

SIMULATIE SCHEEPVAART IJMOND.

DEEL 1,

Algemeen.

Ir. M.J. Vos,

Ir. R. Groenveld.

Technische Universiteit Delft,

Mei 1991.

Voorwoord.

Dit is het eindrapport van het simulatieonderzoek naar de scheepvaartbewegingen in de IJmond. Het project is verricht in opdracht van het Directoraat Generaal Scheepvaart en Maritieme zaken. Tevens is het een afstudeeropdracht bij de vakgroep Waterbouwkunde van de faculteit Civiele Techniek van de T.U. Delft, onder verantwoording van Prof. Ir. H. Velsink. Het rapport bestaat uit drie delen. Dit eerste deel omvat de situatiebeschrijving, de randvoorwaarden en uitgangspunten en de conclusies en aanbevelingen. Het tweede deel heeft de gebruiker van het model voor simulaties als doelgroep. Het derde en laatste deel is een uitgebreide modelbeschrijving en is bedoeld voor de programmeur die het model wil uitbreiden.

Delft, 7 mei 1991.

Inhoudsopgave.

Samenvatting	1
1. Inleiding	2
2. Situatiebeschrijving	4
2.1. Inleiding	4
2.2. De haven van Amsterdam	4
2.2.1. Algemeen	4
2.2.2. Geschiedenis	4
2.2.3. Bestemmingen	5
2.3. Het Directoraat Generaal Scheep- vaart en Maritieme Zaken	5
2.4. Rijkswaterstaat	6
2.5. Andere instanties	6
3. Probleemstelling	10
4. Doelstelling	11
5. Procesbeschrijving	12
5.1. Inleiding	12
5.2. De procedure voor zeeschepen	12
5.3. De procedure voor binnenvaart- schepen	14
5.4. Averij	15
6. Probleembenadering	16
6.1. Algemeen	16
6.2. Prosim	16
6.3. De modelontwikkeling	17
7. Schematisaties en uitgangspunten	19
7.1. Inleiding	19
7.2. De schepen	19
7.3. De afmetingen van de schepen	19
7.4. De sluizen	22
7.5. De sluisindeling	22
7.6. Overige schematisaties	24
7.6.1. De loodsen	24
7.6.2. De sleepboten	24
7.6.3. De kadebezetting	25
7.6.4. De weersomstandigheden	25
7.6.5. Het getij	26
7.6.6. De vaartijden	27
8. Opbouw van het model	28
8.1. Inleiding	28
8.2. Klasse- component SHIP (zee- vaart)	28

8.3. Klasse- component SHIP (binnen- vaart)	29
8.4. Klasse- component GENERATOR . .	30
9. De invoergegevens en de randvoorwaarden	33
9.1. Inleiding	33
9.2. De scheepsgegevens	33
9.3. De sluizen	35
9.4. De planning	35
10. Resultaten	37
10.1. Inleiding	37
10.2. Simulatieduur	37
10.3. Resultaten	38
11. Validatie en calibratie van het model	40
11.1. Algemeen	40
11.2. Wachttijden	40
11.2.1. Wachttijden voor de sluis	40
11.2.2. Wachttijden in de sluis	41
11.2.3. Passeertijden	41
11.3. Bezetting van de sluizen . . .	42
11.3.1. Hoeveelheid schepen per sluis	42
11.3.2. Bezetting van de sluis- wanden	42
11.3.3. Bezetting van het sluisoppervlak	43
11.4. Schuttingen	43
11.5. Bezettingsgraad van de haven .	43
12. Variatie in de planning	48
12.1. Inleiding	48
12.2. Wijziging in de maximale wacht- tijd op aankomende schepen . .	48
12.2.1. Toelichting	48
12.2.2. Conclusies	49
12.3. Onderzoek naar de spreiding van perioden van buiten gebruik zijn van de Noordersluis	52
12.3.1. Toelichting	52
12.3.2. Conclusies	52
12.4. Vergroting van het aanbod van bepaalde categorieën schepen .	54
12.4.1. Toelichting	54
12.4.2. Conclusies	54
13. Conclusies en aanbevelingen	56
13.1. Conclusies	56
13.2. Aanbevelingen	57

Contactpersonen	58
Literatuuropgave	58
Afkortingen	60

Inhoud deel 2.

14. Gebruikershandleiding.

Bijlagen deel 2.

Inhoud deel 3.

15. Gedetailleerde modelbeschrijving.

Samenvatting.

Het IJmond- gebied omvat de haven van Amsterdam, het Noordzeekanaal en de sluizen van IJmuiden. De probleemstelling richt zich op de planningsmethodiek voor de afwikkeling van de scheepvaart in dit gebied.

Het afstudeerproject (in opdracht van DGSM) betreft het ontwikkelen van een simulatiemodel waarin de gehanteerde planningsmethodiek opgenomen is. Dit betekent dat het model het gehele IJmond- gebied moet omvatten. Dit model dient als hulpmiddel bij het optimaliseren van de planning en om de gevolgen van toekomstige veranderingen in het systeem te onderzoeken.

Het model is ontwikkeld in de simulatietaal Prosim. Naast de beschrijving van het scheepsproces, zijn facetten als de kolkvulling, de beschikbaarheid van sleepboten, de invloed van het weer en de planningsstrategie opgenomen. Met het model zijn de volgende simulaties uitgevoerd:

- de invloed van de maximale tijd dat er gewacht wordt met schutten op aankomende schepen: er is onderzocht wat de gevolgen zijn voor de gemiddelde passeertijd van de schepen.
- de invloed van de spreiding van onderhoudsperiodes van de grootste sluis op de passeertijden van de schepen.
- de gevolgen van de groei van het verkeersvolume van bepaalde scheepstypen op de wacht- en passeertijden.

Na de verificatie van het model kan geconcludeerd worden dat het model goed aan de doelstelling beantwoordt. Naast de wachttijden geeft het model inzicht in de passeertijden, de sluisbezetting, enz. De uitgevoerde simulaties geven duidelijke overeenkomsten met de werkelijkheid.

1. Inleiding.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Directoraat Generaal Scheepvaart en Maritieme zaken, regio IJmond. Het is tevens een afstudeeropdracht van de Faculteit Civiele Techniek (vakgroep Waterbouwkunde, sectie Havens en Scheepvaartwegen), van de Technische Universiteit Delft.

In december 1989 heeft D.G.S.M. de T.U.D. benaderd met het verzoek een simulatiemodel te ontwikkelen van de scheepvaartverkeersafwikkeling in het IJmond-gebied.

De overeenkomst tot het verrichten van dit onderzoek werd op 18 juni, resp. 6 aug. 1990 door D.G.S.M. en de T.U.D. getekend. Deze overeenkomst bevat de omschrijving van het simulatiemodel en van de onderzoeksresultaten.

De resultaten van het model dienen te bestaan uit:

1. een beschrijving van het simulatiemodel, waar de validatie en calibratie deel van uitmaakt.
 2. 12 simulatieruns per te onderzoeken planingsstrategie met presentatie van wachttijden en passeertijden.
 3. de analyse van de verschillen per strategie, de conclusies en de aanbevelingen inzake verdergaand onderzoek.
 4. een eindrapportage alsmede een floppy disk met het simulatieprogramma.
- Het tweede punt is in latere instantie gewijzigd in het onderzoek naar drie variaties in de situatie.

In april 1990 is besloten om, voordat aan de feitelijke modelontwikkeling voor de simulatie kon worden begonnen, een inventarisatie van het probleem te maken.

Dit heeft geleid tot een tussenrapport¹. Hierin wordt de huidige situatie gedetailleerd beschreven en wordt de probleemstelling geformuleerd.

In augustus 1990 is begonnen met de daadwerkelijke modelontwikkeling, in januari 1991 is het project afgerond en dit rapport geschreven.

Het rapport bestaat uit drie delen. Dit eerste algemene deel geeft, naast de situatiebeschrijving een weergave van de totstandkoming van het model, de randvoorwaarden en uitgangspunten, en de resultaten en de conclusies. Het tweede deel beslaat de handleiding voor de gebruiker van het simulatiemodel. Het is een leidraad voor de wijze van invoeren van gegevens en het interpreteren van de resultaten.

Het derde deel tenslotte, gaat dieper in op de verschillende onderdelen van het model en beschrijft de werking hiervan. Dit laatste deel van het rapport kan dienen als handleiding voor de programmeur en voor de verdere ontwikkeling van het model.

¹ Zie literatuur 12.

2. Situatiebeschrijving.

2.1. Inleiding.

De IJmond omvat het hele gebied rondom het Noordzeekanaal en de haven van Amsterdam. Het strekt zich uit van het oostelijk havengebied van Amsterdam tot de kruispost voor de kust bij IJmuiden. In figuur 1 en 2 is dit gebied weergegeven. In deze figuren is een aantal punten aangegeven dat van belang is voor dit project.

2.2. De haven van Amsterdam.

2.2.1. Algemeen.

Amsterdam kent een lange historie als havenstad, vroeger vond de aan- en afvoer via de Zuiderzee plaats, maar sinds de aanleg van de Afsluitdijk en het Noordzeekanaal vindt bijna al het transport over water van Amsterdam naar zee en vice-versa, plaats via de sluizen bij IJmuiden en het Noordzeekanaal.

Het economisch belang van de haven van Amsterdam is zeer groot. Het is de tweede haven van Nederland in grootte en speelt (naast Rotterdam) een belangrijke rol als aanvoerhaven voor onder meer Nederland en het Ruhrgebied. De bereikbaarheid van de haven is uiteraard van groot belang voor onder andere de concurrentiepositie ten opzichte van onder andere binnen- en buitenlandse havens.

2.2.2. Geschiedenis.

Al van oudsher is Amsterdam niet zonder problemen te bereiken geweest: vroeger lagen schepen vaak voor (het eiland) Pampus te wachten, totdat het water hoog genoeg stond om de haven binnen te varen (het IJsselmeer was nog Zuiderzee en er was dus getij-invloed). In 1852 werd het Noordhollandsch kanaal gegraven, waardoor de aanvaarroute naar Amsterdam met 80 km. werd verkort. Een echte oplossing kwam echter pas

nadat het Noordzeekanaal was aangelegd: een kortere verbinding tussen Amsterdam en de Noordzee.

De sluizen van IJmuiden vormen de verbinding tussen het kanaal en de Noordzee, de Oranje-sluizen zijn de verbinding met het IJsselmeer. De IJmuider sluizen zijn een belangrijk obstakel bij het aandoen van de haven van Amsterdam vanaf de Noordzee.

2.2.3. Bestemmingen.

Niet alle scheepvaart die IJmuiden aandoet, passeert de sluizen: een aantal schepen heeft de Hoogovens als bestemming. De Hoogovens heeft zijn haven buiten de sluizen gesitueerd, een aantal grote ertsschepen passeert daarom de sluizen niet, maar beïnvloeden de scheepvaart voor de sluizen wel.

Niet alle sluispasserende scheepvaart heeft Amsterdam als bestemming: een gedeelte van de zeevaart gaat naar havens tussen IJmuiden en Amsterdam (Velsen, Buitenhuisen, etc.; zie hiervoor figuur 1).

2.3. Het Directoraat Generaal Scheepvaart en Maritieme Zaken.

Het Directoraat Generaal Scheepvaart en Maritieme zaken (D.G.S.M.), regio IJmond, is belast met de veilige en vlotte afwikkeling van alle scheepvaartverkeer in het IJmond- gebied. D.G.S.M. valt onder het ministerie van Verkeer en Waterstaat en is onderverdeeld in een aantal regio's.

De Centrale Verkeersdienst Leider (C.V.D.L.), werkzaam bij D.G.S.M., is belast met de planning van de zeescheepvaart over het traject van de kruispost tot de haven. Hij zorgt voor een zo vlot mogelijke afwikkeling van deze scheepvaart, terwijl aan de veiligheid daarbij een even groot belang wordt toegekend.

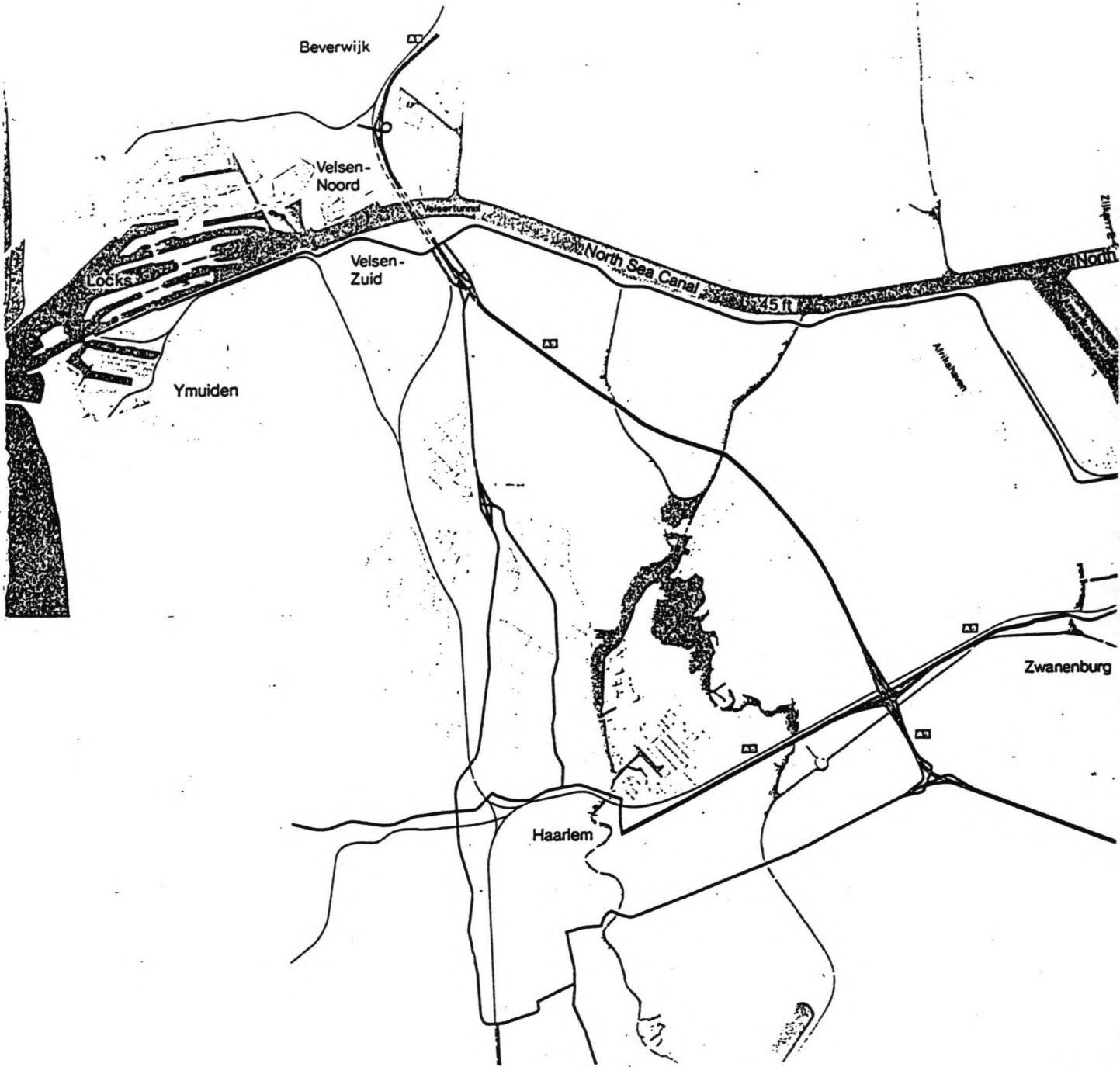
2.4. Rijkswaterstaat.

De sluizen vallen onder het beheer van Rijkswaterstaat, dat evenals D.G.S.M. onderdeel is van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. Verantwoordelijk voor het beheer en gebruik van de sluizen is de Sluismeester, werkzaam bij Rijkswaterstaat.

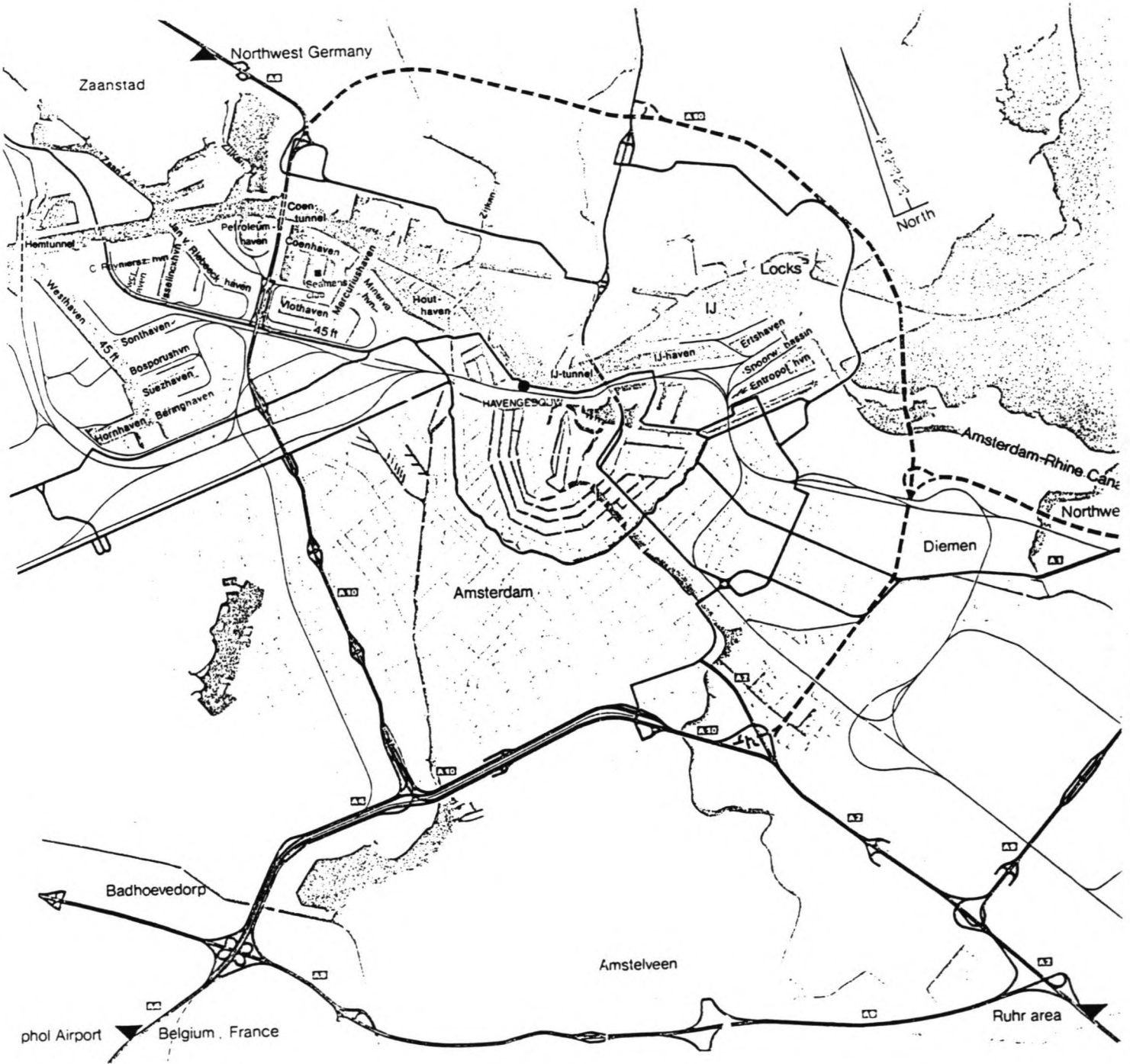
2.5. Andere instanties.

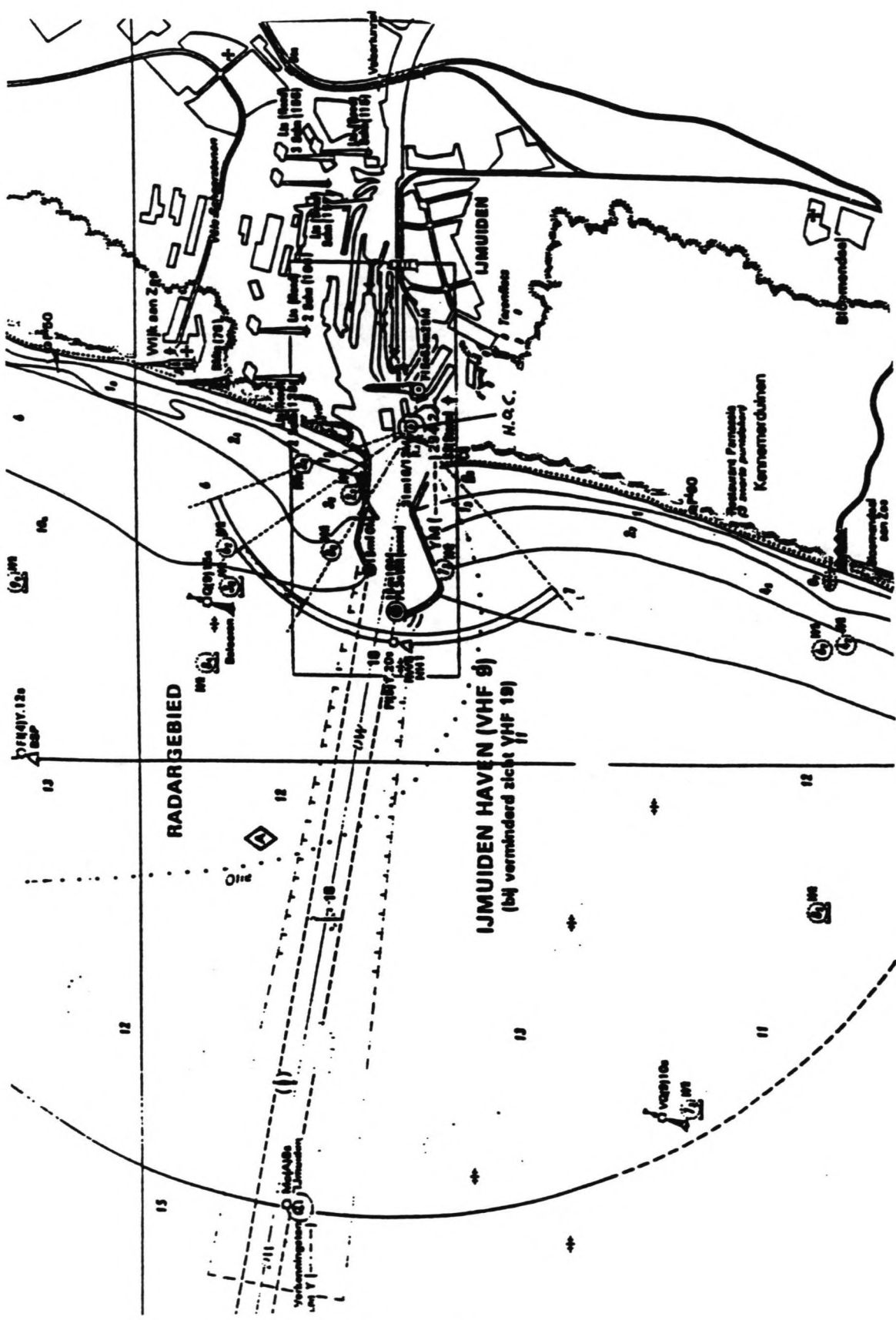
Er is nog een aantal instanties dat belang heeft bij de scheepvaartafwikkeling:

- Het gemeentelijk havenbureau (G.H.B.): een gemeentelijke (Amsterdamse) instelling, verantwoordelijk voor de gang van zaken in de haven van Amsterdam. Het G.H.B gaat onder andere over de toewijzing en indeling van de ligplaatsen in de haven.
- De loodsen (een particuliere organisatie). Een groot aantal zeeschepen zijn verplicht een loods te bestellen.
- De sleepbootfirma 'Goedkoop' (eveneens particulier). Hiervoor geldt hetzelfde als voor de loodsen: veel schepen kennen sleepbootplicht, uit veiligheidsoverwegingen zullen veel andere schepen ook gesleept worden.
- Agenten, stuwadoors en cargadoors van schepen. De agenten zijn in eerste instantie de contactpersonen tussen de schepen en bijv. het G.H.B. en D.G.S.M.



Figuur 1. Overzicht IJmond.





Figuur 2. Detail IJmond.

3. Probleemstelling.

D.G.S.M. is belast met de veilige en vlotte afwikkeling van het scheepvaartverkeer in het IJmondgebied. Hiertoe hanteert D.G.S.M. een planningsmethodiek voor een optimale doorstroming van het scheepvaartverkeer.

Er is weinig bekend over de invloed van deze planning op de afwikkeling van het scheepvaartverkeer, aangezien het geheel bijzonder gecompliceerd is. Momenteel is het niet mogelijk varianten op de huidige planningsmethodiek te toetsen op efficiëntie, veiligheid en doelmatigheid, om zodoende tot een optimale methodiek te komen (experimenten in de praktijk kunnen niet plaatsvinden zonder veel organisatorische problemen en vertragingen).

Bestaande simulatiemodellen beperken zich veelal tot het gebied direct rondom de sluisen, waardoor gebeurtenissen verder van de sluis af niet opgenomen zijn. Juist deze gebeurtenissen kunnen van groot belang zijn bij het plannen van de afwikkeling van de scheepvaart.

Tenslotte kunnen de gevolgen van toekomstige ontwikkelingen in het IJmond- gebied (vergroting van de capaciteit van het sluisencomplex, opvoering van de scheepvaartintensiteit, etc.) nu niet op hun waarde geschat worden in relatie tot de planningsmethodiek.

4. Doelstelling.

Het doel van het project is het kunnen onderzoeken hoeveel en wat voor invloed de huidige planningsmethodiek heeft op de afwikkeling van het scheepvaartverkeer, en welke planningscriteria de gemiddelde passeertijd van de schepen kunnen minimaliseren.

Om aan deze doelstelling te beantwoorden is het nodig een simulatiemodel te ontwikkelen, waarin alle factoren die invloed hebben op de scheepvaartverkeersafwikkeling, opgenomen zijn.

Dit simulatiemodel dient een correcte weergave te geven van de werkelijkheid, om zodoende objectief vast te kunnen stellen welke effecten de gehanteerde planningsmethodiek heeft op de afwikkeling van het scheepvaartverkeer.

De tweede doelstelling is het verbeteren van een aantal facetten van de planningsmethodiek, door de gevolgen van een aantal variaties op de huidige situatie te onderzoeken met behulp van het simulatiemodel.

Uiteindelijk kan het doel van het simulatiemodel breder zijn dan hier genoemd: er kan gedacht worden aan het gebruik bij een onderzoek naar bijvoorbeeld een capaciteitsvergroting van het sluisencomplex, de gevolgen van een renovatie van één van de sluisen of het bouwen van een nieuwe sluis¹.

¹ zie ook 13.2. aanbevelingen.

5. Procesbeschrijving.

5.1. Inleiding.

In het tussenrapport¹, wordt de huidige gang van zaken rond de verkeersafwikkeling en de gehanteerde planningsmethodiek uitgebreid beschreven. Verder wordt een beknopte beschrijving gegeven van de door D.G.S.M. gebruikte software, ter registratie van de scheepvaart ('AVERIJ²'). Dit eindrapport beperkt zich tot een samenvatting van het proces van de verkeersafwikkeling.

5.2. De procedure voor zeeschepen.

Een zeeschip dat gebruik wil maken van één van de faciliteiten in het IJmond- gebied (een sluis, een ligplaats), zal dit doorgaans ruim van tevoren melden aan de instantie die hierover gaat (G.H.B., D.G.S.M.). Het schip kan verschillende bestemmingen hebben en wel of niet het sluisencomplex moeten passeren. De eerste melding van het schip kan enige dagen tot enige maanden van tevoren plaatsvinden. De melding wordt meestal gedaan door de agent (cargadoor) van het schip en staat bekend als voorbericht van aankomst (V.B.A.). Tenzij het gaat om lijndiensten, die vaak volgens een zeer strak tijdschema varen, is dit voorbericht slechts een zeer grove indicatie van het werkelijke moment van arriveren van het schip.

Als het schip nog slechts een aantal uur varen verwijderd is van de kruispost (of 'verkenningston', zie ook figuur 2), zal de kapitein de captains- E.T.A. (estimated time of arrival) opgeven aan D.G.S.M. Deze E.T.A. geeft aan wanneer het schip verwacht aan te komen bij de kruispost.

¹ Zie ook literatuur 12.

² Zie paragraaf 5.4.

De captains- E.T.A. wordt over het algemeen 2 tot 6 uur voor de verwachte aankomst opgegeven, en kan daarna nog bijgesteld worden door de kapitein van het schip.

Nadat de captains- E.T.A. is gemeld, verwerkt D.G.S.M. de scheepsgegevens in Averij (een computersoftwarestelsel) en kan het schip worden meegenomen in de planning voor de afwikkeling.

De C.V.D.L. attendeert zonnodig de loods- en sleepbootdienst en het G.H.B. op de komst van het schip en bepaalt of er problemen zullen ontstaan op het moment van arriveren van het schip met één van deze diensten. Verder is de C.V.D.L. op de hoogte van de (verwachte) weersomstandigheden en de waterhoogte. Met deze gegevens maakt de C.V.D.L. een eerste schatting van het moment van aankomst bij de sluis (de zogenaamde E.T.A.- sluis- west). Er wordt overlegd met de sluismeester of het schip op dat moment gesloten kan worden.

De schepen worden in principe op volgorde van aankomst behandeld (fifo; first in - first out). Er kunnen echter redenen zijn om van dit fifo- principe af te wijken:

- Indien een later gemeld schip nog wel en een eerder gemeld schip niet meer mee kan met een bepaalde schutting, zal dit schip voorrang krijgen bij het schutproces.
- Een schip dat later een captains- E.T.A. opgeeft, zal later geregistreerd worden en dus ook later in de planning worden betrokken. Het is mogelijk dat dit schip eerder aankomt op de kruispost, maar het schip dat zich eerder gemeld heeft, voor moet laten gaan. Het fifo- principe wordt dus gehanteerd op basis van de volgorde van melding en niet op volgorde van fysieke aankomst.

Er zijn nu twee mogelijkheden: het schip kan meteen door varen (de omstandigheden laten dit toe en er is een sluis beschikbaar) of het schip moet wachten bij de kruispost tot aan de voorwaarden is voldaan.

In verband met nautische overwegingen, veiligheidsaspecten en ruimtegebrek wachten de schepen niet vlak voor de sluis. Na de eventuele wachttijd (om redenen van bijv. het niet beschikbaar zijn van de sluis, sleepboten of loods of vanwege slechte weersomstandigheden) vaart het schip door tot in de sluis en legt in de kolk vast. Als er nog andere schepen meeschutten, wordt er gewacht tot deze ook in de sluis liggen. Vervolgens wacht het schip tot de schutting is voltooid en kan uitvaren. Dan vaart het schip door tot de bestemmingshaven. Na een bepaalde tijd in deze haven gelegen te hebben (er moet worden geladen en/of gelost) begint het proces opnieuw. Er wordt nu een captains- E.T.D. gegeven (estimated time of departure) dit is het moment dat het schip weer in de planning wordt betrokken). Het schip wacht nu in de haven tot het kan vertrekken (als aan alle voorwaarden is voldaan en er een sluis beschikbaar zal zijn bij aankomst bij de sluis). Wanneer het schip de sluis is uitgevaren, vaart het door richting zee en verdwijnt dan uit het systeem.

5.3. De procedure voor binnenvaartschepen.

Ook de binnenvaart heeft een meldingsplicht. Zij wordt dan ook in de planning van het schutproces meegenomen, er wordt echter geen captains- E.T.A. of - E.T.D. voor deze schepen afgegeven. De binnenvaart krijgt door de sluismeester (en niet door de C.V.D.L.) een sluis toegewezen. Nadat de zeeschepen zijn ingevaren, kunnen de binnenvaartschepen invaren. De binnenvaart kent voor zover het zandschepen betreft (het grootste gedeelte van de binnenvaart) een soort cyclus: er wordt over het algemeen leeg naar buiten (van oost naar west) gevaren, hier wordt een bepaalde servicetijd (het laden) gewacht en er wordt geladen weer naar binnen gevaren. Dit geldt overigens niet voor alle binnenvaartschepen.

5.4. Averij.

'Averij' staat voor Apparatuur Verkeersdienst IJmuiden en is een software- pakket dat speciaal voor de IJmond is ontwikkeld. Het is ontworpen als hulpmiddel bij de planning van de scheepvaart (het systeem berekent bijvoorbeeld hoe laat een zeeschip bij de sluis zal kunnen zijn en welke afwijkingen, vertragingen of versnellingen, er kunnen optreden). Daarnaast dient het systeem voor het opslaan van vele scheepsgegevens. De binnenvaart wordt in Averij tot op heden (december 1990) nauwelijks geregistreerd.

Het belang van het systeem is zeer groot voor de planning van de zeeschepen door de C.V.D.L. Het systeem wordt echter ook gebruikt door andere belanghebbenden (behalve door de C.V.D.L. ook door de sluismeester, het G.H.B., door de sleepbootfirma, en de loodsendienst). Een gedeelte van de voor het simulatiemodel gebruikte gegevens, komt uit de database van Averij. Het gaat dan om gegevens over scheepsafmetingen, gemiddelde vaartijden, tussenaankomsttijden, etc.

6. Probleembenadering.

6.1. Algemeen.

In principe bestaan drie alternatieven om een sluissysteem met betrekking tot capaciteiten, omlooptijden en wachttijden en passeertijden van schepen te bestuderen:

1. Empirische vuistregels gebaseerd op waarnemingen van bestaande systemen.
2. Wachttijdtheorie.
3. Simulatiemodellen.

Empirische vuistregels worden gebruikt bij zeer eenvoudige systemen. De wachttijdtheorie kan eveneens slechts worden toegepast bij eenvoudige systemen.

Het sluizencomplex bij IJmuiden vormt een te ingewikkeld systeem om deze twee methoden toe te passen. De simulatietechniek is daarom het enige gereedschap om gevolgen van veranderingen (bijvoorbeeld van de planningsmethodiek) vast te stellen. In feite wordt de simulatietechniek gebruikt om het dynamisch gedrag van het systeem door middel van experimenten met een model van het systeem vast te stellen.

6.2. Prosim.

Er is voor de ontwikkeling van het model voor de simulatietaal PROSIM gekozen. Deze simulatietaal is ontwikkeld op de TU Delft. De taal leent zich goed voor het onderhavige soort problemen. De programmering geschiedt volgens de procesbeschrijving. De taal is erop gebaseerd het proces op te delen in kleinere (sub) processen, die dan ieder afzonderlijk kunnen worden beschreven. Een voordeel van de taal zijn de standaardfaciliteiten zoals lijstverwerking, wachtrijen, histogrammen, plots, en dergelijke. Verder is het makkelijk dat er gebruik wordt gemaakt van macro's, waarin complexe berekeningen worden uitgevoerd. De procesbeschrijving kan er daardoor eenvoudiger en toegankelijker uitzien.

Een programma (model), ontwikkeld met PROSIM, bestaat uit een definitie- sector, een of meer modules en eventueel een aantal macro's. De processen van de verschillende componenten worden in de module's beschreven. In de macro's worden berekeningen of bewerkingen uitgevoerd, die een terugkerend onderdeel kunnen zijn van een bepaald proces.

6.3. De modelontwikkeling.

Het simulatiemodel is ontwikkeld vanuit een 'bottom-up' benadering; er is begonnen met ontwikkelen van een klein, maar essentieel deel van het proces. Hierna is steeds een kleine uitbreiding gemaakt totdat alle relevante processen beschreven waren. De verwerking van de diverse componenten heeft als volgt plaatsgevonden¹:

- De generatoren: er is een aantal typen schepen dat met bepaalde tussenaankomsttijd wordt gegenereerd. Verder worden de scheepsdimensies gecreëerd: elk type schip kent zijn eigen karakteristieke spreiding in zijn dimensies (lengte, breedte, diepgang, etc.).
- De schepen: de schepen doorlopen het proces, waarbij de sluis twee maal gepasseerd wordt. Verder doorlopen de schepen enige vaar- en wachtrijen.
- De sluismeester/ C.V.D.L.: de planningsstrategie en de sluisindeling worden door deze component verricht. In eerste instantie is een model ontwikkeld waarbij er wel gepland wordt, maar de schepen voor het sluiscomplex kunnen wachten, tot ze kunnen invaren. Er wordt niet eerder dan het moment dat een kolk vrij is, bepaald welke schepen mee kunnen.

¹ Een gedetailleerde beschrijving van de processen is gegeven in hoofdstuk 15.

Later is een model ontwikkeld, waarbij de schepen wachten bij de kruispost, c.q. in de haven. Op het moment dat een sluis klaar is om te gaan schutten, wordt al vooruit gekeken en kan een aantal schepen al opvaren naar de sluis.

7. Schematisaties en uitgangspunten.

7.1. Inleiding.

Om de gecompliceerde werkelijkheid te kunnen nabootsen met behulp van een simulatiemodel, is het noodzakelijk een aantal schematisaties aan te brengen. Alleen relevante gebeurtenissen worden daarom in het model opgenomen. In het volgende zullen de schematisaties worden besproken en gemotiveerd.

7.2. De schepen.

Er wordt uitgegaan van een beperkt aantal scheepstypen¹. Deze typen zijn de meest voorkomende in het IJmondgebied, andere typen zijn derhalve niet apart in het model opgenomen (containerschepen en grote, weinig voorkomende schepen vallen voor het model onder het type general cargo).

De recreatievaart wordt niet meegenomen in het model, aangezien D.G.S.M. de recreatievaart niet meeneemt in zijn planning en veel van deze vaart door de Kleine Sluis wordt geschut. Deze sluis is niet opgenomen in het model.

Ook visserijschepen zijn niet in het simulatiemodel opgenomen. De redenen hiertoe liggen voor de hand. Deze schepen maken geen gebruik van het sluiscomplex en verder is aangenomen dat de eventuele vertraging van het scheepvaartverkeer van en naar het sluiscomplex, veroorzaakt door deze schepen, niet significant zal zijn.

7.3. De afmetingen van de schepen.

Bij het generatieproces worden de dimensies van de schepen bepaald aan de hand van tabellen. Er wordt gebruik gemaakt van een tabel waarin het D.W.T. van een type is uitgezet tegen het percentage van vóórkomen.

¹ Zie tabel 1.

Met behulp van gegevens uit Averij is voor elk type een cumulatieve verdeling van het D.W.T. bepaald (zie tabel 2 en figuur 3).

Verder is met behulp van registratie uit Averij de relatie tussen D.W.T. en de dimensies van elk type schip vastgelegd. Voor een bepaald type zijn voor een aantal D.W.T.- klassen de gemiddelde waarden van de dimensies berekend (de spreiding in de grootte van de dimensies bij een bepaald D.W.T. is verwaarloosbaar).

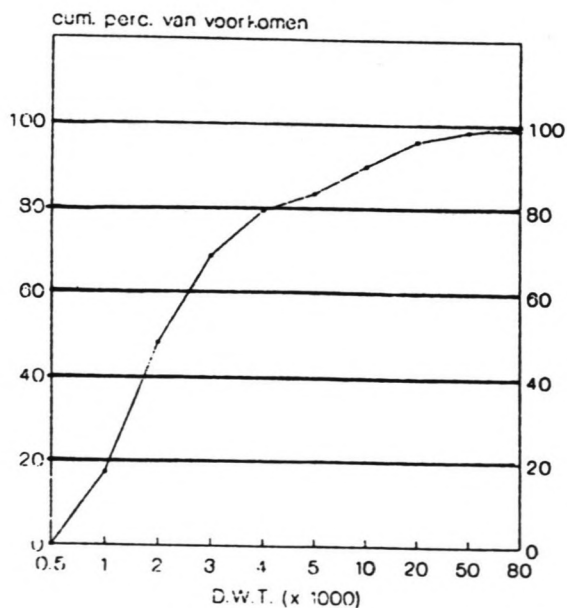
In tabel 2 is voor het type General Cargo ook aangegeven welke lengte, breedte en diepgang er aangehouden wordt per D.W.T.- categorie.

Scheepstype	min. voorkomend D.W.T.	max. voorkomend D.W.T.
Binnenvaart	50	5000
General Cargo	500	120000
Bulkcarriers	30000	150000
Tankers	5000	150000
RoRo- carriers	1000	30000
Ore/ Bulk/ Oil carriers	65000	160000
Liquified gas tankers	1000	15000
Supply vessels	500	4000

Tabel I. Scheepstypen zoals die in het model voorkomen met min. en max. D.W.T.

dwt.cat	% (cum)	lengte	breedte	diep- gang
0 -500	0	46	6	2,8
-1000	17,2	51,0	8,6	3,1
-2000	48,1	71,6	11,0	3,4
-3000	68,7	88,7	13,4	5,3
-4000	79,5	95,6	15,6	6,4
-5000	83,6	118,1	17,5	7,4
-10000	90,1	130,2	19,5	8,2
-20000	96,1	148,6	21,3	9,1
-50000	98,38	193,3	29,7	11,6
-200000	100	278,4	43,4	14,1

Tabel II. De tabel van dimensies voor General Cargo- schepen.



Figuur 3 Grafiek van D.W.T. tegen het cum. percentage van voorkomen.

7.4. De sluizen.

In het model worden drie sluizen betrokken : de Noordersluis, de Middensluis en de Zuidersluis (de afmetingen van de sluizen staan in tabel 3). De kleine sluis is buiten beschouwing gelaten, daar door deze sluis geen zeevaart geschut wordt, en weinig binnenvaart.

Tussen de schepen die worden geschut, zal een bepaalde vrije ruimte moeten zijn, in verband met de veiligheid. In feite is de grootte van deze vrije ruimte afhankelijk van een groot aantal omstandigheden (windsterkte, grootte van het schip, hoeveelheid schepen in de kolk, beladingsgraad van het schip, etc.). In het model is een percentage als vrije ruimte genomen. De spreiding van de grootte van de vrije ruimte is gering, zodat dit geen invloed heeft op de totale afwikkeling. Er wordt uitgegaan van een minimaal benodigde vrije ruimte van 6% van de scheepslengte in de langsrichting en 15% van de scheepsbreedte in de breedterichting.

7.5. De sluisindeling.

Om te kunnen bepalen welke (wachtende) schepen mee kunnen met een bepaalde schutting door een sluis, is een kolkvulprogramma in het model gebruikt (macro chamberfill, zie hoofdstuk 15). Dit 'programma' is uiteraard een schematisatie van de werkelijkheid. Getracht is op grond van waarnemingen het systeem zo goed mogelijk weer te geven.

Het programma berekent een vulling van de kolk, uitgaande van een bepaald aanbod van schepen. Er is sprake van een standaardindeling, waarbij de schepen zoveel mogelijk aan de linkersluiswand worden gesitueerd. Dan kan een volgend schip naast of achter het eerste schip worden geplaatst. Indien een schip niet geplaatst kan worden, wordt het volgende schip in de wachtrij beschouwd (een afwijking van het fifo-principe). Zo wordt doorgedaan tot er geen schepen meer worden aangeboden of totdat de sluis maximaal is gevuld. In de praktijk zijn er echter

vaak praktische problemen en is de kolk minder ideaal gevuld, dan op basis van dit vul-programma mag worden verwacht (er kunnen bijvoorbeeld door bepaalde weersomstandigheden of door uitzonderlijke bepalingen minder schepen tegelijkertijd geschut worden).

In het model is daarom op grond van waarnemingen een praktisch maximum gesteld aan het aantal schepen per sluiscolk per schutting.

	Lengte	Breedte	Diepte
Noorder-sluis	400	46,60	15,00
Midden-sluis	200	25,00	10,15
Zuider-sluis	100	18,00	7,95

Tabel III. Afmetingen van de sluizen.

7.6. Overige schematisaties.

7.6.1. De loodsen.

Een groot aantal van de zeeschepen is verplicht een loods aan boord te nemen (zie bijlagen) of zal dit om veiligheidsredenen aangeraden worden. Op het moment dat bekend is wanneer een schip een loods nodig zal hebben (het moment van vertrek van de kruispost of vanaf de haven naar de sluis), zal de C.V.D.L. dit doorspelen aan het loodsen-gilde. Nu is er een kans (bijvoorbeeld door overbelasting van de loodsen, of door externe invloeden zoals files, ongelukken e.d.) dat de bestelde loods niet op tijd aanwezig is op het schip. Het schip zal hierdoor vertraging oplopen.

Het al of niet op tijd aanwezig zijn van een loods is geschematiseerd tot een beschikbaarheidskans met een Bernouilli-verdeling (er is òf wel, òf niet een loods op tijd aanwezig). In het model is een kans van 2% ingevoerd dat geen loods beschikbaar is.

Het volledig uitwerken van het loodsen-systeem en de redenen van niet aanwezig zijn is zeer gecompliceerd en zal weinig aan de nauwkeurigheid van het model toevoegen.

7.6.2. De sleepboten.

Een groot aantal zeeschepen heeft voor het invaren van de sluis en het varen naar de haven één of meer sleepboten nodig (zie bijlagen). Voor het niet op tijd aanwezig zijn van deze sleepboten is een vergelijkbare schematisatie als voor de loodsen aangenomen (een beschikbaarheidskans met een Bernouilli-verdeling). Hier is een kans van 5% in het model ingevoerd dat niet voldoende sleepboten beschikbaar zijn. In de praktijk worden de sleepboten vaak meegeschut met het schip dat gesleept wordt. Er wordt in het model geen rekening gehouden met de plaats die deze sleepboten innemen in de kolk. Er wordt van uitgegaan dat de sleepboten altijd nog wel bijgeplaatst kunnen worden,

aangezien de afmetingen van de boten zeer beperkt zijn.

Soms verlaten de sleepboten bij het binnenvaren de sluis, voordat de schutting plaatsvindt. De extra tijd die dit in beslag neemt is niet opgenomen in het model. Aangenomen is dat het de uitkomsten niet significant beïnvloedt.

7.6.3. De kadebezetting.

Op het moment dat een schip zich meldt bij de C.V.D.L. zal deze een schatting maken van het tijdstip waarop het schip in de haven zal zijn. Er wordt dan contact opgenomen met het G.H.B. omtrent de ligplaats die bestemd is voor het arriverende schip. Het is mogelijk dat deze ligplaats nog bezet is door een ander schip en dat er ook niet tijdelijk een andere ligplaats beschikbaar is voor het arriverende schip. Het zal dan op de rede moeten wachten en daar een vertraging ondervinden.

Er is weer een beschikbaarheidskans aangenomen voor het al of niet beschikbaar zijn van de bestemmingskade. De bepaling beschikbaar kade is geïntegreerd met de bepaling beschikbaarheid van de loodsen en sleepboten (zie ook onder loodsen en sleepboten). Dit betekent dus dat onder de genoemde 2% voor loodsen en 5% voor sleepboothulp ook het niet beschikbaar zijn van de kade valt. De samenvoeging van beschikbaarheid kade met beschikbaarheid loodsen en sleepboten is gedaan om niet al te veel storingsfuncties in het model te krijgen (te meer daar met een scheiding van deze functies slechts een schijnnaauwkeurigheid wordt verkregen).

7.6.4. De weersomstandigheden.

Er kunnen op veel verschillende manieren weersomstandigheden ontstaan waardoor de scheepvaart bemoeilijkt of zelfs onmogelijk wordt. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan zeer dichte mist of harde wind. In bepaalde situaties is het mogelijk om L.O.A. (loodsen op afstand) toe te passen (hierbij wordt het schip vanaf de wal

naar binnen geloodst, er hoeft geen loods aan boord van het schip te komen). Tijdens extreme weersituaties echter zal het in- en uitvaren van zeeschepen onmogelijk worden in verband met de veiligheid.

In de praktijk wordt gewerkt met weersvoorspellingen (op korte zowel als op iets langere termijn). Indien er slecht weer wordt voorspeld, zal de C.V.D.L. hier tijdig rekening mee houden (schepen worden op de rede of in de haven gehouden tot het weer zich heeft verbeterd).

In het model is het weer sterk geschematiseerd, omdat het te ver zou gaan alle mogelijke weersomstandigheden, de voorspellingen en de betrouwbaarheid hiervan.

Er is in het model sprake van een weergenerator, die een vaststaande kans op mist en harde wind kent. Er wordt een getal gegenereerd dat aangeeft of één van deze omstandigheden zich voordoet. Is dit het geval, dan duurt de omstandigheid een vaststaande periode. Schepen die in deze periode aankomen op de rede of willen vertrekken uit de haven, zullen moeten wachten op beter weer.

7.6.5. Het getij.

De waterstand wordt in het model alleen bepaald door het getij. Er wordt geen rekening gehouden met afwijkingen op de normale waterstandsvariatie door bijvoorbeeld halingen of windopzet. In de getijkromme zijn wel spring- en doodtij verwerkt. Er wordt van uitgegaan dat tijgebonden schepen een minimale waterstand (1,25 m. keelclearance) nodig hebben om het stuk van de westkant van de sluizen tot aan de kruispost en vice versa, te kunnen varen. De C.V.D.L. zal uitrekenen welke periode deze tijgebonden schepen dit stuk kunnen varen en de schepen met de hoogste prioriteit behandelen (indien een periode van hoogwater wordt gemist, zal het schip een tij moeten overliggen).

7.6.6. De vaartijden.

Er wordt in het model uitgegaan van de vaste vaartijden die ook door de C.V.D.L. worden gehanteerd (deze gegevens zijn uit Averij gehaald). Er worden per scheepstype tijden gebruikt voor bepaalde trajecten. In de praktijk treedt er soms een afwijking op t.o.v. deze tijden door bijvoorbeeld weersomstandigheden, stroming, of een afwijkend motorvermogen. Dit is in het model verwaarloosd.

In tabel 4 staan de tijden per scheepstype en per traject vermeld.

De in- en uitvaartijden van de sluisen zijn in het model alleen gerelateerd aan de scheeps-lengte, en niet aan de verhouding tussen scheepsoppervlak en sluisoppervlak, bestuurbaarheid, weersomstandigheden, beladingsgraad, etc. In de praktijk hebben deze andere factoren wel invloed, er is echter van uitgegaan dat de afwijkingen dusdanig klein zijn, dat het verantwoord is deze te verwaarlozen.

Aangezien het uitvaren uit een sluisolk altijd iets sneller blijkt te gaan (er hoeft minder voorzichtig gemanoeuvreed te worden), is voor het uitvaren een iets lagere tijd aangenomen.

De in- en uitvaarvolgtijden zijn gelijk aan de in- en uitvaartijden genomen, aangezien deze in de praktijk niet of nauwelijks hiervan afwijken.

vaartijd	dwt < 20000	dwt < 80000	dwt > 80000
van kruispost tot sluis en v.v.	42	51	95
van sluis tot haven en v.v.	75	80	100

Tabel IV. Vaartijden

8. Opbouw van het model.

8.1. Inleiding.

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het model is opgebouwd. Voor een gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar deel 3 (hoofdstuk 15). In dat hoofdstuk worden stroomschema's gegeven en wordt nauwkeurig beschreven hoe de processen worden doorlopen.

In het model is sprake van 3 klasse- componenten, te weten

- SHIP; de schepen,
- GENERATOR; de scheepsgeneratoren.
- LOCKMASTER; een gecombineerde klasse van de sluismeester en de C.V.D.L.

De schepen zijn tijdelijke, de generatoren en de sluismeester zijn permanente componenten.

Een klasse- component wil zeggen dat er meer dan één 'object' in het model aanwezig is.

8.2. Klasse- component SHIP (zeevaart).

In figuur 4 is weergegeven welke rijen worden doorlopen door de schepen. In het hieronderstaande wordt soms verwezen naar een van deze rijen. Dit proces geldt alleen voor de zeeschepen, het proces voor de binnenvaart wordt in 8.3. beschreven.

De schepen worden gegenereerd aan de zeezijde. Ze komen dan terecht in de 'entsrow[1]'. Als een schip meteen door kan varen (er zal een sluis vrij zijn bij aankomst) krijgt het hiervan onderweg een signaal. Er wordt een sluis toegewezen en het tijdstip waarop het schip op zijn vroegst bij de sluis verwacht wordt. Als het schip niet meteen door kan varen, komt het terecht in de 'wrow[1]' en ontvangt daar na verloop van tijd een invaarsignaal.

Na het invaarsignaal vaart het schip door tot in de sluis (in de 'srow[1]') en wacht vervolgens tot het een uitvaarsignaal krijgt. Dan vaart het schip naar de haven (via 'nzk' naar 'harbour') en na een bepaalde servicetijd begint het proces opnieuw vanaf de andere zijde,

(beginnend met 'entsrow[2]') Dit volgt verder uit figuur 4.

Er is een onderscheid tussen wachtrijen en vaarrijen; in de wachtrijen (wrow[1], wrow[2], lockchamber, harbour) liggen de schepen "stil", in de vaarrijen (entsrow[1], srow[1], nzk, entsrow[2], srow[2], leaveijm) varen de schepen (entsrow[2] is in feite een uitzondering, de schepen liggen dan nog te wachten in de haven).

De invloed van vertraging door afwezigheid van de loods of de sleepboten evenals het niet beschikbaar zijn van de kade, is verwerkt in de vaartijd van de kruispost tot de sluis. De invloed van het getij voor tijschepen wordt verwerkt door de component LOCKMASTER. Een schip dat een bepaalde minimale waterstand nodig heeft om in de sluis te varen (een tijgebonden schip) zal pas een invaarsignaal krijgen als de waterstand dat toelaat op het moment dat het schip zich tussen de kruispost en de sluis zal bevinden.

8.3. Klasse- component SHIP (binnenvaart).

Het proces voor de binnenvaart is iets eenvoudiger dan voor de zeevaart. Een binnenvaartschip komt aan de havenzijde aan en neemt meteen plaats in de wachtrij. Als het schip een invaarsignaal krijgt, vaart het de sluis in ('lockchamber') en wacht tot het weer een uitvaarsignaal krijgt. Hierna verblijft het schip enige tijd aan de andere zijde van de sluis in een wachtrij en vervolgt dan de weg in omgekeerde richting. In het model wordt schip gereerd aan de zeezijde dus op het moment dat de werkzaamheden op zee zijn volbracht en het schip zich weer bij de sluis bevindt. Dit punt van de cyclus is gekozen om uniformiteit in het programma te brengen en mits de verblijftijd van het binnenvaartschip aan de landzijde juist is ingebracht, is deze volgorde een correcte afbeelding van de werkelijkheid.

8.4. Klasse- component GENERATOR.

Voor elke scheepsklasse bestaat een aparte generator, aangezien elke klasse een eigen tussenaankomsttijd- verdeling en specifieke scheepseigenschappen kent. De generator 'maakt' een schip, geeft een aantal attributen mee aan het schip (lengte, breedte, diepgang, tijgebondenheid, vaartijd van kruispost tot sluis, etc.) en activeert het schip vervolgens te in het scheepsproces. De tussenaankomsttijd wordt getrokken uit een negatief exponentiële verdeling (n.e.d.) met voor iedere generator een eigen gemiddelde. De binnenvaartschepen worden ook met een n.e.d. gegenereerd maar alleen tussen 6 uur en 20 uur en niet in het weekend (de overige klassen worden continu gegenereerd).

8.5. Klasse- component LOCKMASTER-CVDL.

Feitelijk is deze component een combinatie van de sluismeester en de C.V.D.L. In het model is er sprake van één sluismeester (die de sluisindeling en het schutproces verzorgt) en één C.V.D.L. (die de planning verzorgt) per sluis. Dit is om programmatische redenen zo gemodelleerd, in de werkelijkheid is er sprake van één C.V.D.L. en één centrale sluismeester.

Het principe van het proces is als volgt: op het moment van het begin van een schutting, wordt er (door de C.V.D.L.) vooruitgekeken naar de andere kant van de sluis (een vorm van planning). Er wordt berekend wanneer deze sluis vrij zal zijn voor het invaren van schepen vanaf de andere kant. In eerste instantie worden nu de zeeschepen beschouwd die in de wachtrij liggen te wachten (bij de kruispost of in de haven). De schepen worden getoetst aan een aantal criteria:

- past het schip nog in de sluis bij de eerst volgende schutting (het schip zal niet altijd door alle drie de sluisen geschut kunnen worden, en de sluis kan al bezet zijn met andere schepen).
- duurt het niet te lang voordat het schip bij de sluis zal zijn (dit kan bijvoorbeeld door het getij of het weer veroorzaakt wor-

- den, het zou onaanvaardbare vertragingen kunnen veroorzaken voor andere schepen)
- moet het schip alleen geschut worden (bijvoorbeeld omdat het gevaarlijke lading bevat).

De schepen die meekunnen met de eerstvolgende schutting, krijgen van de C.V.D.L. een invaarsignaal, op volgorde van breedte. Het schip moet dan eventueel nog enige tijd wachten omdat het niet eerder bij de sluis aan mag komen dan het moment dat de sluis vrij is. Het breedste schip vaart als eerste door richting sluis, en na een bepaalde tijd volgt het tweede schip in breedte (als dat er is).

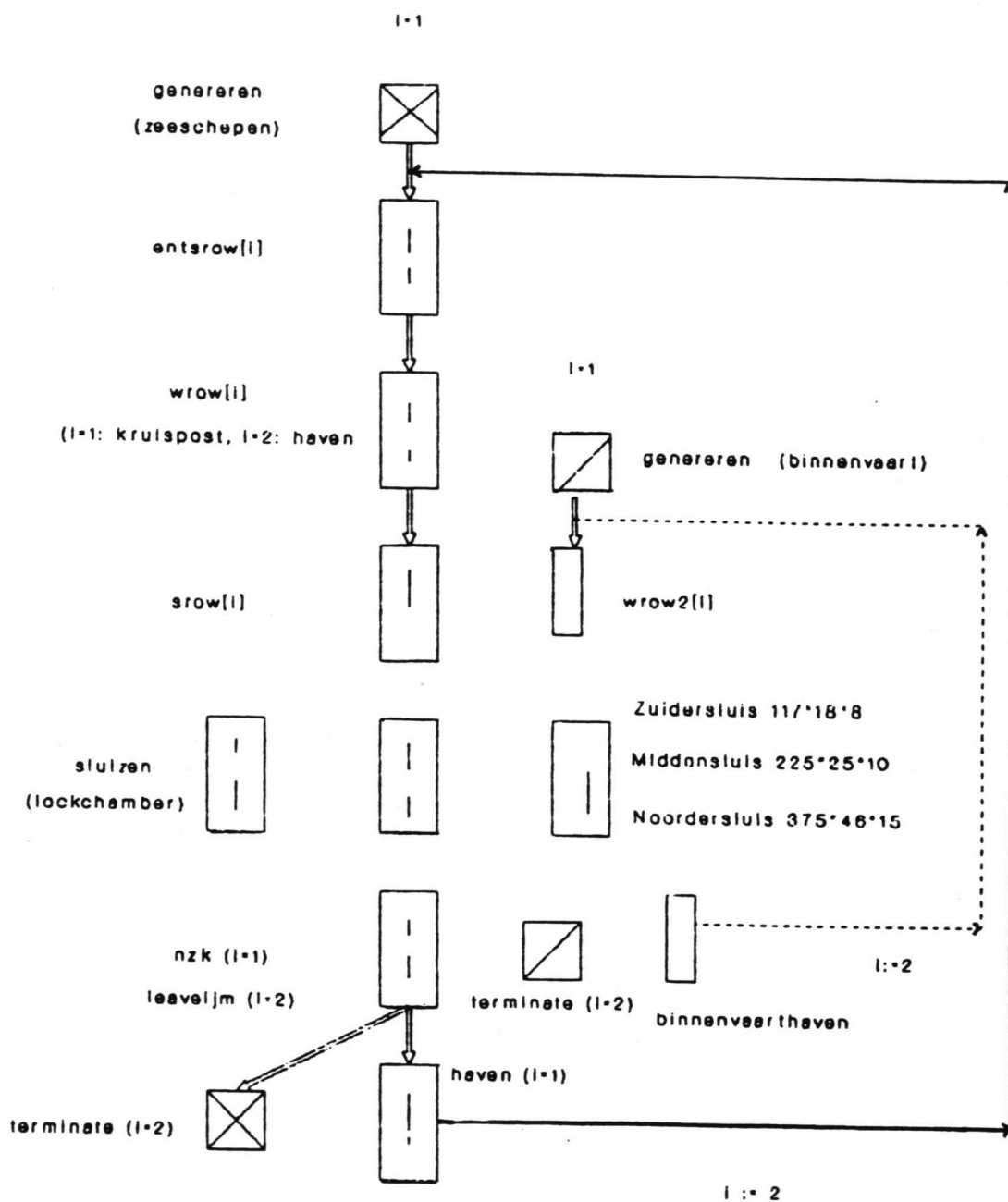
Vervolgens toetst de C.V.D.L. de schepen in de 'entsrow' (de schepen die zich wel gemeld hebben, maar nog niet op de kruispost gearriveerd zijn) op dezelfde criteria en geeft een schip dat nog mee kan een signaal dat het meteen kan doorvaren naar de sluis.

Nu begint de sluismeester met het schutten van de sluis waarvoor de planning gemaakt is. Als dit is gebeurd, geeft hij de schepen in de kolk een voor een een uitvaarsignaal. De zeeschepen die gepland zijn voor de volgende schutting varen de sluis in, nadat deze is vrijgegeven voor invaren. Hierna krijgen eventueel nog enige binnenvaartschepen uit de wachtrij, die vlak voor de sluis ligt, een invaarsignaal en er wordt dan gewacht totdat deze schepen ook in de sluis liggen.

Nu begint het proces van voren af aan.

Een bijzondere situatie doet zich voor als er geen zeeschepen gepland worden voor de volgende schutting (er wachten geen schepen, of het is te slecht weer om in te varen).

Indien er schepen in de kolk op een schutting wachten, moet er toch geschut worden. Als dit niet het geval is, moet er leegom worden gegaan. Dit gebeurt alleen indien er vraag is van binnenvaart om vanaf de andere zijde te worden geschut (er is geen vraag van zeevaart). Is dit ook niet het geval dan wordt, afhankelijk van waar het eerst vraag ontstaat naar een schutting, leegom gegaan of gewacht op een aankomend schip.



Figuur 4. Schematische weergave van het model.

9. De invoergegevens en de randvoorwaarden.

9.1. Inleiding.

Het verkrijgen van alle relevante gegevens is een voorwaarde voor het goed en conform de werkelijkheid functioneren van het model.

Voor een aantal objectieve gegevens, zoals afmetingen en afstanden, is dit geen probleem, de meeste zijn opgeslagen met behulp van het Averij- systeem.

Voor gegevens over de gevolgde planningsstrategie is het gecompliceerder, aangezien het menselijk reageren in bepaalde situaties niet objectief te meten of te schematiseren is. Een ervaren C.V.D.L. zal in iedere situatie opnieuw beoordelen wat de beste oplossing is. Om gegevens betreffende deze planning toch in het model te verwerken, is uitgegaan van een aantal vuistregels.

9.2. De scheepsgegevens.

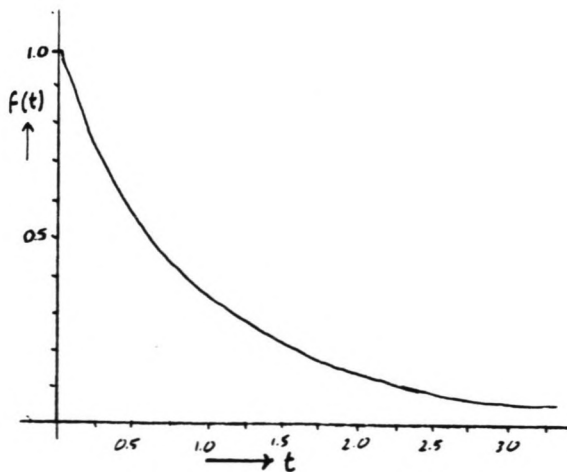
Zoals reeds gesteld in 7.2., wordt uitgegaan van een beperkt aantal typen schepen. Uit het Averij- systeem is een aantal relevante gegevens betrokken van de schepen die de IJmond hebben aangedaan, gedurende een bepaalde periode. Per scheepstype is een tabel gemaakt van hoeveelheid schepen, en het percentage van voorkomen is cumulatief uitgezet tegen het D.W.T. (dead- weight- tonnage). Verder zijn er per scheepstype tabellen gemaakt voor de scheepslengte, -breedte en diepgang versus het D.W.T.¹

Van groot belang zijn verder de tussenaankomsttijden: hoeveel tijd verstrijkt er tussen de melding van twee schepen uit één categorie. Hiertoe is gebruik gemaakt van een kansverdelingsfunctie. In figuur 5 is te zien hoe deze functie verloopt. In het model genereert de bij een bepaalde klasse horende generator een tus-

¹ Zie ook 7.3.

senaankomsttijd uit deze verdeling. Het is nu theoretisch mogelijk dat een aantal schepen vlak na elkaar gegeneerd worden en het vervolgens veel langer duurt voordat een volgend schip arriveert (overeenkomstig de gebruikte cumulatieve verdelingsfunctie van tussenaankomsttijden).

Verder worden nog bijzondere attributen gegeneerd, zoals tijgebondenheid, het aan boord hebben van gevaarlijke lading, lijndiensten, etc. Dit gebeurt met behulp van trekkingen uit (Bernouilli) kansverdelingen, gebaseerd op gegevens uit Averij.



Figuur 5. Tussenaankomsttijden.

9.3. De sluizen.

Voor de sluizen zijn gegevens gebruikt van schuttingen (het gemiddeld aantal schepen per sluis per schutting, hoe vaak wordt er leeg omgegaan, de totale hoeveelheid geschutte schepen, etc.) en van maten (de afmetingen van de sluizen, de vrije ruimte tussen verschillende soorten schepen, etc.)

9.4. De planning.

De gegevens voor de planningsstrategie zijn, zoals in 8.1 al beschreven is, niet helemaal objectief te geven. Het gaat hierbij om gegevens over bijvoorbeeld wachttijden.

Als een schip zich wel gemeld heeft, maar nog niet is gearriveerd op de kruispost, respectievelijk nog niet is vertrokken uit de haven (het schip ligt dan in het model in de 'entsrow') kan er gewacht worden op dit schip voordat er geschut wordt. Het kan ook een tijgebonden schip betreffen, dat nog enige tijd moet wachten voordat de waterstand hoog genoeg is. Dit kan echter een wachttijd betekenen voor andere schepen: als er al schepen de kolk zijn ingevaren waar dit schip nog bij zou moeten komen, of er zijn al een of meer schepen onderweg naar dezelfde sluis (in het model in de 'srow'). Ook kan het een vertraging betekenen voor schepen uit de binnenvaartrij (in het model 'wrow2'), of voor schepen in de wachtrijen aan de andere zijde: de sluis zal immers langer wachten met schutten om het nog arriverende schip nog mee te kunnen nemen.

De relevante vragen die gesteld kunnen worden, bij de maximale tijd dat gewacht wordt op aankomende schepen, zijn de volgende:

- hoe lang wordt er maximaal gewacht op een arriverend schip als er schepen wachten in de kolk, of schepen onderweg zijn naar dezelfde kolk ?
- hoe lang wordt er gewacht als er geen schepen in de kolk wachten, maar wel schepen aan de andere zijde, of in de binnenvaartrij ?
- hoeveel invloed hebben weersomstandigheden,

drukke, mate van prioriteit en wachtkosten van verschillende schepen op deze wachttijden op aankomende schepen ?

Een criterium met betrekking tot het leegomgaan is het volgende: moet er gewacht worden op een schip terwijl de kolk leeg is, maar er vanaf de andere zijde een schutting gevraagd wordt, of niet? Gebeurt dit niet, dan wordt er leegom gegaan. Wordt er wel gewacht, dan zal de wachttijd voor het schip aan de andere zijde hoger worden en wellicht onaanvaardbaar hoog worden.

Ook dit criterium is verwerkt als vuistregel in de planningsmethodiek.

In hoofdstuk 12 wordt beschreven hoe de planningsmethodiek (en dan met name de wachttijd- en leegom- criteria) is gevarieerd om te onderzoeken welke combinatie van tijden de beste resultaten geeft met oog op de efficiënte afwikkeling van het scheepvaartverkeer.

10. Resultaten.

10.1. Inleiding.

Het simulatiemodel geeft resultaten in een aantal vormen. Ten eerste zijn er de uitvoerfile's: hierin staan gegevens over schuttingen en bezettingspercentage's, gegevens over wach- en passeertijden van schepen (reisverslagen), en gegevens van opgetreden weersomstandigheden. Ten tweede zijn er store-files met statistische gegevens over onder andere (wacht)rijen. Een uitgebreide toelichting hierbij is gegeven in de gebruikershandleiding, hoofdstuk 14.

10.2 Simulatieduur.

Belangrijk voor correcte resultaten is de duur van simuleren. Het model kent een opstarttijd, waarin het nog lege systeem wordt 'gevuld' met schepen. Na enige tijd zal van een reële situatie sprake zijn. Om nu te bepalen wanneer het systeem een goede weergave wordt van de werkelijkheid, is bepaald wanneer het voortschrijdend gemiddelde van de passeertijd van alle schepen zich stabiliseert. Dit is een indicatie van een voldoende simulatieduur. In figuur 6a is de grafiek van dit voortschrijdend gemiddelde weergegeven. Uit de figuur blijkt dat het gemiddelde zich na ongeveer 10000 minuten (7 dagen) stabiliseert.

Als simulatieduur is een periode van 35 dagen genomen, voor het vergelijken van resultaten. De gegevens van de eerste week worden niet geregistreerd, van de volgende weken wel. In deze periode passeren genoeg schepen om relevante uitspraken te doen bij het vergelijken van resultaten.

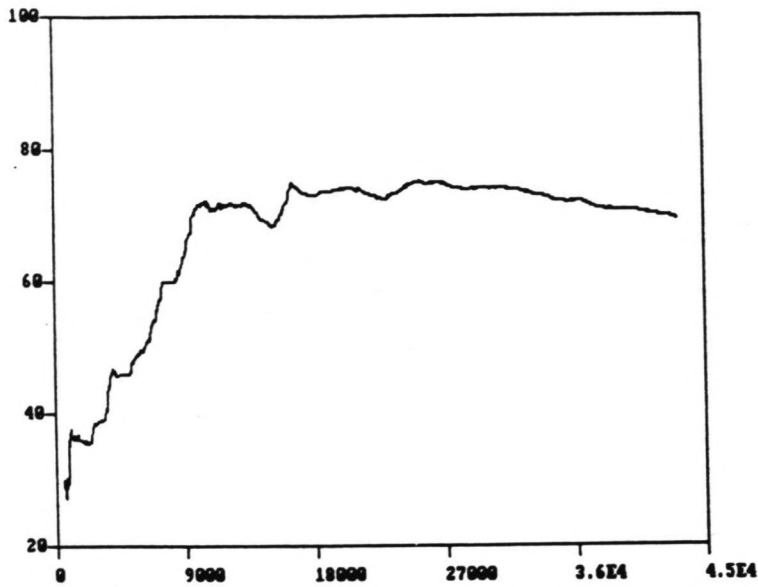
Voor de validatie is een periode van 90 dagen (3 maanden) genomen. Deze langere periode is nodig om de invloed van de weersomstandigheden duidelijk te kunnen laten werken.

Na bepaling van de optimale maximale tijd van wachten (zie 12.2.) zijn 12 simulatieruns gemaakt met een duur van 90 dagen, met verschillende randomstreams. De verdeling van de gemid-

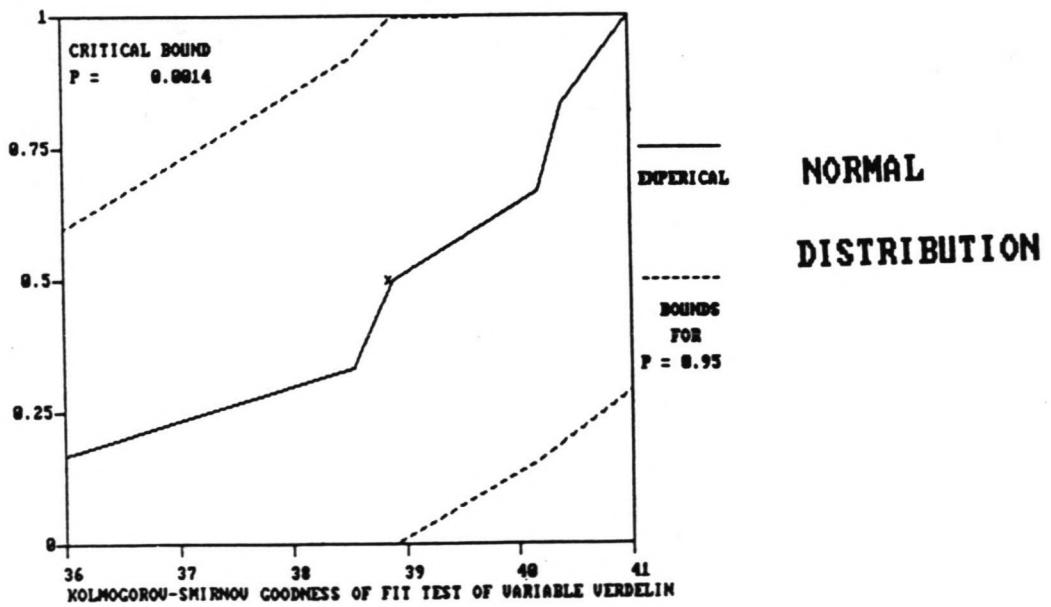
delde wachttijden blijkt dan aan een normale verdeling te voldoen (zie figuur 6b).

10.3. Resultaten.

In figuur 7a tot en met 7h is een gedeelte van de resultaten gegeven die het model geeft na de genoemde simulatieduur. Er is een onderscheid te maken tussen wachttijden en passeertijden: de passeertijden geven de vertraging die de schepen oplopen door wachten in en voor de sluis en door het in- uitvaren van de sluis. In de wachttijden (voor de sluis) zijn o.a. ook vertragingen door het weer opgenomen.



Figuur 6a. Voortschrijdend gemiddelde van pas-seertijden van schepen



Figuur 6b. Verdeling van gemiddelde wachttijden over 12 simulatieruns.

11. Validatie en calibratie van het model.

11.1. Algemeen.

Om te controleren in hoeverre het model met de werkelijkheid overeenkomt zijn de resultaten bestudeerd en vergeleken met gegevens uit de praktijk. De uitkomsten zijn op waarschijnlijkheid getoetst.

De kanttekening die bij de validatie gemaakt dient te worden, is dat de gebruikte gegevens slechts een indicatie geven ten aanzien van de nauwkeurigheid.

In feite zou de vertraging per scheepstype en per oorzaak op een statistische manier bekend moeten zijn, om een nauwkeurige validatie te kunnen verrichten. Hierin voorziet het Averijstelsysteem echter niet¹.

11.2. Wachttijden.

11.2.1. Wachttijden voor de sluis.

In figuur 7a is het histogram gegeven van de wachttijden voor de sluis van alle ingaande zeeschepen en in figuur 7b van de uitgaande binnenvaartschepen. De maximaal optredende wachttijd voor zeeschepen is groot, maar komt weinig voor. Dit is te verklaren door het weer: indien het slecht weer is, (voor de duur van bijvoorbeeld 24 uur) moet het schip in de haven of bij de kruispost op betere weersomstandigheden wachten. Deze periode zal meestal korter zijn dan een halve dag (720 minuten), maar kan oplopen tot mee dan 1,5 dag. Het gemiddelde van de wachttijd ligt echter duidelijk lager, omdat de wachttijd (bij goed weer) alleen bepaald wordt door de drukte bij de sluis, de andere schepen bij de kruispost of de haven en de aanwezigheid van sleepboten en loods.

¹ Zie ook 13.2. Aanbevelingen.

11.2.2. Wachttijden in de sluis.

De wachttijden in de sluis worden bepaald door de omzetting van de sluis (deuren sluiten, nivelleren, en deuren openen) en door eventueel meeschuttende vaart. Meeschuttende vaart die ná een beschouwd schip invaart, resulteert in een langere wachttijd vóór het omzetten van de sluis, en andersom.

De omzetting van een sluis bepaalt de minimum wachttijd. Een maximum wachttijd is te bepalen als de omzetting plus de som van invaartijden. In figuur 7c is een histogram gegeven van wachttijden in de sluisen, zowel voor ingaande- als voor uitgaande vaart. Uit dit histogram volgt dat de wachttijd minimaal 11 min. bedraagt: de omzetting van de kleinste sluis als het verschil in waterstand minimaal is.

11.2.3. Passeertijden.

De passeertijd is gedefinieerd als het verschil in doorlooptijd tussen een situatie zonder sluis en de werkelijke situatie (met sluis).

De passeertijd is opgebouwd uit de wachttijd voor de sluis, de wachttijd in de sluis en de in- en uitvaartijd van het schip voor de sluis. De wachttijd veroorzaakt door slechte weersomstandigheden, wordt niet betrokken in de passeertijd, aangezien deze wachttijd zonder sluis ook zou optreden.

In figuur 7d is de passeertijd van zeeschepen weergegeven.

Uit de figuur blijkt dat sprake is van passeertijden tussen de 40 en 600 minuten. Dit grote verschil is te verklaren door tijgebonden schepen, die vaak langer moeten wachten met invaren, aangezien ze afhankelijk zijn van de waterstand. Het gemiddelde van de passeertijd ligt op 211 minuten.

11.3. Bezetting van de sluisen.

11.3.1. Hoeveelheid schepen per sluis.

Handmatig is te berekenen wat de maximaal mogelijke hoeveelheid schepen in een sluis is. Een ideale combinatie van schepen zal een sluis precies kunnen vullen. Deze situatie zal zich echter niet vaak voordoen. 's Nachts zal de bezetting van de sluisen lager liggen, aangezien er dan geen binnenvaart verondersteld wordt.

Het model geeft de volgende resultaten (zie ook figuur 7e):

	Gemiddeld aantal	Deviatie	90% onderschrijding
Zuidersluis	1.3	1.3	2.9
Middensluis	2.1	2.0	5.6
Noordersluis	2.5	2.3	6.1

Tabel V. Aantal schepen per schutting.

11.3.2. Bezetting van de sluiswanden.

Het bezettingspercentage van de linkersluiswand ligt in het model structureel hoger dan dat van de rechtersluiswand. Dit is te verklaren doordat de schepen eerst aan de linkerkant van de sluis geplaatst worden totdat dit niet meer mogelijk is.

De sluiswanden zullen bijna nooit een bezetting van 100%, omdat het niet vaak voor zal komen dat de som van de scheepslengtes (incl. de marge's) precies gelijk zal zijn aan de sluislengte. In figuur 7f en 7g is een voorbeeld gegeven van een histogram van het bezettingspercentage van de linkersluiswand van sluis 1 (Noordersluis) en de rechtersluiswand van sluis 3 (Zuidersluis).

11.3.3. Bezetting van het sluisoppervlak.

Indien gekeken wordt naar het bezettingspercentage van het sluisoppervlak (gedefinieerd als de totale oppervlakte die de schepen bezetten (scheepslengte x scheepsbreedte, inclusief de marge's) gedeeld door de totale nuttige sluisoppervlakte) dan zal ook dit percentage niet zeer hoog liggen. De combinatie van aangeboden schepen is veelal zo divers dat geen optimale vulling van de kolk kan worden bewerkstelligd. De volgende resultaten zijn geregistreerd:

	gemiddelde	deviatie	90% onderschrijding
Zuidersluis	50%	27%	93%
Middensluis	25%	18%	54%
Noordersluis	23%	18%	48%

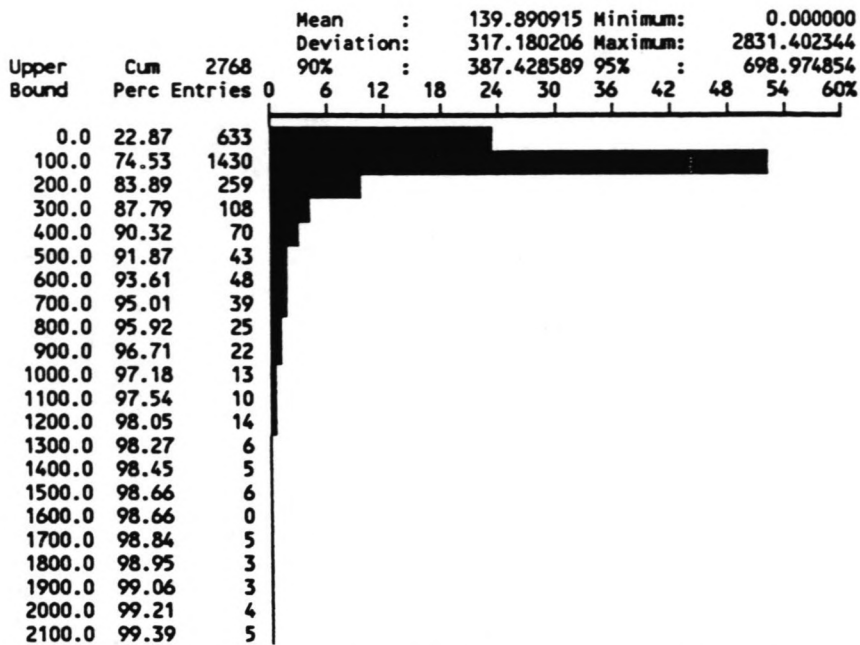
Tabel VI. Bezetting sluisoppervlak per schutting.

11.4. Schuttingen.

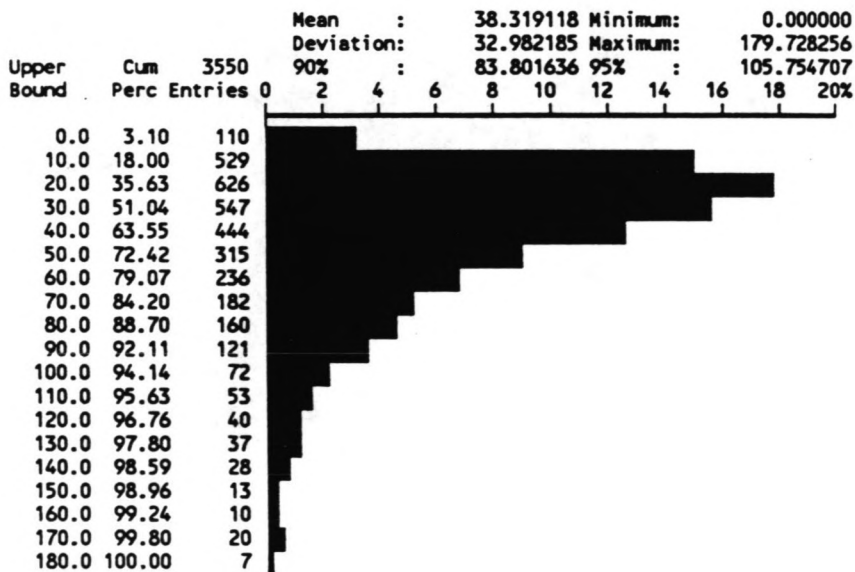
Het aantal schuttingen per sluis is afhankelijk van het aanbod en de efficiëntie van de schutting (hoe lang wordt er gewacht op aankomende schepen, wat zijn de leegomcriteria, etc.). In figuur 7h zijn de schuttingen van de Noordersluis gegeven, voor de laatste weken van simuleren.

11.5. Bezettingsgraad van de haven.

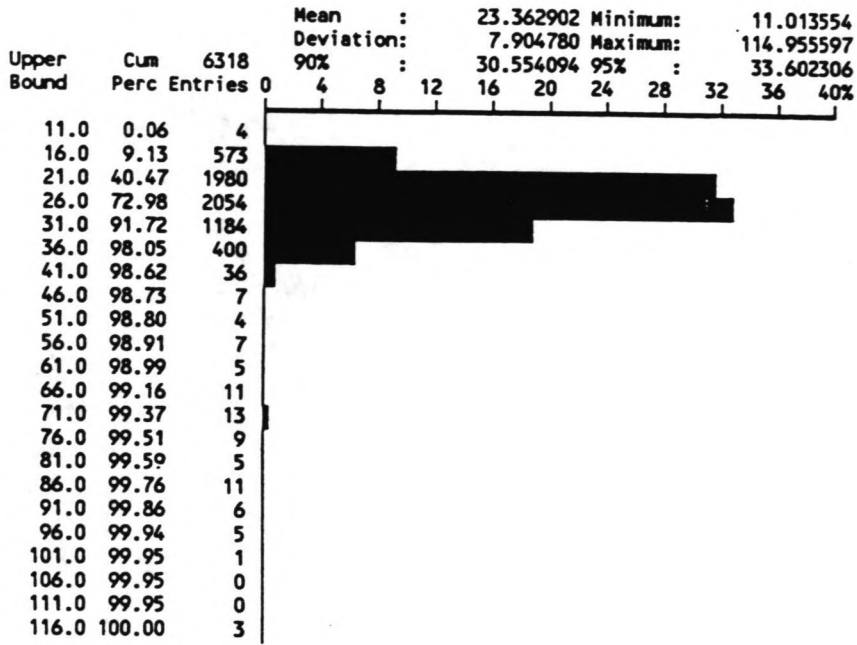
In figuur 7i is het verloop van het aantal schepen in de haven weergegeven. In een periode van slecht weer is het aantal schepen in de haven constant, hierna is het aantal eerst snel lager (veel schepen zijn tegelijk klaar voor vertrek) en daarna groeit het weer tot rond het gemiddelde.



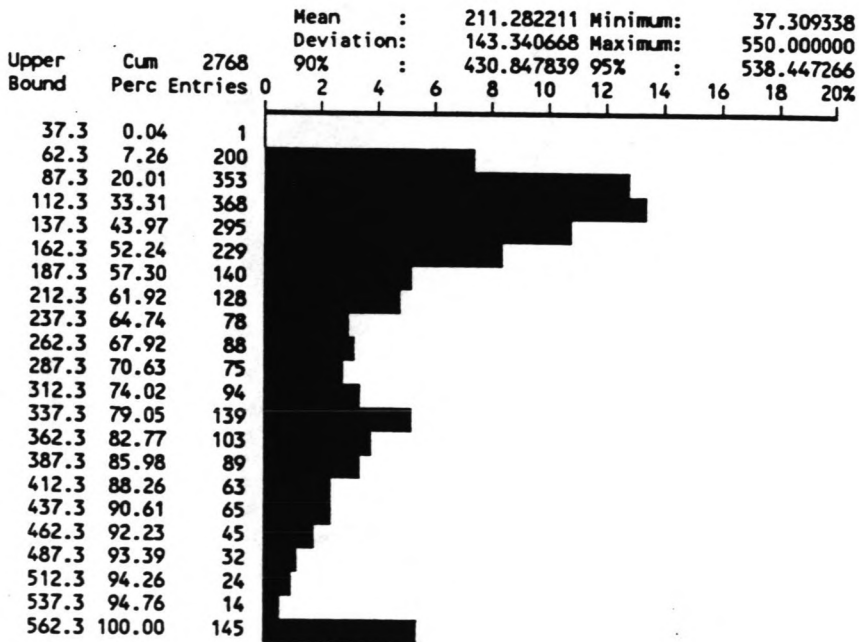
Figuur 7a. Histogram van wachttijden van inkomende schepen.



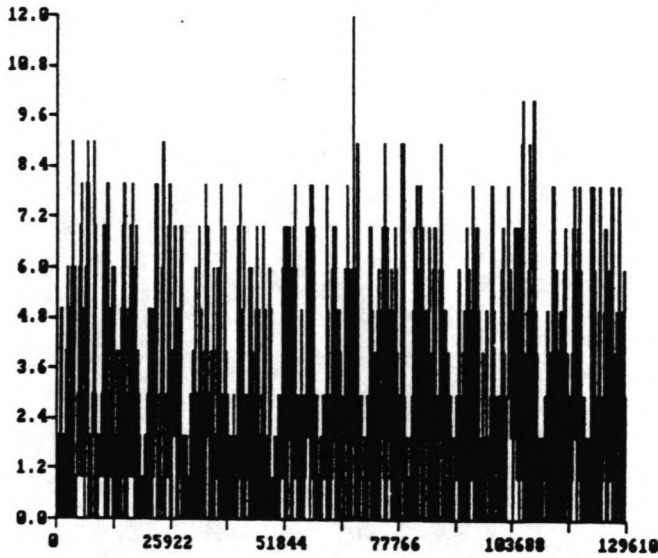
Figuur 7b. Histogram van wachttijden van binnenvaartschepen



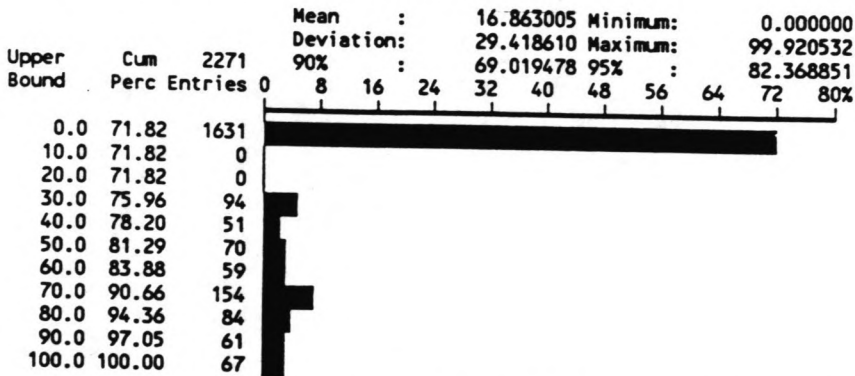
Figuur 7c. Histogram van wachttijden in de Noordersluis.



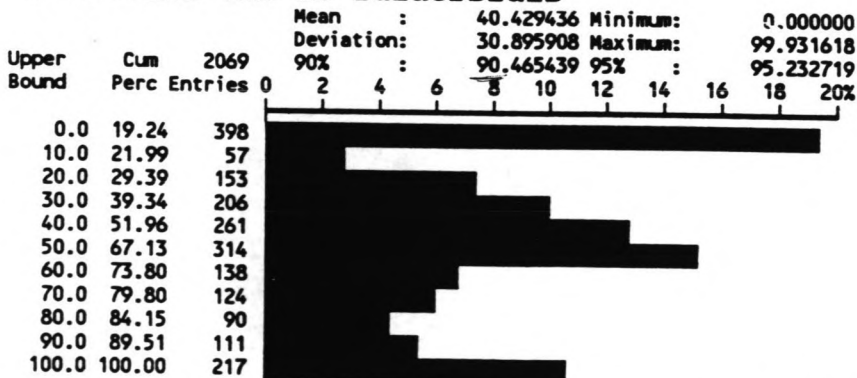
Figuur 7d. Histogram van passeertijden van zeeschepen.



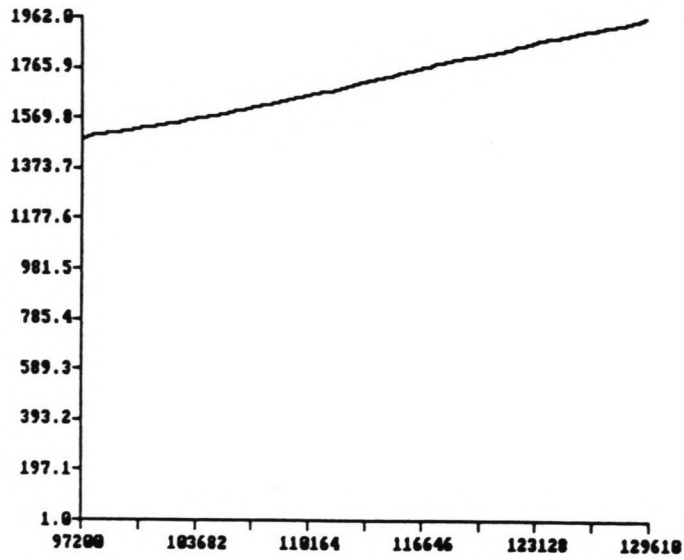
Figuur 7e. Staafdiagram van het aantal schepen in de kolk van de Middensluis.



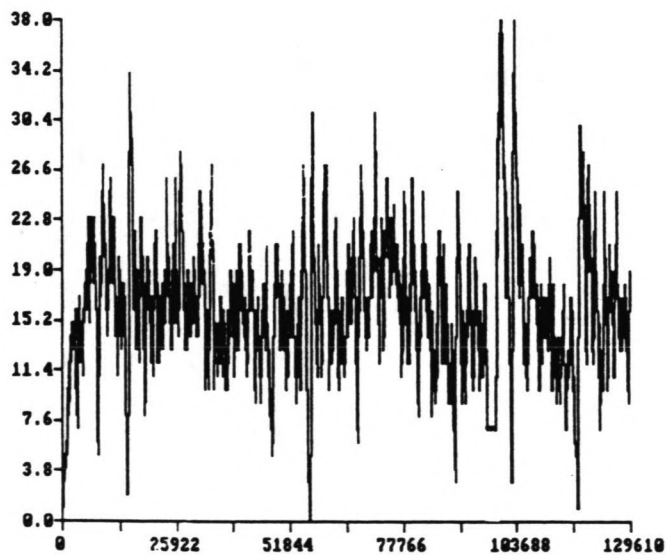
Figuur 7f. Bezettingspercentage van de rechter-sluiswand van de Zuidersluis



Figuur 7g. Bezettingspercentage van de linker-sluiswand van de Noordersluis



Figuur 7h. Totaal aantal verrichte schuttingen van de Noordersluis in de tijd.



Figuur 7i. Aantal schepen in de haven van Amsterdam als functie van de tijd.

12. Variatie in de planning.

12.1. Inleiding.

In de doelstelling is naast het onderzoeken van de invloed van de planningsmethodiek genoemd het onderzoeken van situaties waarbij de nu gehanteerde methodiek gewijzigd wordt en het bepalen van de invloed hiervan op de afwikkeling van de scheepvaart (met name op de wachttijden voor en in de sluis en de passeertijden). In dit hoofdstuk worden de onderzochte variaties van de situatie besproken. Er wordt ook een situatie onderzocht die betrekking heeft op het tijdelijk buiten dienst zijn van een sluis en een situatie waarbij sprake is van een verhoogd scheepsaanbod.

12.2. Wijziging in de maximale wachttijd op aankomende schepen.

12.2.1. Toelichting.

Voor het onderzoek naar de optimale wachttijd is een aantal runs gemaakt met het model met verschillende maximale wachttijden. In het model is een relevante factor voor de wachttijden van de schepen voor en in de sluis hoe lang er maximaal gewacht wordt op aankomende schepen (hiermee worden schepen bedoeld die zich op het moment van planning in de 'entsrow' bevinden¹). Er is sprake van drie wachttijden voor drie verschillende situaties:

- De maximale wachttijd op aankomende schepen indien er al andere zeeschepen op weg zijn naar dezelfde kolk voor dezelfde schutting.
- De maximale wachttijd op aankomende schepen indien er geen andere zeeschepen gepland zijn, maar er wel binnenvaartschepen wachten op een schutting.
- De maximale wachttijd als bovenstaande situaties zich niet voordoen, maar er wel (zee) schepen aan de andere zijde wachten om geschut te worden.

¹ Zie ook 8.2.

De eerste en derde tijd zijn voor de eenvoud gelijk genomen, aangezien het beide wachttijden zijn voor zeeschepen en variatie weinig invloed bleek te hebben.

Afhankelijk van de situatie beïnvloeden deze wachttijden de passeertijden van andere zeeschepen en/of van de binnenvaart. De vraag die gesteld kan worden is of de gemiddelde passeertijd van alle schepen ook wordt beïnvloed: de passeertijd van het schip waarop wordt gewacht zal dalen bij een hogere maximale wachttijd, de passeertijd van de schepen die moeten wachten op dit schip, zal stijgen.

Om te onderzoeken bij welke wachttijd er een minimale gemiddelde passeertijd optreedt voor de schepen, en wanneer er een minimale wachttijd optreedt voor zeeschepen, zijn de maximale wachttijden met stappen van 30 minuten onderzocht.

De resultaten van dit onderzoek zijn gepresenteerd in figuren 8a en 8b.

12.2.2. Conclusies ten aanzien van de maximale wachttijd.

Het systeem blijkt gevoeliger voor de verandering in de maximale wachttijden op zeeschepen, (indien er al andere zeeschepen gepland zijn), dan voor de maximale wachttijd, indien er nog geen andere zeeschepen gepland zijn, maar er wel binnenvaart wacht).

Uit de grafiek blijkt dat de gemiddelde wachttijd voor zeeschepen eerst daalt bij toenemende maximale wachttijd, daarna echter stijgt de wachttijd weer.

Dit is als volgt te verklaren: indien er (te) lang gewacht wordt op een zeeschip, zullen zeeschepen, die vanaf de andere zijde geschild moeten worden, hier hinder van gaan ondervinden in de vorm van langere wachttijden.

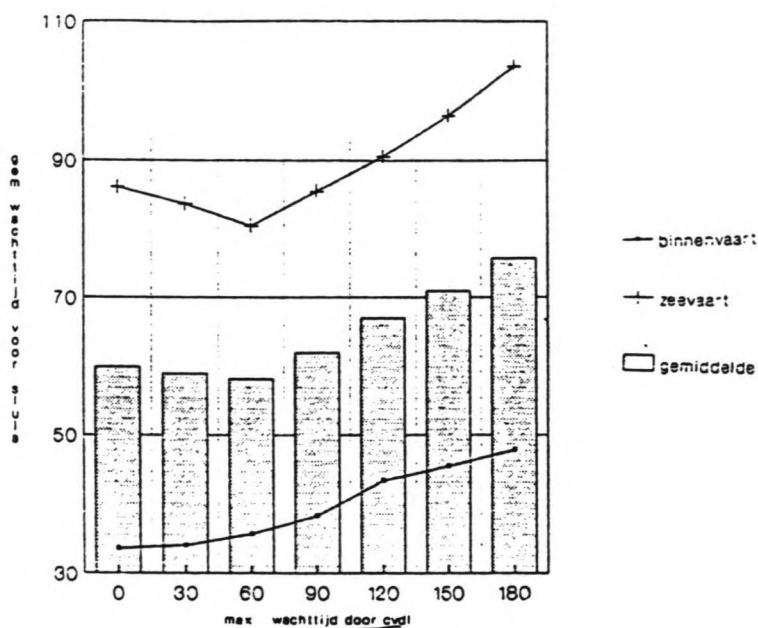
De binnenvaart is gebaat bij een zo kort mogelijke wachttijd, aangezien deze schepen dan eerder en sneller betrokken worden in de schutting (als er langer gewacht wordt op zeeschepen, moet de binnenvaart gemiddeld ook langer wachten met invaren). Bovendien zal de sluis

minder vol bezet zijn bij kortere wachttijd, zodat er meer plaats rest voor binnenvaart.

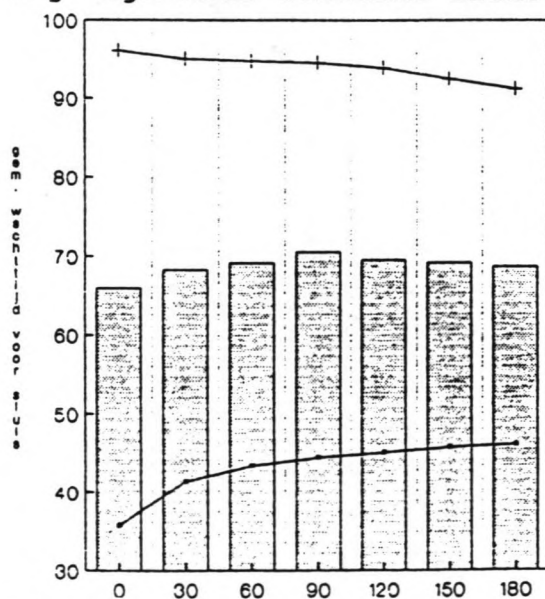
De optimale tijden liggen als volgt:

- Indien er 60 minuten wordt aangehouden voor de maximale wachttijd op zeeschepen, als er andere zeeschepen met dezelfde schutting meegaan, is de gemiddelde wachttijd voor de sluis voor zeeschepen minimaal (zie figuur 8a).

- Indien er ook 60 minuten wordt aangehouden voor de wachttijd op zeeschepen, als er binnenvaart wacht op een schutting, blijft de wachttijd voor de binnenvaart acceptabel: het verschil met de minimale gemiddelde wachttijd is dan slechts ongeveer 5 minuten (zie figuur 8b).



Figuur 8a. Wachttijd zee- en binnenvaart voor de sluis, uitgezet tegen de max. wachttijd op zeeschepen, indien er al andere zeeschepen op weg zijn naar dezelfde sluis.



Figuur 8b. Wachttijd zee en binnenvaart voor de sluis, uitgezet tegen de max. wachttijd op zeeschepen, indien er binnenvaartschepen wachten.

12.3. Onderzoek naar de spreiding van perioden van buiten gebruik zijn van de Noordersluis.

12.3.1. Toelichting.

De Noordersluis is essentieel voor het schutten van grotere zeeschepen. Indien de sluis tijdelijk niet kan worden gebruikt, heeft dit gevolgen voor de passeertijd van de zeevaart.

De belangrijkste (beïnvloedbare) oorzaak dat de sluis tijdelijk niet kan worden gebruikt, zijn de renovatie- werkzaamheden aan de sluis (algemeen kan het onder andere ook veroorzaakt worden door slecht te beïnvloeden redenen zoals aanvaringen en slechte weersomstandigheden, hier wordt verder niet op ingegaan).

De tijd dat de sluis onbruikbaar is voor het schutten van schepen is binnen zekere grenzen te variëren. De ondergrens wordt bepaald door het feit dat er niet efficiënt kan worden gewerkt aan de sluis, als er te korte perioden niet geschut wordt. De bovengrens van deze tijd wordt bepaald door onacceptabele vertragingen voor de zeevaart (zowel voor schepen die in de haven liggen en klaar zijn voor vertrek, als voor schepen die op de rede wachten om geschut te kunnen worden).

De vraag die nu gesteld kan worden is of het gunstiger is de sluis eens in de maand voor een langer periode buiten gebruik te stellen (bijvoorbeeld 18 uur) of beter eens in de twee weken een kortere periode (bijvoorbeeld 9 uur). Om een optimale oplossing te vinden zijn verschillende perioden getest met behulp van het model. In tabel VII zijn de resultaten weergegeven. Aangenomen is dat de sluis minimaal 24 uur per maand buiten gebruik zal zijn.

12.3.2. Conclusies ten aanzien van de periode van buiten gebruik zijn van de Noordersluis.

De wachttijden voor de binnenvaart veranderen slechts weinig bij de verschillende verdelingen. De wachttijden van de zeevaart variëren wel. Dit is te verklaren door het feit dat de binnenvaart altijd ook door andere sluizen kan

worden geschut, echter de zeevaart kan soms alleen door de Noordersluis worden geschut. De zeevaart blijkt de minste vertraging te ondervinden bij een zo kort mogelijke tijd van buiten gebruik zijn achtereen: de wachttijd is minimaal bij een verdeling van $4 \times 0,25$ dag van buiten gebruik zijn per maand. Ook de zeevaart blijkt een minimale wachttijd te hebben bij een zo groot mogelijke spreiding (zie tabel VII).

	wtime1	wtime2	passt1	passt2
1 dag per maand	40.66	100.46	61.50	189.21
2 * $\frac{1}{2}$ dag per maand	39.83	100.44	62.21	186.87
3 * $\frac{1}{3}$ dag per maand	38.13	99.72	60.89	183.72
4 * $\frac{1}{4}$ dag per maand	37.35	89.57	58.45	181.53

Tabel VII. Wachttijden en passeertijden binnenvaart (wtime1, passt1) en zeevaart (wtime2, passt2) versus de spreiding van perioden van buiten gebruik zijn van de Noordersluis.

12.4. Vergroting van het aanbod van bepaalde categorieën schepen.

12.4.1. Toelichting.

Het simulatiemodel wordt in dit project niet gebruikt om de capaciteit van het sluiscomplex te bepalen. Daartoe zou het aanbod van de schepen systematisch moeten worden opgevoerd, totdat de wachtrijen van schepen blijven groeien. Wel wordt in het navolgende beschouwd wat de gevolgen zijn indien het aanbod van bepaalde typen schepen stijgt: wat het verschil in gemiddelde wachttijd en passeertijd is.

Het aanbod van de volgende typen is opgevoerd:

- het aantal schepen in de DWT- categorie 4000 - 5000 stijgt met 10 %
- het aantal bulkcarriers met een DWT van 110.000 stijgt met 10 %

12.4.2. Conclusies ten aanzien van de vergroting van het aanbod van bepaalde typen schepen.

In tabel VIII is het verschil in gemiddelde wachttijd en passeertijd ten opzichte van de minimale wachttijd gegeven.

De wachttijden blijken niet af nauwelijks te worden beïnvloed door de toename van de kleinere schepen. De toename van het vraag van grotere schepen (bulkcarriers van 110.000 DWT) blijkt meer invloed te hebben op de wacht- en passeertijden, maar ook hiervan is de invloed niet bijzonder groot (een stijging van ong. 5%).

Geconcludeerd kan worden dat de genoemde stijging van sluispasserende schepen nog zonder veel vertragingen voor de overige vaart kan worden verwerkt.

	wtime1	wtime2	passt1	passt2
cat.1 + 10%	37.45	89.76	58.54	181.98
cat.2 + 10%	38.54	90.04	59.51	183.56
cat.1 en cat.2 + 10%	38.76	90.34	59.76	183.87
zonder toe- name	37.35	89.57	58.45	181.53

Tabel VIII. Wachttijden en passeertijden bij toegenomen intensiteit van bepaalde klassen.

13. Conclusies en aanbevelingen.

13.1. Conclusies.

Geconcludeerd kan worden dat het ontwikkelde simulatiemodel aan de doelstelling voldoet: met behulp van het model is het mogelijk de invloed van de planningsmethodiek en de hierbij gehanteerde planningscriteria op de afwikkeling van de scheepvaart te toetsen. Met behulp van het model zijn simulaties uit te voeren van de scheepvaart in het IJmondgebied en is het mogelijk de gevolgen van wijzigingen in de situatie te onderzoeken.

Conclusies betreffende de 3 onderzochte situaties:

- De maximale wachttijd op arriverende zeeschepen, heeft veel invloed op de wachttijd voor de sluis van andere zeeschepen (vooral van de binnenvaart, maar ook van de andere zeevaart).
- Het systeem is gevoelig voor het tijdelijk buiten gebruik zijn van de Noordersluis, vanwege renovatiewerkzaamheden. Indien de Noordersluis buiten werking is, lopen de wachttijden voor de zeevaartschepen op. Een zo groot mogelijke spreiding van de perioden dat de sluis niet bruikbaar is voor schutten, geeft de laagste gemiddelde wachttijden voor de scheepvaart.
- Een toename van het scheepvaartaanbod voor de sluizen in de toekomst is nog op een aanvaardbare manier te verwerken, al zullen de gemiddelde wachttijden voor zowel zeevaart als binnenvaartschepen enigszins stijgen.

13.2. Aanbevelingen.

1. Het model is op een aantal punten geschematiseerd. Aspecten als het weer, het getij en de aanwezigheid van sleepboten en loods zouden voor nauwkeuriger resultaten gedetailleerder moeten worden beschreven.
2. Het verdient aanbeveling onderzoek te doen naar de gevoeligheid voor verandering van een aantal parameters. De verwerking van deze gegevens kan dan worden gepreciseerd.
3. Om een nauwkeuriger validatie te kunnen verrichten dienen meer gegevens van de scheepvaart op statistische manier beschikbaar te komen. Hierbij wordt bijvoorbeeld gedacht aan een statistiek van wachttijden en vertragingen per scheepstype en per oorzaak (wind, geen sleepboten, sluis bezet, etc.). Met behulp van het Averij-systeem is dit mogelijk, doch arbeidsintensief.
4. De planningsmethodiek is door middel van enkele door de C.V.D.L. gehanteerde vuistregels in het model verwerkt. Het verdient aanbeveling de planningsmethodiek nauwkeuriger in het model op te nemen en bovendien afhankelijk te maken van de omstandigheden (de starheid van de planningsmethodiek in het huidige model wordt dan verminderd).
5. Voor een voortgezet onderzoek naar de effecten van de groei van het scheepvaartaanbod in de toekomst, dient ook de capaciteit van het sluisencomplex en van de aanvoerwegen bekend te zijn. Met behulp van het model kan hier onderzoek naar worden gedaan.
6. In het model is geen coördinatie tussen de drie sluisen onderling, wat oneconomischer schutten in de hand werkt. In de werkelijkheid heeft de sluismeester zicht op de drie sluisen, waardoor er wel sprake zal zijn van coördinatie. In het model zou dit verwerkt kunnen worden door een aparte besturingscomponent te introduceren, die de efficiënte toedeling van de schepen in de sluisen verzorgt.

Contactpersonen.

- Drost, Ir. J.; D. G. S. M. IJmond.
- Groen, dhr. D.; D. G. S. M. IJmond.
- Mulder, Ir. E.; D. G. S. M. IJmond.
- Verseput, dhr. B.; D. G. S. M. IJmond.
- Vries, dhr. H. de; C. V. D. L., D. G. S. M. IJmond
- Salows, dhr. J.; sluismeester, Rijkswaterstaat.
- Stuurman, Ir P.; D. G. S. M. IJmond
- Wassink, Mr. C.; D. G. S. M., regio IJmond.
- Jong, dhr. J. de; loods.

Literatuuropgave.

1. Marin- rapport, nr. 47733-1-MO: verkeersafhandelingsmethodiek IJmond.
 2. Marin- rapport nr 07959-1-MO: evaluatie verkeersafhandelingsmethodiek IJmond.
 3. Gevoeligheidsanalyse naar de passeertijden van zeeschepen met betrekking tot de invaarprocedure bij sluiscomplex IJmuiden. Rijkswaterstaat, dienst verkeerskunde.
 4. Samenwerkingsregeling en overlegvormen tussen D. G. S. M./regio IJmond en R. W. S./directie Noord- Holland.
 5. Bekendmaking aan de scheepvaart in het IJmond/N. Z. K. - gebied, nr. 19/88. Bepalingen, definities.
 6. Basijn nr. 19/88, sleepbootregeling.
 7. Basisprincipes m.b.t. de afwikkeling van het scheepvaartverkeer in het IJmond/N. Z. K. - gebied.
 8. Bekendmaking scheepvaartvereniging Noord omtrent scheepsbewegingen.
 9. Servicesystemen in de verkeerswaterbouwkunde.
- Groenveld, Ir. R.
Delft, april 1985.

10. Weerstand en capaciteit van scheepvaartwegen.

Bouwmeester, Ir. J.
Delft, augustus 1984.

11. Terminals.

Velsink, Prof. Ir. H.
Delft, zonder datum.

12. Rapport ter voorbereiding op de simulatie van de scheepvaartverkeersafwikkeling in de IJmond.

Vos, M. J.
IJmuiden, mei 1990.

Afkortingen.

A. T. A.	Actual time of arrival
A. T. D.	Actual time of departure
Averij	Apparatuur verkeersdienst IJmuiden
C. V. D. L.	Centrale verkeersdienst- leider
D. G. S. M.	Directoraat Generaal Scheepvaart en Maritieme Zaken
D. W. T.	Dead weight tonnage
E. T. A.	Estimated time of arrival
E. T. D.	Estimated time of departure
Fifo	First in- first out
G. H. B.	Gemeentelijk havenbedrijf
KRP	Kruispost
LOA	Loodsen op afstand; lengte over alles
N. Z. K.	Noordzeekanaal
Prosim	Proces- simulatie
R. W. S.	Rijkswaterstaat
SLIS	Sluis informatie systeem
SLM	Sluismeester
V. B. A.	Voorbericht van aankomst
T. U. D.	Technische Universiteit Delft

