ferdan constriction, Suez Canal.
XXIInd Int. Nav. Congr. PIANC, paper SII-3 part III, 1969.

|21| Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde.
Kanaal Gent-Terneuzen.
Nota S 71.9, mei 1972.

|22| Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation.
Hydro-nautisch onderzoek van de bochtafsnijding bij Bath.
Rapport no. 72 - 0023, okt. 1974, de delen

1 GT	Draaicirkel- en spiraalproeven
3 GTB	Metingen van langskracht, dwarskracht, giermoment en squat
4 GTB	Bepaling evenwichtsroer- en drifthoeken
5 GTB	Passeerproeven
17 MS	Simulatoronderzoek

|23| C. Kooman.
Verruiming Maas-Waalkanaal.
Waterloopkundig Laboratorium, rapport no. R 507, juli 1969.

|24| K. Helm, W. Moeckel en O. Wöltinger.
Ueber die gegenseitige Beeinflussing von Schiffen und Kanälen.
Hansa, 12 sept. 1953, pp. 1535-1543.

[25] Waterloopkundig Laboratorium.
Noordzeekanaal, deel I t/m III.
Rapporten no. M 726 I t/m III, juli 1962-febr. 1965.

[26] Rijkswaterstaat, Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging
Nautische analyse bochtafsnijding bij Bath
Nota HNO 72, nr. 28, april 1972

[27] Optimalisatie van het kanaalprofiel voor de bochtafsnijding op basis van bevaarbare breedte, met behulp van voorlopige resultaten van het nautisch onderzoek (september 1973, zonder verricht simulatie-onderzoek)
Nota HNO 74/20-3/nr. 50

[28] Ship Behaviour in Confined Waters
Proc. Conf. Chamber of Shipping U.K., N.P.C. and N.P.L., jan. 1974

[29] H.H. Nagel
Die Vertiefung der Elbe auf 13,5 m unter K.N.
Binnenschiffahrt und Wasserstrassen, 100, Heft 11, november 1973, pp 498-510

DE KWALITEIT VAN DE VERKEERSAFWIKKELING IN DE ONTWORPEN BOCHTAFSNIJDING IN DE WESTERSCHELDE BIJ BATH

SAMENVATTING EN KONKLUSIE

De bochtafsnijding in de Westerschelde bij Bath is ontworpen omdat de huidige configuratie van het Nauw van Bath voor de scheepvaart onveilig is. Het ontwerp is echter slechts op grond van waterloopkundig onderzoek gedimensioneerd en moet daarom nog op nautische kwaliteiten worden beoordeeld. Daartoe wordt geëist, dat de kwaliteit van de verkeersafwikkeling voor een lange periode (meer dan 30 jaar) ruim voldoende moet zijn en dat de mogelijkheid moet bestaan dat tankers of bulkschepen tot circa 125.000 dwt en derde generatie containerschepen van circa 50.000 dwt Antwerpen veilig kunnen aandoen, in geladen toestand.

Van Belgische zijde is t.b.v. dit onderzoek een prognose opgesteld ten aanzien van de ontwikkelingen in het goederenvervoer dat via de Westerschelde bij Bath zal plaatsvinden, alsmede ten aanzien van de ontwikkelingen in de scheepvaart. Uitgangspunt voor de prognose van het goederenvervoer is de kapaciteit van de bestaande en ontworpen havenbekkens en -terreinen op de rechter Schelde-oever geweest, waaraan enig Schelde-gebonden verkeer voor de linker Schelde-oever is toegevoegd.

Door het Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding is daarenboven gedurende 19 dagen in 1972 een verkeersmeting verricht om de huidige verkeersafwikkeling en de belangrijkste verkeerskenmerken vast te leggen. De invloed van de bochtafsnijding op de verkeersafwikkeling thans en in de verre toekomst kan vanzelfsprekend niet worden gemeten, maar kan wel worden nagebootst door middel van een simulatiemodel. Dit is gedaan voor het verkeer in 1972, zowel in de huidige bocht als in de bochtafsnijding. Bovendien is de verkeersafwikkeling in de bochtafsnijding voor twee prognoses voor de verre toekomst gesimuleerd. Bij de simulaties is het verkeer door middel van een lotingsproces gegenereerd en is de verkeersafwikkeling volkomen vrij verondersteld, d.w.z. zonder spelregels. Ten behoeve van het lotingsproces is de scheepvaart verdeeld in 18 kategorieën op basis van scheepstype en -grootte. Van elke scheepskategorie zijn de belangrijkste kenmerken, zoals het intensiteitspatroon over de dag en het getij, de beladingsgraad en de vaarsnelheden, bij het lotingsproces betrokken geweest. Bij de uitvoering van de simulatie is bovendien met de getij-omstandigheden rekening gehouden. Na afwikkeling van het lotings-

proces zijn de tijdstippen van aankomst van de schepen in het beschouwde vaarweggedeelte bekend en is van elke aankomst bekend van welke kategorie het schip is, of het geladen is of niet en welke vaarsnelheid het schip heeft. Nadat met de stroomsnelheid rekening is gehouden, kan voor elk schip het tijdstip worden berekend waarop dit het beschouwde vaarweggedeelte verlaat. Dit vaarweggedeelte heeft in de huidige toestand een lengte van 8.400 m en in de toekomstige toestand, nadat de bocht is afgesneden, een lengte van 5.200 m. Tenslotte is een tijd-weg-diagram gemaakt van de gehele simulatieduur van meestal 60 dagen, waaruit scheepvaartsituaties zoals ontmoetingen, inhaalmanoeuvres of kombinaties daarvan kunnen worden afgelezen. De gehele simulatie is tot en met het vervaardigen van tijd-weg-diagrammen door de Dienst Informatieverwerking geautomatiseerd en is op een goede werking gekontroleerd. Er heeft een toetsing plaatsgevonden aan de praktijk door een simulatie uit te voeren met de randvoorwaarden zoals ze gemiddeld gedurende de eerder genoemde meting van 19 dagen in 1972 zijn opgetreden. De resultaten kwamen redelijk overeen, hoewel enig verschil toch wel aantoonbaar is.

De meeste simulaties zijn voor een periode van 60 dagen uitgevoerd. Uit de resultaten hiervan is gebleken dat voor de beoordeling van de kwaliteit van de verkeersafwikkeling, bij de optredende verkeersintensiteiten op de Westerschelde, een simulatieduur van 20 dagen voldoende is. Voor de verdere uitwerking van de simulatieresultaten is daaom steeds van een periode van 20 dagen uitgegaan.

Met behulp van literatuurgegevens zijn de uit de simulaties voortgekomen verkeerssituaties vertaald naar de benodigde vaarwegbreedte. Deze vertaling moest echter globaal geschieden omdat blijkt dat veel invloeden nog niet gekwantificeerd zijn en dat schepen zeer individueel kunnen reageren. Voor de volgorde van de verkeerssituaties op benodigde breedte, is daarom een gevoeligheidsanalyse verricht op de verschillende veronderstellingen die bij de vertaling naar breedte zijn gemaakt. Hieruit blijkt dat de volgorde betrekkelijk ongevoelig is voor wijzigingen in de gehanteerde omrekeningsfaktoren.

Vanwege de genoemde onzekerheden bij het bepalen van de breedte is aanvullend een beoordeling door praktijkdeskundigen verricht. Daarbij is uitgegaan van de huidige configuratie bij Bath of van het ontwerp voor de bochtafsnijding. Bij de beoordeling kon slechts worden aangegeven of het in nautisch opzicht wel of niet toelaatbaar is dat de te beoordelen verkeerssituaties optreden, vooral met het oog op de beperkingen van het dwarsprofiel.

Uit de aldus verkregen resultaten blijkt dat het dwarsprofiel van de ontworpen bochtafsnijding voldoende ruim is voor een veilige en vlotte verkeersafwikkeling gedurende de eerstkomende decennia. Door de vaarweggebruikers behoeft naar verwachting, op lange termijn gemiddeld minder dan éénmaal per dag snelheid te worden geminderd om "ontoelaatbare" verkeerssituaties te voorkomen. Tijdverliezen treden daarbij nauwelijks op en er wordt door het overige verkeer zelden hinder van ondervonden. Bovendien kunnen alle op lange termijn verwachte scheepstypen en -grootten in de ontworpen bochtafsnijding veilig varen, mits goed zeemanschap wordt betoond. Een verdere vergroting van het dwarsprofiel zal, gezien het voorgaande, nauwelijks een bijdrage leveren tot verbetering van de kwaliteit van de verkeersafwikkeling. Bovendien moet worden bedacht dat een ruim dwarsprofiel niet voldoende is om een goede kwaliteit van de verkeersafwikkeling te verkrijgen. Bij het huidige Nauw van Bath vormt het dwarsprofiel, afgezien van de beperkingen in diepgang ter hoogte van de drempels, nauwelijks een hinderpaal bij de verkeersafwikkeling en toch is het Nauw van Bath onveilig. Dit komt o.a. omdat daar door de kleine bochtstraal, de grote tangenthoek en door onverwachte dwarsstromingen de vaarweggebruiker gemakkelijk vergissingen maakt. De ontworpen bochtafsnijding zal hierin een belangrijke verbetering brengen.

Gekonkludeerd wordt, dat het ontwerp van de bochtafsnijding van Bath aan hoge standaarden met betrekking tot de nautische kwaliteit voldoet en geen aanvullende aanpassingen behoeft.

Een vergelijking van het dwarsprofiel van de bochtafsnijding bij Bath met dat van de Rotterdamse Waterweg (even benedenstrooms van Maasssluis), de Elbe (op enkele kilometers benedenstrooms van Hamburg), toont dat de natte dwarsprofielen uit het oogpunt van verkeersafwikkeling kwalitatief aan elkaar gelijkwaardig zijn. Daarbij lijkt het natte dwarsprofiel van de Rotterdamse Waterweg veel op dat van de ontworpen bochtafsnijding, zij het dat in de Rotterdamse Waterweg kribben de beschikbare breedte beperken. Bovendien verwerkt de Rotterdamse Waterweg thans zonder al te veel problemen circa tweemaal zoveel schepen als de Westerschelde thans, waaronder grote tankers en derde generatie containerschepen. De konklusie dat de ontworpen bochtafsnijding tot in de verre toekomst een veilige vaart mogelijk maakt wordt hierdoor bevestigd.

De overlaat die bovenstrooms van de bochtafsnijding is ontworpen, veroorzaakt een dwarsstroom in de ervoor langs lopende vaargeul. Deze dwarsstroom zou hinder kunnen opleveren voor de vaart van of naar de sluis te Zandvliet. Deze schepen varen (nog) langzaam, waardoor de dwarsstroom van grote invloed kan zijn. Een nader onderzoek hiernaar wordt aanbevolen, waarbij eventueel ook gekeken zou kunnen worden naar de vereiste sleepbootassistentie.

1. INLEIDING

1.1. Algemeen

De verbinding tussen de havens van Antwerpen en de zee wordt gevormd door het Westerschelde-estuarium, dat uit een nauwelijks gereguleerd stelsel van platen en geulen bestaat en naar het oosten toe steeds smaller wordt (zie fig. 1). Enkele kilometers benedenstrooms van de sluis te Zandvliet ligt thans het Nauw van Bath, een vaargeul met een bocht over 126° met een bochtstraal van circa 1.400 m in de as van het vaarwater. In deze bocht is de vaargeul zeer diep en tenminste 400 m breed. Boven- en benedenstrooms van de bocht bevinden zich drempels op de bodem en is het vaarwater bovendien smaller (fig. 2). Hierdoor moeten schepen met een relatief grote diepgang een nauwkeurig vaarschema aanhouden om niet de bodem te raken. De scheepvaart moet bovendien in het Nauw van Bath steeds rekening houden met wisselende dwarsstromingen, die in sommige fasen van het getij rond 2 m/s kunnen bedragen, waarbij in het verleden extremen tot 3,5 m/s zijn opgetreden.

Als gevolg van de hiervoor beschreven kenmerken is het Nauw van Bath onveilig gebleken: er hebben zich veel scheepsongevallen voorgedaan. Andere onveilige punten van de Westerschelde zijn: de rede van Vlissingen, de vaargeul nabij de haveningang van Terneuzen, de bocht bij Hansweert en de bocht bij Walsoorden. Er zijn plannen opgesteld de vaarweg bij Bath te verbeteren door middel van een bochtafsnijding. Het ontwerp, dat op grond van waterloopkundige proeven en planologische overwegingen tot stand is gekomen, voorziet in een vaarweg met een bodembreedte van circa 370 m, een gemiddelde waterdiepte van 14,7 m en een bochtstraal van 3.000 m in de as van het vaarwater. De bochtafsnijding zal door dammen worden begrensd (zie figuur 2).

De Dienst Verkeerskunde is op 20 juni 1972 door het voormalige Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding (thans Afdeling Waterbouwkundige Werken-Oost) van de Deltadienst mondeling gevraagd een oordeel te geven over de kwaliteit van de toekomstige verkeersafwikkeling in de ontworpen bochtafsnijding en te adviseren omtrent eventueel noodzakelijke verbeteringen van het ontwerp.

1.2. Wijze van onderzoek.

Om de toekomstige verkeersafwikkeling in de bochtafsnijding te kunnen beoordelen, is een onderzoek ingesteld dat de volgende onderdelen omvatte:

a. De huidige verkeerskenmerken (o.a. scheepstypen, -grootten, intensiteitspatroon, vaarsnelheden, beladingsgraad, tijvaart).
b. Het karakter van de huidige verkeersafwikkeling.
c. Toekomstverwachtingen voor de scheepvaartintensiteit en de verkeerskenmerken.
d. Het karakter van de toekomstige verkeersafwikkeling.
e. De afleiding van kriteria om de kwaliteit van de verkeersafwikkeling te kunnen beoordelen (veiligheid en vlotheid)
f. Het beoordelen van de toekomstige verkeersafwikkeling in de ontworpen bochtafsnijding.
g. Een beoordeling van de ontworpen bochtafsnijding op basis van vergelijking met andere zeevaartwegen.

Ten behoeve van de onderdelen a en b zijn waarnemingen verricht; voor onderdeel c is van Belgische zijde een prognose opgesteld; voor onderdeel d zijn verkeerssimulaties uitgevoerd met behulp van een mathematisch model; voor de onderdelen f en g is een beknopt literatuuronderzoek gedaan; voor onderdeel f zijn bovendien praktijkdeskundigen geraadpleegd.

De binnenvaart is bij het onderzoek buiten beschouwing gebleven. Als gevolg van in september 1975 geopende Schelde-Rijnverbinding zal de verkeersintensiteit van de binnenvaart op de Schelde bij Bath aanzienlijk dalen en hoofdzakelijk uit "hoefijzervaart" (Antwerpen-Gent v.v.) bestaan. Bovendien zal er boven de taluds voldoende ruimte zijn voor de binnenschepen (geringe diepgang), zodat, indien goed zeemanschap wordt betoond, er geen sprake hoeft te zijn van ongewenste interakties van zee- en binnenvaart.

2. PROGNOSE SCHEEPVAARTVERKEER

2.1. Algemeen

Vanwege de hoge kosten die de aanleg van de ontworpen bochtverbetering met zich mee zal brengen, zal in de bochtafsnijding gedurende een lange tijd (meer dan 30 jaar) een goede kwaliteit van de verkeersafwikkeling gewaarborgd moeten zijn. Voor het beoordelen van de kwaliteit van de verkeersafwikkeling moet over een prognose van het toekomstige verkeer en van de verkeerskenmerken voor een dergelijke termijn worden beschikt. Hierbij moet van de huidige toestand worden uitgegaan. Daarbij is de kennis van de verkeersintensiteiten ontleend aan de verkeersstatistieken van de haven van Antwerpen [1] en is de kennis van de overige verkeerskenmerken en de verkeersafwikkeling ontleend aan een door de opdrachtgever gehouden verkeersmeting bij Bath gedurende de periode 15 t/m 21 april, 26 april t/m 2 mei, 8 mei en 11 t/m 14 mei in 1972.

2.2. Prognose van het goederenvervoer in de vaargeul bij Bath.

Door de betrokken Belgische instanties is t.b.v. dit onderzoek een voorlopige prognose opgesteld van het goederenvervoer door de vaargeul bij Bath, waarbij van het volgende is uitgegaan [2]:

a. Alle goederenvervoer per zeeschip van en naar de havens aan de rechter Schelde-oever gaat via Bath.
b. Alle goederenvervoer per zeeschip van en naar bedrijven aan de linker Schelde-oever die laad- en losinstallaties aan de Schelde hebben, gaat via Bath.
c. De omvang van het vervoer per zeeschip van ruwe olie blijft konstant op 10 miljoen ton/jaar (gevolg van transport per pijpleiding).

Bij de raming van het onder a genoemde goederenvervoer is uitgegaan van de uitbreidingsmogelijkheden van reeds gevestigde bedrijven, de kapaciteit van overige nog niet benutte terreinen en de kapaciteit van nieuw te bouwen havendokken. Een onzekere faktor vormen hierbij de overslagbedrijven, die met relatief kleine haventerreinen grote goederenstromen kunnen verwerken. Ten opzichte van het goederenvervoer dat in 1972 plaatsvond,

1) Zie brief kenmerk 1611 d.d. 27 april 1973 van het Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding.
2) Zie brief kenmerk WN2/2225 d.d. 30 augustus 1973 van de Hoofdingenieur-Direkteur van Bruggen en Wegen (België) aan het Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding.

worden op de rechter Schelde-oever uiteindelijk de volgende uitbreidingen verwacht:

- goederenvervoer via de bestaande dokken (t.g.v. overslag): 10 milj.ton/jaar
- grondstoffen- en produktenvervoer (uitbreiding industrie): 18 milj.ton/jaar
- goederenvervoer door de aanleg van het 9e havendok : 7 milj.ton/jaar

Totaal : 35 milj.ton/jaar

In 1972 bedroeg het goederenvervoer van en naar Antwerpen 67 miljoen ton, zodat naar de havens aan de rechter Schelde-oever het vervoer uiteindelijk 102 miljoen ton/jaar zal gaan bedragen. Het Schelde-gebonden goederenvervoer van en naar de linker Schelde-oever wordt op 12 miljoen ton/jaar geschat, zodat door de vaargeul bij Bath uiteindelijk een goederenstroom van of naar Antwerpen met een gewicht van 114 miljoen ton/jaar wordt verwacht. Deze vervoersomvang zal waarschijnlijk pas op lange termijn (30 jaar of meer) worden bereikt en vervolgens nauwelijks meer toenemen (figuur 4).

2.3. Prognose scheepvaartverkeer.

De zeeschepen kennen een grote variëteit in o.a. type, afmetingen, type van voortstuwing en manoeuvreereigenschappen. Hierdoor kan het gedrag van de schepen in het verkeer zeer uiteenlopen. De grote variëteit is ten behoeve van de overzichtelijkheid vereenvoudigd tot slechts 18 kategorieën schepen (zie tabel 1). Er is een hoofdindeling in drie scheepstypen, nl. containerschepen, tank- of bulkschepen en konventionele vrachtschepen. Elk van deze drie typen is verder in de volgende 6 draagvermogenklassen onderverdeeld:

- minder dan 1.000 dwt
- 1.000 - 6.000 dwt
- 6.000 - 12.000 dwt
- 12.000 - 25.000 dwt
- 25.000 - 50.000 dwt
- 50.000 en meer.

De draagvermogenklassen zijn zo gekozen dat het verkeersgedrag van de schepen binnen de klassegrenzen in het algemeen geen grote verschillen te zien zal geven; per klasse zal verder met een representatief standaardschip worden gewerkt (zie tabel 1).

Op basis van de ontwikkelingen in het verleden en de opgestelde prognoses van het goederenvervoer, is door de betrokken Belgische instanties t.b.v. dit onderzoek een schatting gemaakt van de verkeersintensiteit per kategorie schip die op lange termijn (meer dan 30 jaar) kan worden verwacht

(zie tabel 2 en figuur 5). Daarbij is ervan uitgegaan dat de beladingsgraad per scheepskategorie niet zal veranderen; gemiddeld wordt er voor het vervoer van 1 ton lading 2,15 dwt gebruikt.

Vanwege de onzekerheid in de ontwikkelingen in de scheepvaart en scheepsbouw is er een tweede lange-termijn-prognose opgesteld. Hierbij is er van de extreme mogelijkheid uitgegaan dat alle scheepvaart geschiedt met schepen van 50.000 dwt of meer (zie tabel 2). Deze prognose is geen echte prognose in de zin dat met de verwerkelijking ervan ernstig rekening moet worden gehouden, maar dient alleen om de gevoeligheid van de resultaten van het onderzoek nader te onderzoeken m.a.w. deze prognose heeft alleen een theoretische betekenis.

2.4. Prognose van de tijvaart.

Onder tijvaart wordt die scheepvaart verstaan, die in verband met de diepgang bij het opstellen van het vaarschema met het getij rekening moet houden. Enigszins arbitrair is gesteld dat dit geldt voor schepen met een diepgang van 9,15 m (30') of meer. Tijdens de 19 dagen durende meting van 1972 was dat voor 5,6% van alle schepen in opvaart en voor 3,8% van alle schepen in afvaart het geval (zie bijlage 1 tabel 2). Deze percentages zijn aan de hoge kant omdat tijdens de meting de verkeersintensiteit aanzienlijk (circa 27%) lager was dan gemiddeld in 1972, waarbij voornamelijk de kleinere schepen minder voorkwamen dan gemiddeld het geval was. Per onderscheiden kategorie schip zullen de waargenomen percentages tijschepen echter naar alle waarschijnlijkheid een goede overeenkomst vertonen met de gemiddelde percentages op jaarbasis, behalve in die gevallen waarbij de kategorie slechts enkele schepen omvatte. Hiervoor is een gemiddeld percentage op jaarbasis geschat. De geschatte percentages tijschepen op jaarbasis in 1972 zijn in tabel 3 vermeld.

In de toekomst zal er met de schaalvergroting waarschijnlijk ook per draagvermogenklasse wel een tendens naar grotere schepen en dus naar een toeneming van het aandeel van de tijvaart zijn. Door de verlaging van de drempels in de bodem van de Westerschelde zal het aandeel van de tijvaart daarentegen weer afnemen. Aangenomen is daarom, dat in de toekomst het aandeel van de tijvaart per kategorie schip niet zal veranderen ten opzichte van de toestand in 1972. Dit betekent dat, als gevolg van het steeds meer voorkomen van grote schepen, het aandeel van de tijvaart in de totale vaart

op de lange duur (30 jaar of meer) in opvaart zal zijn toegenomen tot 8,4% en in afvaart tot 9,0%. De grote stijging van het aandeel van de tijvaart in afvaart ten opzichte van die in opvaart is te wijten aan de verwachte grote toeneming van de vaart met vrachtschepen van 12.000-25.000 dwt (kategorie 16) Deze schepen blijken vooral in afvaart vaak tijschepen te zijn.

2.5. Variatie van de verkeersintensiteit.

2.5.1. Variatie van de weekintensiteit.

De weekintensiteiten kunnen, behalve door het toeval, ook door andere oorzaken variëren, zoals bijvoorbeeld door seizoeninvloeden. Uit een overzicht van maandstatistieken over de periode 1968 t/m 1971 (een periode waarin de verkeersintensiteit per jaar nagenoeg konstant is) blijkt dat er van seizoeninvloeden geen sprake is (zie figuur 6). Incidentele verstoringen als stakingen e.d. daargelaten, bedraagt de weekintensiteit gemiddeld dus 1/52 van de jaarintensiteit. Er is vooralsnog geen reden aan te nemen dat dit in de toekomst zal veranderen.

2.5.2. Variatie dagintensiteiten over de week.

Vooral onder invloed van werktijden kan de gemiddelde intensiteit per dag van de week variëren. Bovendien blijft vanzelfsprekend de variatie afkomstig van toevallige oorzaken. Uit een overzicht van dagintensiteiten in de drukste maanden van de periode 1968 t/m 1971 blijkt dat in opvaart de maandag en in afvaart de zondag en de maandag gemiddeld duidelijk minder druk zijn dan de overige dagen (figuur 6). Binnen de periode dinsdag t/m zaterdag is donderdag gemiddeld het drukst, hoewel de verschillen in dagintensiteit betrekkelijk klein zijn. Gemiddeld is in deze periode van 5 dagen de dagintensiteit in opvaart 14,7% en die in afvaart 16,0% van de weekintensiteit. Dit komt dan overeen met 2,83 °/oo respektievelijk 3,08 °/oo van de jaarintensiteit (zie par. 3.5.1).

De huidige tendens naar grotere schepen en korter oponthoud in de havens zal zich ook in de toekomst wel voortzetten, zodat er waarschijnlijk binnen de week minder variatie ten gevolge van werktijden zal komen. Er is bij de prognoses hierin echter, veiligheidshalve, geen verandering verondersteld, zodat de "maatgevende" dagintensiteit in opvaart gemiddeld 2,83 °/oo van de jaarintensiteit zal bedragen en die in afvaart 3,08 °/oo.

2.5.3. Variatie uurintensiteit over een dag.

Door de invloed van allerlei faktoren zoals werktijden (ook in andere havens), sluisbedrijf, enz., variëert de gemiddelde intensiteit van niet-tijgebonden scheepvaart van uur tot uur binnen een dag. Uit gegevens van vooral de meting in 1972 (bijlage 1), maar ook uit telgegevens van Antwerpen voor de drukste dagen in de periode 1968 t/m 1971, kan de variatie van de uurintensiteit per scheepskategorie worden gekwantificeerd. Omdat de gegevens op een toch maar beperkte periode betrekking hebben, dragen ze het karakter van een steekproef. Gebleken is dat er in opvaart de uur-intensiteiten relatief gelijkmatig over de dag verdeeld zijn, waarbij er nauwelijks pieken optreden (tabel 4); er is daarbij geen verschil tussen de verschillende kategorieën van schepen. In afvaart blijken de tankers gemiddeld eveneens een betrekkelijk gelijkmatige spreiding van de intensiteit over de dag te hebben, maar tonen de gemiddelde uurintensiteiten van containerschepen en vrachtschepen tussen 16 en 21 uur een piek. Dit geldt zelfs voor de grootste schepen (tabel 4). Zoals in par. 2.5.2 reeds is aangegeven, is het eigenlijk te verwachten dat het intensiteitspatroon wat gelijkmatiger zal worden. Veiligheidshalve is echter verondersteld dat dit in de toekomst geen verandering ondergaat.

2.5.4. Variatie van de uurintensiteiten binnen een getij.

De schepen die met het getij rekening moeten houden behoeven dat niet alle in dezelfde mate te doen: de diepgang van deze schepen variëert thans van 9,15 m (30') tot circa 12,80 m (42'). Uit de resultaten van de meting in 1972 (bijlage 1) blijkt, dat het zwaartepunt van de tijvaart in opvaart in het algemeen in het uur vóór H.W. ligt en in afvaart meer in het uur na H.W., de kleinere schepen uitgezonderd (tabel 5). De spreiding van het voorkomen van de schepen rond H.W. neemt af bij toenemende scheepsgrootte.

Aangezien de bochtafsnijding over een lange periode het verkeer moet kunnen verwerken, is een eventuele verlaging van de drempels in de Westerschelde bij dit onderzoek niet bij voorbaat uitgesloten. Dan zouden schepen met grotere diepgangen dan thans gebruikelijk kunnen gaan voorkomen, tot max. 14 m (45' à 46'). Deze schepen zullen dan echter slechts in een korte tijd rond H.W. kunnen varen [26]. Wanneer er sprake zou zijn van een eventuele verlaging van de drempels, kan als gevolg van deze verlaging de overige tijvaart daarbij een ruimere periode rond H.W. gebruiken dan in de huidige toestand. Aangenomen is dat voor de grootste schepen, die nu

nog niet volledig afgeladen kunnen varen, het intensiteitspatroon rond H.W. in de toekomst, ook in het geval van een eventuele verlaging van de drempels, niet zal verschillen van het huidige. Veiligheidshalve is deze veronderstelling ook voor de kleinere tijschepen gedaan. Samengevat: aangenomen is dat het intensiteitspatroon van de tijschepen rond H.W. in de toekomst hetzelfde zal zijn als dat in 1972 het geval was; schepen van kategorie 6, 12 of 18 (50.000 dwt of meer) zullen in afgeladen toestand alleen rond H.W. kunnen varen (tabel 5).

2.6. Aandeel van de geladen schepen.

In het onderzoek zal slechts onderscheid worden gemaakt tussen geladen schepen en niet-geladen schepen (geladen schepen worden gerekend te zijn voor 100% geladen en niet-geladen schepen voor 20% (ballast)). In de praktijk komt echter een grote verscheidenheid in de beladingsgraad van de schepen voor. Een schip wordt dan als "geladen" aangemerkt, wanneer het voor 60% of meer geladen is. Het aandeel van de geladen schepen in de scheepvaart is aldus bepaald uit de resultaten van de meting in 1972 (bijlage 1). Per scheepskategorie blijkt het aandeel van de geladen schepen onderling sterk te verschillen en is het in opvaart anders dan in afvaart. Schepen die op het getij moeten varen zijn uiteraard vrijwel altijd geladen. Een aantal scheepskategorieën is tijdens de meting van 1972 zo weinig voorgekomen dat de resultaten van de meting hiervoor niet als representatief voor het jaar 1972 kunnen gelden. Daarom is het aandeel van de geladen schepen voor deze kategorieën geschat. De schatting van het aandeel van de geladen schepen in 1972 is samengevat in tabel 6. Aangenomen is dat er per scheepskategorie in de toekomst geen veranderingen zullen optreden.

2.7. Vaarsnelheden.

Tijdens de verkeersmeting in 1972 is over een circa 8.400 m lang trajekt, dat ongeveer ligt tussen de aansluitingspunten van de ontworpen bochtafsnijding, de vaartijd gemeten (figuur 2). Hieruit zijn de scheepssnelheden ten opzichte van de wal afgeleid, die, vanwege de globale tijdmeting op hele minuten, niet erg nauwkeurig zijn.

Omdat het scheepsgedrag voor een belangrijk deel van de snelheden ten opzichte van het water afhangt, zijn deze berekend uit de snelheden ten

opzichte van de wal door met de stroomsnelheid te korrigeren die op het betreffende tijdstip gemiddeld over het trajekt aanwezig was. De aldus verkregen vaarsnelheden zijn per kategorie schip gerangschikt (bijlage 1). Er blijkt nauwelijks verschil te zijn tussen geladen en ongeladen schepen en in het geheel niet tussen tijgebonden en niet tijgebonden schepen. Wel is onderscheid gemaakt tussen opvaart en afvaart. De vaarsnelheden blijken (per kategorie) een "normale" kansdichtheidsverdeling te hebben, die zeker in de praktijk zowel aan de maximum als minimum zijde begrensd is. Zonder verder onderscheid in kategorieën te maken is de min. snelheid ten opzichte van water op 4 kn gesteld (in verband met manoeuvreerbaarheid) en de maximum snelheid ten opzicht van het water op 20 kn. Van de schepen die thans weinig voorkomen (i.c. de kategorieën 2, 3, 5, 12 en 17) zijn onvoldoende gegevens beschikbaar, zodat de gemiddelde vaarsnelheden en de standaardafwijkingen hiervoor zo goed mogelijk zijn geschat.

Aangenomen is, dat er zich in de toekomst in de vaarsnelheden van de nu reeds voorkomende scheepskategorieën geen veranderingen zullen voordoen, met uitzondering van containerschepen van 25.000 - 50.000 dwt (kategorie 5). De gemiddelde vaarsnelheid van schepen in deze kategorie zal beïnvloed worden door de komst van derde generatie containerschepen op de Westerschelde. Deze schepen zijn uitgerust met een voortstuwingsinstallatie, gewoonlijk turbines, die een zeer groot vermogen kunnen ontwikkelen. Hierdoor kan de vaarsnelheid in open zee groot zijn; de manoeuvreermogelijkheden zijn dan echter gering. Daarom worden op deze schepen voordat een haven wordt aangelopen reeds op zee de ketels van kleinere branders voorzien, waarbij manoeuvreren wel goed mogelijk is. Hierdoor wordt de maximum vaarsnelheid voor dit soort schepen echter op onbeperkt breed en diep water tot ca. 13 à 18 kn teruggebracht. In opvaart maken sleepboten bij dergelijke schepen reeds in het Nauw van Bath vast, waartoe de vaarsnelheid wordt teruggebracht. Opdat de resultaten van dit onderzoek de werkelijkheid niet te gunstig zullen voorstellen, is er ondanks het voorgaande van uitgegaan dat de derde generatie containerschepen in het Nauw van Bath een wat hogere vaarsnelheid zullen hebben dan de tweede generatie containerschepen thans. Om dezelfde reden is ervan uitgegaan dan nu nog niet bestaande, maar in de toekomst wellicht voorkomende schepen van kategorie 6 en 18 in verband met de grote afhankelijkheid van

het getij waarschijnlijk een zo groot mogelijke vaarsnelheid zullen verkiezen [26]. In opvaart is de gemiddelde vaarsnelheid voor deze schepen op 15 kn en in afvaart op 17 kn gesteld, waarbij overigens de vraag of er met deze snelheden veilig gevaren kan worden, onbeantwoord is gebleven.

De aldus vastgestelde gemiddelde vaarsnelheden en de standaardafwijkingen voor elke scheepskategorie zijn vermeld in tabel 7 en gelden zowel voor het verkeer in 1972, voorzover de betreffende scheepskategorie voorkomt, als voor de toekomst.

3. VERKEERSSIMULATIE.

3.1. Verkeerssituaties als basis voor de beoordeling van het ruimtebeslag

Een van de eisen waaraan de ontworpen bochtafsnijding zal moeten voldoen, is dat deze voldoende ruimte zal bieden voor een veilige en vlotte verkeersafwikkeling. De voor de verkeersafwikkeling benodigde ruimte zal afhangen van de verkeersdichtheden die tijdens het afwikkelen van het verkeer voorkomen en zal ook afhangen van de verkeerssituaties die daarbij optreden.

> *Een verkeerssituatie omvat tenminste twee of meer schepen en treedt op wanneer tenminste een van de betrokken schepen niet in de as van de vaarweg kan varen vanwege de aanwezigheid van een ander schip of andere schepen.*

Voorbeeld van een verkeerssituatie is een ontmoeting of een inhaalmanoeuvre. Het vaststellen van de voor de verkeersafwikkeling benodigde ruimte op basis van verkeersdichtheden en verkeerssituaties roept echter praktische moeilijkheden op. Rond de schepen kunnen bijvoorbeeld gebieden worden vastgesteld die tijdens de verkeersafwikkeling vergelijkbare gebieden rond andere schepen niet mogen overlappen. Deze methode is voor ruimer water dan het Nauw van Bath reeds toegepast [1] en zal ook ten behoeve van het onderzoek voor de nieuwe walradarketen langs de Nieuwe Rotterdamsche Waterweg worden toegepast. De afmetingen van de gebieden rond de schepen zijn echter niet alleen afhankelijk van de omstandigheden in het verkeer, maar zijn bovendien voor elke vaarweg anders, zodat langdurig onderzoek nodig is om de grootte en de vorm van de gebieden enigszins betrouwbaar vast te stellen. Daarom wordt de voor de veilige verkeersafwikkeling benodigde ruimte achteraf vastgesteld door een beoordeling op ruimtebeslag van de tijdens de verkeersafwikkeling optredende verkeerssituaties Of bij een gegeven vaarwegbreedte ook een vlotte verkeersafwikkeling mogelijk is kan worden vastgesteld door te bezien of het stellen van enkele regels als bijvoorbeeld een tijdelijk niet oplopen om sommige "onveilige" verkeerssituaties te vermijden, ook vertragingen voor de overige scheepvaart met zich meebrengt.

3.2. Opzet verkeerssimulatie.

Een inzicht in de verkeersafwikkeling in de nog niet bestaande bochtafsnijding kan alleen worden verkregen door middel van een simulatie van de verkeersafwikkeling. Hetzelfde geldt voor het verkeersaanbod in de toekomst: een gemeten verkeersaanbod (met aankomsttijden, scheepskenmerken, waterstanden, enz. enz.) bestaat hiervoor niet. Voor een nabootsing van het verkeersaanbod en de afwikkeling van dat verkeer is een wiskundig model ontworpen. Daarbij wordt slechts een beperkte lengte van de vaarweg beschouwd, waarbij de grenzen van het vaarweggedeelte gelijk zijn aan de grenzen die in 1972 bij de verkeersmeting zijn aangehouden (de raaien A en B in figuur 2). De lengte van het vaarweggedeelte is dan in de huidige situatie 8400 m en voor de ontworpen bochtafsnijding 5200 m.

Aan de benedenstroomse grens wordt het opvarende scheepvaartverkeer gegenereerd en aan de bovenstroomse grens het afvarende verkeer. Bij de verkeersgeneratie wordt uitgegaan van de in hoofdstuk 3 genoemde gemiddelde verkeersintensiteiten, beladingstoestanden en vaarsnelheden voor de onderscheiden scheepscategorieën (zie tabel 1 en tabel 3 t/m 7). De hiervoor genoemde verkeerskenmerken zullen in werkelijkheid van tijd tot tijd van het gemiddelde afwijken. Deze afwijkingen zijn gewoonlijk niet systematisch, zodat ze aan het "toeval" kunnen worden toegeschreven. De verkeersgeneratie moet daarom bestaan uit een aantal lotingsprocessen (Monte-Carlo-methode), waarbij het volgende is aangenomen:

- De tijdsintervallen tussen de aankomsten van de schepen hebben zowel in opvaart (naar Antwerpen) als in afvaart (naar zee) een negatief exponentiële kansdichtheidsverdeling. Dit betekent in de praktijk dat een volkomen vrij verkeer is verondersteld, waarop geen andere dan toevallige invloeden werken. Samenhangend met de uurintensiteit (zie tabel 4), kan het gemiddelde tijdsinterval tussen de aankomsten van uur tot uur anders zijn.
- De kansdichtheidsverdeling van de vaarsnelheden is "normaal" (Gauss), waarbij de ondergrens op 4 kn en de bovengrens op 20 kn ten opzichte van het water is gesteld (zie par. 3.7).

De afwikkeling van het verkeer is geschematiseerd tot de eenvoudigst denkbare: alle schepen behouden tijdens hun verblijf in het beschouwde vaarweggedeelte de vaarsnelheid die zij bij de aankomst hadden. Dit betekent dat er bij de simulatie van de verkeersafwikkeling geen rekening is gehouden met het menselijk gedrag, inklusief het goede zeemanschap. Dit is vooral gedaan omdat menselijke gedragingen nauwelijks mathematisch zijn vast te leggen. Ook de procedures behorende bij het vastmaken van sleepboten voor grote opvarende schepen is eenvoudigheidshalve buiten dit onderzoek gelaten. Bij de simulatie van het verkeersgebeuren is steeds met een gemiddeld getij gerekend, waarbij steeds de gemiddelde dagelijkse verschuiving van het tijdstip van H.W. optreedt (zie figuur 3).
De simulatie verloopt dan in grote trekken als volgt:

1. Generatie van aankomsttijden van schepen op basis van een negatief exponentiële verdeling, zowel voor de opvaart als voor de afvaart.
2. Voor elk aankomsttijdstip loting van de scheepskategorie uit de vlootsamenstelling.
3. Loting van de beladingstoestand (= geladen of in ballast) van elk onder 2 aangekomen schip.
4. Bepaling van de vaarsnelheid ten opzichte van water door loting uit een normale kansverdeling.
5. Berekening van de vaarsnelheid ten opzichte van de wal door toepassing van een korrektie voor het horizontale getij op het moment van aankomst van het schip.
6. Berekening van de tijdstippen waarop de schepen het beschouwde vaarweggedeelte verlaten.
7. Vastleggen van de verkeersafwikkeling in een tijd-weg-diagram (zie figuur 7),

De verkeerssimulatie is geheel geautomatiseerd, waarvoor de Dienst Informatieverwerking de systeemanalyse, programmatuur en uitvoering heeft verzorgd.

3.3. Vaststellen verkeerssituaties uit de tijd-weg-diagrammen.

Uit de getekende tijd-weg-diagrammen kunnen verkeerssituaties waarbij slechts twee schepen betrokken zijn, snel worden overzien. Moeilijker wordt het wanneer drie of meer schepen bij eenzelfde verkeerssituatie zijn betrokken: het komt zelden voor dat in het tijd-weg-diagram drie of meer

lijnen elkaar in precies hetzelfde punt snijden. Het is dus noodzakelijk vast te stellen op welke afstand(en) de snijpunten kunnen liggen, willen ze tot eenzelfde verkeerssituatie behoren. Dit geldt met name voor de inhaalmanoeuvres of kombinaties daarvan. Een inhalend schip zal zijn vaarbaan reeds op enige afstand van het ingehaalde schip wijzigen en, nadat is ingehaald, pas weer in zijn oorspronkelijke vaarbaan terugkeren nadat er tussen beide schepen een veilige afstand is. Vanaf het moment dat het inhalende schip zijn vaarbaan wijzigt tot het moment dat het weer in de oorspronkelijke baan terug is, heeft het een grotere afstand afgelegd dan het ingehaalde schip. Wanneer beide betrokken schepen kustvaarders zijn, zal de extra afgelegde afstand naar schatting 150 m bedragen; wanneer beide schepen zeer groot zijn (kategorie 6, 12 of 18) zal de extra afstand circa 1.500 m bedragen. De tijd die nodig is om deze extra afstand af te leggen hangt af van het snelheidsverschil tussen beide schepen. Dat zal in de regel zelden minder zijn dan 1 kn (0,5 m/s), terwijl verschillen van 2 kn (1 m/s) regelmatig optreden. Gemiddeld zal de tijdsduur van de inhaalmanoeuvre ruwweg 900 sec. bedragen. Dit is gelijk aan de gemiddelde verblijfstijd van de schepen in de ontworpen bochtafsnijding (lengte vaarweggedeelte 5.200 m en een gemiddelde vaarsnelheid van 12 kn). De uitwerking in verkeerssituaties van het tijd-weg-diagram van simulaties van het verkeer in de ontworpen bochtafsnijding is daarom eenvoudigheidshalve naar het volgende schema uitgevoerd:

Wanneer op de randen van het beschouwde vaarweggedeelte (lengte 5.200 m) of ergens daarbinnen, lijnen van het tijd-weg-diagram elkaar snijden, wordt aangenomen dat de verkeerssituatie voortduurt gedurende de tijd dat alle betrokken schepen tegelijk in het vaarweggedeelte aanwezig zijn. Vallen de snijpunten in het tijd-weg-diagram buiten het beschouwde vaarweggedeelte, dan wordt de betreffende ontmoeting of oploopmanoeuvre voltooid geacht bij het binnenvaren van het vaarweggedeelte, of geacht pas buiten het beschouwde vaarweggedeelte te worden ingezet. Met wat buiten het vaarweggedeelte gebeurt in het tijd-weg-diagram wordt dus geen rekening gehouden. Hierdoor zullen de resultaten die met behulp van de boven beschreven methode zijn bereikt, waarschijnlijk niet veel afwijken van die volgens een "realistischer" methode.

Terwille van de eenvoud is de beschreven uitwerkmethode ook toegepast voor het beschouwde vaarweggedeelte van 8.400 m in de huidige bocht bij

Bath. Eigenlijk hadden hier om een goede vergelijking met de ontworpen bochtafsnijding mogelijk te maken, de verkeerssituaties in 2 aaneengesloten vaarweggedeelten van 5.200 m moeten worden geregistreerd. De thans gevolgde methode zal enerzijds tot wat minder verkeerssituaties leiden, anderzijds zullen de geregistreerde verkeerssituaties gemiddeld meer schepen omvatten. Verwacht wordt echter dat de afwijkingen niet groot zullen zijn.

Een voorbeeld van de wijze van verwerking is gegeven in figuur 7,

3.4. Kontrole van het simulatiemodel op goede werking.

De uitkomsten van het simulatiemodel bestaan, behalve uit het getekende tijd-weg-diagram, uit tabellen waarin per kategorie schip, gescheiden in op- en afvaart, het volgende is aangegeven:

- Aantallen schepen per gesimuleerde dag.
- Gemiddelde, tijdens de simulatieperiode opgetreden, uurintensiteiten voor elk uur van de dag.
- Gemiddeld percentage geladen schepen dat tijdens de simulatieperiode is gegenereerd.
- Frekwentieverdeling van vaarsnelheden die tijdens de simulatieperiode zijn opgetreden.

Met behulp van deze resultaten is de goede werking van het lotingsproces gekontroleerd door middel van statistische toetsingen ervan met de ingevoerde gemiddelden. Daarbij is gebleken dat er geen enkele reden is om te veronderstellen dat het lotingsproces niet goed zou werken.

3.5. Toetsing van het simulatiemodel.

A. Kansdichtheidsverdeling tijdsintervallen aankomsten schepen.

Aangenomen is dat de kansdichtheidsverdeling van de tijdsintervallen tussen de aankomsten van de schepen negatief exponentiëel is. Dit betekent een volkomen "vrij" verkeer. Is er in opvaart geen reden hieraan te twijfelen, in afvaart kan de aanwezigheid van de verschillende zeesluizen ertoe leiden dat afvarende schepen nabij Bath nog groepsgewijs varen. Dan zou de veronderstelling aangaande de kansdichtheidsverdeling van tijdsintervallen onjuist zijn. Voor elk uur van de dag is uit de gegevens van de verkeersmeting die in 1972 gedurende 19 dagen heeft plaatsgevonden, een frekwentieverdeling van tijdsintervallen tussen de aankomsten van afvarende schepen

opgesteld. Deze is met behulp van een statistische toets vergeleken met de veronderstelde kansdichtheidsverdeling. Er blijkt inderdaad dat tijdens de meting relatief vaak korte tijdsintervallen optreden. De verschillen zijn echter op enkele uren na, onvoldoende om op grond van de statistische toetsing de veronderstelde kansdichtheidsverdeling te verwerpen. Daarom is deze gehandhaafd.

B. Vergelijking verkeerssituaties meting en simulatiemodel.

Met dezelfde gemiddelde vlootsamenstelling, intensiteiten, beladingstoestanden, vaarsnelheden en met dezelfde getijdegegevens als tijdens de 19 dagen durende verkeersmeting in 1972, is een simulatie uitgevoerd voor een periode van eveneens 19 dagen. De resultaten van meting en simulatie in de vorm van verkeerssituaties kunnen echter niet zonder meer met elkaar worden vergeleken vanwege het stochastische karakter van het verkeer. Daarom zal, nadat de verkeerssituaties in groepen zijn gerangschikt, alleen een vergelijking van de frekwentieverdeling van de verkeerssituaties in deze groepen door middel van statistische toetsen mogelijk zijn. Hierbij zijn de volgende groepen verkeerssituaties onderscheiden:

a. Verkeerssituaties waarbij de schepen een draagvermogen van ten hoogste 1.000 dwt hebben.
b. Verkeerssituaties waarbij tenminste één schip een draagvermogen van 1.000-6.000 dwt heeft, maar waarbij geen grotere schepen voorkomen.
c. Als b, maar dan betrokken op schepen met een draagvermogen van 6.000-12.000 dwt.
d. Als b, maar dan betrokken op schepen met een draagvermogen van 12.000-25.000 dwt.
e. Als b, maar dan betrokken op schepen met een draagvermogen van 25.000-50.000 dwt.
f. Als b, maar dan betrokken op schepen met een draagvermogen van 50.000-125.000 dwt.

De verkeerssitutaties die tijdens de meting zijn opgetreden zijn, evenals die van de simulatie, volgens de voorgaande groepen gerangschikt, waarbij bovendien onderscheid is gemaakt naar het aantal schepen dat bij de verkeerssituaties betrokken is. Per onderscheiden groep is vervolgens

het aantal verkeerssituaties dat per dag in de meting is opgetreden, met behulp van een statistische toets vergeleken met het aantal verkeerssituaties van elke dag van de simulatie. Voor deze vergelijking is de toets van Wilcoxon gebruikt. Tenslotte is ook de vorm van de frekwentieverdeling van de verkeerssituaties in de genoemde groepen van de meting (19 dagen) vergeleken met die van de simulatie (ook 19 dagen). Hiervoor is eveneens een statistische toets gebruikt, echter ditmaal de chi-kwadraat toets. De resultaten van de toetsingen zijn in bijlage 2 vermeld.

Uit de resultaten van de toetsingen blijkt dat de vorm van de frekwentieverdeling van de verkeerssituaties in de onderscheiden groepen bij de meting enigszins verschilt van die bij de simulatie. De toetsing van elke onderscheiden groep verkeerssituaties bij de meting met de overeenkomstige groep verkeerssituaties bij de simulatie geeft echter géén aanleiding verschillen tussen meting en simulatie te veronderstellen.

Van alle schepen die tijdens de meting zijn waargenomen, blijkt 31% niet bij een verkeerssituatie betrokken geweest te zijn (deze schepen zijn dus geen andere schepen tegengekomen en zijn of hebben niet ingehaald); voor de simulatie van de meting was dit het geval voor 26% van de schepen. Bij een dergelijke grote steekproef is het verschil tussen beide waarden groot genoeg om een verschil tussen meting en simulatie te veronderstellen, hoewel dit verschil in absolute zin niet zo groot is. Gekonkludeerd wordt dat er weliswaar enig verschil tussen meting en simulatie bestaat, maar dat dit verschil klein is. Er is daarom geen reden om aan te nemen dat de simulatie de werkelijkheid onjuist weergeeft, waardoor de door het simulatiemodel geleverde toekomstige verkeersafwikkeling met vertrouwen kan worden bezien.

4. BEOORDELINGSKRITERIA VOOR DE KWALITEIT VAN DE VERKEERSAFWIKKELING.

4.1. Algemeen.

De uit de simulaties voortgekomen verkeerssituaties (zie par. 3.1) zullen naar de hiervoor benodigde vaarwegdimensies moeten worden vertaald om de ontworpen bochtafsnijding op nautische kwaliteit te kunnen beoordelen. De waterdiepte en vaarwegbreedte die nodig zijn voor een veilige afwikkeling van de verkeerssituaties hangen af van het fysische gedrag van de schepen als gevolg van de interaktie van schip en vaarweg, die van de schepen onderling en het menselijk reageren daarop. Met betrekking tot het scheepsgedrag als funktie van de vaarwegdimensies is in het verleden reeds veel onderzoek verricht, al of niet rekening houdend met het menselijk gedrag (zie tabel 18 en voor een uitgebreid overzicht [19]). Deze onderzoeken kunnen in de volgende groepen worden ingedeeld:

a. Gedragsmetingen in de werkelijkheid of in een model met vrij-varende modelschepen. In het laatste geval worden de schepen door de mens of via een stuurautomaat gestuurd (zie bijvoorbeeld [5, 6, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 21, 24 en 25]).
b. Vastleggen van standaardmanoeuvreerproeven in de werkelijkheid of met behulp van modelschepen. Gebruikelijke proeven hiervoor zijn spiraalproeven, zig-zag-proeven en stopproeven. De resultaten worden gebruikt voor vergelijkend onderzoek of dienen voor onderzoek als beschreven onder d en e (zie b.v. [8, 7 en 22]).
c. Meting van krachten en momenten op vastgehouden scheepsmodellen in een sleeptank. De modellen zijn al dan niet van een eigen voortstuwing voorzien. De resultaten worden gebruikt voor vergelijkend onderzoek of dienen voor onderzoek als beschreven onder d en e (zie b.v. [2, 4, 6, 8, 9, 11 en 22]).
d. Het simuleren van het scheepsgedrag, geheel d.m.v. een wiskundig model (ook het stuurgedrag is mathematisch beschreven). De benodigde koëfficienten in de bewegingsvergelijkingen zijn uit b en c afgeleid (zie b.v. [2, 4 en 11]).
e. Als d, waarbij echter de mens stuurt en/of de voortstuwing regelt met behulp van een manoeuvreersimulator (zie b.v. [22]).

De verandering van het scheepsgedrag als gevolg van de interaktie tussen schip en vaarweg (bodem, oevers) en die van de schepen onderling, is in het algemeen het gevolg van een veranderd stroombeeld rond het schip en een sterkere retourstroming ten opzichte van onbeperkt water. De retourstroming neemt toe bij het volgende:

a. Afneming van de verhouding F/f (F = natte oppervlak dwarsprofiel vaarweg en f = oppervlak ondergedompeld grootspant) bij konstante vaarsnelheid.
b. Afneming van de hydraulische straal (= waterdiepte D) van het dwarsprofiel van de vaarweg bij konstante vaarsnelheid.

Uit geschematiseerde berekeningen blijkt dat er een "natuurlijke" grens aan de vaarsnelheid is, afhankelijk van F/f en D (zie bijvoorbeeld [9]). Hoewel deze berekeningen op theoretische gronden kritiek ondervinden, blijkt dat deze grenssnelheid in de praktijk inderdaad optreedt bij de thans gebruikelijke scheepstypen en voorstuwing (draagvleugelboten e.d. uitgezonderd). Wanneer de vaarsnelheid toeneemt en de grenssnelheid benadert, nemen de retourstroming en spiegeldaling zeer toe. Hierdoor wordt het scheepsgedrag in belangrijke mate beïnvloed. De invloed van de waterdiepte en de breedte van de vaarweg op het scheepsgedrag zoals deze uit de hiervoor genoemde onderzoeken blijkt, zullen in het volgende worden samengevat.

4.2. Invloed van de waterdiepten

De verhouding tussen de waterdiepte D en de diepgang d van het schip heeft een grote invloed op het stroombeeld rond het schip en bovendien grote invloed op de sterkte van de retourstroming en dus een grote invloed op het scheepsgedrag. De verhouding van D/d zal steeds zo gekozen worden dat er geen ontoelaatbare veranderingen van het scheepsgedrag ten opzichte van dat in onbeperkt water optreden. De waterdiepte zal, voor zover niet geheel door rivierkundige voorwaarden bepaald, voldoende groot moeten zijn voor een veilige vaart met het "maatgevende" schip (in ieder geval geladen schepen van kategorie 5 en 12), terwijl bovendien ekonomische voorwaarden de waterdiepte bepalen. Wat het laatste betreft: de ontworpen bochtafsnijding biedt de scheepvaart ruimschoots de gelegenheid met de thans op de Westerschelde gebruikelijke snelheden te varen. De beschikbare waterdiepte is ruim voldoende voor alle schepen die in de huidige toestand niet tijgebonden varen en is zo groot dat de belemmeringen voor tijgebonden schepen elders liggen. Een kosten-baten-analyse heeft niet plaatsgevonden en zal wellicht noodzakelijk zijn bij eventuele verdergaande verbetering van de Westerschelde.

Bij een kleine verhouding van D/d (D= waterdiepte, d= diepgang schip) zal er minder water onder het schip door en meer water langs het schip stromen dan bij een grote D/d-verhouding. Hierdoor verandert het krachtenspel op het schip, waardoor de schepen in het algemeen een grotere richtings- of koersstabiliteit te krijgen (grotere weerstand tegen draaien dan

bij grote D/d [2, 8, 17]). Bovendien neemt bij afnemende D/d ook de stopweg af. De invloed van D/d is merkbaar bij waarden <2 [2] en leidt beneden de waarde van 1,5 vaak tot een duidelijk ander scheepsgedrag dan op onbeperkt water [15]. Uit sommige onderzoeken blijkt dat er soms zones van D/d kunnen zijn, waarbinnen het scheepsgedrag slechter is dan bij lagere of hogere waarden van D/d [2, 12].

De onderzoeken die in het verleden zijn gedaan, zijn op verschillende wijzen verricht (zie par. 4.1), met verschillende beoordelingskriteria en hebben vaak tot verschillende konklusies geleid. Er is ten aanzien van de invloed van D/d op het scheepsgedrag weinig méér uit het verrichte onderzoek (zie ook tabel 15) te konkluderen dan hiervoor is aangegeven. Deze onderzoeken hebben steeds betrekking op schepen met één schroef en één roer. Derde generatie containerschepen hebben gewoonlijk twee schroeven en één roer, waardoor de aanstroming van het roer slechter is dan die bij schepen waar het roer achter de schroef hangt. De invloed van D/d op het scheepsgedrag is voor een dergelijk scheepstype m.b.v. een schaalmodel onderzocht [22]. Uit draaicirkels en spiraalproeven blijkt dat het scheepsmodel bij D/d <1,4 zoveel weerstand tot draaien heeft dat het eigenlijk "onbestuurbaar" is. Het is zeer de vraag of schaaleffekten bij dergelijke onderzoeken geen grote rol spelen. Een toetsing aan de werkelijkheid of m.b.t. een "modelfamilie" is hier echter niet verricht. Wel blijken in de praktijk derde generatie containerschepen op de Rotterdamse Waterweg, een met de ontworpen bochtafsnijding vergelijkbare vaarweg (zie hoofdstuk 6), met kleine D/d zonder problemen te varen.

Ten aanzien van de D/d-verhouding die voor een goed scheepsgedrag moet worden aangehouden kunnen geen op onderzoek gebaseerde grenzen worden vastgesteld. Gewoonlijk wordt bij een "harde" bodem D/d groter dan 1,1 gekozen. Wel zal de gekozen D/d-verhouding konsekwenties hebben voor de benodigde vaarwegbreedte. Bij een kleine D/d-verhouding zal er meer breedte beschikbaar moeten zijn dan bij een grote D/d-verhouding o.a. omdat bij kleine D/d koersafwijkingen moeilijker te korrigeren zijn. Een gekwantificeerd verband tussen D/d en de uit nautisch oogpunt minimaal benodigde vaarwegbreedte kan uit de vermelde literatuur echter niet worden afgeleid.

4.3. Vaarwegbreedte

De meeste uit de literatuur bekende onderzoeken gaan uit van de vaart met een schip zonder overig verkeer, terwijl enkele uitgaan van een ontmoeting van "maatgevende" schepen (zie tabel 15). Omdat het in hoofdstuk 3 beschreven verkeersonderzoek vele verkeerssituaties levert waarbij in principe alle 18 onderscheiden scheepstypen kunnen voorkomen in twee beladingstoestanden, verschillende vaarsnelheden en waterdiepten, kan de benodigde vaarwegbreedte niet zonder meer uit deze onderzoeken worden afgeleid. Daarom wordt de vaarweg in "stroken" verdeeld, waarbij tussen het volgende onderscheid wordt gemaakt (zie figuur 12):

A. Een strook tussen de oever en het schip, die nodig is voor een veilige vaart van het schip.
B. Een vaarstrook, waarbinnen een schip vaart.
C. Een strook tussen de schepen in, voor veilig ontmoeten of inhalen.

De strookbreedten zijn afhankelijk van o.a. de vaarwegkonfiguratie, het scheepstype, de verhouding vaarwegafmetingen/scheepsafmetingen en de vaarsnelheid.

ad A.

Door buiten de as van de vaarweg te varen ontstaat rond het schip een asymetrisch stromingspatroon. Hierdoor werken er extra krachten en momenten op het schip: oeverzuiging. Het schip kan de koers langs de oever handhaven wanneer het krachten- en momentenevenwicht door middel van het aannemen van een drifthoek en het geven van roer wordt hersteld. Het evenwicht is echter labiel, zodat voortdurend korrekties moeten worden uitgevoerd. Het roer is gemiddeld daarbij steeds naar de dichtstbijzijnde oever gericht en heeft rond deze gemiddelde stand een zekere spreiding. Wanneer gedurende enige tijd een roerhoek nodig is die groter is dan de beschikbare maximum roerhoek, kan de koers niet worden gehandhaafd. Het schip draait dan weg van de oever, waarna óf een nieuwe koers parallel aan de oever, maar dan op grotere afstand dan tevoren, kan worden gevaren, óf het schip uit het roer loopt, tijdelijk onbestuurbaar wordt en in de tegenoverliggende oever kan lopen. Dit laatste houdt onder meer verband met de grootte van de drifthoek die het schip in de oorspronkelijke koers langs de oever had en ook met de mate waarin de drifthoek

verandert wanneer het schip op steeds grotere afstand tot de oever vaart. Gezien het voorgaande kunnen de kriteria die bij de breedtebepaling van de strook tussen schip en oever wordt aangehouden zowel op de drifthoek als de roerhoek betrekking hebben. Er worden in de literatuur m.b.t. de drifthoek verschillende kriteria genoemd, zoals:

- max. drifthoek van 4° [4]
- max. drifthoek van 2° [10]
- max. verandering van de drifthoek in de richting loodrecht op de as van de vaarweg van 0,03 $^{\circ}$/m [16]

Bij het gebruik van de roerhoek als beoordelingsgrootheid gaat het om de stuurreserve die minimaal aanwezig moet zijn om onverwachte verstoringen te kunnen opvangen. Daarbij zijn in feite de grootste uitslagen, die enige tijd gehandhaafd moeten worden, bepalend voor de stuurreserve op dat moment. Ook hiervoor worden in de literatuur verschillende kriteria genoemd, zoals:

- gemiddelde roerhoek van 5° 9[9]
- gemiddelde roerhoek van 15° [17, 27]
- max. roerhoek van 15° [10]
- max. roerhoek van 20° [20]
- een roerhoek $\geq 15^{\circ}$ gedurende max. 10% van de tijd [20]

Grote schepen verlaten echter slechts node de as van het vaarwater en dan voor zo kort mogelijke tijd, waardoor vaak niet eens een krachtenevenwicht ontstaat. Het is, gezien het voorgaande, moeilijk om algemene regels op te stellen voor de strook tussen de oever en het schip. Aangenomen wordt dat, bij een vaarsnelheid die de grenssnelheid niet benadert en bij een verhouding van D/d groter dan 1,5, een strookbreedte van 0,5 à 1,0 b (scheepsbreedte) meestal voldoende is.

ad B.

Het varende schip bevindt zich in een labiel evenwicht, waardoor er steeds koersafwijkingen optreden die vervolgens worden gekorrigeerd. Het schip heeft hierdoor een vaarstrook nodig met een breedte groter dan de eigen scheepsbreedte. Bovendien zal bij het varen naast de as van de vaarweg ten gevolge van de oeverzuiging met een drifthoek worden gevaren, waardoor de breedte van de vaarstrook toeneemt. Mede op grond van onderzoeken ten behoeve van het Panamakanaal (zie [9]) en binnenvaartkanalen

(zie [16]) is aangenomen dat (zeer) goed bestuurbare schepen een vaarstrook van circa 1,2 b nodig hebben, "normaal" bestuurbare schepen een vaarstrook van 1,6 à 2,0 b en slecht bestuurbare schepen een vaarstrook van 2,0 à 3,0 b. Uit de schaarse literatuurgegevens kon geen gekwantificeerd verband tussen de vaarstrookbreedte enerzijds en de verhouding D/d of de verhouding vaarsnelheid/grenssnelheid anderzijds worden vastgesteld.

Door dwarswind of -stroming van enige betekenis kan de vaarstrookbreedte aanzienlijk toenemen. Er is echter bij het bepalen van de voor de verkeerssituaties benodigde vaarwegbreedte hiermee geen rekening gehouden.

Bij het varen in bochten is in het algemeen een grotere vaarstrookbreedte nodig dan in rechte vaarwegen. De ontworpen bochtafsnijding bij Bath heeft echter een vrij ruime bochtstraal (3.000 m), zodat zelfs voor de grootste schepen waarschijnlijk een te verwaarlozen vergroting van de vaarstrookbreedte zal optreden.

ad C.

Wanneer schepen elkaar ontmoeten of oplopen, interfereren hun retourstromingen. Deze interferentie is het sterkst tussen beide schepen in. Bij ontmoetende schepen werken de retourstromingen elkaar min of meer tegen, bij inhalende schepen versterken ze elkaar. Bij een ontmoeting kan hierdoor met een betrekkelijk geringe breedte van de strook tussen beide schepen worden volstaan. Aangenomen is op grond van praktijkervaringen en onderzoeksresultaten [18, 25], dat een strookbreedte tussen elkaar ontmoetende schepen van 1 à 2 b (b = breedte grootste van de betrokken schepen) een veilige ontmoeting mogelijk maakt. Bij een inhaalmanoeuvre is een bredere strook nodig, omdat de schepen ten gevolge van de versterkte retourstroming naar elkaar worden toegezogen. Uit onderzoek ten behoeve van binnenvaartkanalen [23] is afgeleid dat een strookbreedte van 1,5 à 3,0 b (b = breedte grootste van de betrokken schepen) meestal voldoende veilig zal zijn.

4.4. Vaststelling van de voor de verkeerssituaties benodigde breedte

De in par. 4.3.genoemde breedten van de onderscheiden stroken gelden voor omstandigheden waarbij het stroombeeld rond de schepen en de sterkte van de retourstroming niet al te veel van die bij onbeperkt water afwijken.

Wanneer de vaarsnelheid V de grenssnelheid benadert, zal meer breedte nodig zijn; hetzelfde geldt wanneer D/d zo klein wordt dat het stroombeeld essentiëel verandert. Gemakshalve is de afhankelijkheid van de breedte van V/V_{grens} en van D/d alleen in de vaarstroken verdiskonteerd; de overige stroken zijn alleen afhankelijk van de breedte van het grootste schip aan weerszijden van de betreffende strook. Gezien de onzekere resultaten die het literatuuronderzoek met betrekking tot de breedte van de onderscheiden stroken opleverde en de gevoelsmatig opgestelde afhankelijkheid van V/V_{grens} en D/d, zijn minimum en maximum waarden van de stroken vastgesteld. Hiermee is een gevoeligheidsanalyse met betrekking tot de volgorde van de verkeerssituaties op breedtebeslag uitgevoerd. De vastgestelde waarden van de breedte van de stroken zijn in de volgende tabellen weergegeven:

	Breedte vaarstrook/b					
V/V_{grens} / D/d	<0,80		0,80–0,95		>0,95	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.
> 1,5	1,2	1,4	1,4	1,8	1,8	2,4
1,25 – 1,5	1,6	2,0	1,9	3,0	2,4	4,0
< 1,25	2,0	3,0	2,4	4,5	3,0	6,0

	Breedte strook/b	
	min.	max.
oeverstrook	0,5	1,0
tussenstrook inhalen	1,5	3,0
idem ontmoeten	1,0	2,0

De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor de volgende gevallen:

kriterium no.	vaarstrook	overige stroken	benodigde vaarwegbreedte bij een ontmoeting van 2 even grote schepen (:b)	
			goed manoeuvr. schepen	slecht manoeuvr. schepen
1	min.	min.	4,4	8,0
2	max.	min.	4,4	14,0
3	min.	max.	6,4	10,0

De volgorde van de verkeerssituaties op breedtebeslag zoals ze voor de hiervoor aangegeven drie kriteria zijn vastgesteld, blijken onderling slechts weinig te verschillen. Een verschil van meer dan 5 plaatsen in rangorde (in totaal zijn er ruwweg 1.000 verkeerssituaties) treedt zelden op. De uiteindelijk vastgestelde benodigde vaarwegbreedte voor elke verkeerssituatie is bepaald door toepassing van kriterium no. 3 (zie fig. 12).

De vaarwegbreedte die volgens dit kriterium nodig is voor een ontmoeting van twee even grote goed manoeuvreerbare schepen, bedraagt 6,4 maal de breedte van één schip. Dit komt goed overeen met vuistregels hiervoor in de literatuur (zie o.a. [9, 11, 28]), zodat aangenomen kan worden dat deze cijfermatige benadering een goede indruk geeft van de voor de afwikkeling van de verkeerssituaties benodigde vaarwegbreedte.

4.5. Beoordeling op basis van praktijkervaring.

De vaarwegbreedte die voor de verkeerssituaties nodig is, is volgens weinig exakt bepaalde kriteria vastgesteld (zie par. 4.4). Bovendien is hierbij met het menselijk gedrag geen rekening gehouden. Daarom is een globale toetsing van de resultaten door middel van een praktijkbeoordeling wenselijk. Er is echter geen specifieke ervaring met het varen op een met de ontworpen bochtafsnijding vergelijkbare vaarweg, waarbij ook het verkeersgedrag met dat op de Westerschelde vergelijkbaar is. Westerscheldeloodsen hebben nog geen ervaring met de ontworpen bochtafsnijding en met het varen met derde generatie containerschepen. Wel heeft een aantal Nederlandse Westerschelde-loodsen meegewerkt aan het onderzoek door het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation met behulp van de scheepssimulator [22]. De praktijkbeoordeling is daarom als volgt uitgevoerd:

a. Alle relevante verkeerssituaties zijn door slechts één man, een oud-loods met ruime ervaring, beoordeeld op veiligheid in de ontworpen bochtafsnijding.
b. Een beperkt aantal verkeerssituaties is tevens door 3 Nederlandse senior Westerschelde loodsen beoordeeld door middel van een schriftelijke enquête. Deze beoordeling is een kontrole op de onder a genoemde beoordeling.

De beoordelingen vonden plaats door met behulp van kaarten van de betrokken vaarweggedeelten en losse schepen op dezelfde schaal de afwikkeling van elke verkeerssituatie na te spelen en als volgt te kwalificeren:

- toelaatbaar (normale, veilige afwikkeling is mogelijk)
- twijfelachtig (beter te vermijden, maar bij optreden een veilige afwikkeling wel mogelijk)
- ontoelaatbaar (bij optreden een grote kans op een ongeval)

Vergelijking van de onder a en b genoemde beoordelingen en van de laatstgenoemde beoordelingen onderling toont een goede overeenkomst. Hierdoor bestaat de indruk dat de beoordeling als genoemd onder a, hoewel door slechts één man verricht, voldoende betrouwbaar is.

5. DE KWALITEIT VAN DE VERKEERSAFWIKKELING IN DE ONTWORPEN BOCHTAFSNIJDING.

5.1. Algemeen.

De verkeersafwikkeling zal in de ontworpen bochtafsnijding bij Bath zowel voor het huidige verkeer als voor dat in de toekomst vlot en veilig moeten kunnen plaatsvinden. Bovendien zal moeten blijken dat de ontworpen bochtafsnijding ook werkelijk een veiliger en/of vlotter verkeersafwikkeling dan in de huidige bocht bij Bath mogelijk maakt. Afgezien van de toetsing, zijn er voor de volgende gevallen verkeerssimulaties uitgevoerd:

1. Het scheepvaartverkeer in het huidige Nauw van Bath (trajektlengte 8.400 m) gedurende een periode van 60 "maatgevende" dagen in 1972 (zie tabel 2).
2. Het scheepvaartverkeer in de ontworpen bochtafsnijding bij Bath (trajektlengte 5.200 m) gedurende een periode van 60 "maatgevende" dagen in 1972.
3. Als 2, gedurende 60 "maatgevende" dagen volgens de door de betrokken Belgische instantie ten behoeve van dit onderzoek gegeven lange termijn prognose (tabel 2).
4. Als 2, gedurende 20 "maatgevende dagen volgens de "extreme" lange termijn prognose (tabel 2).

Uit de resultaten van de bovenstaande simulaties is gebleken dat in dit geval een simulatieperiode van 20 dagen voldoende nauwkeurig is. In het vervolg zal daarom steeds worden uitgegaan van de resultaten van simulatieperioden van 20 dagen. Deze zijn globaal weergegeven in de tabellen 8 t/m 10 en de figuren 8 t/m 11.

5.2. Kwaliteitskriteria verkeersafwikkeling.

Voor een goede kwaliteit van de verkeersafwikkeling in de ontworpen bochtafsnijding moet deze in beginsel aan de volgende drie eisen voldoen:

a. De frekwentie van "ontoelaatbare" verkeerssituaties mag niet al te hoog zijn. Arbitrair is, in overleg met de opdrachtgever, voorlopig gesteld dat onveilige verkeerssituaties gemiddeld eenmaal per dag of minder mogen optreden."Ontoelaatbare" verkeerssituaties zullen gewoonlijk worden voorkomen door goed zeemanschap te tonen (b.v. door het uitstellen van een inhaalmanoeuvre). Hoe vaker ingegrepen moet worden, hoe groter de kans op vergissingen en daarmee op ongevallen.

b. Verkeerssituaties moeten tijdig door de vaarweggebruiker kunnen worden voorspeld en kunnen worden beoordeeld op veiligheid. Met name het laatste is in het huidige Nauw van Bath, waar de bochtstraal klein is (1.400 m) bij een grote tangenthoek (126^0), nauwelijks mogelijk. Bovendien kunnen onverwachte dwarsstromingen aanvankelijk als "toelaatbaar" beoordeelde situaties in "ontoelaatbare" doen veranderen. Het Nauw van Bath is vooral door deze beoordelingsmoeilijkheden van de vaarweggebruikers een onveilig vaarwater.

c. Bij het vermijden van "ontoelaatbare" verkeerssituaties mag het oponthoud voor de overige scheepvaart niet groot zijn en mogen er geen "wachtrijen" van schepen ontstaan. Wanneer de overige scheepvaart relatief veel oponthoud ondervindt, is er geen sprake meer van een vlotte verkeersafwikkeling. Bovendien zal de onveiligheid toenemen omdat de bereidheid tot lang wachten gering is. Een stringente verkeersbegeleiding is dan noodzakelijk.

Bij de ontworpen bochtafsnijding bij Bath is het tracé een vast gegeven, maar staat het dwarsprofiel nog ter diskussie. Het onderzoek naar de kwaliteit van de verkeersafwikkeling heeft dan ook alleen op het dwarsprofiel betrekking. Dit betekent dat de kwaliteit van de vaarweg met betrekking tot de onder b genoemde eis al vastligt. De ruimere bochtstraal (3.000 m) en de kleinere tangenthoek (69^0) dan die van de huidige bocht betekenen een grote verbetering van de veiligheid. Bovendien zullen ook de dwarsstromingen in de ontworpen bochtafsnijding geringer, beter verspreid en beter voorspelbaar zijn dan in de huidige bocht [26]. Verkeerssituaties in de bochtafsnijding zullen daarom veel beter op veiligheid kunnen worden beoordeeld dan in het huidige Nauw van Bath.

In het volgende zullen de eisen a en c, die op het dwarsprofiel betrekking hebben, worden behandeld.

5.3. Beoordeling frekwentie onveilige verkeerssituaties.

Bij een goede kwaliteit van de verkeersafwikkeling mag een "ontoelaatbare" verkeerssituatie gemiddeld hoogstens eenmaal per dag optreden. In een periode van 20 dagen mogen er dus max. 20 verkeerssituaties zijn, die in de ontworpen bochtafsnijding niet veilig kunnen worden afgewikkeld. De 30 "ernstigste"

verkeerssituaties (meeste breedtebeslag nodig) zijn voor de in par. 5.1 genoemde simulaties weergegeven in de tabellen 11 t/m 14. Deze situaties zijn met behulp van de in par. 4.4 vermelde kriteria vertaald in breedtebeslag. Vervolgens zijn de betrokken verkeerssituaties uit de simulatie van het verkeer in 1972 in het huidige Nauw van Bath en uit de simulatie van het verkeer van de beide lange termijn prognoses in de ontworpen bochtafsnijding, aan een praktijkbeoordeling onderworpen (zie par. 4.5). De resultaten hiervan zijn vermeld in de tabellen 15 t/m 17 en kunnen als volgt worden samengevat:

T = toelaatbaar
? = twijfelachtig
O = ontoelaatbaar

	aant.verkeerssituaties				
	volgens bereken.		vlg praktijkbeoordeling		
	T	O	T	?	O
-1972 in huidige bocht	5	25	4	10	16
-Lange termijn prognose van betrokken Belgische instanties in ontworpen bochtafsnijding	18	12	10	6	14
-Extreme lange termijn progn.in ontw. bochtafsnijding	18	12	5	11	14

Hierbij is ervan uitgegaan dat de breedte die in het smalste deel van het huidige Nauw van Bath voor de scheepvaart beschikbaar is, circa 300 m bedraagt. In de ontworpen bochtafsnijding is dit 372 m (bodembreedte).

Uit de resultaten blijkt het volgende:

a. In de huidige bocht is in 1972 de frekwentie van werkelijk "ontoelaatbare" verkeerssituaties niet groot geweest. De onveiligheid wordt dus zo goed als geheel door de beoordelingsmoeilijkheden van de vaarweggebruiker veroorzaakt.

b. In de ontworpen bochtafsnijding zal de frekwentie van "ontoelaatbare" verkeerssituaties bij de lange termijn prognose van de betrokken Belgische instanties lager zijn dan thans in de huidige bocht het geval is. Bovendien voldoet de bochtafsnijding aan de gestelde eis dat er max. 20 "ontoelaatbare" situaties mogen voorkomen in 20 dagen.

c. De frekwentie van "ontoelaatbare" verkeerssituaties in de ontworpen bochtafsnijding bij de extreme prognose voor de lange termijn is ongeveer even groot als thans in de huidige bocht. Ook dan voldoet de bochtafsnijding aan de gestelde eis van max. 20 "ontoelaatbare" verkeerssituaties in 20 dagen.

Gekonkludeerd wordt dat het dwarsprofiel van de ontworpen bochtafsnijding voldoende ruim is voor een veilige verkeersafwikkeling over de gestelde lange termijn (meer dan 30 jaar).

Bij de beoordeling is er overigens steeds van uitgegaan, dat de schepen zonder sleepboothulp varen. In de praktijk zullen echter grote schepen bestemd voor de sluis te Zandvliet, ongeveer halverwege de bochtafsnijding sleepboothulp krijgen, waarvoor snelheid moet worden geminderd. In de bochtafsnijding zelf leidt dit waarschijnlijk niet tot problemen, maar even bovenstrooms ervan kunnen onveilige verkeerssituaties wèl voorkomen, als gevolg van de dwarsstroom afkomstig van de overlaat. Ook nog langzaam varende afvaart uit de sluis te Zandvliet kan hiervan hinder ondervinden. Nader onderzoek hiernaar is wenselijk.

5.4. Beoordeling vlotte verkeersafwikkeling.

Wanneer een "ontoelaatbare" verkeerssituatie dreigt te gaan ontstaan, zal deze gewoonlijk worden voorkomen doordat één of meer schepen langzamer gaat varen. Meestal betekent dit ook dat deze schepen in het betrokken vaarweggedeelte niet zullen inhalen. Dan varen de schepen in kiellinie achter haar voorligger, waarbij veiligheidshalve een zekere afstand tot de voorligger wordt aangehouden. Deze is op tweemaal de eigen scheepslengte aangenomen. Levert het langzamer varen voor de betrokken schepen al vertragingen op, door het varen in kiellinie met de genoemde onderlinge afstand kunnen ook andere schepen snelheid moeten minderen en zo vertraging oplopen. Wanneer de vertraging zo groot is dat de betrokken kapiteins of loodsen ze niet tijdig kunnen voorzien, zal congestie optreden. Dit is ongewenst, niet alleen vanwege de grote vertragingen, maar ook vanwege de onveiligheid, die hierdoor ontstaat. Voor een vlotte verkeersafwikkeling wordt daarom geëist dat de vertragingen, die in verband met het tonen van goed zeemanschap ontstaan, van tevoren moeten kunnen worden voorzien en dus niet van lange duur mogen zijn.

Voor alle "ontoelaatbare" verkeerssituaties in de ontworpen bochtafsnijding bij de "Belgische" lange termijn prognose en bij de extreme prognose voor de lange termijn is nagegaan welke maatregelen zouden moeten worden genomen voor een veilige verkeersafwikkeling. Daarbij is gebleken dat de vertraging ten gevolge van noodzakelijke snelheidsvermindering voor het enkele schip zelden meer dan 5 minuten bedraagt en dat de overige vaart vrijwel nooit door de snelheidsvermindering wordt gehinderd (de verkeersdichtheid is relatief gering).

Gekonkludeerd wordt daarom dat het dwarsprofiel van de ontworpen bochtafsnijding zodanig is gedimensioneerd, dat op lange termijn een vlotte verkeersafwikkeling verzekerd is.

5.5. Beoordeling kwaliteit verkeersafwikkeling.

Het tracé van de ontworpen bochtafsnijding biedt veel betere mogelijkheden voor de vaarweggebruiker dan in het huidige Nauw van Bath om van te voren te beoordelen of een verkeerssituatie veilig kan optreden of niet. Bovendien zullen de dwarsstromingen in de ontworpen bochtafsnijding geringer zijn en beter zijn te voorspellen dan in de huidige bocht. Dit betekent dat de oorzaken van de onveiligheid in het huidige Nauw van Bath in de ontworpen bochtafsnijding voor een belangrijk deel niet voorkomen; hiermee is de basis gelegd voor een goede kwaliteit van de verkeersafwikkeling.

Op grond van de paragrafen 5.2 en 5.3 kan worden gekonkludeerd dat het dwarsprofiel voldoende ruim gedimensioneerd is om een veilige en vlotte verkeersafwikkeling mogelijk te maken. "Ontoelaatbare" verkeerssituaties komen bij een vrije verkeersafwikkeling ook op lange termijn gemiddeld minder dan éénmaal per dag voor, terwijl bij het vermijden van deze verkeerssituaties nauwelijks vertragingen zullen optreden. Ook is de bodemligging op NAP -14,40 m voldoende voor een veilige vaart van alle in de verre toekomst verwachte scheepstypen- en grootten (zie par. 4.2). Dit geldt, gezien de ervaringen op de Rotterdamse Waterweg, waarschijnlijk ook voor derde generatie containerschepen. Wel zal het soms nodig zijn dat de vaarsnelheid van de allergrootste schepen wat wordt aangepast om bestuurbaar te blijven.

Gekonkludeerd wordt dat de kwaliteit van de verkeersafwikkeling in de ontworpen bochtafsnijding ook op de lange termijn belangrijk beter zal zijn dan die in het huidige Nauw van Bath in het jaar 1972. Een verdere vergroting van het dwarsprofiel zal nauwelijks of geen verhoging van de kwaliteit van de verkeersafwikkeling opleveren.

Zoals in paragraaf 5.2 reeds is aangegeven, zou de dwarsstroom afkomstig van de overlaat bovenstrooms van de bochtafsnijding hinder voor (nog) langzaam varende schepen kunnen opleveren. Een nader onderzoek hiernaar wordt aanbevolen, waarbij eventueel ook gekeken zou kunnen worden naar de vereiste sleepbootassistentie.

6. VERGELIJKING ONTWORPEN BOCHTAFSNIJDING BATH MET ANDERE VAARWEGEN

6.1. Rotterdamse Waterweg

Het natte dwarsprofiel van de Rotterdamse Waterweg (R.W.) vertoont een grote gelijkenis met dat van de ontworpen bochtafsnijding. De bevaarbare breedte van de R.W. is echter aanzienlijk kleiner dan die van de ontworpen bochtafsnijding bij Bath ten gevolge van de uitbouw van kribben (zie figuur 13). Tijdens G.H.W. is het dwarsprofiel van de bochtafsnijding groter dan dat van de R.W., bij ongeveer gelijke waterdiepte. Als gevolg van het geringere getijdeverschil is tijdens G.L.W. het dwarsprofiel van de R.W. iets gunstiger, terwijl de waterdiepte circa 3,5 m groter is dan in de ontworpen bochtafsnijding.

Het verkeer op de Rotterdamse Waterweg heeft een intensiteit die ongeveer tweemaal zo groot is als het verkeer dat thans op de Westerschelde voorkomt, terwijl er ook een geregelde vaart is van grote tankers (100.000 dwt) en derde generatie containerschepen. Er blijken zich in de praktijk geen problemen voor te doen, noch t.o.v. de verkeersafwikkeling, noch t.a.v. het vaargedrag van de containerschepen. Er wordt ook op lange termijn (30 jaar) niet verwacht dat de verkeersintensiteit op de Westerschelde groter zal zijn dan die op de R.W. thans. Dit bevestigt de konklusie dat het dwarsprofiel van de ontworpen bochtafsnijding voldoende ruim is gedimensioneerd (zie par. 5.5.).

6.2. Elbe.

Evenals de Westerschelde is de benedenloop van de Elbe tussen Hamburg en de zee een estuarium, met een lengte van circa 115 km. Het scheepvaartverkeer op de Elbe heeft daarbij een vergelijkbare intensiteit, zowel in aantal schepen als in goederen, met dat op de Westerschelde. Ook voor de Elbe zijn verbeteringsplannen opgesteld met de volgende uitgangspunten [29]:

- Tankers of bulkschepen van circa 100.000 dwt en derde generatie containerschepen moeten onafhankelijk van het getij de haven van Hamburg kunnen aandoen.
- Dergelijke grote schepen moeten elkaar kunnen ontmoeten of inhalen.

De plannen omvatten een verdieping van de Elbe tot G.L.W.-13,5 m, waardoor bij G.H.W. bij Hamburg de waterdiepte 15,9 m zal bedragen en bij Cuxhaven 16,35 m. De verdieping zal plaatsvinden over een breedte die vanaf Hamburg over een afstand van circa 50 km 300 m bedraagt en verder benedenstrooms groter zal worden tot 500 m. Het karakter van het estuarium wordt echter niet aangetast, waardoor de waterspiegelbreedte zeer groot kan zijn (zie

figuur 13). Hierdoor zal er minder oeverzuiging zijn, zodat de geringere breedte ten opzichte van die van de ontworpen bochtafsnijding bij Bath, hierdoor wel min of meer gekompenseerd zal worden. De verbetering van de Elbe leidt dus tot een aan de ontworpen bochtafsnijding gelijkwaardige vaarweg die echter tijdens laag water dieper stekende schepen toelaat, als gevolg van het geringer getijverschil.

No. Kategorie	Type **)	Draagverm. klasse (10^3 dwt)	Draagvermogen standaardschip (10^3 dwt)	Afmetingen standaardschip			
				lengte loodl. (m)	breedte (m)	diepgang geladen (m)	diepgang in ballast (m)
1	C	<1	1,0	57,5	10,3	3,6	2,4
2	C	1-6	2,5	87,0	14,5	5,0	3,3
3	C	6-12	9,0	127,0	20,5	7,8	5,1
4	C	12-25	12,0	142,0	23,0	8,6	5,6
5	C	25-50	43,0	270,0	32,2	12,1	7,9
6	C	50-125	85,0	300,0*)	35,3*)	14,0*)	9,2*)
7	T	<1	1,0	57,5	10,3	3,6	1,5
8	T	1-6	2,5	72,5	13,5	5,5	2,3
9	T	6-12	9,0	120,0	18,5	8,1	3,4
10	T	12-25	18,0	154,0	22,8	9,3	4,0
11	T	25-50	30,0	188,0	26,5	10,4	4,5
12	T	50-125	85,0	245,0	36,8	13,8	5,9
13	V	<1	1,0	57,5	10,3	3,6	1,7
14	V	1-6	2,5	72,5	13,5	5,5	2,6
15	V	6-12	9,0	126,0	18,6	8,3	3,9
16	V	12-25	18,0	155,0	23,2	9,8	4,6
17	V	25-50	40,0	188,0	28,6	11,6	5,4
18	V	50-125	80,0	240,0*)	36,0*)	14,0*)	6,5*)

*) Geschatte afmetingen.

**) C = containerschip
T = tanker
V = konventioneel vrachtschip

Tabel 1. Indeling van de vloot in draagvermogenklassen en representatieve standaardschepen.

No. Kategorie		Jaarintensiteit scheepvaart per vaarrichting (schepen/jaar)		
		1972	Belgische prognose voor de lange termijn	extreme prognose voor de lange termijn
1	C	490	0	0
2		110	0	0
3		75	0	0
4		610	1.100	0
5		110	900	0
6		0	0	640
7	T	620	0	0
8		970	0	0
9		120	0	0
10		1.440	0	0
11		490	555	0
12		190	411	570
13	V	4.860	6.000	0
14		4.500	4.700	0
15		2.880	2.500	0
16		1.070	4.340	0
17		110	600	0
18		0	0	2.090
Totaal		18.645	21.106	3.300

Maatgevende gemiddelde dagintensiteit opvaart: 2,83 °/oo van jaarintensiteit

Maatgevende gemiddelde dagintensiteit afvaart: 3,08 °/oo van jaarintensiteit

Tabel 2. Prognose scheepvaartverkeer bij Bath per scheepskategorie.

No. Kategorie		Percentage van alle schepen per kategorie dat potentiële tijvaarder *) is	
		opvaart	afvaart
1	C	0,0	0,0
2		0,0	0,0
3		0,0	0,0
4		25,0	16,7
5		33,3	33,3
6		50,0 (100,0)**)	50,0 (100,0)**)
7	T	0,0	0,0
8		0,0	0,0
9		20,0	0,0
10		33,3	15,0
11		70,0	12,5
12		100,0	0,0 (100,0)**)
13	V	0,0	0,0
14		0,0	0,0
15		1,0	4,0
16		5,0	25,0
17		25,0	25,0
18		50,0 (100,0)**)	50,0 (100,0)**)

*) Een potentiële tijvaarder $\underline{\underline{\text{def}}}$ een schip met een diepgang van 9,15 m of meer.

**) De tussen ( ) aangegeven percentages zijn bij de extreme prognose voor de lange termijn aangehouden.

Tabel 3. Aandeel van de tijvaart in scheepvaartverkeer.

Tijd (uren M.E.T.)	gemiddelde uurintensiteit niet-tijvaarders in percentage van dagintensiteit		
	opvaart	afvaart	
	alle kategorieën	kat. 1 t/m 6 en 13 t/m 18 (container- + vrachtsch.)	kat. 7 t/m 12 (tankers)
0 - 1	3,0	5,0	3,4
1 - 2	4,5	6,2	3,5
2 - 3	6,5	4,3	3,3
3 - 4	6,0	3,4	3,3
4 - 5	5,5	2,8	4,3
5 - 6	5,5	2,0	4,3
6 - 7	3,5	2,0	4,4
7 - 8	5,5	2,0	4,3
8 - 9	4,5	2,0	4,6
9 - 10	4,5	1,7	4,6
10 - 11	4,5	1,7	4,6
11 - 12	4,5	1,7	4,6
12 - 13	4,5	1,7	3,4
13 - 14	4,5	2,0	3,4
14 - 15	4,5	3,2	3,4
15 - 16	3,5	3,2	3,5
16 - 17	3,0	7,0	4,3
17 - 18	3,0	8,0	4,4
18 - 19	3,0	9,0	4,4
19 - 20	4,0	9,5	4,4
20 - 21	3,5	7,2	4,9
21 - 22	3,0	5,0	4,9
22 - 23	2,5	4,5	4,9
23 - 24	3,0	4,9	4,9
Totaal	100,0	100,0	100,0

Tabel 4. Verdeling uurintensiteiten over de dag voor niet-tijvaarders bij Bath.

Tijd (uren t.o.v. HW)	gemidd.uurintensiteiten in % v.intensiteit p.getij*)					
	kategorie 1 t/m 4, 7 t/m 10 en 13 t/m 16		kategorie 5, 11 en 17		kategorie 6, 12 en 18	
	opvaart	afvaart	opv.	afv.	opv.	afv.
- 6 tot - 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- 5 tot - 4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- 4 tot - 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- 3 tot - 2	2,9	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- 2 tot - 1	23,2	20,0	24,2	0,0	0,0	0,0
- 1 tot HW	26,1	34,0	51,5	40,0	100,0	40,0
HW tot + 1	29,0	32,0	24,3	60,0	0,0	60,0
+ 1 tot + 2	15,9	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
+ 2 tot + 3	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
+ 3 tot + 4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
+ 4 tot + 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
+ 5 tot + 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*) Intensiteit per getij wordt afgeleid uit tabel 2 en tabel 3, waarbij is aangenomen dat er gemiddeld 2 hoogwaters per dag zijn.

Tabel 5. Uurintensiteiten van tijvaarders per uur t.o.v. HW bij Bath.

Kategorie schip		Percentage van alle schepen per kategorie dat in geladen *) toestand vaart			
		Opvaart		Afvaart	
		niet-tijvaarders % geladen schepen	tijvaarders % geladen schepen	niet-tijvaarders % geladen schepen	tijvaarders % geladen schepen
1	C	100,0	100	100,0	100
2		60,0	100	100,0	100
3		60,0	100	100,0	100
4		70,0	100	70,0	100
5		25,0	100	25,0	100
6		-	50	-	50
7	T	95,0	100	100,0	100
8		85,0	100	95,0	100
9		50,0	100	60,0	100
10		70,0	100	0,0	100
11		33,3	100	3,0	100
12		0,0	100	0,0	100
13	V	95,0	100	100,0	100
14		80,0	100	90,0	100
15		54.5	100	63,5	100
16		47,5	100	46,7	100
17		33,3	100	33,3	100
18		-	50	-	50

*) Geladen toestand $\underline{\underline{\text{def}}}$ voor 60% of meer geladen.

Tabel 6. Aandeel geladen schepen in het scheepvaartverkeer bij Bath.

Kategorie schip		Opvaart		Afvaart	
		Gem. vaarsnelheid t.o.v. water (m/s)	Standaardafwijking (m/s)	Gem. vaarsnelheid t.o.v. water (m/s)	Standaardafwijking (m/s)
1	C	6,22	0,75	5,78	0,90
2		6,00	1,55	6,50	0,90
3		6,50	1,20	6,75	0,90
4		7,02	1,50	7,55	0,90
5		6,50 *	1,20 *	7,41 *	1,00 *
6		7,50 *	1,00 *	8,50 *	0,50 *
7	T	5,45	0,92	5,36	0,57
8		6,00	0,87	6,10	0,49
9		5,82	1,23	6,55	1,27
10		5,35	1,39	6,19	0,99
11		4,18	1,08	5,75	1,11
12		4,18 *	1,10 *	5,75 *	1,10 *
13	V	5.61	1,02	5,73	0,95
14		6,05	1,55	6,19	1,40
15		6,25	1,34	6,21	1,55
16		5,96	1,72	5,98	1,35
17		6,50 *	1,20 *	7,00 *	1,20 *
18		7,50 *	1,00 *	8,50 *	0,50 *

* De vaarsnelheden zijn ten behoeve van dit onderzoek aan de hoge kant geschat. Geen rekening is gehouden met snelheidsvermindering ten gevolge van het vastmaken van sleepboten.

Tabel 7. Vaarsnelheden t.o.v. water bij Bath.

no.	kategorie	AANTAL GEPASSEERDE SCHEPEN (Simulatie van 20 dagen)				
		Opvaart	Afvaart	Totaal	waarvan niet bij verkeerssituaties betrokken zijn geweest.	
					huidige bocht	bochtafsnijding
1		30	21	51	9 (18%)	13 (25%)
2		6	6	12	1 (8%)	2 (17%)
3	C	3	3	6	0 (0%)	2 (33%)
4		39	44	83	16 (19%)	32 (39%)
5		11	4	15	4 (27%)	9 (60%)
6		-	-	-	- (-)	- (-)
7		36	26	62	8 (13%)	18 (29%)
8		46	62	108	20 (19%)	36 (33%)
9	T	8	4	12	1 (8%)	3 (25%)
10		85	85	170	18 (11%)	51 (30%)
11		21	35	56	5 (9%)	13 (23%)
12		10	13	23	2 (9%)	7 (30%)
13		246	275	521	85 (16%)	167 (32%)
14		250	309	559	87 (16%)	166 (30%)
15	V	159	167	326	57 (17%)	103 (32%)
16		53	70	123	22 (19%)	43 (35%)
17		6	8	14	1 (7%)	3 (21%)
18		-	-	-	- (-)	- (-)
Totaal		1.009	1.132	2.141	336 (16%)	668 (31%)

Opmerking: Het verkeersaanbod in de huidige bocht en in de bochtafsnijding is exakt hetzelfde geweest.

Tabel 8. Gesimuleerd scheepvaartverkeer 1972 (simulatieduur : 20 dagen)

no.	kategorie	AANTAL GEPASSEERDE SCHEPEN (Simulatie van 20 dagen)				
		Opvaart	Afvaart	Totaal	waarvan niet bij verkeers-situaties betrokken zijn geweest.	
1		-	-	-	-	
2		-	-	-	-	
3	C	-	-	-	-	
4		61	64	125	30	(24%)
5		56	55	111	28	(25%)
6		-	-	-	-	
7		-	-	-	-	
8		-	-	-	-	
9	T	-	-	-	-	
10		-	-	-	-	
11		34	27	61	13	(21%)
12		22	27	49	12	(24%)
13		305	364	669	176	(26%)
14		247	301	548	135	(25%)
15	V	145	147	292	73	(25%)
16		238	281	519	117	(23%)
17		24	40	64	13	(20%)
18		-	-	-	-	
Totaal		1.132	1.306	2.438	597	(24%)

Tabel 9. Gesimuleerd scheepvaartverkeer volgens Belgische lange-termijn prognose (simulatieduur : 20 dagen)

no. kategorie	AANTAL GEPASSEERDE SCHEPEN (Simulatie van 20 dagen)						
	Opvaart	Afvaart	Totaal	waarvan niet bij verkeers-situaties betrokken zijn geweest.			
				vrij verkeer		in opvaart niet oplopen	
6 C	41	51	92	40	(43%)	42	(46%)
12 T	24	38	62	28	(45%)	33	(53%)
18 V	122	110	232	106	(46%)	111	(48%)
Totaal	187	199	386	174	(45%)	186	(48%)

Tabel 10. Gesimuleerd scheepvaartverkeer volgens extreme lange-termijn prognose (simulatieduur: 20 dagen).

	OPVAART															AFVAART															VAARWEG-GEGEVENS		
	Gegevens schip					Gegevens inhalend schip					Gegevens triplerend schip					Gegevens schip					Gegevens inhalend schip					Gegevens triplerend schip							
Volgnr. verkeerssituatie	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Stroomsnelheid eb (mph)	Stroomsnelheid vloed (mph)	Waterdiepte (m)
1	12	0	4	2,36	0,20	10	0	10	2,48	0,60	15	0	16	3,56	0,89	12	0	9	2,36	0,60												1	13,9
2	12	0	4	2,41	0,19	10	0	10	3,55	0,59	15	0	16	3,64	0,87	13	1	9	3,94	0,52	16	0	11	3,09	0,70							1	14,2
3	12	0	4	2,39	0,19	10	0	10	3,53	0,59	15	0	16	3,62	0,87	13	1	12	3,92	0,70												1	14,1
4	12	0	4	2,36	0,20	10	0	10	3,48	0,60	15	0	16	3,56	0,89	13	1	11	3,86	0,67												1	13,9
5	12	0	4	2,03	0,19	10	1	10	1,29	0,68						8	0	12	5,22	0,77	14	1	15	2,18	0,94							1	12,0
6	12	0	8	2,03	0,53	15	1	14	1,45	0,96						4	1	16	1,40	1,00												1	12,0
7	15	1	12	1,47	0,81	3	1	15	1,56	1,00						13	1	9	3,39	0,53	4	1	17	1,42	1,00							1	12,2
8	12	0	8	2,19	0,51	14	0	10	4,96	0,62	15	1	15	1,55	0,92	13	1	8	3,58	0,48												1	12,9
9	12	0	8	2,05	0,53	15	1	14	1,46	0,96						11	0	12	2,69	0,78												1	12,1
10	16	0	8	2,39	0,59	10	1	16	1,18	0,83						14	1	9	2,00	0,60	15	1	11	1,33							1		11,0
11																1	1	8	4,22	0,43	12	0	10	2,58	0,60	15	1	18	1,83	1,00		1	15,2
12	11	0	4	2,53	0,27	14	1	11	2,07	0,77						10	0	12	2,85	0,80	14	1	17	2,07	1,00							1	11,4
13	11	0	4	2,53	0,28	14	0	13	4,38	0,82						10	0	12	2,85	0,79	14	1	17	2,07	1,00							1	11,4
14	14	1	6	2,13	0,39	15	1	15	1,41	1,00						16	1	12	1,19	0,85	14	0	14	4,50	0,90							0	11,7
15	12	0	4	2,03	0,20	16	1	15	1,22	1,00						13	1	15	3,33	0,93												1	12,0
16	14	0	6	4,15	0,43	8	1	14	1,96	0,97						15	1	8	1,30	0,59	16	1	16	1,10	1,00						0		10,8
17	15	1	16	1,28	1,00											12	0	9	1,80	0,64	13	1	12	2,94	0,78						1		10,6
18	12	0	4	2,03	0,30	8	1	11	2,18	0,70						10	1	11	1,29	0,76												1	12,0
19	10	1	14	1,41	0,90	14	1	17	2,38	0,93						15	0	10	3,36	0,62	15	1	12	1,58	0,79							1	13,1
20	12	0	4	2,03	0,30	13	1	7	3,33	0,40						10	1	11	1,29	0,76												1	12,0
21	12	0	4	2,03	0,30	13	1	6	3,33	0,37						10	1	11	1,29	0,76												1	12,0
22	12	0	8	2,03	0,53	15	1	14	1,45	0,96						14	1	14	2,18	0,91												1	12,0
23	15	0	7	3,38	0,40											15	0	9	3,30	0,55	15	1	11	1,59	0,72	10	0	12	3,30	0,71	2		13,2
24	12	0	4	2,03	0.19	10	1	10	1,29	0,68						13	1	15	3,33	0,94												1	12,0
25	12	0	4	2,03	0,22	10	0	9	3,00	0,64						14	1	18	2,18	1,00												1	12,0
26	8	1	11	2,35	0,68	15	0	13	3,31	0,81						9	0	10	3,79	0,62	16	0	14	2,80	0,83							1	12,9
27	14	1	12	2,71	0,66	15	1	17	1,80	0,98						16	1	7	1,52	0,42	14	1	8	2,71	0,48						1		14,9
28	14	0	10	5,65	0,56	10	0	14	3,68	0,81	15	1	19	1,77	1,00	13	1	8	4,08	0,46											1		14,7
29	12	1	9	1,10	0,67											3	1	9	1,74	0,55	13	1	10	3,78	0,57							1	13,6
30	12	0	4	2,03	0,21	10	0	9	3,00	0,62						13	1	15	3,33	0,93												1	12,0

*) 1 : schip is geladen
0 : schip is niet geladen

Tabel 11. Belangrijkste verkeerssituaties gesimuleerd scheepvaartverkeer 1972 in huidige bocht bij Bath, gerangschikt op breedtebeslag (simulatieduur: 20 dagen).

Volgnr. verkeerssituatie	OPVAART										AFVAART										VAARWEG-GEGEVENS	
	Gegevens schip				Gegevens inhalend schip				Gegevens triple-rend schip		Gegevens schip				Gegevens inhalend schip				Gegevens triple-rend schip		Stroomsnelheid eb (mph)	Stroomsnelheid vloed (mph)	Waterdiepte (m)
	V/V grens	D/d	V t.o.v. water (mph)	Belading*toestand	V/V grens	D/d	V t.o.v. water (mph)	Belading*toestand	V/V grens	D/d	V/V grens	D/d	V t.o.v. water (mph)	Belading*toestand	V/V grens	D/d	V t.o.v. water (mph)	Belading*toestand	V/V grens	D/d			
1											1,00	1,47	18	1					0,80	3,02	1 2	2	13,9
2	0,68	1,94	12	1	1,00	3,82	19	0			0,96	3,23	16	0	0,90	2,98	19	1			0	3	12,6
3	0,65	2,71	12	1							0,78	1,15	13	1								3	16,1
4	0,82	1,28	12	1							0,96	3,24	18	0								3	14,9
5	0,41	2,32	7	0	0,79	3,43	14	0			0,95	2,46	16	0								3	13,3
6	0,72	4,73	13	0																		2	13,7
7	0,49	1,34	7	1							1,00	1,48	17	1								1	12,3
8	0,62	2,64	11	0							1,00	1,62	17	1								3	13,9
9	0,27	1,34	4	1	0,69	2,72	11	0			0,78	1,88	14	1								3	15,6
10	0,51	1,47	8	1	0,98	2,98	16	0													0		12,5
11	0,86	1,40	13	1																		3	13,7
12	0,56	2,27	9	1	0,88	2,27	15	1			1,00	2,98	19	0								3	13,7
13	0,31	1,47	5	1	0,86	1,40	13	1													1		12,5
14	0,31	1,47	5	1	0,86	1,40	13	1														3	13,7
15	0,77	2,87	13	0							0,90	1,35	14	1								3	13,7
16	0,29	1,59	5	1	0,73	1,72	12	1			0,46	3,67	8	1								3	13,2
17	0,27	1,34	4	1	0,69	2,72	11	0			1,00	1,78	20	1								3	14,8
18	0,83	1,27	12	1							0,52	1,51	9	1							0		12,5
19	0,31	3,65	6	0	0,40	3,65	8	0			0,78	2,40	14	1								3	13,2
20	0,47	3,85	8	0							0,43	3,38	8	0								2	16,8
21	0,58	1,79	9	1							0,51	4,31	10	0								3	15,4
22	0,72	4,23	12	0							0,81	1,57	14	1								3	14,0
23	0,78	3,53	13	1							1,00	1,63	17	1								3	16,9
24	0,29	1,57	5	1	0,74	1,70	12	1			1,00	3,07	20	1							1		12,7
25	0,83	1,52	13	1							0,56	2,35	18	0								3	14,6
26	0,91	4,10	17	1							0,98	2,65	17	1									12,6
27	0,82	1,73	14	1							0,82	3,15	20	1							2		14,6
28	0,81	1,69	13	1							0,41	4,44	19	0								3	16,0
29	0,57	1,78	11	1	0,93	2,00	18	1			0,62	4,03	17	1								3	16,1
30											0,73	3,89	17	1								3	14,0
											0,83	2,00	12	1							1		16,6
											0,55	3,86	10	1							2		13,9

) 1 : schip is geladen
2 : schip is niet geladen (ballast)

Tabel 12. Belangrijkste verkeerssituaties gesimuleerd scheepvaartverkeer 1972 in ontworpen bochtafsnijding, gerangschikt op breedtebeslag (simulatieduur: 20 dagen).

	OPVAART															AFVAART															VAARWEG-GEGEVENS		
	Gegevens schip					Gegevens inhalend schip					Gegevens triplerend schip					Gegevens schip					Gegevens inhalend schip					Gegevens triplerend schip							
Volgnr. verkeerssituatie	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Kategorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Stroomsnelheid eb (mph)	Stroomsnelheid vloed (mph)	Waterdiepte (m)
1	12	1	6	1,19	0,43	14	1	12	2,51	0,65						17	1	13	1,19	0,88	5	0	17	1,75	1,00							2	13,8
2	5	0	9	1,59	0,59	17	1	10	1,10	0,72						17	0	13	2,33	0,81	5	0	22	1,59	1,00							2	12,6
3	5	0	9	1,61	0,58	17	1	10	1,10	0,71						16	0	9	2,76	0,55	13	1	12	3,53	0,68	15	1	17	1,53	1,00		2	12,7
4	12	1	6	1,14	0,42	13	1	13	4,36	0,70						15	1	13	1,89	0,68	17	1	14	1,35	0,80							3	15,7
5	14	0	12	6,27	0,55	14	1	14	2,96	0,67	5	1	15	1,35	0,53	16	0	9	3,54	0,50	16	0	16	3,54	0,84							2	16,3
6	14	1	15	2,64	0,83	5	0	20	1,84	1,00						14	1	15	2,64	0,78	5	0	20	1,84	1,00						2		14,5
7	5	1	8	1,24	0,52	15	0	14	3,85	0,79						16	1	11	1,53	0,63	16	1	13	1,53	0,76							3	15,0
8	14	1	9	3,07	0,46	5	1	20	1,40	1,00						16	1	8	1,72	0,41	14	1	18	1,40	0,89							2	16,9
9	16	1	8	1,46	0,49											16	0	6	3,11	0,52	14	1	13	2,60	0,69	5	0	15	1,81	0,93		3	14,3
10	14	0	7	6,19	0,36	16	1	12	1,64	0,71	5	0	14	2,04	0,84	16	1	14	1,64	0,75												3	16,1
11	16	1	9	1,41	0,52	14	1	15	2,51	0,84						13	1	8	3,83	0,47	5	0	16	1,75	1,00							2	13,8
12	14	1	9	3,07	0,46	5	1	20	1,40	1,00						13	1	8	4,69	0,40	13	1	11	2,04	0,57							2	16,9
13	5	1	8	1,24	0,52	15	0	14	3,85	0,79						5	0	17	1,90	0,97												3	15,0
14	13	1	10	3,97	0,56											16	0	9	3,11	0,52	14	1	13	2,60	0,69	5	0	15	1,81	0,93		3	14,3
15	16	1	8	1,41	0,52	13	1	11	3,83	0,61						13	1	9	3,83	0,47	5	0	17	1,75	1,00							3	13,8
16																17	0	12	2,98	0,67	16	0	14	3,50	0,76	5	0	18	2,04	1,00		2	16,1
17	16	1	9	1,43	0,51											13	1	9	3,39	0,52	16	0	14	3,04	0,36	16	1	18	1,43	1,00		2	14,0
18	17	1	10	1,18	0,61	14	1	12	2,49	0,66						13	1	7	3,81	0,41	16	1	12	1,40	0,77							2	13,7
19	12	1	8	1,19	0,46	4	1	13	1,91	0,70						16	0	17	3,57	0,92												2	16,4
20	16	1	13	1,72	0,73	16	0	20	3,67	1,00						12	1	12	1,22	0,74												2	16,9
21	12	1	8	1,18	0,45	4	1	13	1,90	0,69						16	1	13	1,66	0,74												2	16,3
22	12	1	6	1,10	0,42	14	1	12	2,49	0,65						16	1	12	1,40	0,75												2	13,7
23	14	0	11	6,20	0,55	14	1	13	2,91	0,68	5	1	14	1,32	0,86	14	1	14	2,91	0,70												3	16,0
24	14	0	12	6,20	0,55	14	1	14	2,93	0,68	5	1	15	1,33	0,86	14	1	11	2,93	0,61												2	16,1
25	14	0	11	6,20	0,55	14	1	13	2,91	0,68	5	1	14	1,32	0,86	14	1	10	2,91	0,50												3	16,0
26	12	1	9	1,14	0,60	11	0	9	3,51	0,38						14	1	13	2,87	0,65												3	15,8
27	14	0	12	6,20	0,55	14	1	14	2,95	0,68	5	1	15	1,34	0,86	13	1	12	4,50	0,62												2	16,2
28	14	1	15	2,62	0,85	5	0	20	1,82	1,00						13	1	8	4,00	0,43	14	1	13	2,62	0,71						2		14,4
29	12	1	6	1,16	0,42	13	1	13	4,44	0,69						16	0	13	3,48	0,65												3	16,0
30	15	1	10	1,51	0,63											17	0	13	2,31	0,80	5	0	20	1,58	1,00							2	12,5

*) 1 : schip is geladen
2 : schip is niet geladen

Tabel 13. Belangrijkste verkeerssituaties gesimuleerd scheepvaartverkeer volgens Belgische prognose voor de lange termijn in de ontworpen bochtafsnijding, gerangschikt op breedtebeslag (simulatieduur: 20 dagen).

VAARWEG-GEGEVENS				AFVAART								OPVAART							
				Gegevens schip				Gegevens inhalend schip				Gegevens triple-rend schip				Gegevens schip			
Volgnr. verkeerssituatie	Waterdiepte (m)	Stroomsnelheid vloed (mph)	Stroomsnelheid eb (mph)	Categorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Categorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Categorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens	Categorie	Beladingstoestand *	V t.o.v. water (mph)	D/d	V/V grens
1	16,8	2		18	0	20	2,58	1,00															
2	17,0	1		12	1	7	1,23	0,38															
3	17,0	1		18	0	10	2,62	0,54															
4	17,0	1		18	0	10	2,62	0,54															
5	17,1	1		18	1	15	1,22	0,90															
6	17,0	1		12	1	7	1,23	0,38															
7	17,0	1		18	0	15	2,62	0,79															
8	17,0	3		18	0	10	2,62	0,54															
9	17,0	1		18	0	10	2,62	0,54															
10	17,0	1		6	0	15	2,63	0,84															
11	17,1	1		18	0	10	2,63	0,52															
12	17,1	0																					
13	17,1	0		18	1	16	1,21	0,97															
14	17,0	1																					
15	17,1	1																					
16	17,0	1		12	1	9	1,20	0,53															
17	16,6	2		18	1	12	1,19	0,70															
18	16,6	2		18	1	12	1,19	0,70															
19	16,6	2		18	1	10	1,21	0,62															
20	17,0	1	0	6	1	15	1,21	0,90															
21	17,0	1																					
22	17,0	1	0	18	1	10	1,21	0,62															
23	17,0	1		12	1	12	1,24	0,72															
24	17,1	1		18	1	11	1,21	0,67															
25	17,0	1	0																				
26	16,8	1																					
27	17,1	1	0																				
28	16,9	0																					
29	17,2	0	0																				
30	16,8		0																				
	16,9		0																				

*) 1 : schip is geladen
2 : schip is niet geladen

Tabel 14. Belangrijkste verkeerssituaties gesimuleerd scheepvaartverkeer volgens extreme prognose voor de lange termijn in de ontworpen bochtafsnijding, gerangschikt op breedtebeslag (simulatieduur: 20 dagen).

Volgnr. verkeerssituatie (zie tabel 8)	Benodigde breedte volgens globale berekening (m)	Praktijkbeoordeling		
		De verkeerssituatie is: *)		
		"toelaatbaar"	Twijfelachtig	"ontoelaatbaar"
1	506			x
2	485			x
3	375			x
4	375			x
5	363			x
6	361			x
7	354			x
8	351			x
9	348			x
10	342			x
11	340		x	
12	339			x
13	336			x
14	336		x	
15	333			x
16	325		x	
17	315	x		
18	312			x
19	312		x	
20	309	x		
21	309	x		
22	307		x	
23	307			x
24	302		x	
25	302		x	
26	299		x	
27	294		x	
28	293			x
29	293	x		
30	290		x	

*) onder gemiddelde omstandigheden in huidige toestand.

Tabel 15. Beoordeling verkeerssituaties scheepvaartverkeer in 1972 (simulatie) in huidige Nauw van Bath.

Volgnr. verkeerssituatie (zie tabel 10)	Benodigde breedte volgens globale berekening (m)	Praktijkbeoordeling		
		De verkeerssituatie is: *)		
		"toelaatbaar"	twijfelachtig	"ontoelaatbaar"
1	550			x
2	513			x
3	505			x
4	463			x
5	453			x
6	436			x
7	410		x	
8	405			x
9	405			x
10	386			x
11	376	x		
12	373			x
13	370		x	
14	367			x
15	362	x		
16	358			x
17	358		x	
18	357		x	
19	351		x	
20	346			x
21	346	x		
22	344	x		
23	339	x		
24	339	x		
25	339	x		
26	335	x		
27	332	x		
28	331		x	
29	331	x		
30	330			x

*) onder gemiddelde omstandigheden in de bochtafsnijding.

Tabel 16 Beoordeling verkeerssituaties scheepvaartverkeer volgens Belgische prognose voor de lange termijn in ontworpen bochtafsnijding.

Volgnr. verkeerssituatie (zie tabel 11)	Benodigde breedte volgens globale berekening (m)	Praktijkbeoordeling		
		De verkeerssituatie is: *)		
		"toelaatbaar"	twijfelachtig	"ontoelaatbaar"
1	490			x
2	483			x
3	451			x
4	451			x
5	438			x
6	437			x
7	433			x
8	406			x
9	406			x
10	402			x
11	397			x
12	396			x
13	360			x
14	337			x
15	335		x	
16	328		x	
17	324		x	
18	324		x	
19	324		x	
20	304		x	
21	302	x		
22	300		x	
23	294		x	
24	292		x	
25	279	x		
26	279	x		
27	279	x		
28	278	x		
29	275		x	
30	275		x	

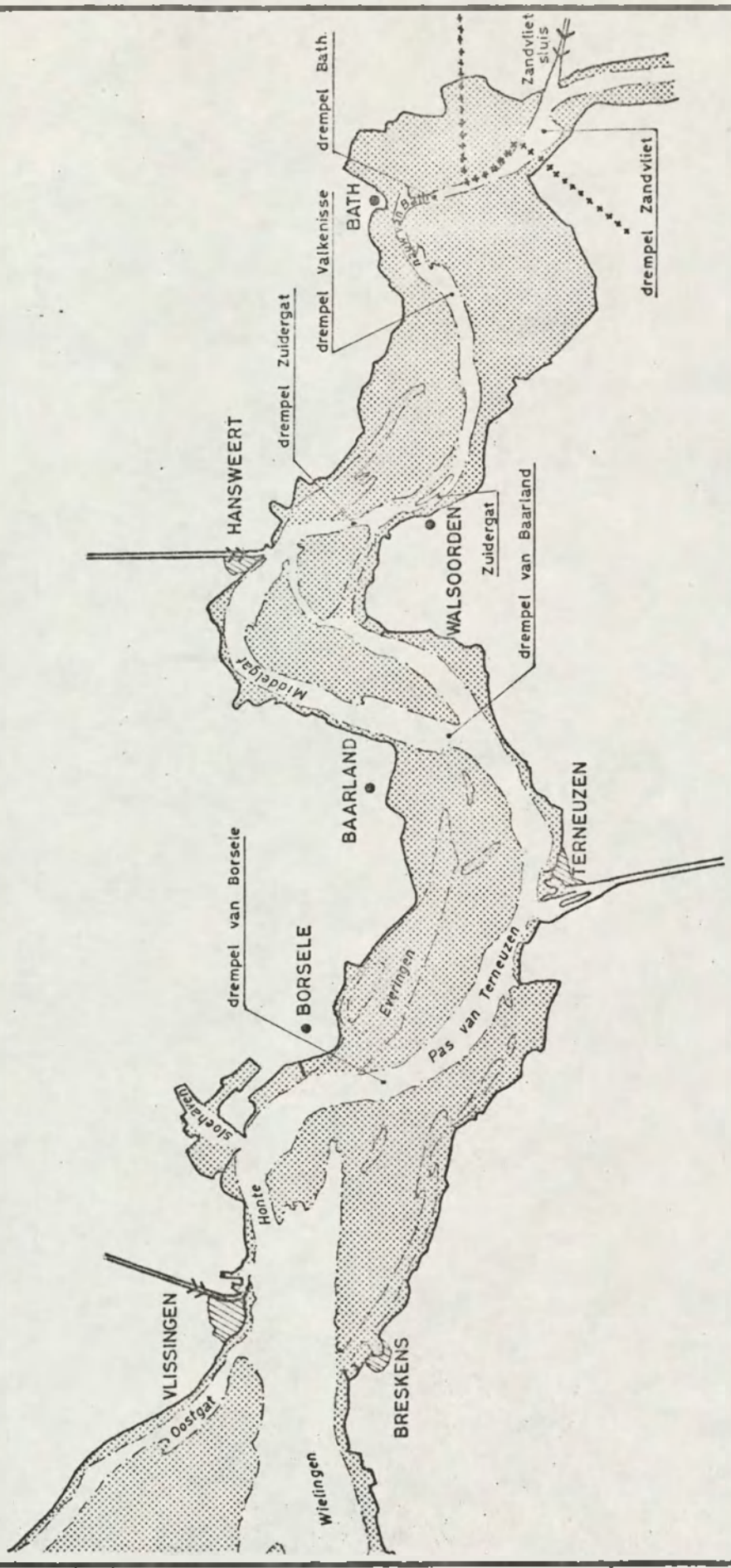
*) onder gemiddelde omstandigheden in de bochtafsnijding

Tabel 17 Beoordeling verkeerssituaties scheepvaartverkeer volgens extreme prognose voor de lange termijn in ontworpen bochtafsnijding.

Lit.	scheepstype			ton waterverpl. × 10^3	onderzochte dimensies dwarsprofiel vaarweg/ontwerpschip			snelheid schip (Kn)	verkeerssituaties onderzocht?	opmerkingen
	tanker	vrachtschip	marineschip		F/f	B/b	D/d			
[2]	C_B=0,80			178	} 16,8-∞	14	1,21-∞	7 en 12	nee	model
		C_B=0,59		17						
	C_B=0,80			178	} 3,4-10,8	2,8-5,6	1,21-1,90	7	nee	model
		C_B=0,59		17						
[5]	C_B=0,8			61	3,3-6,4	2,9-5,7	1,13	4-6	nee	model
[6]	C_B=0,75			57	} 5,8-7,8	4,9-5,6	1,13-1,50	4-6	ja (ontmoet.)	model
	C_B=0,77			39						
		C_B=0,62		32	} 7,4-9,4	5,7-6,3	1,20-1,60	4-8	ja (ontmoet.)	
		C_B=0,59		21						
[8]	C_B=0,85			24	-	-	1,17-∞	13	nee	praktijk
	C_B=0,85			24	-	-	1,36-∞	11	nee	model
[9, 10]			C_B=0,5	56	3,7-15,4	2,9-6,9	1,40-2,50	5-12	ja (ontmoet.)	model
	C_B=0,80			50	} vergelijkbare kondities als marineschip; minder proeven					model
		C_B=0,7		10					-	
[11]	C_B=0,80			290	5,7	4,8	1,20	6	ja (ontmoet.)	simulatie v.ontmoet.
				200				9		
[12]	C_B=0,77			23	3,8-4,8	2,2	1,05-1,30	1-7,5	nee	model
[13]	C_B=0,8			75	3,6	2	1,08	2,2-7,2	nee	model
[16]	duwstellen			10	ca 5,2-10,1	4,4-5,3	1,18-2,30	6-9	nee	model + praktijk
	binnenvaartuig			2						
[17]	C_B=0,83			142	16,8-21,4	15,3	1,10-1,40	5-12	nee	model
[18]	duwstellen			10	9,3	5,3	1,27-1,80	5,4	ja, o.a. oplopen +kombin. ontmoet.	model
	binnenvaartuig			2			1,50-2,14	10		
	sleep			3			1,70-2,40	3,2		
[20]	C_B=0,8			ca 200	3,1-4,3	2,1-4,6	1,40-1,17	5,5-8	nee	model
[21]	C_B=0,8			50 à 80	3,8-5,3	2,2-2,7	1,10-1,22	4,5-5,5	nee	praktijk
[22]	C_B=0,80			ca 100	14,1-17,3	10,1	1,10-1,30	5-15	ja (ontmoet.)	model + simul. m.b.v. loodsen
		C_B=0,60		63	15,7-21,1	11,5	1,10-1,40	9-18	ja (ontmoet.)	
[24]	C_B=0,8			23	6,6-7,25	-	1,74-2,06	2-5,5	nee	model
[25]	C_B=0,8			50 à 60	6,7	2,4	1,15-1,90	4,5-6		
		C_B=0,75		30			1,6	5	} ja (ontmoet.)	praktijk
		C_B=0,75		10	8,9	3,8	2,4	6		
	C_B=0,8			80	3,0-8,1	2,2-5,8	1,12-2,00	2,5-9,5		model
	C_B=0,8			62	4,0-10,9	2,4-6,3	1,13-2,00	2,0-8,3	} ja (ontmoet.)	
		C_B=0,75		13	9,0-24,4	3,8-10,3	1,56-1,88	2,0-9,0		

opm.: C_B = blokkoëfficient.

Tabel 18. Overzicht belangrijkste gegevens scheepvaartonderzoeken.



OVERZICHT WESTERSCHELDE

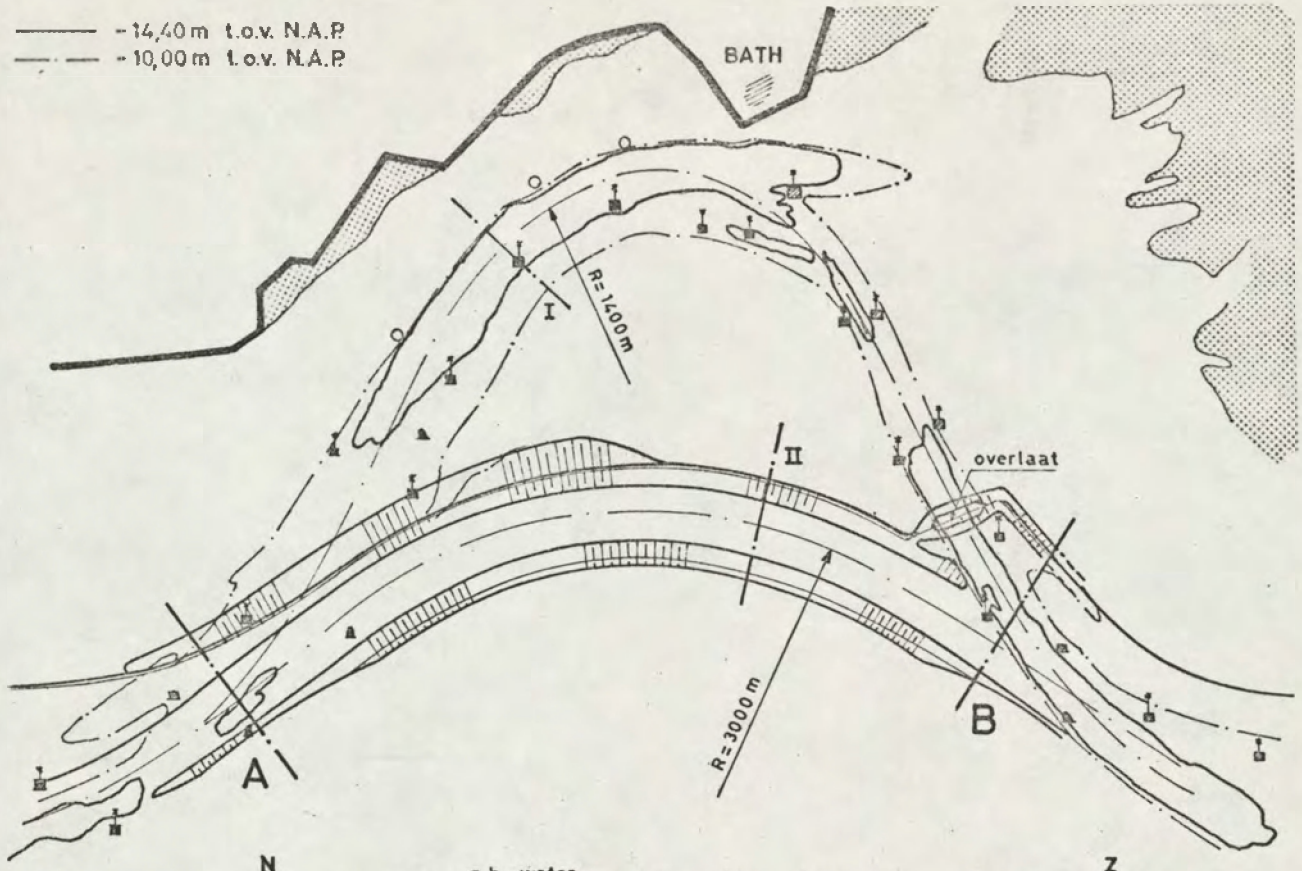
Fig. 1

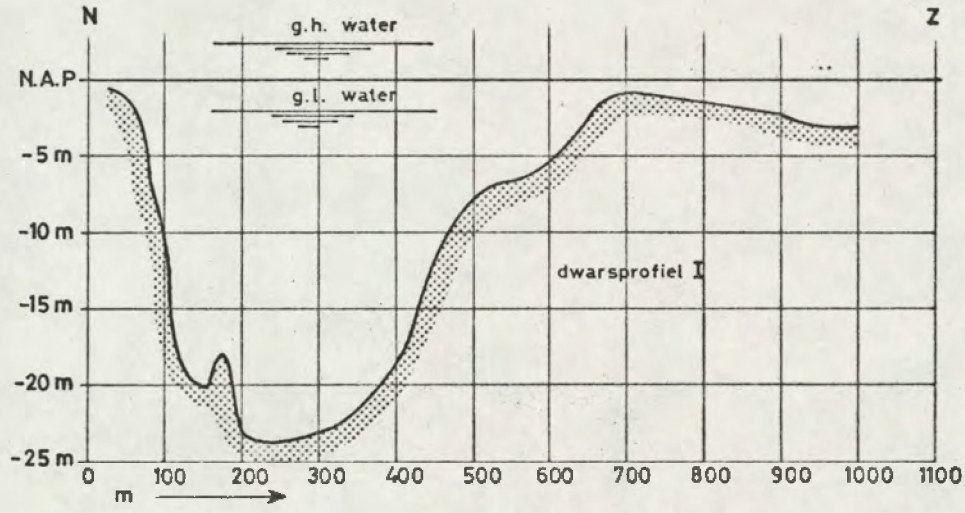
SCHAAL: 1:250.000

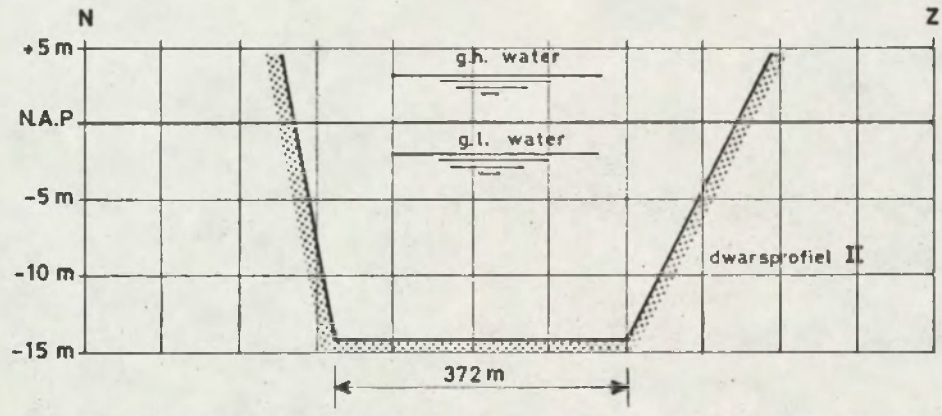
RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

get.	gez.
20-11-'75	
h.k.	

Nr. 72.13







OVERZICHT HUIDIGE EN ONTWORPEN VAARWEG BIJ BATH

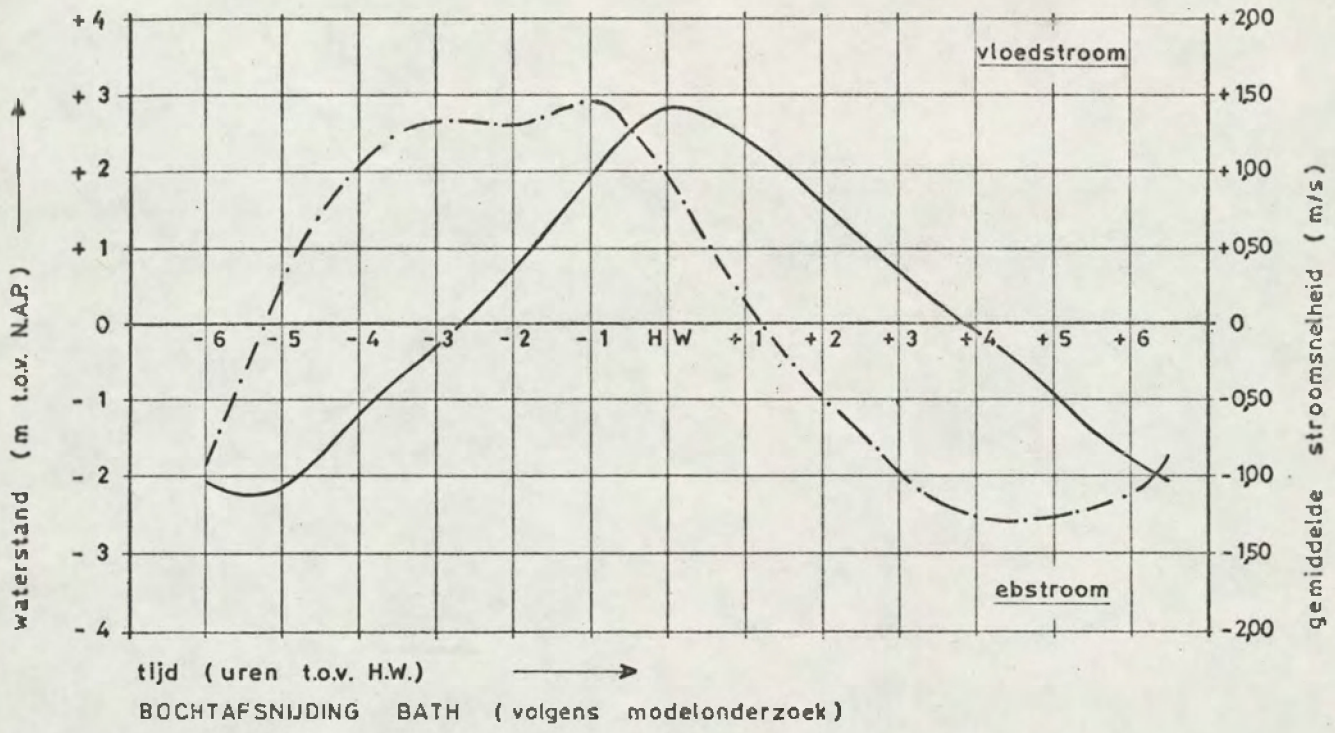
Fig. 2

SCHAAL: 1 : 50.000

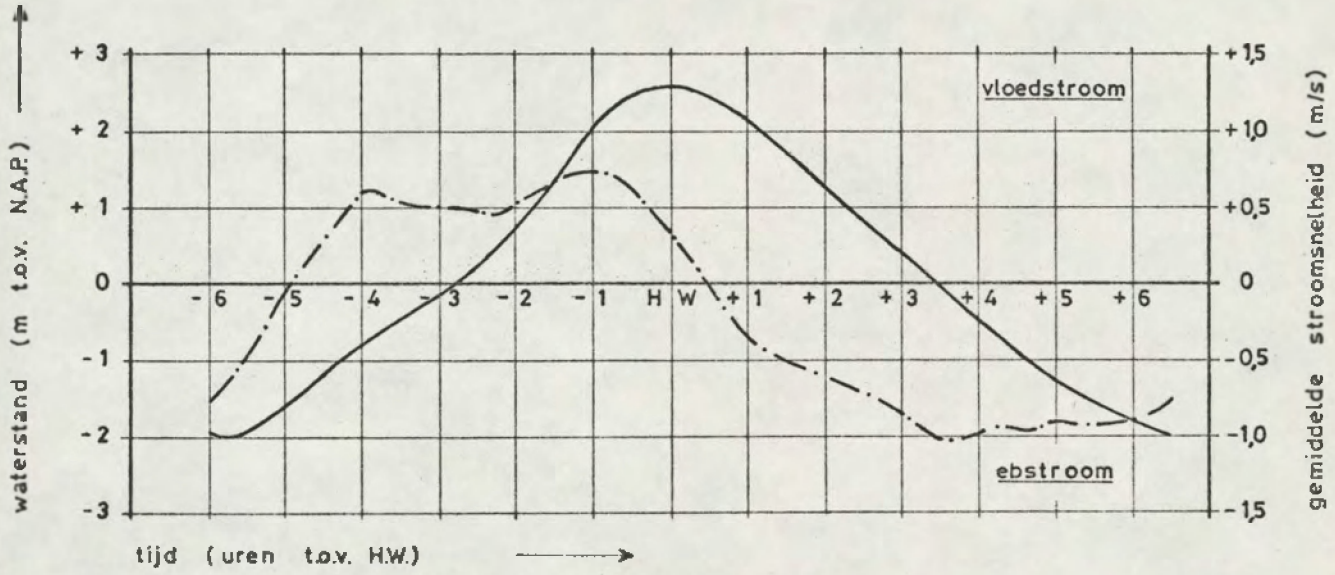
RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

	get.	gez.
	20-11-75	
	h.k.	

Nr. 72.13



BOCHTAFSNIJDING BATH (volgens modelonderzoek)

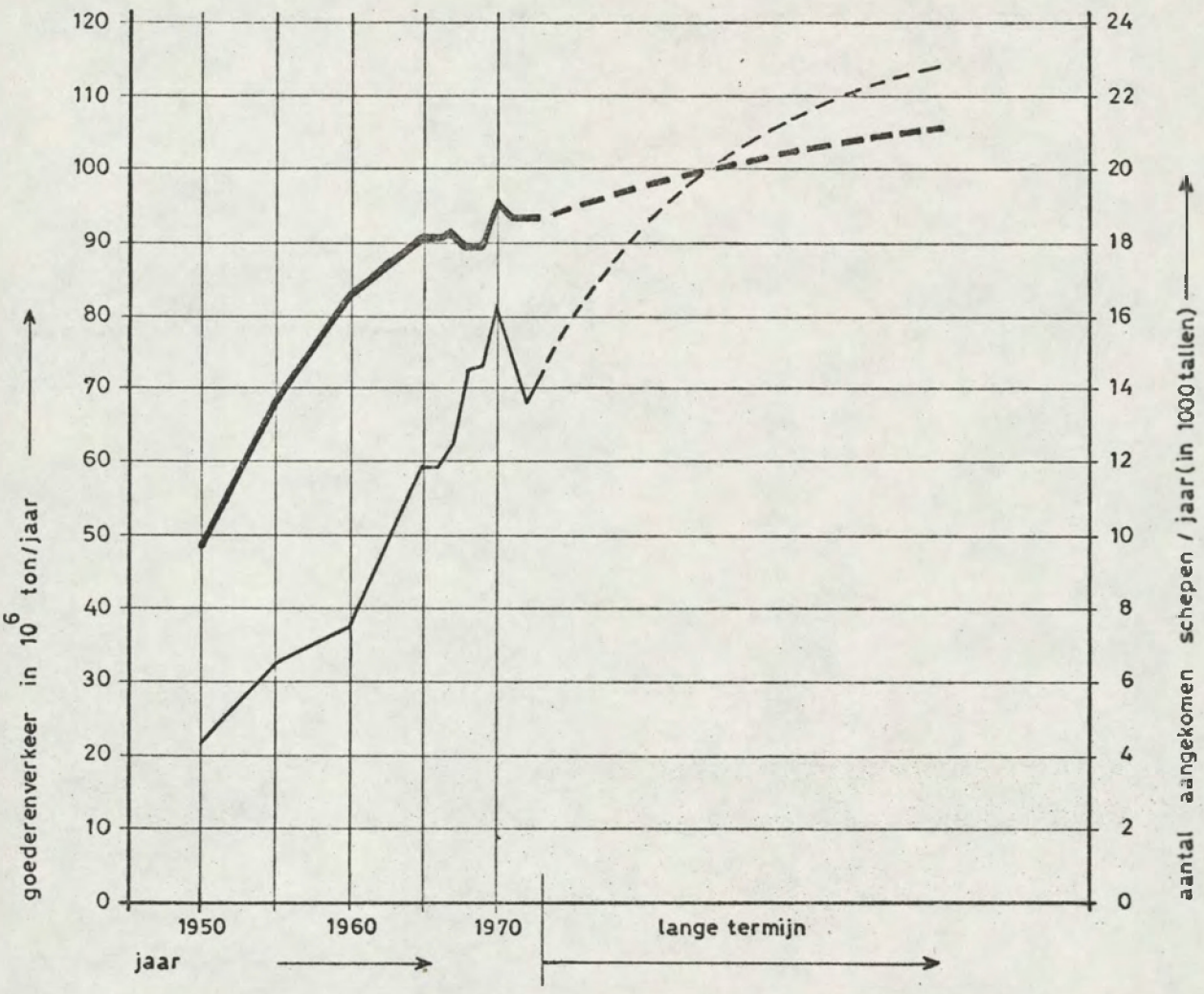


HUIDIG NAUW VAN BATH (gemiddeld getij)

——— vertikaal getij
—·—·— horizontaal getij

opm : vermelde getijgegevens zijn in scheepvaartsimulatie ingevoerd

HORIZONTAAL EN VERTIKAAL GETIJ		Fig. 3
	SCHAAL:	
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 21-11-75 / gez. / g.m.	Nr. 72.13



PROGNOSE GOEDERENVERVOER EN SCHEEPVAARTVERKEER
DOOR DE ONTWORPEN BOCHTAFSNIJDING

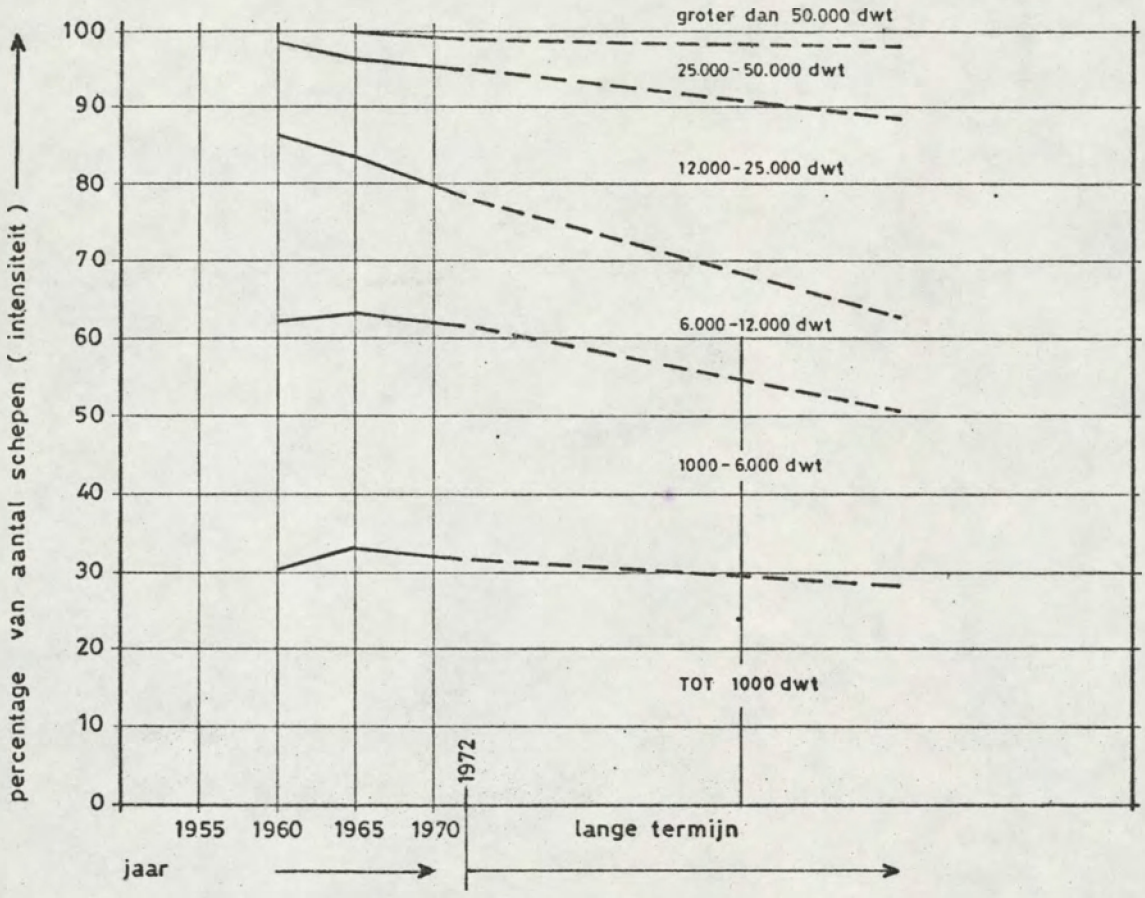
Fig. 4

SCHAAL:

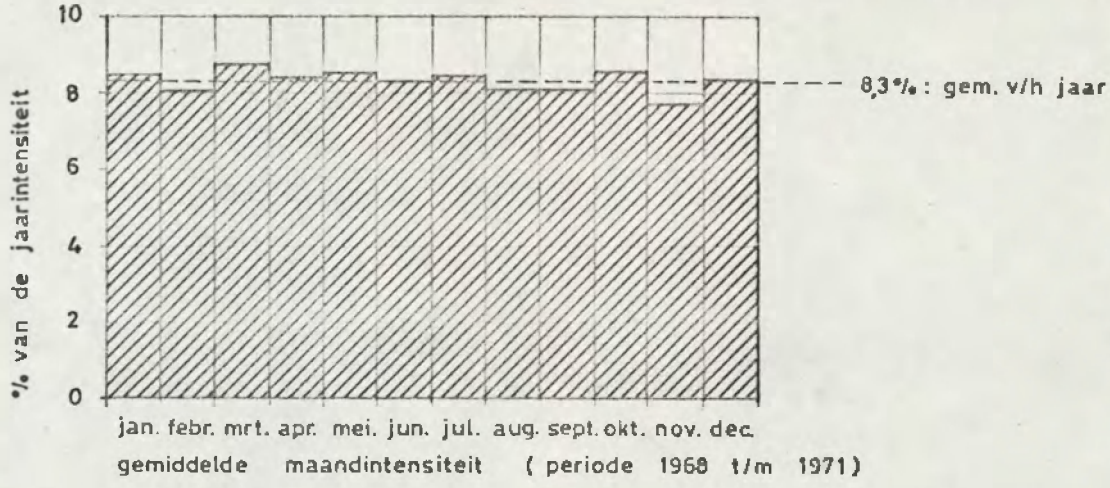
RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

get.	gez.
21-11-75	
g.m.	

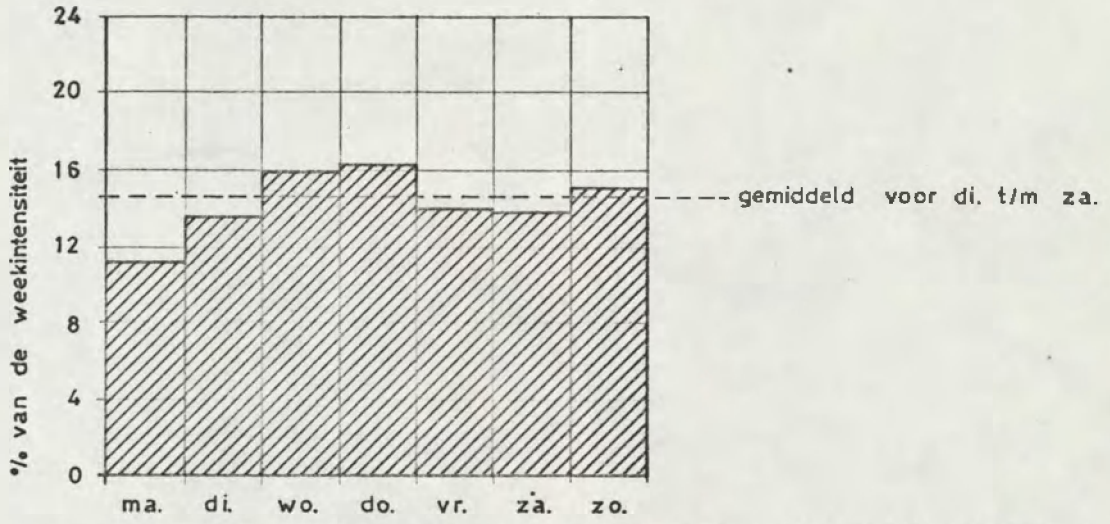
Nr. 72.13



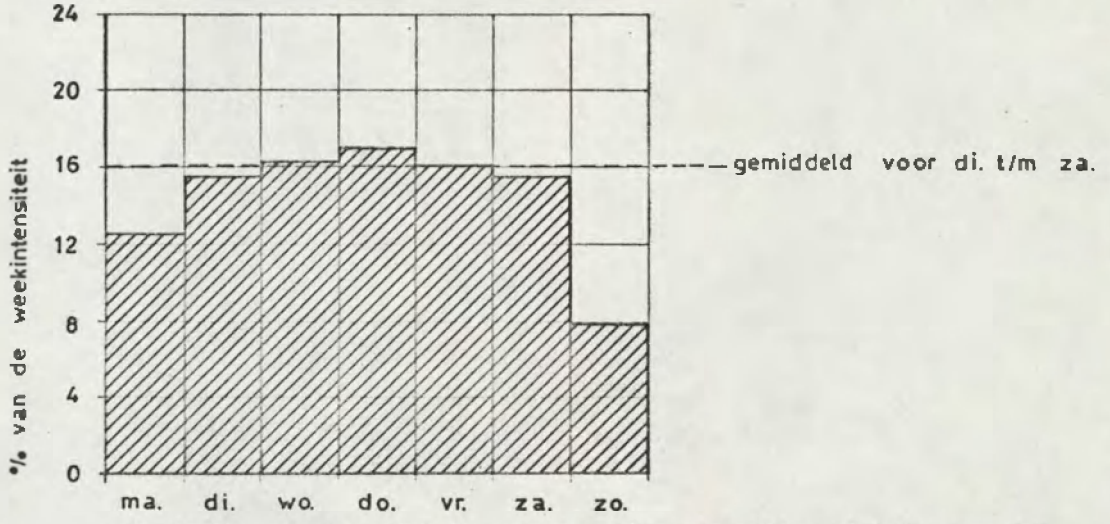
PROGNOSE VLOOTSAMENSTELLING NAAR DRAAGVERMOGENKLASSE		Fig. 5
	SCHAAL:	
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 21-11-75 g.m. / gez.	Nr. 72.13



gemiddelde maandintensiteit (periode 1968 t/m 1971)



gemiddelde dagintensiteit in opvaart (18 weken tijdens drukste maanden van de jaren in 1968 t/m 1971)



gemiddelde dagintensiteit in afvaart (18 weken tijdens drukste maanden van de jaren in 1968 t/m 1971)

VARIATIE GEMIDDELDE VERKEERSINTENSITEIT OVER DE TIJD		Fig. 6
	SCHAAL:	
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 21-11-'75 / h.k. — gez.	Nr. 72.13

VOORBEELD UITWERKING TIJD - WEG DIAGRAM

RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

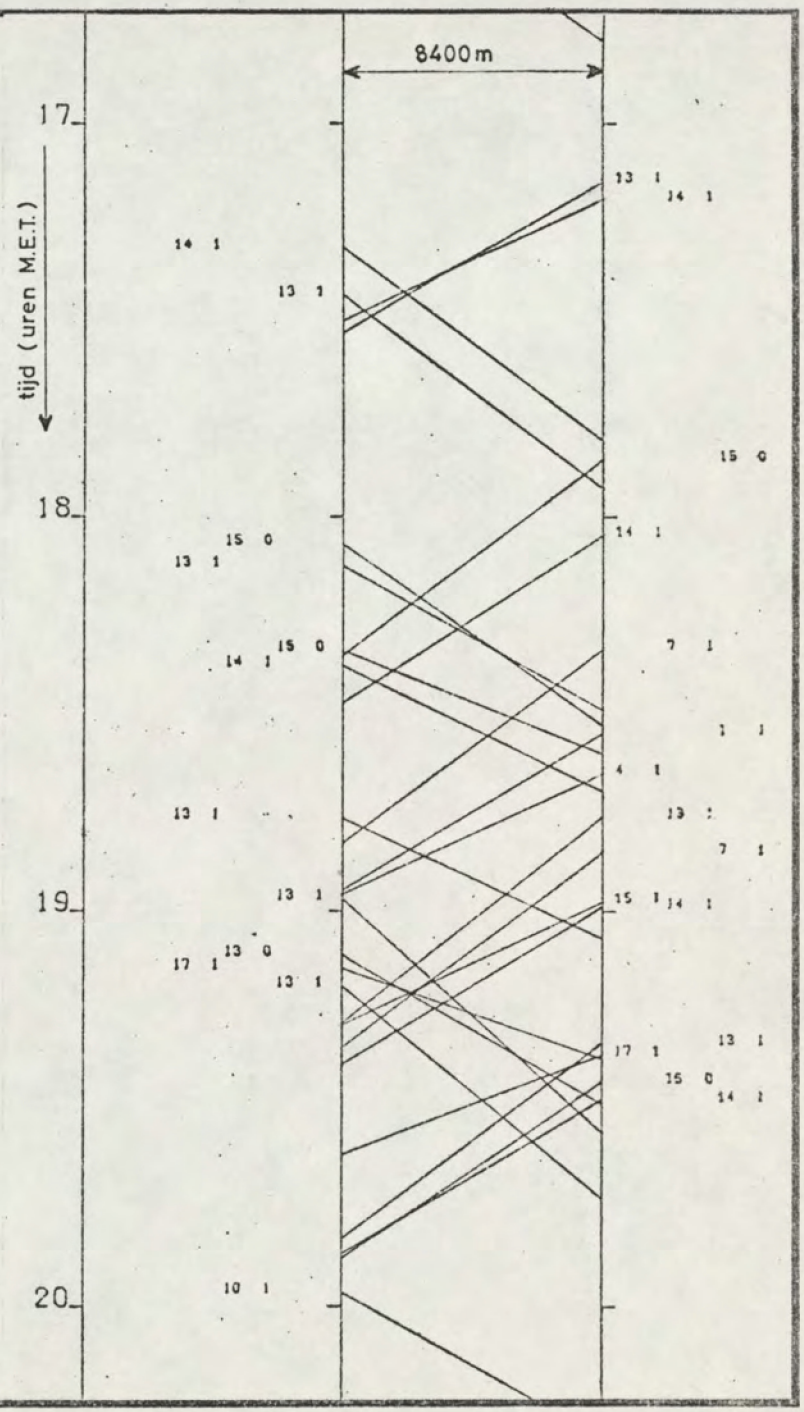
	gez.	SCHAAL:
h.k.	21-11-75	

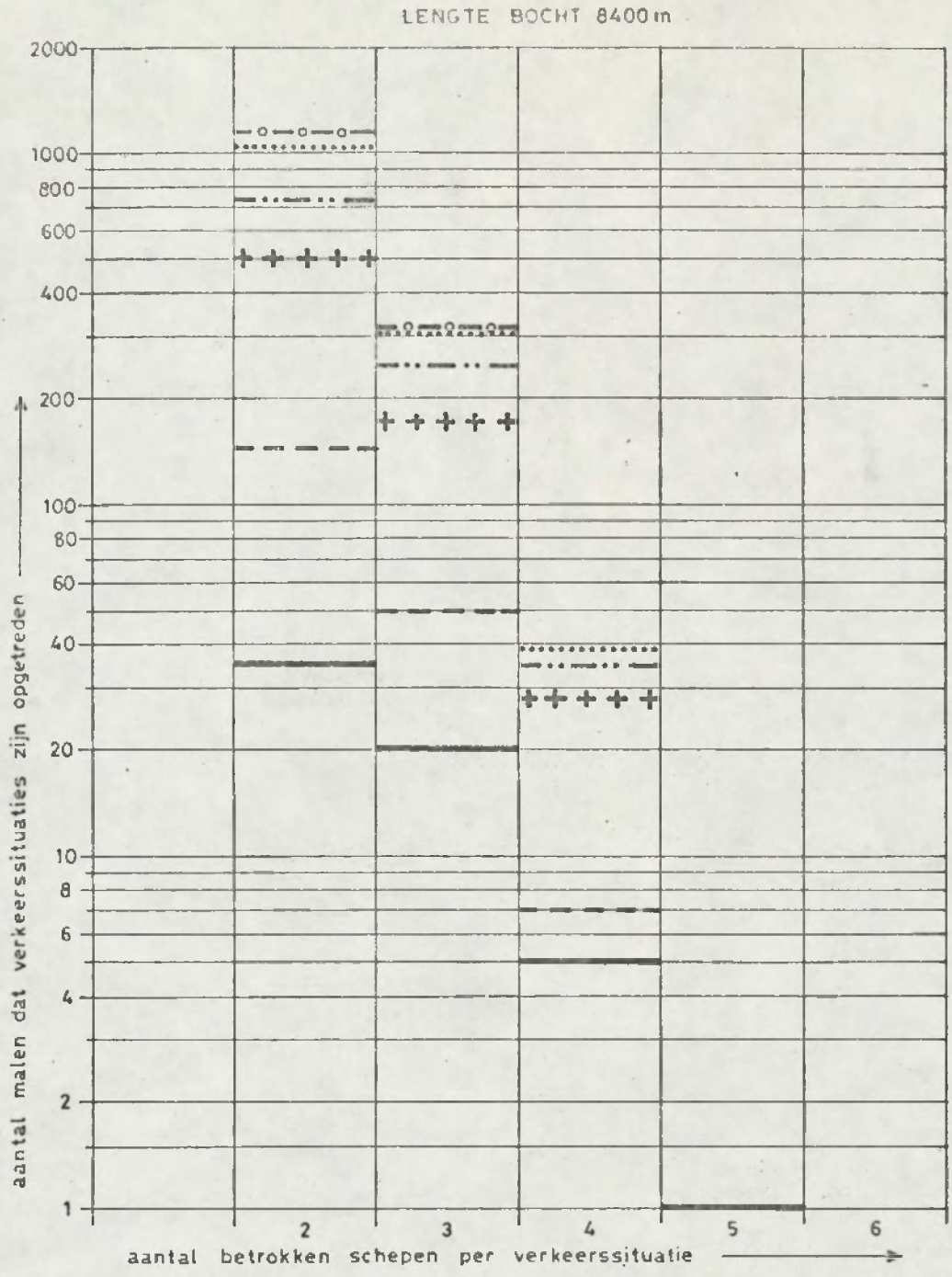
Nr. 72.13

Fig. 7

Tijdstip verkeers-situatie	opvaart						afvaart					
	schip		inhalend schip		tripl. schip		schip		inhalend schip		tripl. schip	
	kat.	bel. *)	kat.	bel. *)	kat.	bel. *)	kat.	bel. *)	kat.	bel. *)	kat.	bel. *)
18.12	15	0	13	1			15	0				
18.16	15	0	13	1			14	1				
18.20	15	0					15	0				
18.23	15	0					14	1				
18.24	15	0	13	1			7	1				
18.24	14	1					14	1				
18.30	15	0					7	1				
18.33	14	1					7	1				
18.33	15	0					1	1				
18.36	14	1					1	1				
18.39	14	1					4	1				
18.47	13	1					7	1				
18.51	13	1					1	1				
18.52	13	1					4	1				
19.00	13	1					13	1	15	1		
19.02	13	1					7	1	15	1		
19.03	13	1					14	1				
19.11	13	1	13	0	17	1	13	1	15	1		
19.12	13	1	13	0	17	1	7	1	15	1		
19.15	13	1					13	1	15	1		
19.16	13	1					7	1	15	1		
19.16	13	1	13	0	17	1	14	1				
19.20	13	1					14	1				
19.24	13	1	13	0	17	1	13	1	17	1		
19.30	13	1					13	1	17	1		
19.30	13	1	13	0			16	0	14	1		
19.35	13	1					16	0	14	1		

*) 0 = ongeladen (ballast)
1 = geladen





tenminste 1 schip in verkeerssituatie is > 50.000 dwt

" " " " " > 25.000 dwt

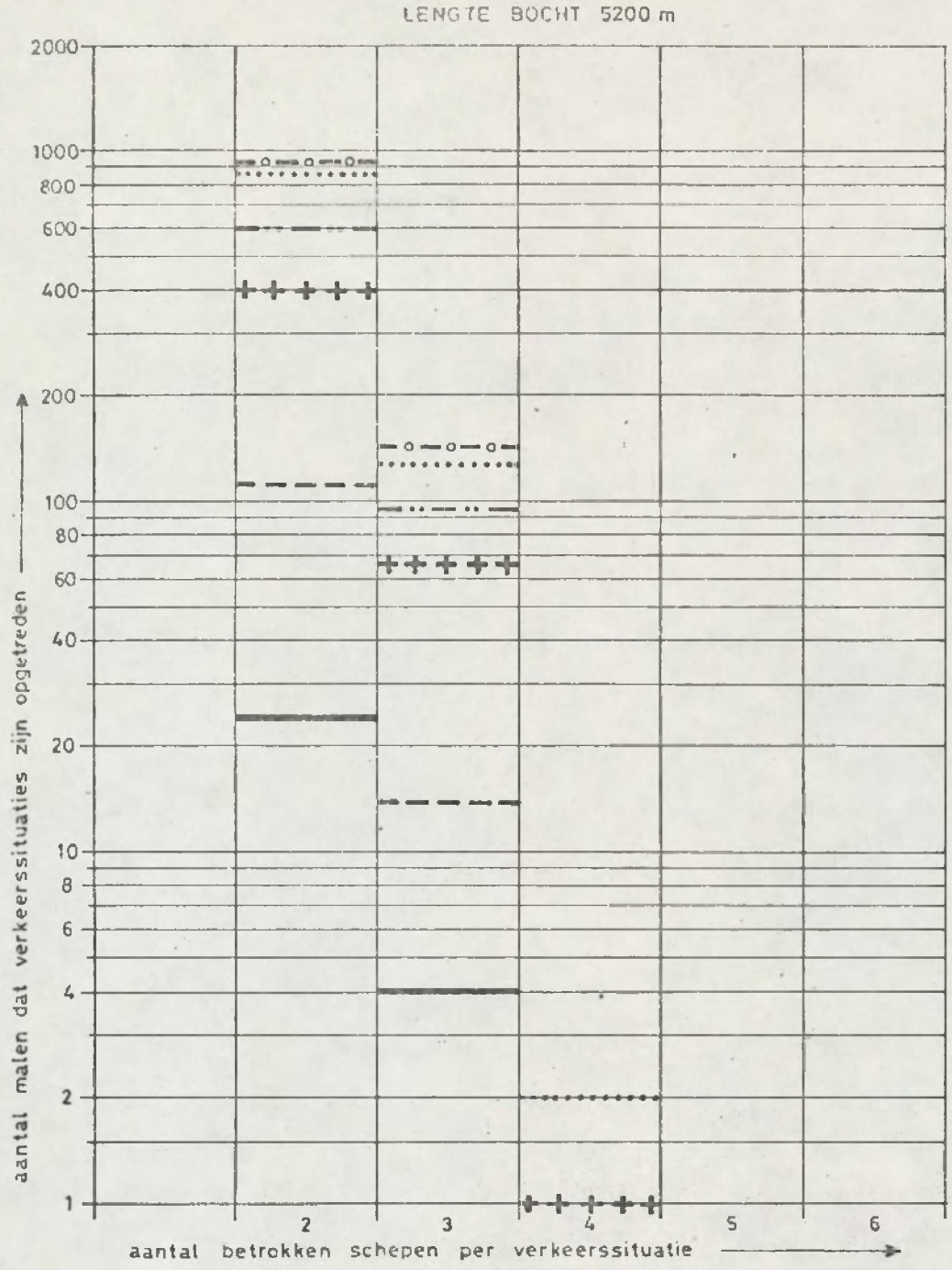
" " " " " > 12.000 dwt

" " " " " > 6.000 dwt

" " " " " > 1.000 dwt

alle verkeerssituaties zonder onderscheid naar scheepsgrootte

GLOBALE SAMENVATTING RESULTATEN 20 DAGEN SIMULEREN SCHEEPVAARTVERKEER 1972 IN HUIDIGE BOCHT BATH		Fig. 8
	SCHAAL	
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 9-3-'76 h k / gez.	Nr. 72.13



tenminste 1schip in verkeerssituatie is > 50.000 dwt

" " " " " > 25.000 dwt

" " " " " > 12.000 dwt

" " " " " > 6.000 dwt

" " " " " > 1.000 dwt

alle verkeerssituaties zonder onderscheid naar scheepsgrootte

GLOBALE SAMENVATTING RESULTATEN 20 DAGEN SIMULEREN SCHEEPVAARTVERKEER 1972 IN BOCHT-AFSNIJDING BATH

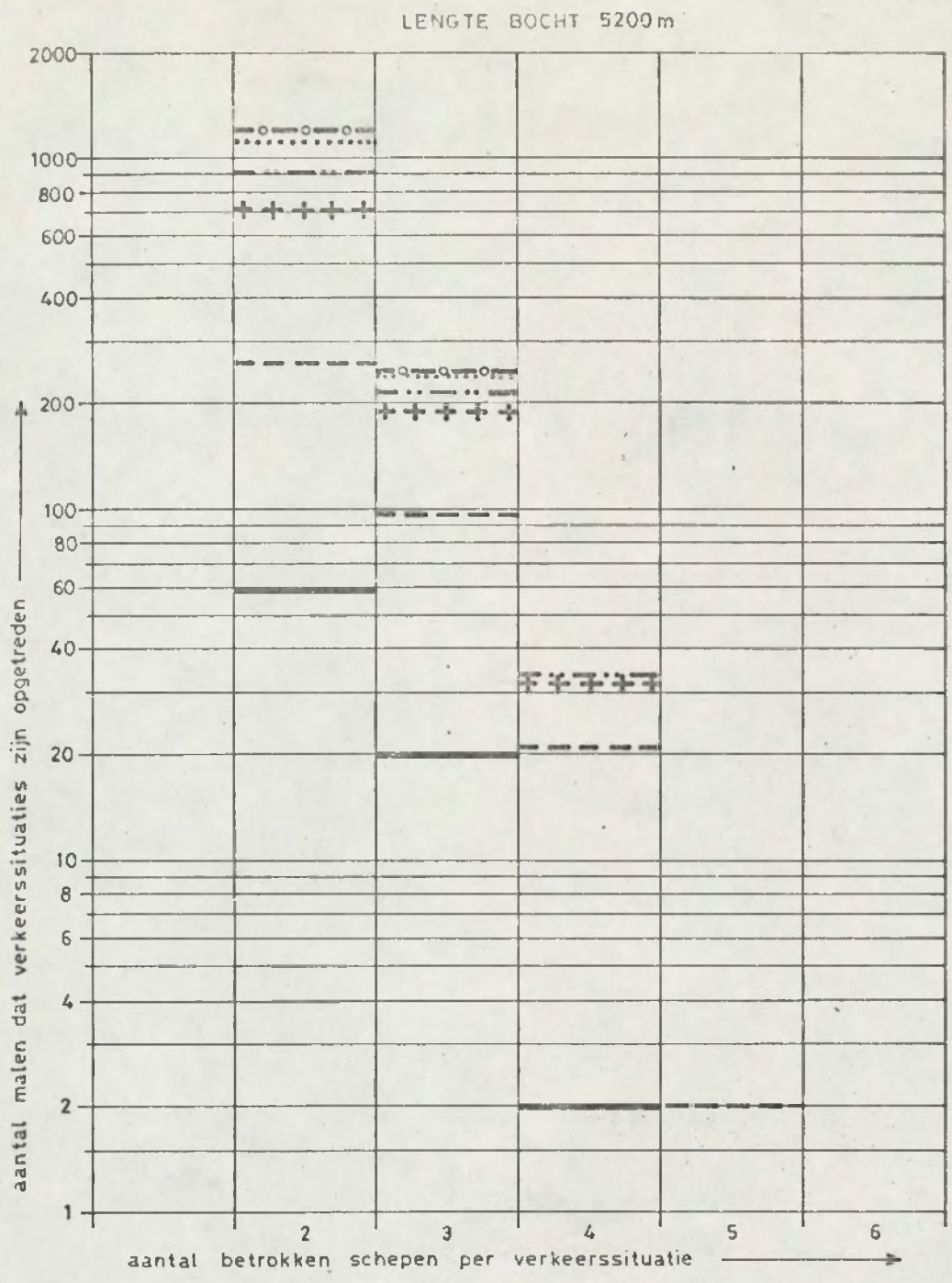
Fig. 9

SCHAAL:

RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

	get.	gez.
	9-3-'76	
	h.k.	

Nr. 72.13



tenminste 1 schip in verkeerssituatie is > 50.000 dwt

" " " " " > 25.000 dwt

" " " " " > 12.000 dwt

" " " " " > 6.000 dwt

" " " " " > 1.000 dwt

alle verkeerssituaties zonder onderscheid naar scheepsgrootte

GLOBALE SAMENVATTING RESULTATEN 20 DAGEN SIMULEREN SCHEEPVAARTVERKEER VOLGENS BELGISCHE LANGE TERMIJN PROGNOSE IN BOCHTAFSNIJDING BATH

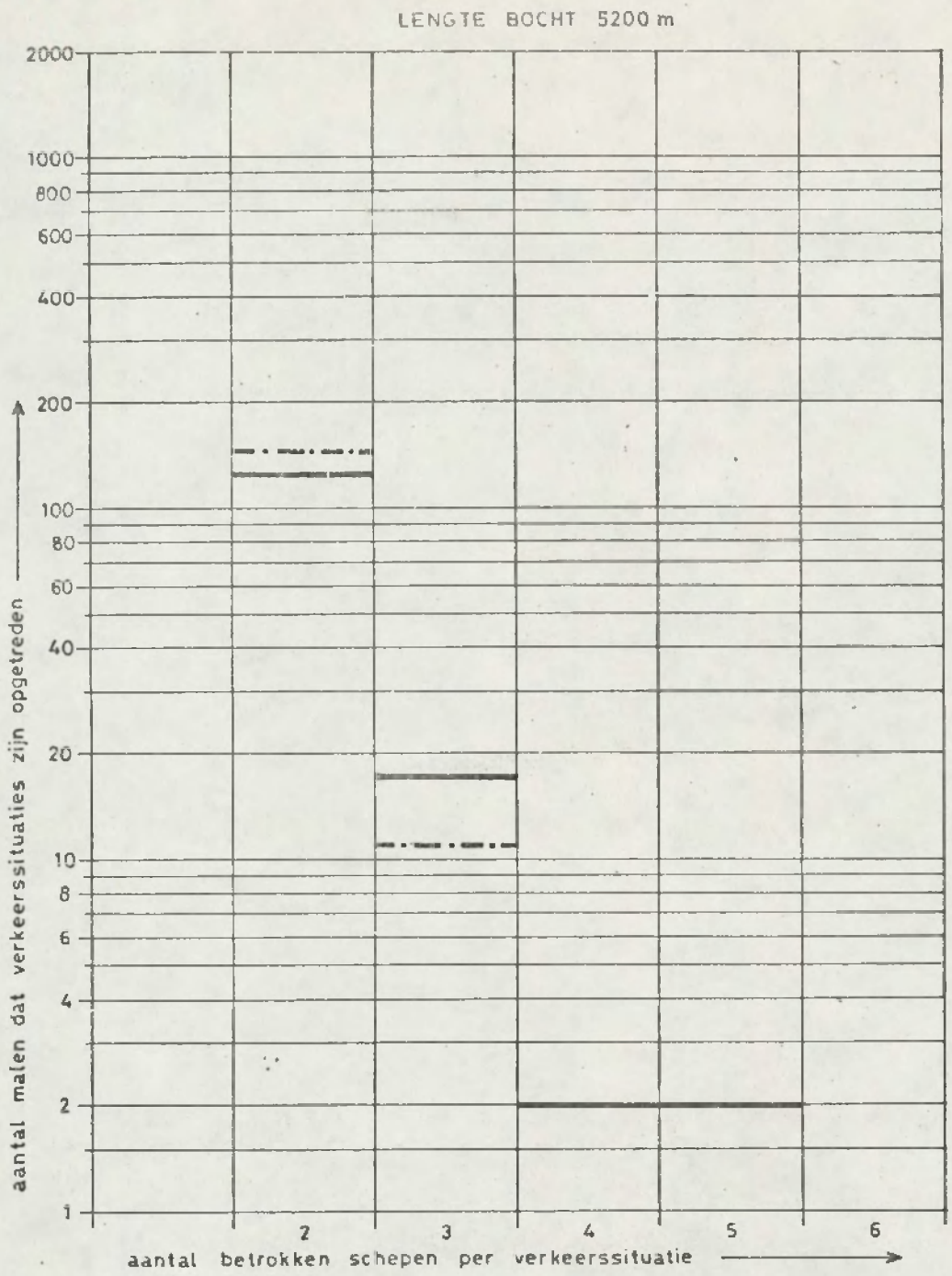
Fig. 10

SCHAAL:

RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

	get.	gez.
	9-3-'76	
	h.k.	

Nr. 72.13

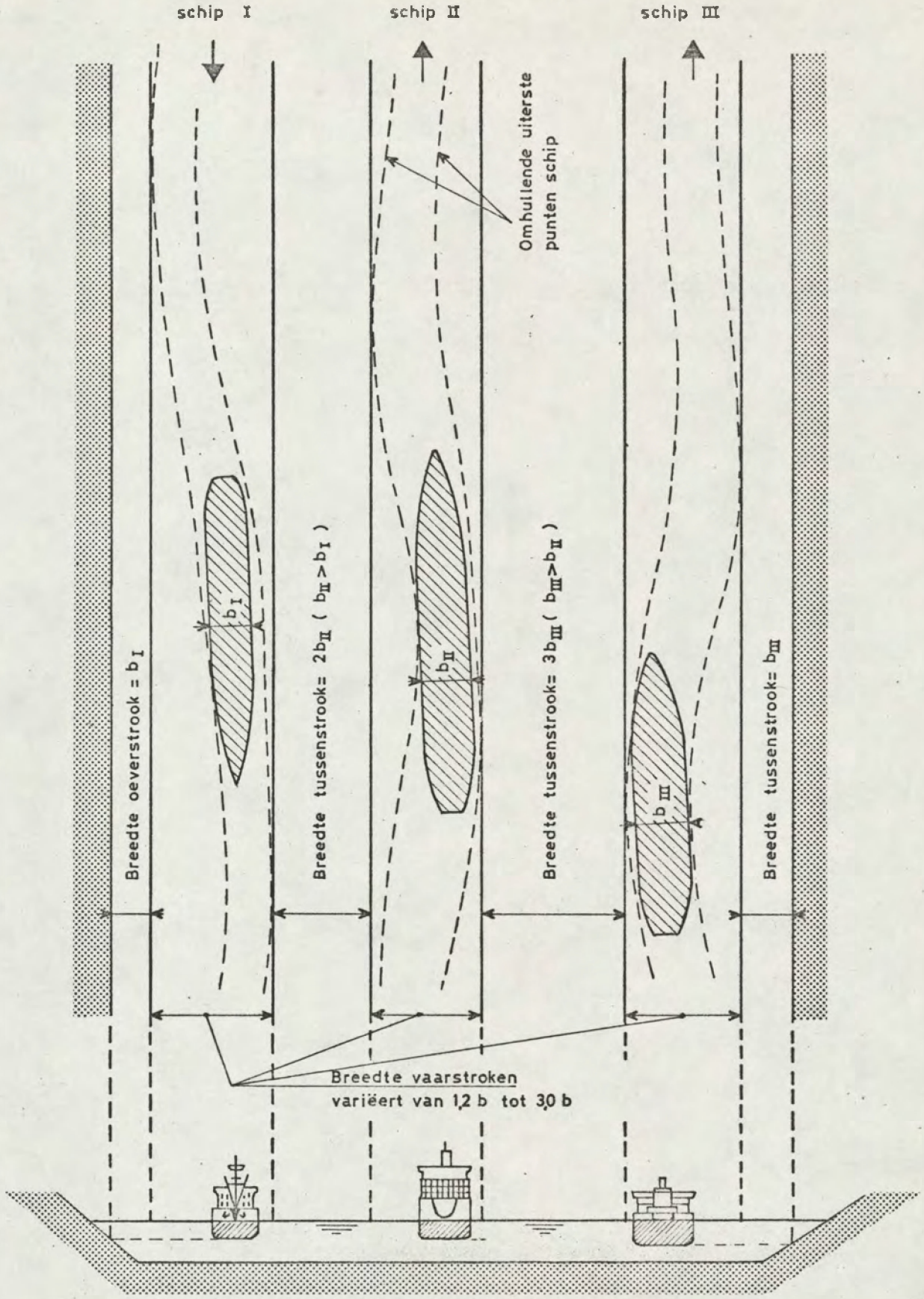


volkomen "vrije" veerkeersafwikkeling

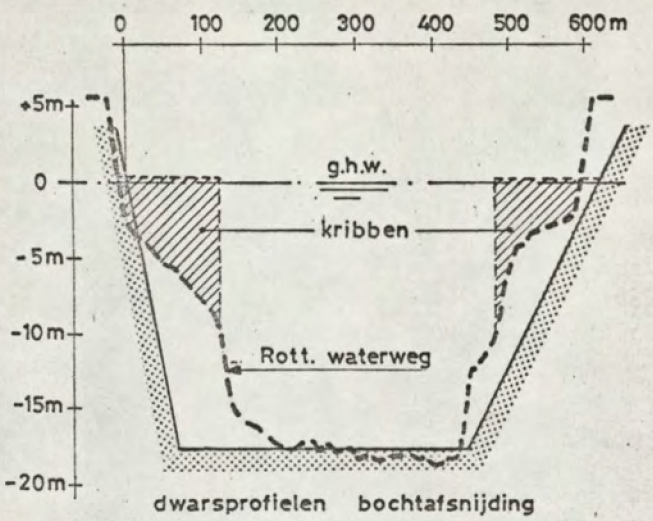
in richting Antwerpen geen inhaalmanoevres (zinloos i.v.m. sluis te Zandvliet)

Opmerking: Alle schepen in verkeerssituaties zijn > 50.000 dwt

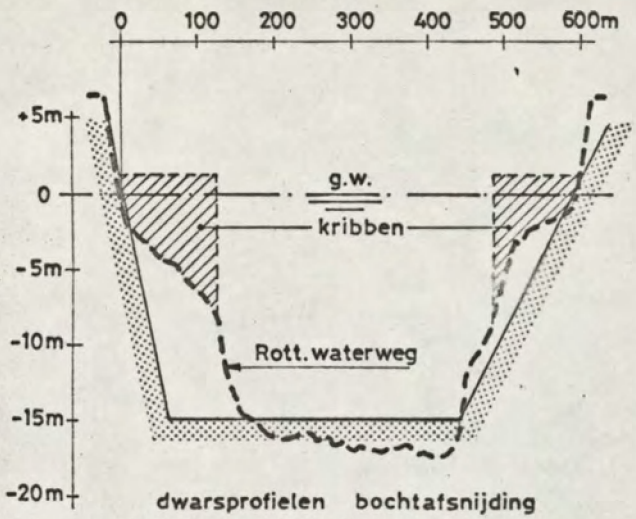
GLOBALE SAMENVATTING RESULTATEN 20 DAGEN SIMULEREN SCHEEPVAARTVERKEER VOLGENS EXTREME LANGE TERMIJN PROGNOSE IN BOCHTAFSNIJDING BATH		Fig. 11
	SCHAAL:	
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 9-3-'76 h.k. / gez.	Nr. 72.13



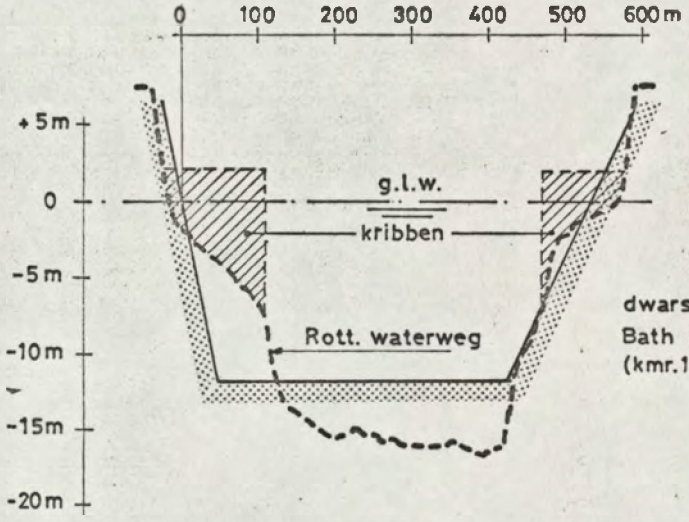
AANGEHOUDEN STROOKBREEDTEN TEN BEHOEVE VAN BEPALING VAARWEGBREEDTEN		Fig. 12
	SCHAAL:	
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 17-3-76 / gez. / g.m.	Nr. 72.13



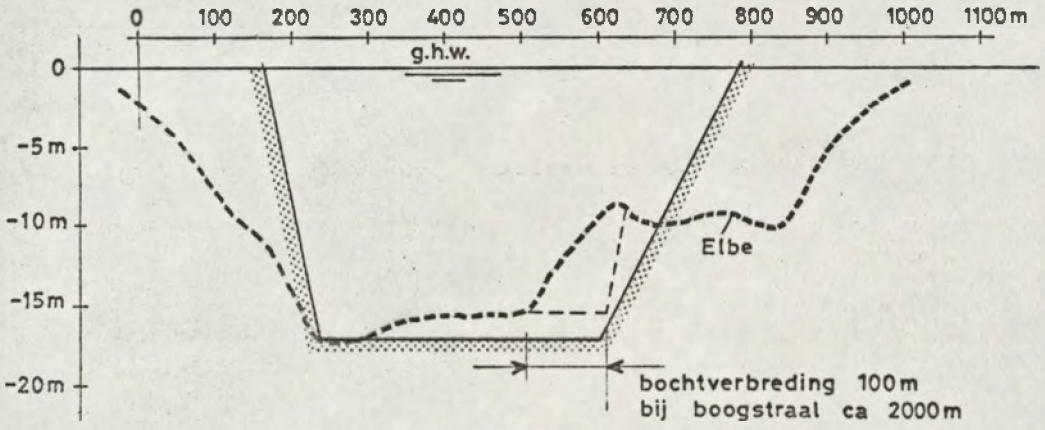
dwarsprofielen bochtafsnijding Bath en Rotterdamse Waterweg (kmr. 1026.3) tijdens g.h.w.



dwarsprofielen bochtafsnijding Bath en Rotterdamse Waterweg (kmr. 1026.3) tijdens gem. waterstand



dwarsprofielen bochtafsnijding Bath en Rotterdamse Waterweg (kmr. 1026.3) tijdens g.l.w.



dwarsprofiel bochtafsnijding Bath en ontwerp dwarsprofiel Elbe bij (kmr. 645) tijdens g.h.w.

VERGELIJKING DWARSPROFIEL ONTWORPEN BOCHTAFSNIJDING MET DAT VAN ANDERE ZEEVAARTWEGEN		Fig. 13
	SCHAAL:	
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 3-12-75 / gez. / h.k.	Nr. 72.13

INHOUD BIJLAGEN

Bijlage 1. Verkeersmeting in 1972

Tabel 1. Vlootsamenstelling per dag tijdens de meting 1972.

Tabel 2. Aantal opvarende niet-tijgebonden schepen per uur M.E.T. tijdens meting 1972 (19 dagen).

Tabel 3. Aantal afvarende niet-tijgebonden schepen per uur M.E.T. tijdens meting 1972 (19 dagen).

Tabel 4. Aantal opvarende tijgebonden schepen per uur t.o.v. H.W. Bath tijdens meting 1972 (19 dagen).

Tabel 5. Aantal afvarende tijgebonden schepen per uur t.o.v. H.W. Bath tijdens meting 1972 (19 dagen).

Tabel 6. Beladingstoestand en tijvaart tijdens meting 1972 (19 dagen)

Figuur 1. Overzicht meettrajekt Nauw van Bath

Figuur 2. Gemeten vaarsnelheden bij Bath van schepen tot 1000 dwt

Figuur 3. " " " " " " van 1000- 6000 dwt

Figuur 4. " " " " " " van 6000-12000 dwt

Figuur 5. " " " " " " van 12000-25000 dwt

Figuur 6. " " " " " " van 25000-50000 dwt

en 50.000 - 125.000 dwt.

Bijlage 2. IJking verkeerssimulatie

Tabel 1. Scheepvaartverkeer tijdens de meting 1972 (19 dagen)

Tabel 2. Gesimuleerd scheepvaartverkeer op basis van de meting 1972 (simulatieduur: 19 dagen)

Tabel 3. Verkeerssituaties per onderscheiden groep in meting en simulatie van de meting

Tabel 4. Toetsing verkeerssituaties ongeacht de grootte van de schepen

Tabel 5. Toetsing verkeerssituaties met 2 schepen, onderscheiden naar het grootste betrokken schip

Tabel 6. Toetsing verkeerssituaties met 3 schepen, onderscheiden naar het grootste betrokken schip

Tabel 7. Toetsing verdeling verkeerssituaties over de onderscheiden groepen met behulp van de χ^2-toets

INHOUD BIJLAGEN (VERVOLG)

Bijlage 2. IJking verkeerssimulatie (vervolg)

Figuur 1. Globale samenvatting resultaten meting van 19 dagen in 1972 in huidige Nauw van Bath

Figuur 2. Globale samenvatting resultaten simulatie 19 dagen op basis van de meting in huidige Nauw van Bath

BIJLAGE 1.
(Nr S 72.13)

In 1972 is door het toenmalige Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding (thans Afdeling Waterbouwkundige Werken - Oost) van de Deltadienst in het Nauw van Bath een verkeersmeting gehouden in het vaarweggedeelte tussen raai A en raai B (zie figuur 1 van deze bijlage). De afstand van het betrokken vaarweggedeelte is, gemeten langs de as van de vaarweg, 8.350 m. Tijdens de metingen zijn alle zeeschepen geïdentificeerd en is tevens de diepgang geregistreerd. De doorgangstijden van de schepen van een viertal raaien zijn eveneens opgenomen. De meting is gehouden met behulp van de radar op de sluis te Zandvliet, door het radarbeeld op film vast te leggen.

De periode waarop gedurende 24 uur per dag met goed gevolg is gemeten, is: 15 t/m 21 april, 26 april t/m 2 mei, 8 mei en 11 t/m 14 mei 1972. De meetdagen zijn als volgt verdeeld:

	aantal:
zondag	3
maandag	3
dinsdag	2
woensdag	2
donderdag	3
vrijdag	3
zaterdag	3
totaal	19

De belangrijkste resultaten van deze verkeersmeting zijn in de tabellen 1 en 2 van bijlage 1 en in de figuren 2 t/m 6, eveneens van deze bijlage, weergegeven.

kategorie	aantal schepen per dag																																	
	za 15 apr		zo 16 apr		ma 17 apr		di 18 apr		woe 19 apr		do 20 apr		vrij 21 apr		woe 26 apr		do 27 apr		vrij 28 apr		za 29 apr		zo 30 apr		ma 1 mei		di 2 mei		ma 8 mei		do 11 mei		vrij 12 mei		za 13 mei		zo 14 mei	
	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af	op	af
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	2	2	3	2	2	5	0	0	0	0	1	0	2	2	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
3 C	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	3	0	0	1	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1	0	1	1	1	0	1	2	1	1	1	2	1	0	1	0	2	2	1
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	1	0	2	0	1	0	1	0	1	2	0	0	0	1	1	0	2	2	1	3	0	0	1	0	3	1	1	0	1	2	3	1	0	2	0	3
8	4	2	1	1	3	3	2	3	3	2	2	2	3	3	3	0	1	4	2	1	5	4	2	3	4	3	1	2	2	1	3	4	0	2	5	2	0	1
9	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10 T	2	2	3	4	2	2	3	1	2	2	2	3	1	4	2	3	2	1	3	1	2	4	1	0	1	1	3	2	2	2	1	5	5	1	2	2	4	1
11	0	0	0	3	2	1	1	0	2	3	2	1	0	0	0	0	1	1	1	2	0	1	3	2	0	0	2	1	1	1	1	1	1	3	0	1	1	4
12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	2
13	10	3	9	2	13	6	11	5	8	9	8	6	6	7	9	4	11	8	8	8	7	6	4	4	14	1	4	6	3	6	10	3	7	5	11	6	7	1
14	10	6	8	4	9	1	19	13	14	15	16	9	15	12	18	8	11	11	11	8	15	13	11	5	11	5	9	4	6	8	15	11	4	7	6	12	9	6
15 V	7	10	16	3	3	7	6	6	16	9	12	15	15	10	17	8	11	11	12	17	6	15	9	9	11	5	5	5	4	7	9	9	11	5	9	12	15	5
16	1	2	1	3	1	1	1	0	3	1	6	1	4	1	2	4	1	1	0	1	2	0	0	0	1	0	2	0	0	2	1	0	1	1	1	2	3	0
17	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAAL	36	29	45	20	35	26	48	32	50	43	51	41	49	39	54	31	44	39	45	47	39	48	33	25	47	17	35	25	22	29	46	38	34	26	35	43	43	25
TOTAAL OPV.+ AFV.	65		65		61		80		93		92		88		85		83		92		87		58		64		60		51		84		60		78		68	

Bijlage 1. Tabel 1. Vlootsamenstelling per dag tijdens de meting 1972.

Kategorie	AANTAL MALEN DAT PASSAGETIJD IS VOORGEKOMEN (19 DAGEN)																							
	TIJD IN UREN M.E.T.																							
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	-	1	1	-	-	1	-	1	-	1	-
2	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-
3 C	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-
4	2	-	1	-	-	-	-	1	1	-	1	-	1	-	-	1	1	-	-	-	1	1	1	1
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	1	1	1	-	2	1	-	2	2	2	1	2	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	1	1
8	3	2	2	3	2	5	5	3	1	4	3	4	1	1	1	1	-	-	1	1	-	1	1	1
9 T	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
10	-	1	-	2	2	-	2	-	1	2	2	1	3	2	2	-	1	1	-	1	-	1	-	1
11	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
13	11	14	10	8	8	7	1	5	7	6	6	7	7	4	6	6	2	6	1	4	7	5	7	12
14	10	15	10	9	13	6	6	8	10	11	8	6	6	9	15	6	3	5	9	13	12	5	9	8
15 V	14	14	9	6	8	8	8	4	11	4	8	7	12	6	9	6	3	10	7	5	7	6	10	7
16	1	2	2	2	2	3	1	2	2	1	1	1	1	1	-	1	2	-	2	-	-	-	1	3
17	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Opmerking: Alleen die schepen waarvan de passagetijd door raai B bekend is (zie fig. 1), zijn meegerekend.

Bijlage 1. Tabel 2. Aantal opvarende niet-tijgebonden schepen per uur M.E.T. tijdens meting 1972 (19 dagen).

Kategorie	AANTAL MALEN DAT PASSAGETIJD IS VOORGEKOMEN (19 DAGEN)																							
	TIJD IN UREN M.E.T.																							
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	4	3	3	-	-	-
2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-
3 C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
4	2	1	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	1	2	1	1	-
5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	1	1	3	-	-	-	-	-	-	1	2	1	2	-	-	2	-	-	1	1	2	1
8	1	1	1	2	1	-	2	3	2	2	1	3	1	2	-	-	1	1	6	2	5	4	1	-
9	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	1
10 T	2	2	3	2	1	-	-	1	5	1	4	-	-	-	1	3	2	-	1	2	1	-	1	1
11	-	1	1	1	3	1	2	1	2	-	1	1	2	-	-	1	-	-	2	1	1	-	-	1
12	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
13	4	4	4	1	3	1	1	2	-	-	1	3	4	3	5	3	5	6	17	3	6	6	4	6
14	5	7	9	-	2	5	2	5	8	4	4	1	2	2	9	7	19	5	12	16	9	5	7	8
15 V	10	14	5	8	3	1	3	3	5	2	1	1	1	5	2	4	9	9	13	21	10	7	9	13
16	-	2	1	2	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	4	2	2	-	-	-	-	-
17	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Opmerking: Alleen die schepen waarvan de passagetijd door raai B bekend is (zie fig. 1), zijn meegerekend.

Bijlage 1. Tabel 3. Aantal afvarende niet-tijgebonden schepen per uur M.E.T. tijdens meting 1972 (19 dagen).

Kategorie schip	AANTAL MALEN DAT PASSAGETIJD IS VOORGEKOMEN (19 dagen)												
	uren voor H.W. te Bath						uren na H.W. te Bath						
	6-5	5-4	4-3	3-2	2-1	1-0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	3	10	1	4	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	1	7	5	-	-	-	-	-	-
12	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
16	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Opm: Alleen die schepen waarvan de passagetijd door raai A bekend is (zie fig. 1) zijn meegerekend.

Bijlage 1. Tabel 4: Aantal opvarende tijgebonden schepen per uur t.o.v. HW Bath tijdens meting 1972 (19 dagen).

Kategorie schip		AANTAL MALEN DAT PASSAGETIJD IS VOORGEKOMEN (19 dagen)												
		uren voor H.W. te Bath						uren na H.W. te Bath.						
		6-5	5-4	4-3	3-2	2-1	1-0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4		-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10		-	-	-	-	1	4	3	-	-	-	-	-	-
11		-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-
12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	V	-	-	-	4	1	1	1	-	-	-	-	-	-
16		-	-	-	1	-	1	2	-	-	-	-	-	-
17		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

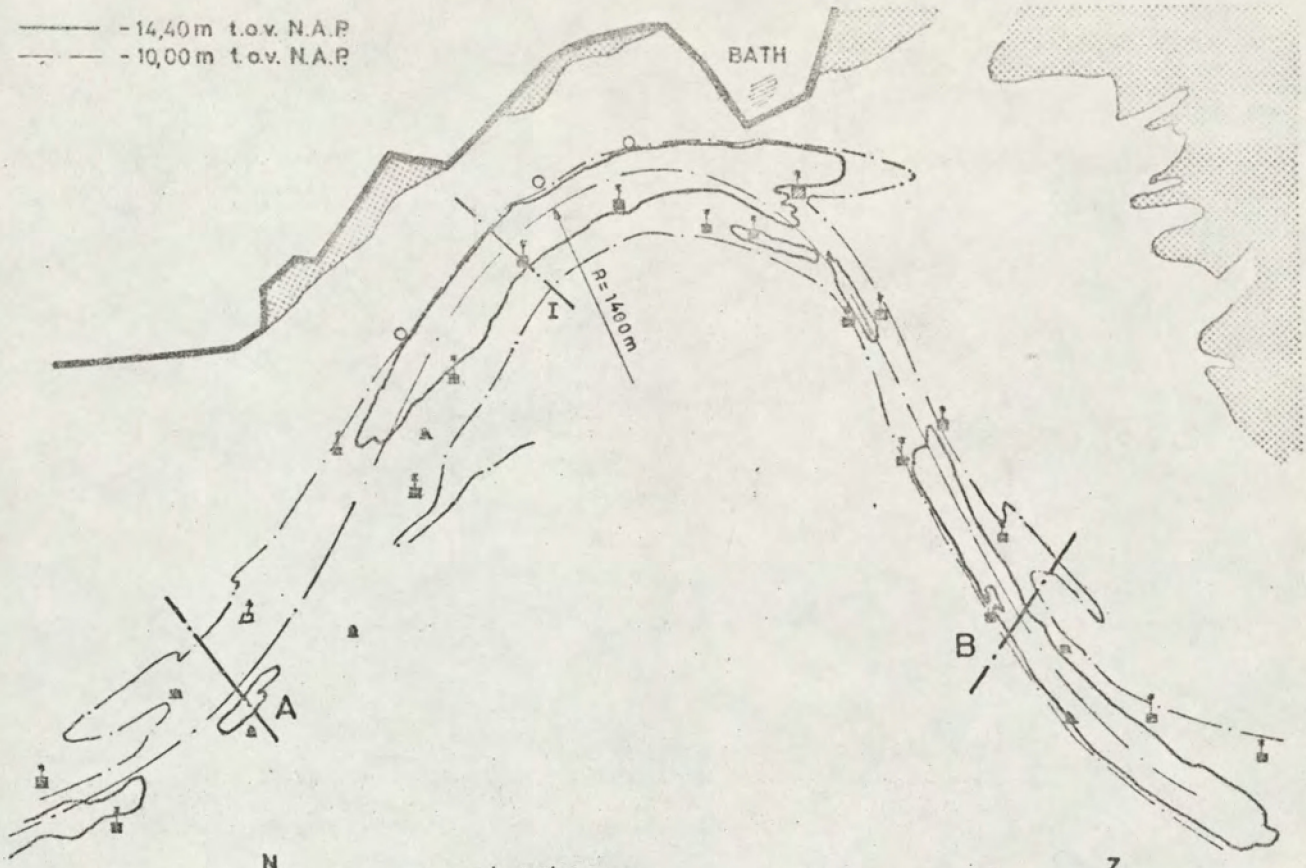
Opm: Alleen die schepen waarvan de passagetijd door raai B bekend is (zie fig. 1.) zijn meegerekend.

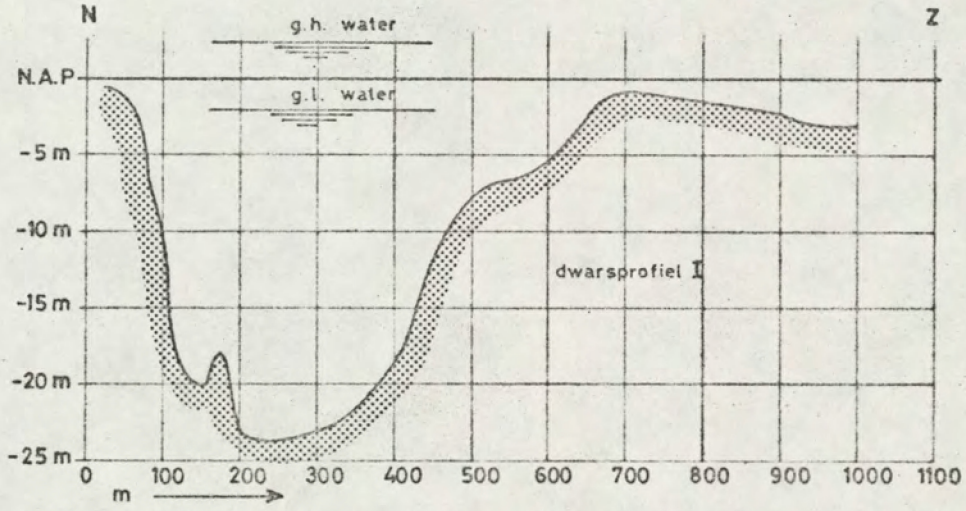
Bijlage 1. Tabel 5: Aantal afvarende tijgebonden schepen per uur t.o.v. HW Bath tijdens meting 1972 (19 dagen).

No. Kategorie		opvaart				afvaart			
		niet tijgebond.		tijgebonden		niet tijgebond.		tijgebonden	
		totaal	waarvan geladen	totaal	waarvan geladen	totaal	waarvan geladen	totaal	waarvan geladen
1	C	16	14 (2)	0	0	16	15 (1)	0	0
2		4	2	0	0	4	4	0	0
3		5	3	0	0	2	2	0	0
4		13	9	4	4	13	9	2	2
5		4	0	0	0	2	1	0	0
6		-	-	-	-	-	-	-	-
7	T	20	19	0	0	18	17 (1)	0	0
8		46	35 (4)	0	0	43	37 (4)	0	0
9		6	0 (2)	1	1	6	3 (1)	0	0
10		25	3	18	18	33	17 (1)	8	8
11		5	0	13	13	22	1 (1)	3	3
12		1	0	3	2	4	0	0	0
13	V	160	133(17)	0	0	96	88 (7)	0	0
14		217	164(13)	0	0	158	127(10)	0	0
15		193	94 (8)	1	1	161	99 (6)	7	7
16		31	13 (1)	1	1	16	6 (2)	4	4
17		3	0	1	1	5	0	0	0
18		-	-	-	-	-	-	-	-

De ( ) aangegeven getallen geven het aantal schepen aan waarvan de beladingstoestand onbekend was.

Tabel 6. Beladingstoestand en tijvaart tijdens meting 1972 (19 dagen).



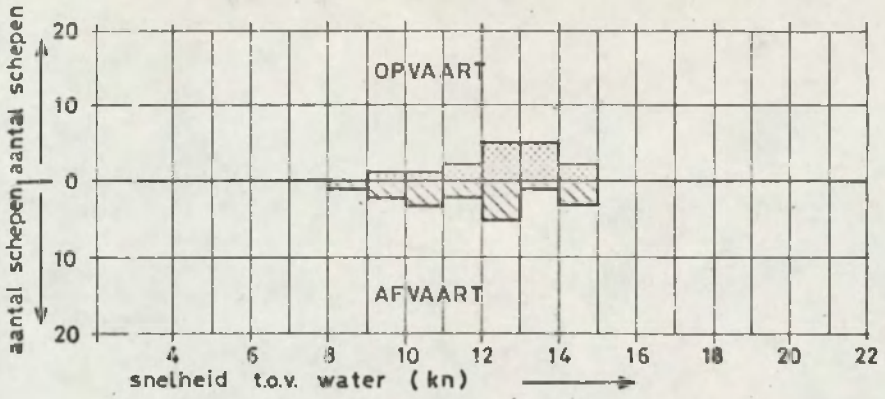


Opmerking: Meettrajekt tussen A-B

OVERZICHT MEETTRAJEKT NAUW van BATH	bijlage 1		Fig. 1
	SCHAAL: 1 : 50 000		
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 20-11-75 h.k.	gez.	Nr. 72.13

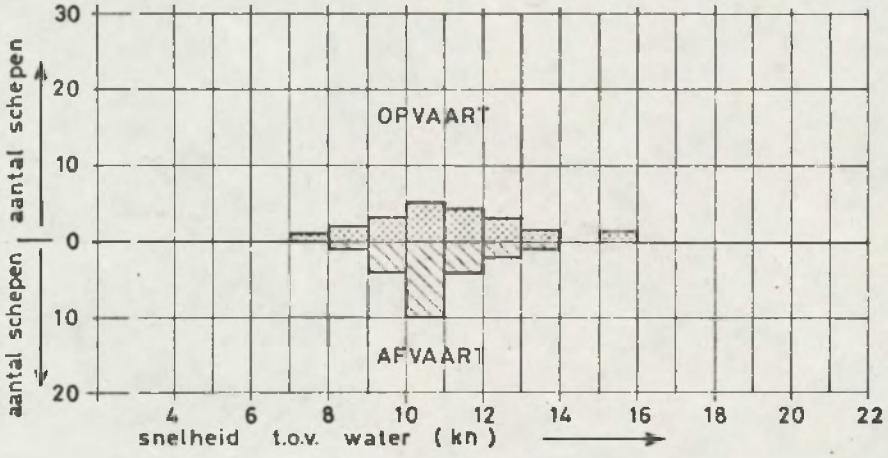
CONTAINER

KAT. 1



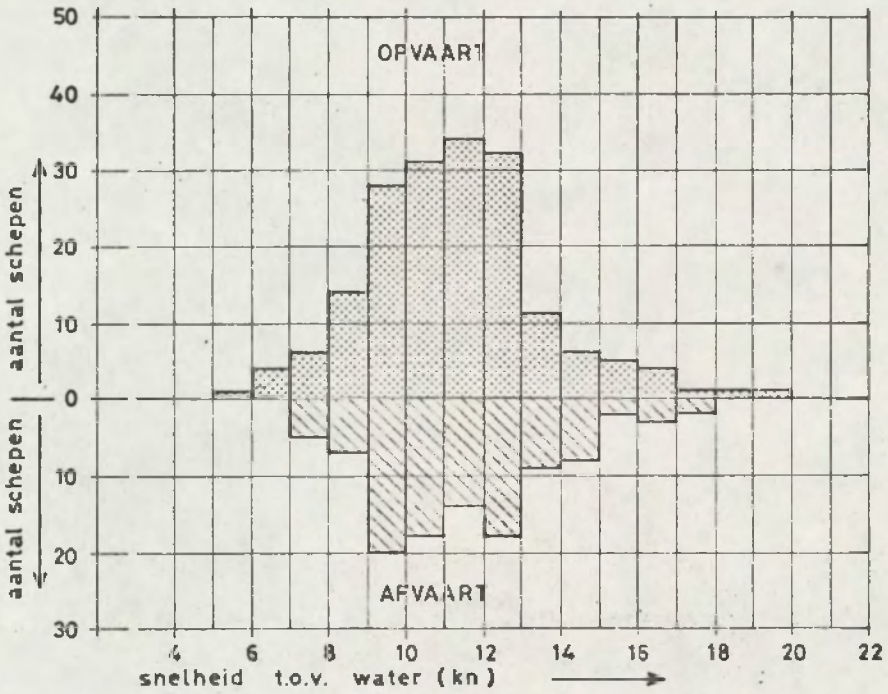
TANKSCHEPEN

KAT. 7



VRACHTSCHEPEN

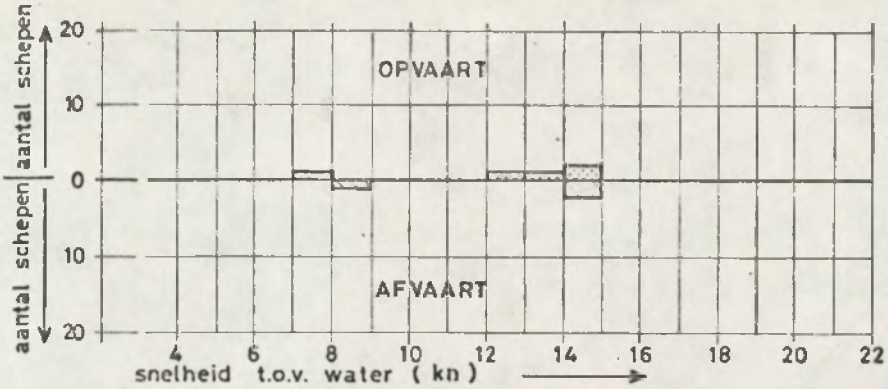
KAT. 13



GEMETEN VAARSNELHEDEN BIJ BATH VAN SCHEPEN TOT 1000 dwt	bijlage 1	Fig. 2
	SCHAAL:	
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 27-11-75 / h.k. / gez.	Nr. 72.13

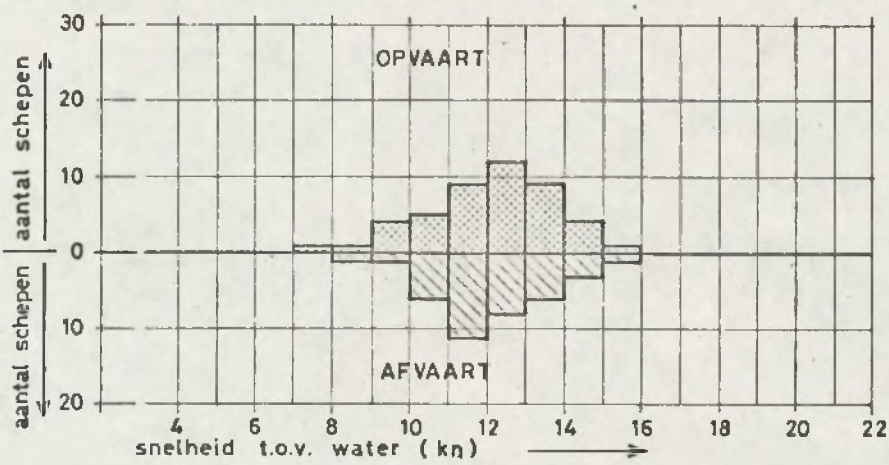
CONTAINER

KAT. 2



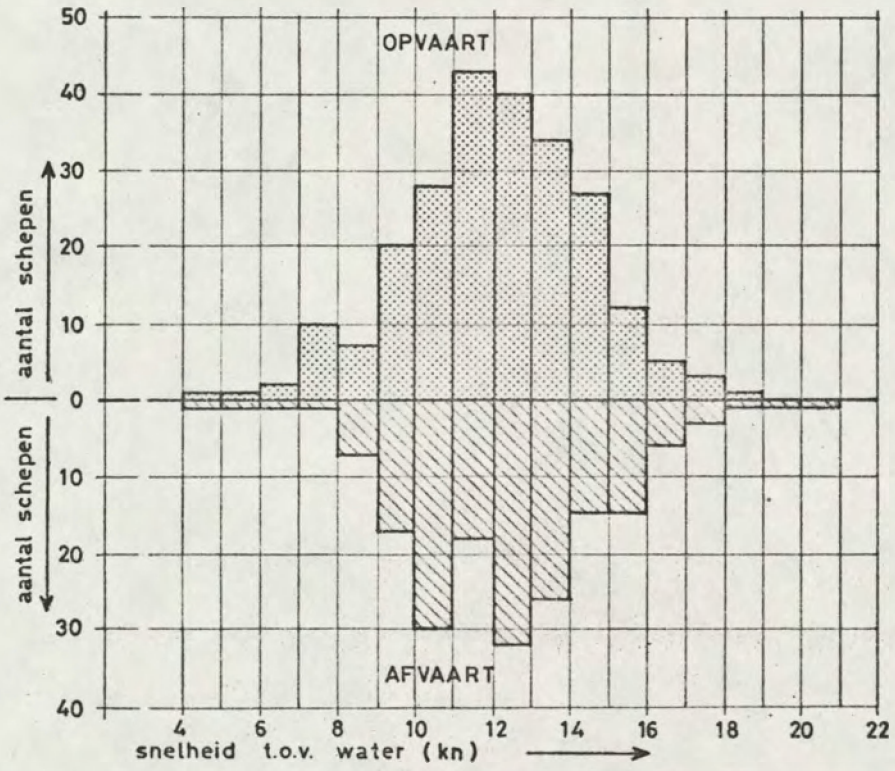
TANKSCHEPEN

KAT. 8



VRACHTSCHEPEN

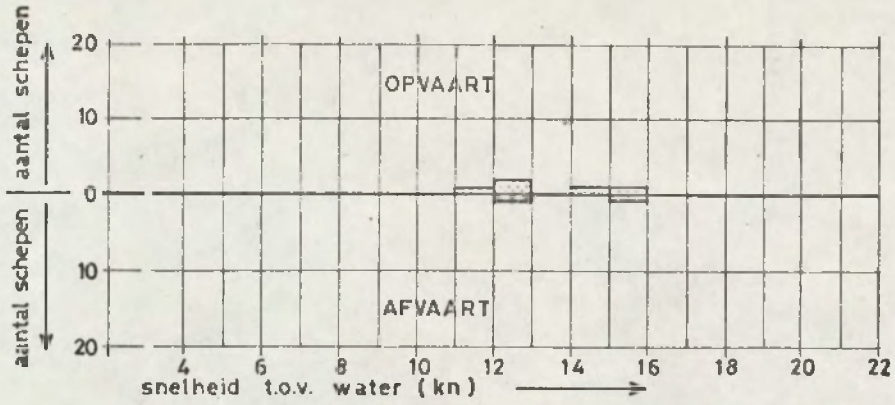
KAT. 14



GEMETEN VAARSNELHEDEN BIJ BATH VAN SCHEPEN VAN 1000 - 6000 dwt	bijlage 1	Fig. 3
	SCHAAL:	
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 27-11-75 h.k. / gez.	Nr. 72.13

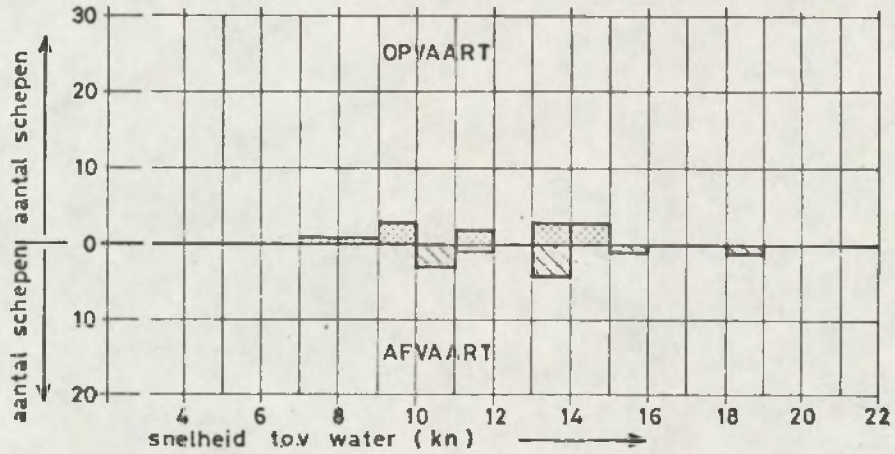
CONTAINER

KAT. 3



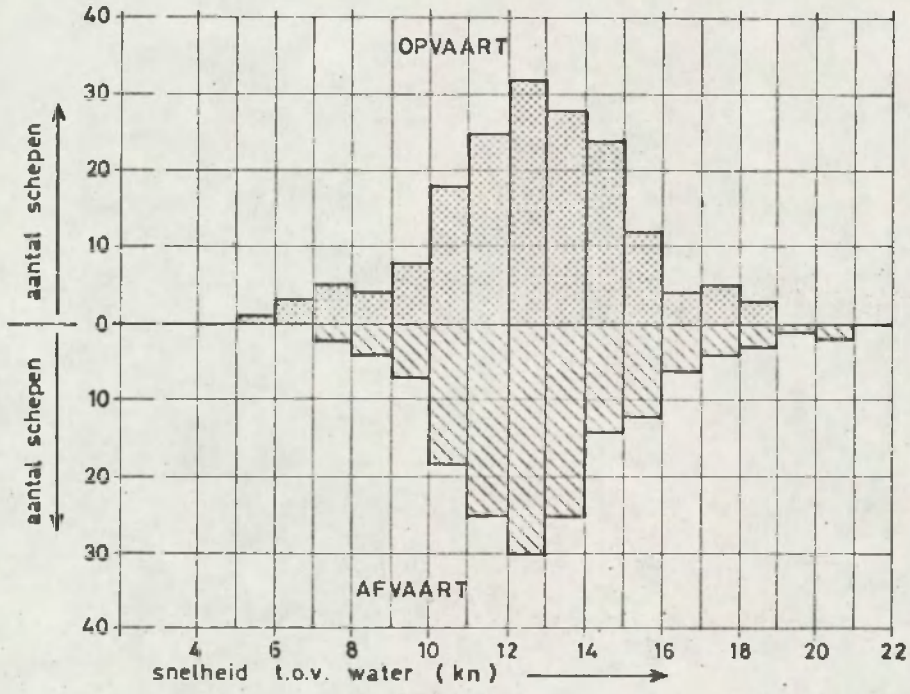
TANKSCHEPEN

KAT. 9



VRACHTSCHEPEN

KAT. 15



GEMETEN VAARSNELHEDEN BIJ BATH VAN SCHEPEN VAN 6000 - 12000 dwt

bijlage 1 | Fig. 4

SCHAAL:

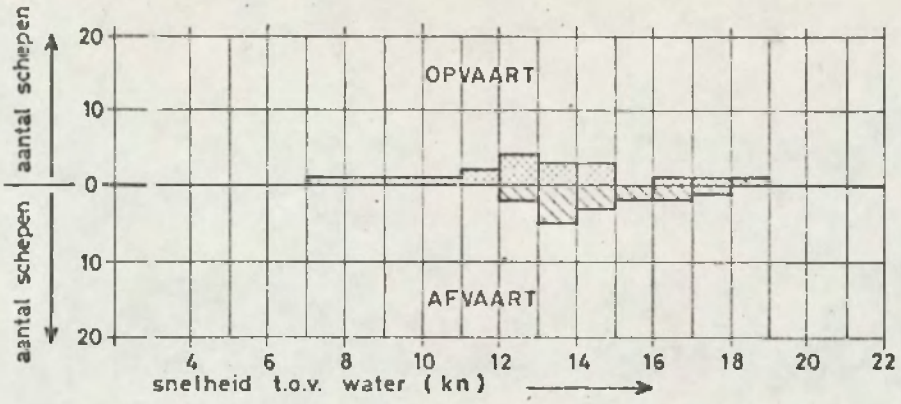
RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

get.	gez.
28-11-75	
h.k.	

Nr. 72.13

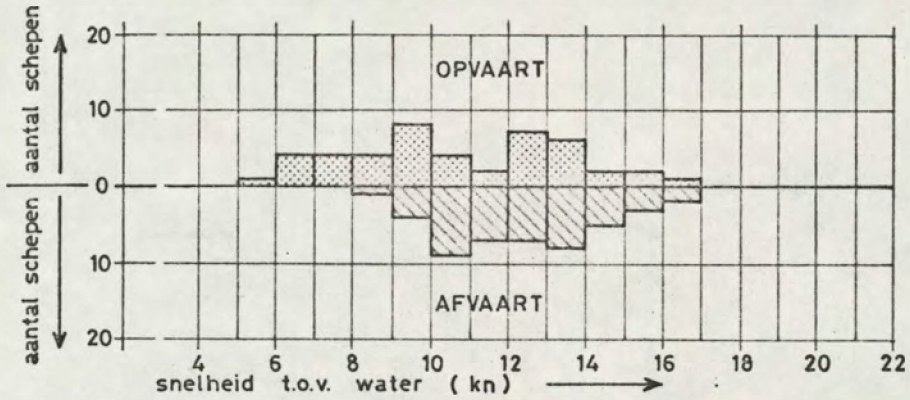
CONTAINER

KAT. 4



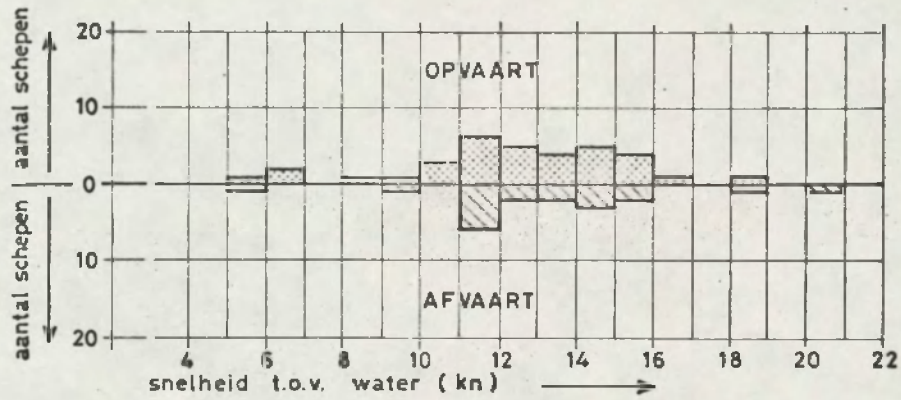
TANKSCHEPEN

KAT. 10



VRACHTSCHEPEN

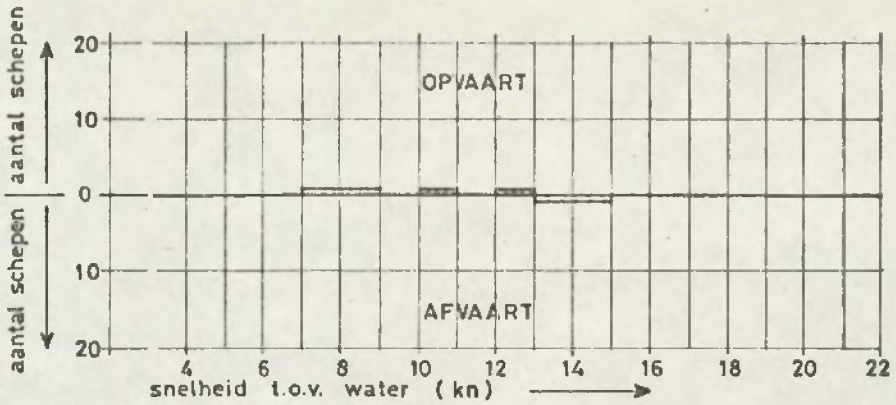
KAT. 16



GEMETEN VAARSNELHEDEN BIJ BATH VAN SCHEPEN VAN 12000 - 25000 dwt	bijlage 1	Fig. 5
	SCHAAL:	
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get. 28-11-'75 / h.k. / gez.	Nr. 72.13

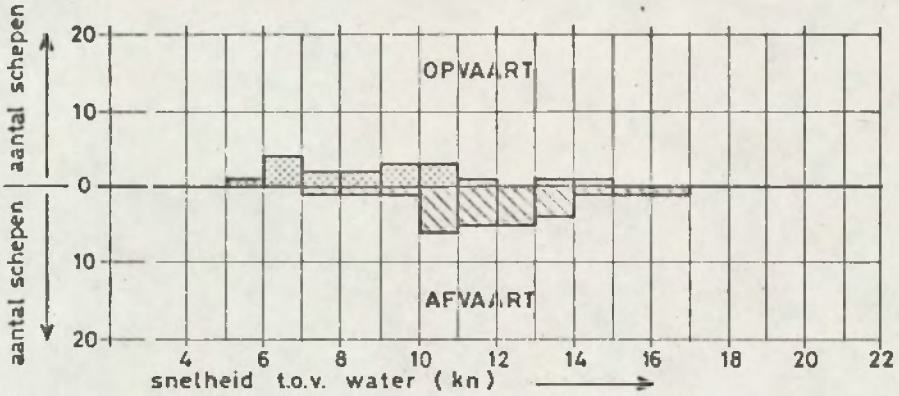
CONTAINER

KAT. 5



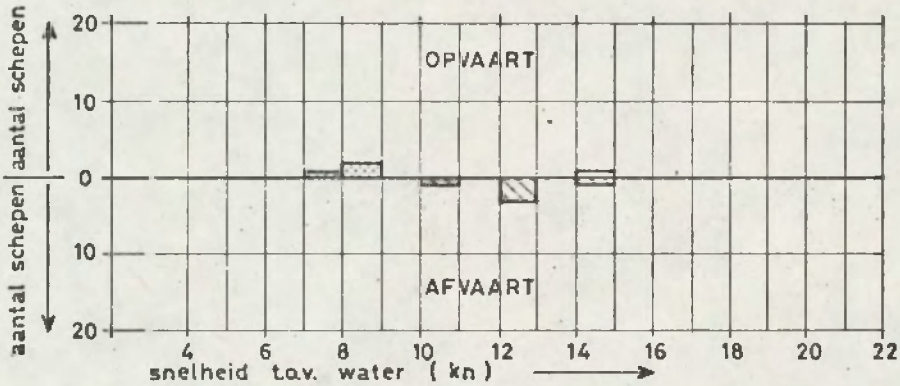
TANKSCHEPEN

KAT. 11



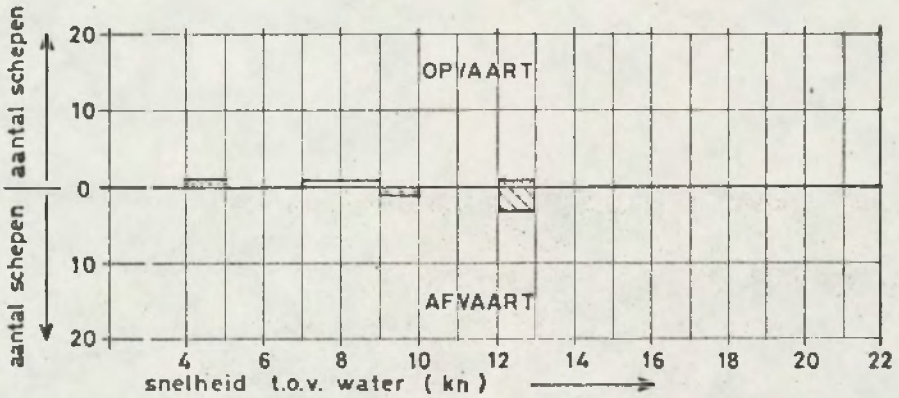
VRACHTSCHEPEN

KAT. 17



TANKSCHEPEN

KAT. 6



GEMETEN VAARSNELHEDEN BIJ BATH VAN SCHEPEN
VAN 25.000 - 50.000 dwt EN 50.000 - 125.000 dwt

bijlage 1 | Fig. 6

SCHAAL:

RIJKSWATERSTAAT
DIENST VERKEERSKUNDE
HOOFDAFDELING SCHEEPVAART

get.	gez.	
28-11-75		Nr. 72.13
h.k.		

IJking van het simulatiemodel

Van alle schepen die tijdens de meting zijn waargenomen, blijken 433 schepen (31%) niet bij een verkeerssituatie betrokken te zijn geweest (zie tabel 1). Deze schepen zijn dus binnen het meettrajekt geen andere schepen tegengekomen en zijn of hebben daarbinnen ook niet ingehaald. Voor de simulatie waren 358 schepen (26% van alle schepen) niet bij een verkeerssituatie betrokken. Wanneer wordt verondersteld dat meting en simulatie gemiddeld hetzelfde resultaat zullen hebben, kan dat gemiddelde geschat worden op 791 schepen van de 2804 schepen (28%). Van 1414 schepen (meting) zouden dan 399 schepen niet bij een verkeerssituatie betrokken zijn en van 1390 schepen (simulatie) 392. De kansdichtheidsverdeling van deze aantallen is een Poissonverdeling. Bij toepassen van een tweezijdig 10% signifikantiegebied, ligt de drempelwaarde van de simulatie op $392 - 1{,}64\sqrt{392} = 360$. Dit is juist signifikant, zodat er wel sprake is van een verschil tussen de simulatie en de meting. Dit verschil blijkt overigens niet groot te zijn.

De verkeerssituaties die tijdens de meting van 19 dagen in 1972 zijn opgetreden en die bij de simulatie van deze meting zijn geregistreerd, zijn gegroepeerd naar de draagvermogenklassen van het grootste bij de verkeerssituatie betrokken schip (zie tabel 1). De resultaten per dag van meting en simulatie zijn voor elke onderscheiden groep verkeerssituaties onderling vergeleken door middel van de toets van Wilcoxon. Dit is een verdelingsvrije toets, waarbij telkens een resultaat van de meting wordt vergeleken met alle simulatieresultaten per dag. De vergelijking geschiedt door middel van een puntentoekenning: één punt voor de simulatie als het dagresultaat van de simulatie groter is, één punt voor de meting als het dagresultaat van de meting groter is. Bij gelijke resultaten worden geen punten gescoord. Het gesommeerde scoreverschil Q is de grootheid waarmee uiteindelijk het verschil tussen meting en simulatie wordt beoordeeld. In dit geval met 19 uitkomsten van de meting en evenveel van de simulatie kan de kansdichtheidsverdeling van Q door een "normale" verdeling worden benaderd met een gemiddelde $Q_m = 0$ en een standaardafwijking $\sigma_Q = 68{,}5$. Bij toepassing van een tweezijdige 10% signifikantiegebied is de drempelwaarde $Q_d = 112$.

De toetsresultaten van de belangrijkste groepen verkeerssituaties zijn weergegeven in de tabellen 2 t/m 4 van bijlage 2. Uit deze resultaten blijkt dat Q_d nergens wordt overschreden, zodat er onvoldoende reden is de veronderstelling dat de simulatie gemiddeld dezelfde resultaten oplevert als de meting, te verwerpen.

De verdeling van de verkeerssituaties over de onderscheiden groepen bij de meting kan ook door middel van een statistische toets worden vergeleken met die bij de simulatie. Hiervoor is de chi-kwadraat (χ^2)-toets gekozen. Daarbij moet bedacht worden dat zowel de meting als de simulatie eigenlijk steekproeven zijn uit een groter geheel. Wanneer bij de toetsing ervan wordt uitgegaan dat meting en simulatie gemiddeld hetzelfde resultaat moeten opleveren, kan van dat grotere geheel een schatting worden gemaakt door de resultaten van meting en simulatie te middelen. Van alle onderscheiden groepen verkeerssituaties bij zowel de meting als de simulatie kan de bijdrage tot de χ^2 worden berekend. De bijdragen van meting en simulatie tot χ^2 zijn steeds even groot omdat ze beide evenveel van de geschatte gemiddelde verdeling afwijken (zie tabel 5 van bijlage 2). Bij toepassing van een éénzijdig 5% signifikantiegebied is de drempelwaarde van χ^2:

aantal vrijheidsgraden	χ^2_d
3	7,81
5	11,1
15	25,0

Uit de resultaten van de toets blijkt dat χ^2 van de totale verdeling van de verkeerssituaties in groepen groter is dan χ^2_d, zodat met grote kans van zekerheid kan worden gesteld dat de verdeling van de verkeerssituaties over de groepen bij de meting anders is dan bij de simulatie. In detail blijkt dit vooral te komen doordat de verdeling van de verkeerssituaties met 2 schepen en van die met 4 schepen onderling veel verschillen. Ook de verdelingen van de verkeerssituaties waarbij het grootste schip een draagvermogen van 6.000 - 12.000 dwt heeft, vertonen onderling veel verschil. Een zeer belangrijk deel van de χ^2 wordt echter geleverd door de verkeerssituaties met lage frekwentie, waardoor de uitkomst van de toets wel wordt afgezwakt.

AANTAL GEPASSEERDE SCHEPEN (meting van 19 dagen)

No. kategorie	Opvaart	Afvaart	Totaal	waarvan niet bij verkeerssituaties betrokken zijn geweest	
1	16	16	32	4	(13%)
2	4	4	8	1	(13%)
3 C	5	2	7	1	(14%)
4	17	15	32	11	(34%)
5	4	2	6	0	(0%)
6	-	-	-	-	(-)
7	20	18	38	11	(29%)
8	46	43	89	22	(25%)
9 T	7	6	13	6	(46%)
10	43	41	84	27	(32%)
11	18	25	43	16	(37%)
12	4	4	8	3	(38%)
13	160	96	256	83	(32%)
14	217	158	375	124	(33%)
15 V	194	168	362	104	(29%)
16	32	20	52	20	(38%)
17	4	5	9	0	(0%)
18	-	-	-	-	(-)
Totaal	791	623	1.414	433	(31%)

Tabel 1. Scheepvaartverkeer tijdens de meting 1972 (19 dagen)

AANTAL GEPASSEERDE SCHEPEN (simulatie van 19 dagen op basis van meting)

No. kategorie	Opvaart	Afvaart	Totaal	waarvan niet bij verkeerssituaties betrokken zijn geweest	
1	13	16	29	11	(38%)
2	6	3	9	1	(11%)
3 C	6	1	7	3	(43%)
4	19	21	40	10	(25%)
5	7	3	10	1	(10%)
6	-	-	-	-	(-)
7	20	13	33	6	(18%)
8	45	27	72	18	(25%)
9 T	13	4	17	4	(24%)
10	40	39	79	21	(27%)
11	20	25	45	10	(22%)
12	4	1	5	2	(40%)
13	140	93	233	55	(24%)
14	218	165	383	103	(27%)
15 V	193	164	357	88	(25%)
16	38	21	59	20	(34%)
17	3	9	12	5	(42%)
18	-	-	-	-	(-)
Totaal	785	605	1.390	358	(26%)

Tabel 2. Gesimuleerd scheepvaartverkeer op basis van de meting 1972 (simulatieduur: 19 dagen).

Meting gedurende 19 dagen

Grootste draagvermogenklasse van de bij de verkeerssituatie betrokken schepen (dwt)	aantal verkeerssituaties				
	aantal schepen bij situatie betrokken				totaal
	2	3	4	5	
1.000	24	1	1	0	26
1.000 - 6.000	150	18	3	0	171
6.000 - 12.000	208	69	7	0	284
12.000 - 25.000	134	32	5	0	171
25.000 - 50.000	51	13	0	0	64
50.000 - 125.000	11	0	0	0	11
Totaal	578	133	16	0	727

Simulatie gedurende 19 dagen

Grootste draagvermogenklasse van de bij de verkeerssituatie betrokken schepen (dwt)	aantal verkeerssituaties				
	aantal schepen bij situatie betrokken				totaal
	2	3	4	5	
1.000	25	0	0	0	25
1.000 - 6.000	171	21	0	0	192
6.000 - 12.000	249	46	1	0	296
12.000 - 25.000	136	40	1	0	177
25.000 - 50.000	60	22	3	1	86
50.000 - 125.000	1	2	0	0	3
Totaal	642	131	5	1	779

Tabel 3. Verkeerssituaties per onderscheiden groep in meting en simulatie van de meting.

Toets van Wilcoxon.

Dag	No.	Aantal schepen bij situatie betrokken (geen onderscheid naar draagvermogen)								
		2			3			4		
		meting	simu-latie	score	meting	simu-latie	score	meting	simu-latie	score
za	1	14	25	0-19	1	1	1-16	0	0	0-3
zo	2	40	31	15-3	12	16	15-4	0	0	0-3
ma	3	16	31	1-18	2	8	3-15	0	0	0-3
di	4	24	29	2-17	11	17	14-4	0	0	0-3
wo	5	31	38	8-9	4	1	5-12	2	0	18-1
do	6	15	27	0-18	6	14	7-9	0	1	0-3
vr	7	21	39	1-18	2	0	3-15	1	0	16-1
wo	8	23	52	1-17	5	11	7-12	0	0	0-3
do	9	29	30	5-13	8	3	12-5	6	0	19-0
vr	10	35	37	10-9	19	2	19-0	2	0	18-1
za	11	42	44	16-3	7	15	10-7	3	0	18-0
zo	12	44	30	16-2	7	7	10-7	1	0	16-1
ma	13	39	26	14-4	11	6	14-4	0	1	0-3
di	14	30	38	6-11	7	4	10-7	0	0	0-3
ma	15	48	15	18-1	7	4	10-7	0	0	0-3
do	16	65	46	19-0	7	8	10-7	0	0	16-1
vr	17	14	23	0-19	5	6	7-12	1	0	0-3
za	18	26	40	3-15	7	6	10-7	0	3	0-3
zo	19	20	37	1-18	4	7	5-12	0	0	0-3
				136-214 Q = 78			172-155 Q = 17			111-41 Q = 70

Drempelwaarde Q_d = 112

Tabel 4. Toetsing verkeerssituaties ongeacht de grootte van de schepen.

Toets van Wilcoxon

Verkeerssituaties met 2 schepen

Dag	No.	Maximum draagvermogen, waarvan tenminste één schip in verkeerssituatie								
		25.000-50.000 dwt			12.000-25.000 dwt			6.000-12.000 dwt		
		meting	simu-latie	score	meting	simu-latie	score	meting	simu-latie	score
za	1	2	2	4-10	5	3	15-11	4	13	1-18
zo	2	7	2	17-1	10	2	14-4	12	15	7-12
ma	3	2	0	4-10	5	9	5-11	3	16	1-18
di	4	1	2	1-15	5	6	5-11	7	13	1-18
wo	5	6	3	16-2	5	10	5-11	12	9	7-12
do	6	0	1	0-18	1	5	0-19	11	9	5-12
vr	7	0	3	0-18	10	12	14-4	8	10	1-18
wo	8	3	7	9-6	6	6	8-9	6	18	1-18
do	9	4	2	13-6	5	12	5-11	7	9	1-18
vr	10	4	8	13-6	10	5	14-4	5	17	1-18
za	11	7	5	17-1	13	7	17-0	17	15	15-3
zo	12	0	2	0-18	7	5	10-6	18	11	16-2
ma	13	1	5	1-15	11	4	15-4	21	11	19-0
di	14	3	5	9-6	5	7	5-11	17	19	15-3
ma	15	2	1	4-10	9	7	13-5	20	2	19-0
do	16	3	1	9-6	13	13	17-0	24	14	19-0
vr	17	1	3	1-15	2	3	0-18	6	15	1-18
za	18	1	6	1-15	6	4	8-9	9	19	1-15
zo	19	4	3	13-6	5	13	5-11	1	13	0-19
				132-184 Q = 52			165-159 Q = 6			131-222 Q = 91

Drempelwaarde Q_d = 112

Tabel 5. Toetsing verkeerssituaties met 2 schepen, onderscheiden naar het grootste betrokken schip.

Toets van Wilcoxon

Verkeerssituaties met 3 schepen

Dag	No.	Maximum draagvermogen, waarvan tenminste één schip in verkeerssituatie								
		25.000-50.000 dwt			12.000-25.000 dwt			6.000-12.000 dwt		
		meting	simu-latie	score	meting	simu-latie	score	meting	simu-latie	score
za	1	0	0	0-11	1	1	8-8	0	0	0-15
zo	2	4	2	17-1	3	5	12-6	5	6	16-3
ma	3	0	0	0-11	0	1	0-11	1	4	4-11
di	4	0	5	0-11	5	2	16-2	7	7	17-1
wo	5	1	0	8-6	1	0	8-8	2	1	8-7
do	6	0	1	0-11	2	9	11-7	3	3	12-4
vr	7	0	0	0-11	2	0	11-7	0	0	0-15
wo	8	1	0	8-6	2	9	11-7	2	2	8-7
do	9	0	0	0-11	2	0	11-7	4	3	15-3
vr	10	1	0	8-6	1	0	8-8	13	2	19-0
za	11	1	3	8-6	2	4	11-7	4	8	15-3
zo	12	1	0	8-6	0	4	0-11	6	2	16-2
ma	13	0	1	0-11	7	3	17-2	1	1	4-11
di	14	1	1	8-6	2	1	11-7	4	2	15-3
ma	15	1	2	8-6	0	0	0-11	5	1	16-3
do	16	1	1	8-6	0	4	0-11	2	0	8-7
vr	17	1	3	8-6	2	0	11-7	2	0	8-7
za	18	0	4	0-11	0	0	0-11	5	1	16-3
zo	19	0	1	0-11	1	0	8-8	3	3	12-4
				89-154			154-146			209-109
				Q = 65			Q = 8			Q = 100

Drempelwaarde Q_d = 112

Tabel 6. Toetsing verkeerssituaties met 3 schepen, onderscheiden naar het grootste betrokken schip.

Verwachtingswaarde (gemiddelde van meting en simulatie) over 19 dagen

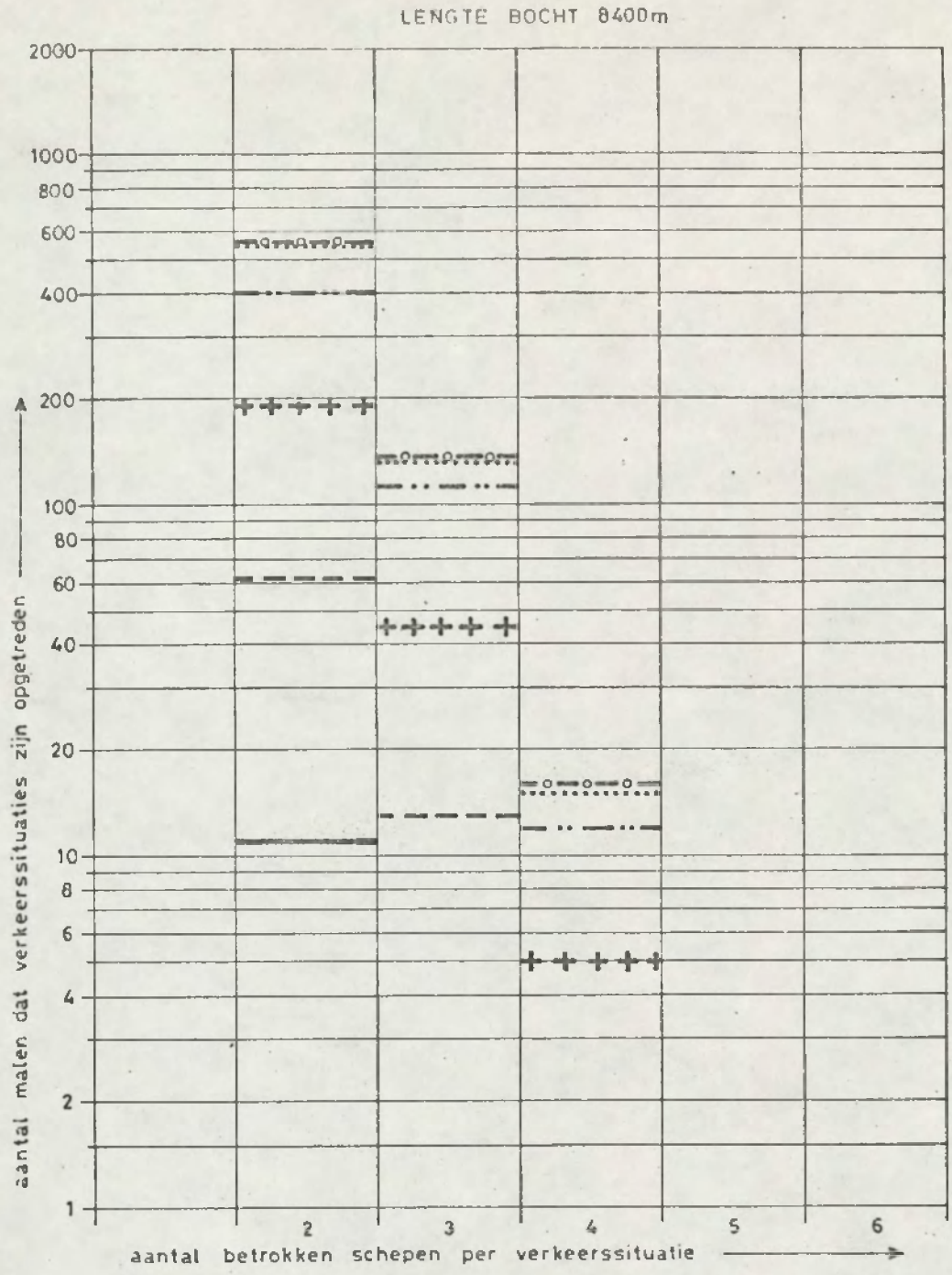
Grootste draagvermogenklasse v/d bij de verkeerssituatie betrokken schepen (dwt)	Aantal verkeerssituaties				Totaal aantal verkeers-situaties
	Aantal schepen bij situatie betrokken				
	2	3	4	5	
1.000	24,5	0,5	0,5	0	25,5
1.000- 6.000	160,5	19,5	1,5	0	181,5
6.000- 12.000	228,5	57,5	4	0	290
12.000- 25.000	135	36	3	0	174
25.000- 50.000	55,5	17,5	1,5	0,5	75
50.000-125.000	6	1	0	0	7
	610	132	10,5	0,5	753

χ^2-toets

Grootste draagvermogenklasse v/d bij de verkeerssituatie betrokken schepen (dwt)	Bijdrage aan χ^2								$\Sigma \chi^2$	aant. vrijheidsgraden
	Aantal schepen bij situatie betrokken									
	2		3		4		5			
	met.	sim.	met.	sim.	met.	sim.	met.	sim.		
1.000	0,01	0,01	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	2,02	3
1.000- 6.000	0,69	0,69	0,12	0,12	1,5	1,5	0	0	4,62	3
6.000- 12.000	1,84	1,84	2,3	2,3	2,25	2,25	0	0	12,78*	3
12.000- 25.000	0,01	0,01	0,44	0,44	1,33	1,33	0	0	3,56	3
25.000- 50.000	0,36	0,36	1,16	1,16	1,5	1,5	0,5	0,5	7,04	3
50.000-125.000	4,17	4,17	1,0	1,0	0	0	0	0	10,34*	3
$\Sigma \chi^2$	14,16*		11,04		14,16*		1,0		40,36*	15
aantal vrijheidsgraden	5		5		5		5		15	

* Drempelwaarde is overschreden: signifikant verschil.

Tabel 7: Toetsing verdeling verkeerssituaties over de onderscheiden groepen met behulp van de χ^2-toets.



tenminste 1schip in verkeerssituatie is > 50.000 dwt

" " " " " > 25.000 dwt

" " " " " > 12.000 dwt

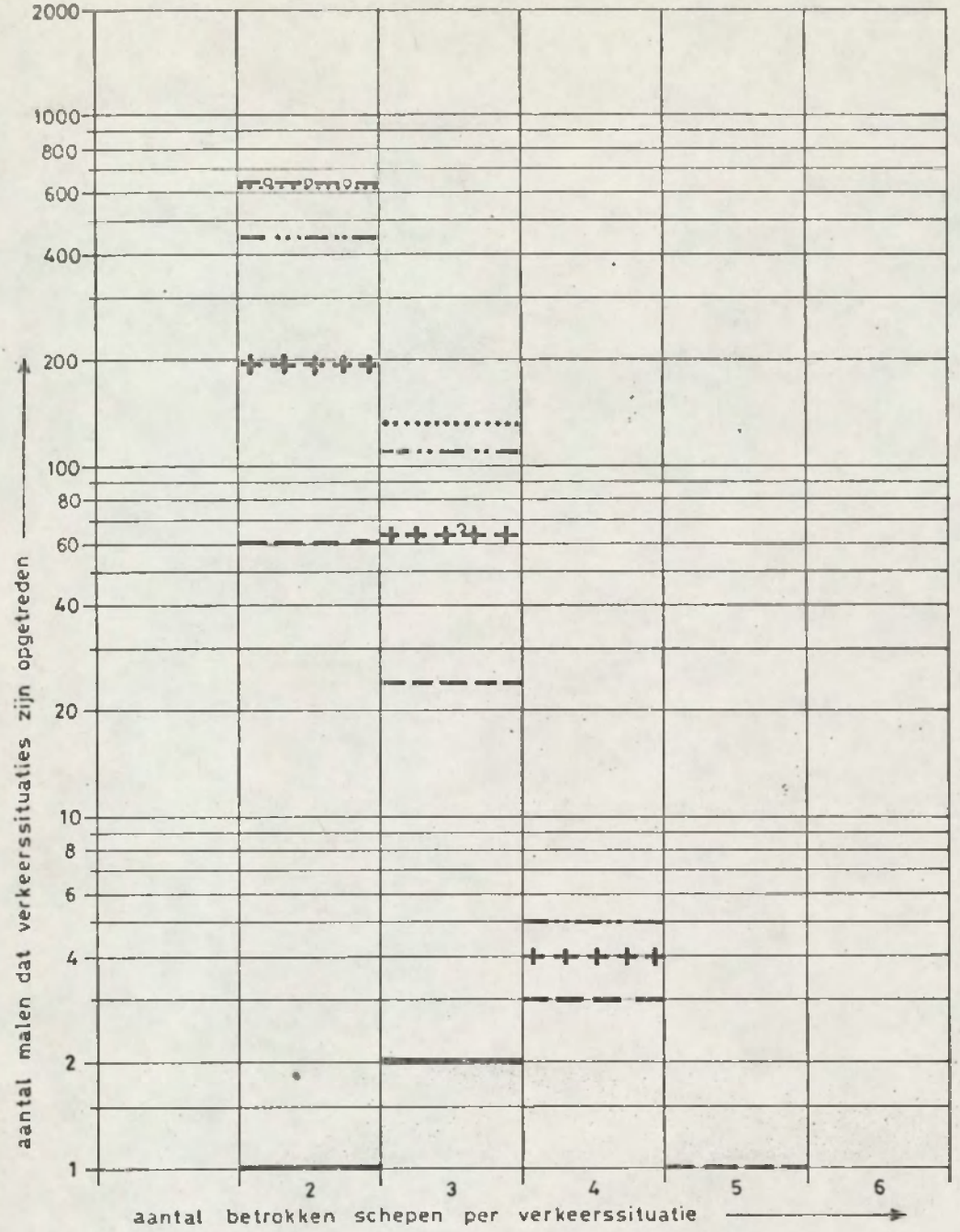
" " " " " > 6.000 dwt

" " " " " > 1.000 dwt

alle verkeerssituaties zonder onderscheid naar scheepsgrootte

GLOBALE SAMENVATTING RESULTATEN METING VAN 19 DAGEN IN 1972 IN HUIDIGE NAUW VAN BATH	bijlage 2		Fig. 1
	SCHAAL:		
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get.	gez.	Nr. 72.13
	9-3-'76		
	h.k		

LENGTE BOCHT 8400 m



——— tenminste 1schip in verkeerssituatie is > 50.000 dwt

— — — — " " " " " > 25.000 dwt

+ + + + + " " " " " > 12.000 dwt

— · — · · — " " " " " > 6.000 dwt

· · · · · · · · · · · " " " " " > 1.000 dwt

—o—o—o— alle verkeerssituaties zonder onderscheid naar scheepsgrootte

GLOBALE SAMENVATTING RESULTATEN SIMULATIES 19 DAGEN OP BASIS VAN DE METING IN HUIDIGE NAUW VAN BATH	bijlage 2		Fig. 2
	SCHAAL:		
RIJKSWATERSTAAT DIENST VERKEERSKUNDE HOOFDAFDELING SCHEEPVAART	get.	gez.	Nr. 72.13
	9-3-'76		
	h.k.		