

MARIN
2, Haagsteeg
P.O. Box 28
6700 AA Wageningen
The Netherlands
Phone +31 317 479911
Fax +31 317 479999
Internet www.marin.nl
E-mail mscn@marin.nl

Rapport Nr. 18245.620/7

**NAUTISCH ONDERZOEK VAN
HET SCHELDE-ESTUARIUM**

5 juli 2004

Paraaf Management:

NAUTISCH ONDERZOEK VAN HET SCHELDE-ESTUARIUM

MARIN opdrachtnr. : 18245.620

Opdrachtgever : ProSes
Postbus 299
4600 AG Bergen op Zoom

Auteur : Ir. D. ten Hove
Ir. Y. Koldenhof
Ir. C. van der Tak

INHOUDSOPGAVE

Hoofdstuk	Pagina
1 INLEIDING	4
2 DOELSTELLING	6
3 OPZET VAN DE STUDIE	7
4 EFFECTIVITEIT VAN ELEKTRONISCHE NAVIGATIEHULPMIDDELEN	8
4.1 Inleiding	8
4.2 Achtergronden	9
4.3 Systemen	10
4.4 Resultaten	16
4.5 Verwachte effectiviteit	21
4.6 Samenvatting en conclusies betreffende de effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen	24
5 SAMENSTELLEN VAN DE HUIDIGE VERKEERSDATABASE (2002)	26
6 SAMENSTELLEN VAN DE VERKEERSDATABASES VOOR DE SCENARIO'S ..	27
6.1 Transportvraag	27
6.2 Vertaling van de transportvraag naar scheepsbewegingen	28
6.3 De toegepaste schaalvergroting	28
6.4 Het vaarwegscenario	30
6.5 Toekomstige scenario's en aanpassingen voor de containervaart	31
6.6 De binnenvaart	38
7 VEILIGHEID IN HET SCHELDE-ESTUARIUM	40
7.1 Inleiding	40
7.2 Opzet van de veiligheidsstudie	41
7.3 Uitwerking van het stappenplan	42
7.4 Samenvatting en conclusies betreffende de ontwikkeling van de nautische veiligheid	68
8 CAPACITEIT IN HET SCHELDE-ESTUARIUM	70
8.1 Inleiding	70
8.2 Verkeerssimulatiemodel SIMDAS	71
8.2.1 Algemeen	71
8.2.2 Rekenhart SIMDAS	71
8.2.3 Invoer Preparatie Simdas	72
8.2.4 Analyse Programma	73
8.2.5 Betrouwbaarheid	73
8.3 Simulatie van de Verkeersafwikkeling	74
8.3.1 Algemeen	74
8.3.2 Schepen(bestand)	75
8.3.3 Navigator(bestand)	78
8.3.4 Verkeersintensiteit	79
8.3.5 Locatie gebonden invoer	80
8.4 Resultaten	92
8.4.1 Inleiding	92
8.4.2 Bespreking	93
8.5 Samenvatting en conclusies betreffende de capaciteit	104

9	CONCLUSIES	106
9.1	Effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen	106
9.2	Veiligheid	107
9.3	Capaciteit.....	108
	REFERENTIES.....	111
BIJLAGE A	Overslagontwikkeling	
BIJLAGE B	Beschrijving SIMDAS	
BIJLAGE C	Nautische veiligheid voor het scenario global competition voor 2030 bij verdieping en de aanleg van een WCT	
BIJLAGE D	Questionnaire	

1 INLEIDING

Als bijdrage aan de MKBA (maatschappelijke kosten-batenanalyse) voor de verdieping van de Westerschelde, die door het Centraal Planbureau (CPB) en de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) in opdracht van de Projectdirectie ontwikkelingsschets Schelde-estuarium (ProSes) wordt uitgevoerd, wordt door MARIN het nautisch onderzoek Schelde-estuarium uitgevoerd. Hiertoe heeft ProSes door middel van de Overeenkomst ZL 5734, gedateerd 2 september 2003, en de wijzigingsovereenkomsten ZL 5734a en ZL 5734b opdracht gegeven.

Het nautisch onderzoek heeft als belangrijkste doel het aanleveren van basisgegevens voor het opstellen van de MKBA. Deze basisgegevens zijn vastgelegd in het Plan van Aanpak voor de MKBA [2] en betreffen:

- het in beeld brengen van de ontwikkeling en effecten van elektronische navigatiehulpmiddelen;
- het vaststellen van de verkeersstromen in het Westerscheldegebied voor alle economische scenario's (Global Competition, European Coördination, Divided Europe) en steekjaren (2010, 2020, 2030) voor de vaarweg zonder verdieping en het alternatief van een verdieping tot een tij onafhankelijke vaart van schepen met een diepgang tot 13.10 m;
- het vaststellen van reistijdverliezen die samengaan met het plannen van kritieke ontmoetingen voor de 18 verkeersprognoses;
- het vaststellen van de aanvaringskansen voor de 18 verkeersscenario's.

In de aanpak van het nautisch onderzoek zijn duidelijk twee onderwerpen te onderscheiden, namelijk:

- Het technisch/nautische ontwerp;
- De nautische veiligheid.

Het technisch/nautische ontwerp richt zich met name op de capaciteit van de vaarweg bij verschillende verkeersscenario's. Onderdeel hiervan is het in beeld brengen van de effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen. Bij de nautische veiligheid gaat het erom de aanvaringskansen voor verschillende toekomstige verkeersscenario's te bepalen. Op basis van deze kansen worden vervolgens de nieuwe iso-contouren bepaald en gekeken of aan de opgelegde criteria aangaande externe veiligheid wordt voldaan.

Voor beide onderwerpen zijn de toekomstige verkeersscenario's het uitgangspunt. Het technisch/nautische ontwerp wordt bepaald door de toekomstige transportstromen in het Schelde-estuarium. De aanvaringskans en de ligging van de risicocontouren is een afgeleide van het eindproduct van het technische ontwerp. Voorafgaand aan de capaciteits- en aanvaringskansberekeningen wordt daarom eerst een beschouwing over de verkeersscenario's gegeven.

Hiertoe wordt eerst in het volgende hoofdstuk de doelstelling geformuleerd en in hoofdstuk 3 wordt de aanpak van het onderzoek geschetst. Hoofdstuk 4 beschrijft het onderzoek naar de verwachte effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen. Hoofdstuk 5 beschrijft de huidige (2002) verkeersstromen in het Westerscheldegebied, waarna in hoofdstuk 6 de prognoses voor de toekomstige verkeersstromen worden vastgesteld. Daarna worden in twee opeenvolgende hoofdstukken respectievelijk de veiligheidsstudie en de capaciteitsstudie besproken. De rapportage wordt afgesloten met de conclusies.

2 DOELSTELLING

Het nautisch onderzoek heeft als doel het aanleveren van basisgegevens voor het opstellen van de MKBA. Deze basisgegevens betreffen:

- het in beeld brengen van de ontwikkeling en effecten van elektronische navigatiehulpmiddelen;
- het vaststellen van de verkeersstromen in het Westerscheldegebied voor alle economische scenario's (Global Competition, European Coördination, Divided Europe) en steekjaren (2010, 2020, 2030) voor de huidige situatie (vaarweg zonder verdieping) en het alternatief van een verdieping met een tij onafhankelijke vaart van schepen met een diepgang tot 13.10 m;
- het vaststellen van reistijdverliezen die samengaan met het plannen van kritieke ontmoetingen voor de 18 verkeersprognoses;
- het vaststellen van de aanvaringskansen voor de 18 verkeersscenario's.

De laatste drie onderdelen betreft het vaststellen van de verkeersstromen, de capaciteitsanalyse (vaststellen van de reistijdverliezen) en de veiligheidsstudie. Voor beide laatste onderwerpen, capaciteit en veiligheid, wordt in de volgende alinea's aangegeven wat de benodigde gegevens of uitgangspunten zijn en wat het resultaat zal zijn.

De capaciteitsstudie richt zich op een beoordeling van de capaciteit van de vaarweg in termen van vlotheid. Parameters waarop beoordeeld wordt, zijn reis- en wachttijden afhankelijk van verkeersintensiteit en verkeerssamenstelling voor het basisscenario en de 18 verkeersprognoses.

De uitgangspunten bij de beoordeling van de capaciteit zijn:

- benodigde minimale breedtes zoals vastgelegd in het rapport van de LTV-studie [1];
- gebruik van elektronische navigatiehulpmiddelen.

Voor iedere verkeersscenario dat aan de orde is kunnen de aanvaringskansen per jaar worden berekend voor alle schepen en in het bijzonder voor de schepen die gevaarlijke stoffen of gassen vervoeren.

De veiligheidsstudie richt zich op:

- Het vaststellen van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen voor het basisscenario (2002);
- Het vaststellen van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen voor alle 18 verkeersscenario's en het bepalen van de relatieve verandering van het aanvaringsniveau ten opzichte van het basisscenario;
- Bepalen van de relatieve verandering van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen waarbij ernstige schade (schadeklasse 4 en 5) optreedt ten opzichte van het basisscenario. Dit wordt gebruikt voor het bepalen van het externe risico.

3 OPZET VAN DE STUDIE

De ontwikkeling van het scheepvaartverkeer in het Schelde-estuarium speelt een grote rol bij het bepalen van de kosten en de baten van een verruiming van de Westerschelde. De samenstelling van het scheepvaartverkeer is belangrijk voor het vaststellen van mogelijke knelpunten in de vaarweg, maar is ook maatgevend voor de toekomstige veiligheid in het vaargebied.

Dus voor zowel voor de capaciteitsstudie als voor de veiligheidsstudie is de verkeersafwikkeling in het Schelde-estuarium maatgevend.

De verkeersafwikkeling van het jaar 2002 is als basis verkeersscenario voor deze studie genomen. In het vervolg van de rapportage wordt dit aangeduid als de huidige situatie. Hieruit zijn voor de toekomstige verkeersafwikkeling 18 (=3x3x2) verkeersscenario's samengesteld, namelijk:

- voor de steekjaren 2010, 2020, 2030;
- voor drie economische scenario's, "Global Competition" (GC), "European Coördination" (EC) en "Divided Europe" (DE);
- Voor twee vaarweg scenario's, namelijk zonder verruiming en met verruiming.

Voor het analyseren van de capaciteit wordt gebruik gemaakt van het programma SIMDAS, dat hiervoor geschikt is gemaakt. In bijlage B is een beschrijving van SIMDAS opgenomen.

Voor het bepalen van de veiligheid in het vaargebied wordt gebruik gemaakt van het SAMSON model, hetzelfde model dat voor de Langetermijnvisie is gebruikt. Om zoveel mogelijk aan te kunnen aansluiten met dit model worden de scheepstypen en grootte klassen van dit model gebruikt. Wel heeft de dataverwerking dusdanig plaatsgevonden dat snel conversies naar andere indelingen (scheepstypen en groottes) kunnen worden uitgevoerd ten behoeve van aanvullende berekeningen, zoals invoer voor de knelpuntanalyse en het bepalen van de risicocontouren en het groepsrisico.

4 EFFECTIVITEIT VAN ELEKTRONISCHE NAVIGATIEHULPMIDDELEN

4.1 Inleiding

Als uitgangspunt bij de beoordeling van de capaciteit worden o.a. minimale breedtes gehanteerd zoals die volgen uit de eerdere LTV-studie [1]. De benodigde minimale breedtes volgens het rapport van de LTV-studie [1] zijn gebaseerd op een veronderstelde effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen.

MARIN adviseerde in de eerdere studie [1] om voor een goede onderbouwing van de capaciteitsberekening in relatie tot de veronderstelde effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen aanvullend simulatoronderzoek uit te voeren. Voor een goede kwantitatieve onderbouwing wordt dit onderzoek weliswaar nog steeds essentieel geacht, maar tevens wordt onderkend dat een dergelijk onderzoek wat kosten en tijd betreft niet binnen de MKBA past. ProSes moet in deze fase namelijk het nut en de noodzaak van bepaalde maatregelen (waaronder een verruiming van de vaargeul) onderzoeken, en geen zeer gedetailleerde studie doen. Daarnaast wordt de haalbaarheid en het nut van een dergelijk onderzoek betwijfeld door de praktijkmensen in de werkgroep Nautiek, omdat in het bijzonder het attentieniveau van de proefpersonen in een simulatoronderzoek verschilt met de praktijk. Om toch een indruk te verkrijgen van de verwachte effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen is in overleg met de werkgroep Nautiek voorgesteld om in plaats van simulatoronderzoek een enquête te houden onder de Schelde-loodsen en de verantwoordelijken voor scheepvaartbegeleiding.

Daarom wordt in dit hoofdstuk een beschrijving gegeven van de systemen die aangemerkt worden als elektronische navigatiehulpmiddelen. Het betreft systemen die op dit moment al deels in gebruik zijn en systemen die op dit moment in ontwikkeling zijn. Van de systemen wordt aangegeven welk tijdschema voor invoering van de systemen verwacht mag worden.

Hiertoe wordt eerst een korte schets gegeven van de achtergronden bij navigatiehulpmiddelen, inclusief een kort historisch perspectief. Daarna worden de verschillende systemen geschetst die in het kader van de eerdere LTV-studie [1] aangeduid zijn met de term 'elektronische navigatiehulpmiddelen'. In paragraaf 4.4 worden de resultaten van de enquête besproken en tenslotte wordt in paragraaf 4.5 een schets gegeven van de verwachte effectiviteit. Het hoofdstuk wordt afgesloten met de samenvattende conclusies en aanbevelingen.

De enquête zelf is opgenomen in Bijlage D

4.2 Achtergronden

Volgens het woordenboek is navigeren: "het besturen van een vliegtuig of vaartuig" en navigatie: "de kennis en kunde nodig voor het leiden van een (lucht)vaartuig naar een doel". Moderne navigatie betreft, in het kort, het geheel van een voorgenomen reis van begin (plannen) tot eind (aankomen op de plaats van bestemming), waarbij in de basis een viertal doelstellingen nagestreefd wordt:

- het uitzetten en volgen van de optimale koers of route binnen gegeven randvoorwaarden;
- het vermijden van ongevallen (aanvaringen en grondingen);
- de minimalisatie van de kosten (b.v. minimalisatie brandstofverbruik);
- het volgen van een vooropgezet tijdschema (b.v. in relatie tot een tij-venster).

Samengevat: het veilig, vlot en efficiënt tot een goed einde brengen van een voorgenomen reis.

In lijn met de bovenbeschreven doelstellingen kunnen binnen de (taak van) navigatie een drietal niveaus onderscheiden worden. Het eerste niveau is het selecteren of bijstellen van de route en het vaarplan. De route en het vaarplan bestaan uit een lijst van opeenvolgend te passeren punten, koersen, passagetijdstippen en vaarsnelheden (vaarplan). Het tweede niveau bestaat uit het daadwerkelijk uitvoeren van de geplande reis door het volgen van de vooropgezette koersen met de snelheden die met het vaarplan overeen komen. Het derde niveau betreft het toepassen van versnellingen, vertragingen en koerscorrecties om te reageren op externe omstandigheden (stroom, wind, ander verkeer) en afwijkingen van de geplande route en het vaarplan.

Op alle drie de niveaus wordt de taak uitgevoerd op basis van een voortdurend proces van controleren, detecteren van afwijkingen en het nemen van corrigerende acties. Dit 'closed loop' proces bestaat in overeenstemming met de drie niveaus uit een drietal 'loops' in elkaar. Op het hoogste niveau bestaat dit uit het controleren van de positie ten opzichte van de geplande route (de plaatsbepalingsloop). Daarbinnen wordt voortdurend de koers en snelheid gecontroleerd en als laatste een loop waarbinnen voortdurend draaisnelheden en snelheidsveranderingen gecontroleerd worden. Iedere loop kent zijn eigen frequentie. Zo werkt de positiebepalingsloop op een relatief lage frequentie. De snelheidscontrole wordt veel frequenter uitgevoerd en het controleren van draaisnelheden en snelheidsveranderingen gebeurt op een bijna continue basis.

Alle hulpmiddelen en instrumenten aan boord van een schip en daarbuiten om de navigatietask uit te kunnen voeren dan wel controles mogelijk te maken, worden hier verder aangeduid met navigatiehulpmiddelen. Traditioneel kent iedere loop eigen hulpmiddelen en instrumenten om de controles uit te voeren. Navigatiehulpmiddelen die geschikt zijn voor de buitenste loop zijn slechts in beperkte mate geschikt voor gebruik binnen de andere loops. Andersom kunnen hulpmiddelen van de binnenste loop vaak wel gebruikt worden om ook de taken op de hogere niveaus uit te voeren.

De ontwikkeling van de navigatiehulpmiddelen heeft, in lijn met de ontwikkeling van de techniek, ook van de buitenste loop naar de binnenste loop plaats gevonden. Oorspronkelijk was het functioneren van navigatiehulpmiddelen volledig gebaseerd op visueel waarnemen, later werden hier akoestische hulpmiddelen aan toegevoegd. In alle gevallen was het de loods zelf die de informatie waarnam met ogen en oren en zelf verwerkte en interpreteerde zonder verdere hulpmiddelen.

Vanaf de tweede helft van de 20ste eeuw worden systemen geïntroduceerd die gebruik maken van elektromagnetische golven (radar, positiebepalingsystemen). Om deze

signalen te ontvangen, weer te geven en te interpreteren zijn speciaal ontworpen systemen aan boord nodig. In veel gevallen combineren de systemen signalen van verschillende bronnen en presenteren de (bewerkte) informatie op beeldschermen. Belangrijk hierbij is dat deze systemen niet of beperkt functioneren als de externe bronnen die de signalen (informatie) versturen niet werken of onbetrouwbaar zijn. Het is deze groep van systemen aan boord die meestal aangeduid wordt met de term 'elektronische navigatiehulpmiddelen'. Binnen deze relatief ruime definitie horen dus ook de radar, ARPA en positiebepalingssystemen zoals LORAN.

In de 21ste eeuw zullen met name deze laatste (radio) navigatiesystemen overbodig worden. Deze worden vervangen of zullen vervangen worden door het op satellieten gebaseerde "Global Positioning System (GPS)". Deze systemen leveren direct overal ter wereld positieinformatie met een hoge nauwkeurigheid. Samen met de introductie van het Automatic Identification System (AIS) in de komende jaren evolueert dit tot een groep navigatiehulpmiddelen die detailinformatie over het eigen schip (positie, koers, snelheden, e.d.), andere schepen (positie, koers, snelheden, maar ook vaarplannen) en de omgeving aan boord brengen voor het veilig en efficiënt uitvoeren van de navigatietask op alle niveaus. Om verwarring te voorkomen, worden deze systemen, ter onderscheiding met de brede definitie van 'elektronische navigatiehulpmiddelen', in het vervolg aangeduid met 'geavanceerde navigatiehulpmiddelen'. (Waar in de eerdere LTV-studie [1] gesproken is van 'elektronische navigatiehulpmiddelen', wordt bedoeld 'geavanceerde navigatiehulpmiddelen').

Overigens blijft ook hier de kanttekening gelden dat deze systemen niet of beperkt functioneren als de externe bronnen die de signalen (informatie) versturen niet werken of onbetrouwbaar zijn (uitval van satellieten, geen geschikte kaarten voor ECDIS, etc.). In feite wordt de navigatietask, meer nog dan in het verleden uitgebreid met de deeltaak om zich te overtuigen van de betrouwbaarheid en de goede werking van de hulpmiddelen. Verondersteld wordt dat toekomstige navigatiehulpmiddelen voldoende informatie bieden om ook deze deeltaak goed uit te voeren.

4.3 Systemen

In deze paragraaf geven we een korte beschrijving van systemen die vallen binnen de categorie van geavanceerde navigatiesystemen, te beginnen bij de meest eenvoudige combinatie van (D)GPS ontvanger met een ECDIS tot volledig geïntegreerde systemen die de functionaliteit van (D)GPS, ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), ARPA en AIS combineren. Deels zijn dit reeds bestaande systemen, deels zijn dit systemen waarvan verwacht wordt dat ze binnen 10 jaar op de markt beschikbaar komen. De geschatte systemen zijn op dit moment alle in ontwikkeling. Omdat er met name met betrekking tot de uitvoering van de Mens Machine Interface (MMI) geen uitgebreide richtlijnen bestaan, kunnen de systemen zoals die nu door de diverse fabrikanten ontwikkeld worden op het vlak van de MMI sterk verschillen (functioneel zijn ze wel in grote lijnen vergelijkbaar). Mede hierom zijn er geen gerichte voorbeelden van bestaande systemen opgenomen.

Van de systemen wordt een globale beschrijving gegeven en worden kort een aantal functionele en operationele eigenschappen geschetst. (Hoewel een positiebepalings-systeem onderdeel is van AIS wordt in de opsomming DGPS apart vermeld).

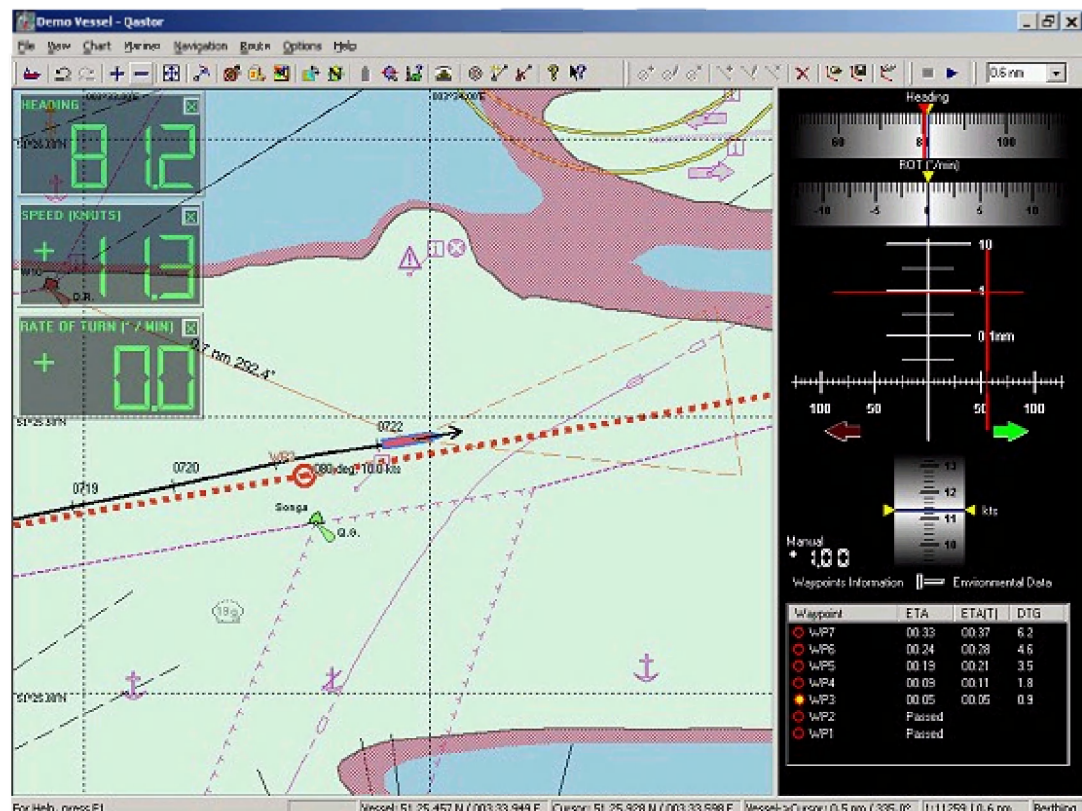
1. *DGPS ontvanger gecombineerd met een ECDIS.*

Systemen gebaseerd op een integratie van de ECDIS met DGPS met ingebouwde filtertechnieken om b.v. kortstondige uitval van DGPS op te vangen. Voorwaarde is dat geschikte elektronische kaarten beschikbaar zijn. Aangevuld met de overige instrumenten aan boord (kompas, log, draaisnelheidsmeter) geeft dit betrouwbare positieinformatie en aanvullend snelheidsinformatie van het eigen schip met een beperkte nauwkeurigheid. De ARPA blijft hierbij het belangrijkste 'Collision Avoidance' hulpmiddel. Uitvoeringen van het systeem kunnen wel gecombineerd uitgevoerd zijn als een radar overlay (extra informatielaag op het radarscherm). Het betreft bestaande systemen.

2. *ECDIS gecombineerd met meerdere DGPS ontvangers*

Dit systeem is vergelijkbaar met het hierboven genoemde, maar door de uitvoering met meerdere DGPS ontvangers geeft dit additionele informatie over snelheden, koers, heading van het eigen schip met een relatief hoge nauwkeurigheid. Huidige PPU (Portable Pilot Unit) systemen vallen in deze klasse (Figuur 4.1). In dat geval is er geen gecombineerde uitvoering met een radar. Ook bij dit systeem blijft de ARPA het belangrijkste 'Collision Avoidance' hulpmiddel, omdat er binnen het geschetste systeem geen informatie over de overige scheepvaart beschikbaar is.

Het betreft in dit geval bestaande en deels in ontwikkeling zijnde systemen.



Figuur 4.1 QASTOR Schelde als voorbeeld van een PPU gebaseerd op ECDIS met informatie op basis van meerdere DGPS ontvangers (bron QPS).

3. *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger en AIS (AIS beperkt tot de scheepvaart).*

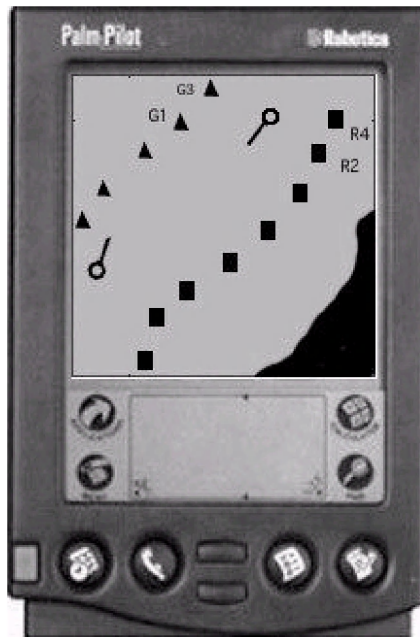
AIS zoals dat de komende jaren aan boord van de schepen geïntroduceerd wordt is een transponder systeem dat het mogelijk maakt om aan boord of aan de wal (VTS) andere schepen te monitoren. Schepen uitgerust met AIS zenden continu positie, koers, snelheid en andere relevante data uit via vaste VHF frequenties. Ander schepen en walstations die uitgerust zijn met AIS kunnen deze informatie ontvangen en bijvoorbeeld in combinatie met een ECDIS of ARPA zichtbaar maken op een display. Opgemerkt moet worden dat er tot nu toe slechts beperkte richtlijnen zijn voor de uitvoering van geïntegreerde displays en de wijze waarop informatie van verschillende bronnen gepresenteerd moet worden [14]. In grote lijnen zijn er op dit moment een viertal typen van AIS displays beschikbaar:

- **Minimum Keyboard Display (MKD)**
Het meest elementaire AIS display bestaande uit een drieregelig alfa numeriek display. Informatie in de vorm van alfa numerieke tekst rolt over het scherm. Een eenvoudig toetsenbord is beschikbaar om informatie in te voeren of op te vragen (Figuur 4.2).



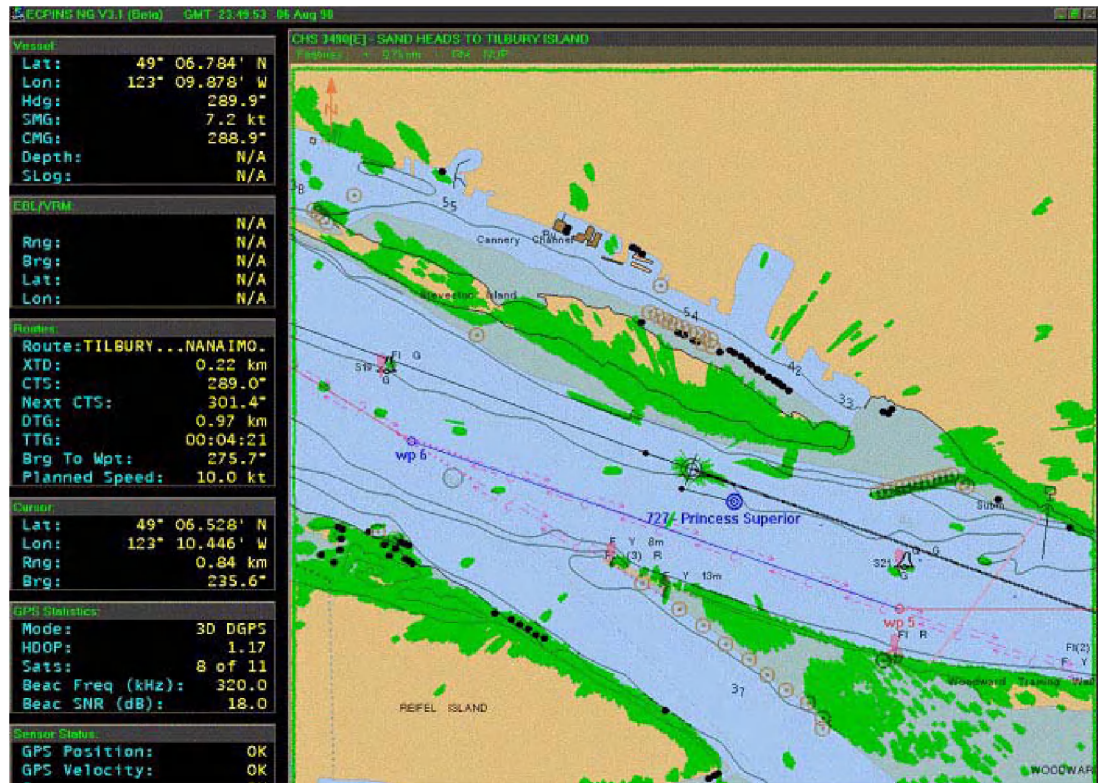
Figuur 4.2 Voorbeeld van een *Minimum Keyboard Display*

- **Iconic Display**
Een grafisch, maar sterk geschematiseerd display waarop d.m.v. eenvoudige iconen en gekoppelde eenvoudige tabellen informatie (koers, snelheid) over overige scheepvaart gepresenteerd wordt. Hoewel op deze manier informatie iets beter aangeboden wordt dan bij het MKD, blijft de uitvoering beperkt tot monochrome displays met een lage resolutie. De informatie wordt nog steeds sterk vereenvoudigd en geschematiseerd gepresenteerd en geeft slechts een beperkte weergave van de werkelijke verkeerssituatie (Figuur 4.3).



Figuur 4.3 Personal Data Assistant (PDA) als voorbeeld van een iconic display (bron USCG)

- **Computer Display**
Vergelijkbaar met het Iconic Display, maar dan uitgevoerd met een hoge resolutie kleuren scherm en een volwaardig toetsenbord/muis voor het invoeren of opvragen van informatie. De weergave van het verkeer blijft geschematiseerd, maar informatie bij de targets wordt in overzichtelijke tabellen weergegeven. Weergave van informatie kan naar wens ingesteld worden.
- **Geïntegreerde Display (AIS/ECDIS/ARPA)**
De meest geavanceerde AIS display techniek gaat uit van integratie van AIS informatie met andere brug navigatiesystemen zoals de ECDIS, radar en/of ARPA (Figuur 4.4).



Figuur 4.4 ECDIS met radar overlay en AIS informatie (bron USCG)

De richtlijnen voor AIS displays aan boord van schepen eisen alleen een MKD [12],[13]. Voor een verantwoord gebruik als navigatiehulpmiddel is minimaal een computer display nodig, hoewel een geïntegreerd display de voorkeur verdient. Hoe een geïntegreerd display eruit gaat zien wordt bepaald door de gebruikerseisen, maar meer nog (op dit moment) door de opties die de leveranciers bieden. The IMO Performance Standards [13] laten de vraag naar eisen aan displays onbeantwoord, hoewel ook hier stilzwijgend verondersteld is dat een integratie van ECDIS, ARPA en AIS informatie gerealiseerd wordt [12].

Van belang is dat introductie van AIS in eerste instantie beperkt is tot alle zeeschepen:

- van 300 GRT of meer betrokken in het internationale verkeer,
- van 500 GRT of meer betrokken in het nationale verkeer,
- passagiersschepen ongeacht de grootte.

Belangrijke voordelen van AIS ten opzichte van de radar zijn betere identificatie (labellen) van het overige verkeer (voor zover ze binnen de AIS doelgroep vallen), geen afscherming zoals bij een radar, waardoor een betere dekking ontstaat, informatie over snelheid- en koerswijzigingen van ander verkeer zijn sneller en met een hogere nauwkeurigheid beschikbaar.

Geïntegreerde systemen zijn in lijn met de introductie van AIS in ontwikkeling en komen de komende jaren beschikbaar.

4. *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger, AIS (zowel scheepvaart als navigatie-hulpmiddelen zoals boeien zijn uitgerust met AIS) en een Vaarweg Informatie Netwerk (Vanaf de wal aangeleverde actuele informatie over de vaarweg).*

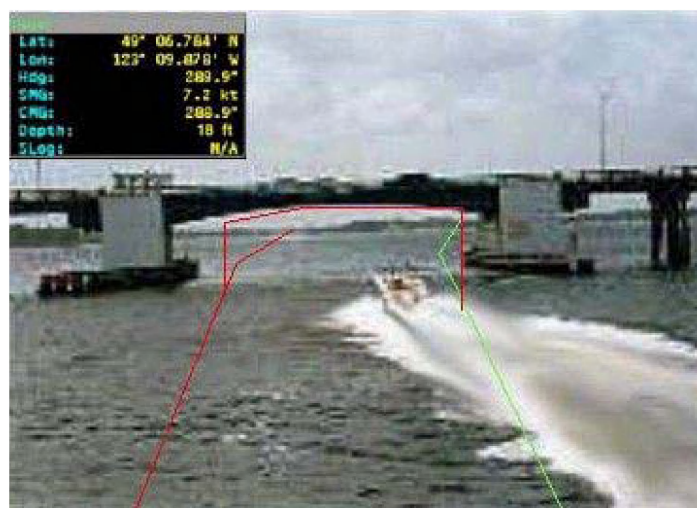
Verondersteld wordt dat op termijn ook de kleinere zeeschepen, de binnenvaart en navigatiehulpmiddelen zoals boeien uitgerust gaan worden met AIS. Verder worden vaarplannen meegestuurd en wordt de AIS informatie vanaf de wal aangevuld met wind-, stroom- en weerinformatie. Presentatie van de informatie in één geïntegreerd display. Fast-time simulatie en/of predictie van vaarbanen op basis van andere technieken kan de gevolgen van beslissingen in beeld brengen en als zodanig een beslissings-ondersteunende functie bieden [11].

Systemen die op deze principes zijn gebaseerd zijn in ontwikkeling en komen over een aantal (3 tot 5) jaren beschikbaar. Op dit moment worden ontwikkelingen in gang gezet om ook de (technische) infrastructuur voor de introductie van dit soort systemen op tijd beschikbaar te hebben.

5. *Als bovenstaand, maar dan aangevuld met projectie van de vaarweginformatie als extra laag op de werkelijkheid (Instrumenten en vaarweginformatie worden geprojecteerd op een video opname van het werkelijke buitenbeeld).*

Op basis van AIS informatie en een video opname van het werkelijke buitenbeeld wordt een perspectivische projectie samengesteld waarin de vaarwegbegrenzings, externe navigatiehulpmiddelen, kustlijnen duidelijk geaccentueerd weergegeven zijn. Dit kan in hetzelfde beeld aangevuld worden met koers- en snelheidsinformatie. Het perspectivische beeld is een natuurlijke en intuïtieve manier om informatie gepresenteerd te krijgen (Figuur 4.5). Systemen lijken met name zinvol in slecht zicht omstandigheden.

In de maritieme sector betreft het navigatiesystemen die op dit moment aan het begin van hun ontwikkeling staan, maar over een jaar of 10 werkelijkheid kunnen zijn. In de luchtvaart zijn de eerste vergelijkbare systemen nu operationeel beschikbaar.



Figuur 4.5 Augmented Reality Display [9] met geprojecteerd vaarwegbegrenzing en brugdoorvaart (bron USCG)

Wat betreft kosten van invoering van de systemen is weinig bekend. Een publicatie [14] maakt melding van verwachte kosten in 2007 van \$ 8.000 tot \$ 10.000 voor een AIS transponder unit voor SOLAS schepen en \$ 3.000 voor een AIS transponder unit voor niet SOLAS schepen [14]. Hierin is nog geen rekening gehouden met de kosten voor een display. Kosten voor een PPU liggen in de orde grootte van EUR 45.000.

4.4 Resultaten

In het voorgaande is heel globaal een vijftal systemen geschetst die aangeduid worden als 'geavanceerde navigatiehulpmiddelen'. De vijf systemen zijn:

1. *DGPS ontvanger gecombineerd met een ECDIS (ECDIS/GPS).*
2. *ECDIS gecombineerd met meerdere DGPS ontvangers (ECDIS/mGPS).*
3. *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger en AIS, waarbij AIS beperkt blijft tot de SOLAS schepen (ECDIS/AIS).*
4. *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger, AIS (zowel scheepvaart als navigatiehulpmiddelen zoals boeien zijn uitgerust met AIS) en een Vaarweg Informatie Netwerk (Vanaf de wal aangeleverde actuele informatie over de vaarweg) (ECDIS/mAIS/VIN).*
5. *Als bovenstaand, maar dan aangevuld met projectie van de vaarweginformatie als extra laag op de werkelijkheid (Instrumenten en vaarweginformatie worden geprojecteerd op een video opname van het werkelijke buitenbeeld) (ARD).*

In de volgende alinea's worden de resultaten van de enquête besproken. Bij de bespreking van de resultaten wordt aan de hand van de vetgedrukte namen gerefereerd naar de vijf verschillende systemen.

In totaal zijn 280 vragenlijsten verstuurd en zijn er 71 ingevuld terug ontvangen. Hiervan zijn er 41 ingevuld door Vlaamse loodsen, 29 door Nederlandse loodsen en 1 door een scheepvaartverkeersbegeleider. Als belangrijke kanttekening is met name door de Vlaamse loodsen aangegeven dat de vragenlijst wel aanvullende informatie kan geven over het verwachte nut en de toepasbaarheid van elektronische navigatiehulpmiddelen, maar dat een dergelijke vragenlijst een simulatoronderzoek niet kan vervangen en gebruikt kan worden om de huidige veiligheidsmarges te verkleinen.

In een aantal gevallen zijn vragen niet of slechts gedeeltelijk beantwoord. In de resultaten is dit opgenomen in de kolom met label 'n.a.'. Een van de vragen was open, waarbij een opsomming gegeven kon worden van de voor- en nadelen van de diverse systemen. Daarnaast bestond de mogelijkheid om de antwoorden kort toe te lichten. De opsommingen en toelichtingen zijn in de bespreking van de resultaten van de overige vragen hieronder verwerkt.

Vraag 1 ging in op de verwachte bijdrage van de geschetste systemen aan de veiligheid op de vaarweg.

Bij ECDIS/GPS geeft 42% van de ondervraagden aan dat het geen effect heeft. Men vindt het ten opzichte van de huidige situatie geen verbetering. Als gevaar wordt vooral het afnemen van de alertheid genoemd. Zonder ECDIS/GPS is men gedwongen om vaker te controleren. De beoordeling lijkt tevens ingegeven door de praktische ervaring met de wisselende kwaliteit van de systemen die op dit moment beschikbaar zijn.

Als tweede belangrijke reden voor de beoordeling dat de systemen geen effect hebben wordt door een aantal ondervraagden genoemd dat rivier varen ten opzichte van zee varen vooral gebaseerd is op het waarnemen van de buitenwereld en in mindere mate op het gebruik van de instrumenten. Het introduceren van nieuwe instrumenten heeft dan een marginaal effect.

De verwachting bij de overige systemen, met uitzondering van ARD, is dat ze bijdragen aan verhoging van de veiligheid. Het totaal van de score 'beperkt veiliger' en 'veel veiliger' neemt toe van 62% bij ECDIS/mGPS naar 74% bij ECDIS/mAIS/VIN, waarbij de laatste 20% op 'veel veiliger' scoort (Tabel 4.1). De beoordeling wordt vooral ingegeven doordat men een beter omgevingsbeeld krijgt. Bij ECDIS/mGPS en ECDIS/mAIS/VIN wordt tevens aangegeven dat men met deze systemen de beschikking krijgt over de draaisnelheid. Hier staat tegenover dat in het laatste geval een deel van de ondervraagden (10%) aangeeft dat het onveiliger wordt. Dit laatste wordt vooral ingegeven door de constatering dat in het geval van ECDIS/mAIS/VIN het systeem zo veel informatie aanbiedt (information overload) dat de kans groot is op verkeerde interpretatie of verkeerd gebruik van de informatie. Tevens wordt hierbij meerdere malen aangegeven dat er twijfels bestaan of de integriteit van de data voldoende gegarandeerd kan worden.

Als belangrijkste reden om de bijdrage als onveiliger te beoordelen wordt in het algemeen aangegeven dat in praktijk is gebleken dat gebruikers zwaarder op beschikbare apparatuur leunen dan goede zeemanschap toelaat. Zoals al eerder gezegd, de alertheid neemt af. Daarnaast kunnen systemen uitvallen.

ARD wordt voornamelijk beoordeeld als een videospelletje. We zien dit ook terug in het feit dat 18% van de ondervraagden geen oordeel gegeven heeft over dit systeem.

	Veel onveiliger	beperkt onveiliger	geen effect	beperkt veiliger	Veel veiliger	n.a.	Totaal
ECDIS/GPS	1.4%	7.0%	41.5%	45.8%	0.0%	4.2%	100.0%
ECDIS/mGPS	0.0%	5.6%	28.2%	57.7%	4.2%	4.2%	100.0%
ECDIS/AIS	2.8%	1.4%	22.5%	63.4%	5.6%	4.2%	100.0%
ECDIS/mAIS/VIN	2.8%	7.0%	12.0%	54.2%	19.7%	4.2%	100.0%
ARD	7.0%	15.5%	12.7%	39.4%	7.0%	18.3%	100.0%

Tabel 4.1 Score van vraag 1

Als tegenhanger van de vraag naar de bijdrage aan de veiligheid is in vraag 2 gekeken naar de verwachte bijdrage aan de complexiteit van de taak. De verwachting was dat dit een vergelijkbaar beeld zou geven als de bijdrage aan de veiligheid, waarbij veiliger en eenvoudiger een vergelijkbare score zouden laten zien. We zien dat dit beeld bij de eerste twee systemen bevestigd wordt, maar dat bij de overige drie systemen een duidelijke verhoging van de complexiteit van de taak verwacht wordt (Tabel 4.2).

De meeste ondervraagden vinden het moeilijk om zich bij ARD een voorstelling te maken. Dit is duidelijk te zien in de scores. Ook in dit geval heeft 17% de vraag niet beantwoord. En geeft verder 42% aan dat het de taak complexer maakt.

Bij de systemen met AIS wordt vooral de toename van de hoeveelheid informatie genoemd. Interpretatie en het scheiden van relevante en niet-relevante informatie wordt genoemd als aspecten die de taak complexer maken. In het bijzonder bij

ECDIS/mAIS/VIN wordt gewezen op het gevaar van een overdaad aan informatie. We zien hierin gedeeltelijk terug dat ook 10% van de ondervraagden aangaf dat het een negatieve bijdrage heeft op de veiligheid op de vaarweg. Overigens wordt bij de systemen met AIS door een aantal ondervraagden aangegeven dat men verwacht dat bij een goede introductie en bijbehorende training de bijdrage aan de complexiteit van de taak geen bezwaar hoeft te zijn.

	Eenvoudiger	maakt niet uit	complexer	n.a.	Totaal
ECDIS/GPS	45.1%	43.7%	4.2%	7.0%	100.0%
ECDIS/mGPS	56.3%	33.8%	4.2%	5.6%	100.0%
ECDIS/AIS	46.5%	30.3%	13.4%	9.9%	100.0%
ECDIS/mAIS/VIN	50.0%	16.9%	26.1%	7.0%	100.0%
ARD	23.9%	16.9%	42.3%	16.9%	100.0%

Tabel 4.2 Score van vraag 2

Belangrijk is nu of de ondervraagden vinden of de systemen ingevoerd moeten worden (vraag 5). We zien dat meer dan 50% van de ondervraagden vindt dat de drie systemen, waarvan eerder is aangegeven dat ze een positieve bijdrage aan de veiligheid geven, ook daadwerkelijk gewenst zijn (Tabel 4.3). Opvallend is dat ECDIS/mGPS door 62% van de ondervraagden als gewenst aangemerkt wordt, maar dat voor de systemen met AIS het percentage weer lager wordt. In veel gevallen wordt aangegeven dat introductie van ECDIS/mGPS voldoende is en dat de meerwaarde van de overige systemen zo gering is dat introductie achterwege kan blijven of zelfs niet gewenst is vanwege de toenemende complexiteit (25% niet gewenst bij ECDIS/mAIS/VIN). Hierbij speelt ook een rol dat de integriteit van de data die via AIS verkregen wordt in twijfel wordt getrokken. Op dit moment wordt via de **Westerschelde Navigator Marginale Schepen** ervaring opgedaan met ECDIS/mGPS.

Overigens wordt door veel ondervraagden aangegeven dat introductie van nieuwe systemen gepaard moet gaan met een goede begeleiding, goede training en voldoende tijd om ervaring op te bouwen. Dit zal in de praktijk lang duren en tot die tijd zal e.e.a. veel onveiliger kunnen worden. Daarnaast wordt aangegeven dat de ervaring leert dat de vooronderstellingen veel te rooskleurig zijn (de technische infrastructuur is beschikbaar, DGPS is te ontvangen, geschikte elektronische kaarten zijn beschikbaar, integratie van systemen is op een goede manier uitgevoerd).

ARD is niet gewenst.

	niet gewenst	geen mening	gewenst	n.a.	Totaal
ECDIS/GPS	23.9%	28.2%	39.4%	8.5%	100.0%
ECDIS/mGPS	15.5%	16.9%	62.0%	5.6%	100.0%
ECDIS/AIS	22.5%	19.7%	50.7%	7.0%	100.0%
ECDIS/mAIS/VIN	25.4%	16.9%	52.1%	5.6%	100.0%
ARD	50.7%	33.1%	9.2%	7.0%	100.0%

Tabel 4.3 Score van vraag 5

Tenslotte is de vraag voorgelegd in hoeverre men verwacht dat de beschreven systemen het toelaten om anders om te gaan met marges bij het vaststellen van een veilige vaargeulbreedte.

In het ontwerpproces wordt de vereiste veilige vaargeulbreedte vastgesteld door naast een basis vaargeulbreedte voor een aantal factoren vast te stellen welke extra vaargeulbreedte (marge) nodig is om veilig te kunnen manoeuvreren. De meest bepalende factoren zijn:

- opstuurhoek in stroom;
- opstuurhoek in wind;
- scheepsbewegingen in golven;
- nauwkeurigheid van de positieschatting (Aids to Navigation);
- afstand tot de rand van de geul;
- toeslag voor bochten;
- scheepseigenschappen (vaarsnelheid, manoeuvreerbaarheid);
- ondiep water effecten;
- verkeerssituatie (intensiteit, één-/tweerichting).

In de extra marges op de vaargeulbreedte wordt niet alleen rekening gehouden met de fysieke effecten, maar ook met de nauwkeurigheid waarmee bijvoorbeeld de stroom of de waterdiepte op een locatie bekend is.

De vraag is gesteld of voor bovengenoemde factoren naar het oordeel van de ondervraagde de marge kleiner kon zijn (-), gelijk moest blijven (0) of juist groter moest worden (+) bij gebruik van het systeem (in vergelijking met de situatie zonder systeem). De scores staan in Tabel 4.4 tot en met Tabel 4.8.

Bij de eerste vier systemen is door ca. 20% van de ondervraagden aangegeven dat ze de vraag niet konden beantwoorden. Belangrijkste argumenten waren:

- alleen met gericht (simulator)onderzoek kan deze vraag beantwoord worden;
- de systemen zijn hulpmiddelen die kunnen falen en mogen niet betrokken worden in het vaststellen van een vereiste veilige vaargeulbreedte;
- ervaring met de systemen is niet aanwezig of nog in opbouw, dus een uitspraak is (nog) niet mogelijk.

Bij het laatste systeem (ARD) bedroeg dit percentage ca. 27%. Dit systeem wordt verder niet besproken.

Opvallend is dat met uitzondering van de beweging in golven voor alle factoren bij ECDIS/GPS percentages variërend van 10% tot 13% gescoord worden op vergroting van de marge. Dit lijkt vooral ingegeven te zijn door de ervaring met deze systemen, waarbij op dit moment de kwaliteit, zowel technisch als kaartmateriaal, sterk verschilt. De systemen worden door een deel van de ondervraagden duidelijk niet als een verbetering gezien. Bij de overige drie systemen (ECDIS/mGPS, ECDIS/AIS en ECDIS/mAIS/VIN) is dit percentage duidelijk lager.

Bij de systemen ECDIS/mGPS, ECDIS/AIS en ECDIS/mAIS/VIN geeft in alle drie de gevallen meer dan 30% van de ondervraagden aan dat de marge gerelateerd aan de positienauwkeurigheid en de afstand tot de rand van de geul kleiner zou kunnen. Bij de systemen met AIS geldt dat ook voor de marge met betrekking tot de verkeerssituatie.

In het geval van ECDIS/mGPS vinden duidelijk meer ondervraagden dat de marge met betrekking tot de nauwkeurigheid van de positieschatting kleiner kan worden (39%) dan dat deze gelijk moet blijven (34%) of groter moet worden (6%). In het geval van ECDIS/mAIS/VIN geldt dit voor de marges met betrekking tot de positienauwkeurigheid, de afstand tot de rand van de geul en de verkeerssituatie. Het verschil tussen de twee

systemen wordt vooral bepaald doordat men bij ECDIS/mAIS/VIN in aanvulling op de goede positie-informatie bij ECDIS/mGPS ook goede informatie heeft over de bodem en het overige verkeer. In drie gevallen werd daarbij wel als voorwaarde gesteld dat dit ook gecombineerd moest worden met een strikte planning en begeleiding vanaf de wal.

	ECDIS/GPS			
	-	0	+	n.a.
opstuurhoek in stroom	4.2%	67.6%	11.3%	16.9%
opstuurhoek in wind	4.2%	64.8%	11.3%	19.7%
scheepsbewegingen in golven	4.2%	70.4%	4.2%	21.1%
nauwkeurigheid van de positieschatting	22.5%	47.9%	9.9%	19.7%
afstand tot de rand van de geul	18.3%	53.5%	9.9%	18.3%
toeslag voor bochten	2.8%	66.2%	12.7%	18.3%
Scheepseigenschappen	4.2%	70.4%	8.5%	16.9%
ondiep water effecten	7.0%	63.4%	12.7%	16.9%
Verkeerssituatie	8.5%	63.4%	11.3%	16.9%

Tabel 4.4 Score van vraag 3a (ECDIS/GPS)

	ECDIS/mGPS			
	-	0	+	n.a.
opstuurhoek in stroom	19.7%	56.3%	5.6%	18.3%
opstuurhoek in wind	19.7%	53.5%	5.6%	21.1%
scheepsbewegingen in golven	7.0%	70.4%	1.4%	21.1%
nauwkeurigheid van de positieschatting	39.4%	33.8%	5.6%	21.1%
afstand tot de rand van de geul	33.8%	40.8%	5.6%	19.7%
toeslag voor bochten	12.7%	60.6%	7.0%	19.7%
Scheepseigenschappen	11.3%	64.8%	4.2%	19.7%
ondiep water effecten	9.9%	59.2%	11.3%	19.7%
Verkeerssituatie	15.5%	59.2%	5.6%	19.7%

Tabel 4.5 Score van vraag 3b (ECDIS/mGPS)

	ECDIS/AIS			
	-	0	+	n.a.
opstuurhoek in stroom	14.1%	63.4%	5.6%	16.9%
opstuurhoek in wind	12.7%	62.0%	5.6%	19.7%
scheepsbewegingen in golven	8.5%	69.0%	2.8%	19.7%
nauwkeurigheid van de positieschatting	32.4%	40.8%	5.6%	21.1%
afstand tot de rand van de geul	31.0%	45.1%	4.2%	19.7%
toeslag voor bochten	12.7%	63.4%	5.6%	18.3%
Scheepseigenschappen	8.5%	69.0%	4.2%	18.3%
ondiep water effecten	7.0%	62.0%	11.3%	19.7%
Verkeerssituatie	31.0%	39.4%	9.9%	19.7%

Tabel 4.6 Score van vraag 3c (ECDIS/AIS)

	ECDIS/mAIS/VIN			
	-	0	+	n.a.
opstuurhoek in stroom	31.0%	47.9%	2.8%	18.3%
opstuurhoek in wind	26.8%	49.3%	2.8%	21.1%
scheepsbewegingen in golven	14.1%	63.4%	2.8%	19.7%
nauwkeurigheid van de positieschatting	47.9%	26.8%	4.2%	21.1%
afstand tot de rand van de geul	43.7%	33.8%	2.8%	19.7%
toeslag voor bochten	21.1%	54.9%	4.2%	19.7%
Scheepseigenschappen	15.5%	62.0%	2.8%	19.7%
ondiep water effecten	15.5%	54.9%	9.9%	19.7%
Verkeerssituatie	45.1%	28.2%	7.0%	19.7%

Tabel 4.7 Score van vraag 3d (ECDIS/mAIS/VIN)

	ARD			
	-	0	+	n.a.
opstuurhoek in stroom	16.9%	50.7%	5.6%	26.8%
opstuurhoek in wind	14.1%	52.1%	5.6%	28.2%
Scheepsbewegingen in golven	7.0%	62.0%	4.2%	26.8%
nauwkeurigheid van de positieschatting	31.0%	33.8%	7.0%	28.2%
afstand tot de rand van de geul	28.2%	38.0%	7.0%	26.8%
toeslag voor bochten	9.9%	54.9%	8.5%	26.8%
Scheepseigenschappen	8.5%	59.2%	5.6%	26.8%
ondiep water effecten	11.3%	50.7%	11.3%	26.8%
Verkeerssituatie	23.9%	38.0%	9.9%	28.2%

Tabel 4.8 Score van vraag 3e (ARD)

4.5 Verwachte effectiviteit

In dit hoofdstuk wordt een schets gegeven van de verwachte effectiviteit van geavanceerde navigatiehulpmiddelen zoals deze naar voren komt uit de beschikbare literatuur en de enquête. In het eerste deel wordt de literatuur besproken.

Algemeen is men het er over eens dat de in de vorige paragraaf geschetste geavanceerde navigatiehulpmiddelen in de volgorde waarin ze opgesomd zijn een steeds belangrijker bijdrage kunnen leveren aan de verbetering van de veiligheid (mits goed geïmplementeerd en met voldoende aandacht voor de MMI).

Met name de invoering van AIS, mits gecombineerd met een presentatie van de informatie op een overlay van radar en ECDIS, zal het aantal near-misses en aanvaringen kunnen reduceren omdat het in belangrijke mate de mogelijkheden van de loods/master verbetert om vroegtijdig te anticiperen op mogelijke aanvaringen. Deze verwachting is in belangrijke mate gebaseerd op het grotere bereik (t.o.v. radar), de mogelijkheid van betere padpredictie en betere identificatie van de overige schepvaart [20].

In hoeverre de systemen een reductie van de vereiste vaargeulbreedte toelaten terwijl toch het veiligheidsniveau gehandhaafd blijft, wordt niet uitgebreid ondersteund door resultaten uit de literatuur. In slechts één geval is er sprake van dat bij gebruik van

ECDIS in combinatie met DGPS de gemiddelde fout in de dwarsafstand t.o.v. de gewenste track door een betere positieschatting reduceert tot 33% van de gemiddelde fout bij de conventionele methoden [16]. Uitgedrukt in scheepsbreedtes zou dit op basis van dit resultaat een reductie van de vereiste vaargeulbreedte toelaten van 0.3B tot 0.5B, afhankelijk van de manoeuvreerbaarheid van het schip. Bij de introductie van AIS is een verdere reductie met 0.1B mogelijk (Met betrekking tot de PIANC richtlijnen wordt AIS dan gekwalificeerd als 'excellent AtoN' ten opzicht van 'good' in de kwalificatie zonder AIS [22]).

Naast een reductie van de vereiste vaargeulbreedte ten gevolge van een betere positieschatting is de veronderstelling dat een verdere reductie op basis van andere bepalende factoren mogelijk is, maar deze veronderstelling wordt verder niet ondersteund door resultaten van recent onderzoek.

In de bovenstaande beschouwing is bijvoorbeeld geen rekening gehouden met het feit dat padpredictie en betere informatie met betrekking tot het overige verkeer de veiligheid verhogen. Verondersteld wordt dat deze twee aspecten in veel mindere mate ook een bijdrage leveren aan de reductie van de vereiste padbreedte.

Algemeen is AIS een middel om een vast afgekaderd bereik van data tussen schepen onderling en tussen schepen en walstations uit te wisselen. Het is daarmee geen precisie navigatiehulpmiddel, maar een gereedschap om navigatie- en andere data uit te wisselen. Door AIS komt aan boord betere en nauwkeuriger informatie beschikbaar over de omgeving en het overige verkeer om de navigatietoekomst uit te voeren. Hierdoor wordt met name (zo is de verwachting) de veiligheid verhoogd. Vanuit het oogpunt van de loods/master kan de informatie die verkregen wordt via schip – schip AIS een hoger kennisniveau van de loods/master realiseren ten aanzien van het gedrag (bewegingen) en plannen van het overige verkeer. Het lijkt daarmee in het bijzonder een extra hulpmiddel voor collision avoidance [14]. Voor wat betreft de vereiste geulbreedte kan er een voordeel in zitten dat de veiligheidsmarge voor ontmoeten bij tweestrooksverkeer kleiner genomen kan worden zonder dat dit negatieve gevolgen heeft voor het huidige niveau van de veiligheid.

De prestatie van AIS overtreft op een drietal punten de traditionele scheepsradar:

- AIS claimt een positieschatting op 10 m nauwkeurig (onder voorwaarde van DGPS). De scheepsradar haalt een nauwkeurigheid van 30 – 50 m.
- Als gevolg van de hogere positienauwkeurigheid en eenvoudiger filtertechnieken kan de positie en verandering van de koers over de grond met minder vertraging gepresenteerd worden.
- AIS biedt aanvullende informatie over andere schepen die op een radar niet (direct) beschikbaar is, zoals identiteit, heading, COG, SOG, ROT.

Op basis van deze meer accurate en complete informatie (ten opzichte van de traditionele ARPA) kan de passeerafstand van schepen op voorhand veel beter (zowel nauwkeuriger als betrouwbaarder) ingeschat worden. De navigatieinformatie kan meteen betrokken worden in de beoordeling van de ontmoeting [12]. Er kan dan ook volstaan worden met een veel kleinere (extra) marge in de passeerafstand die normaal gesproken doorberekend wordt om onzekerheid te verdisconteren.

Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de verwachtingen ten aanzien van AIS hoog zijn, maar dat dit systeem (zeker de komende jaren) een aantal tekortkomingen heeft die veel van het voordeel teniet kunnen doen:

- systemen kunnen uitvallen, waardoor het betreffende schip meteen van de beeldschermen verdwijnt en er geen informatie meer beschikbaar is;
- een goede werking is afhankelijk van de medewerking van alle gebruikers (systemen kunnen uitgeschakeld worden);
- de integriteit van een gedeelte van de data is niet gegarandeerd om dat ze gedeeltelijk door de gebruiker ingevoerd moeten worden;
- niet alle schepen in een gebied hoeven uitgerust te zijn met AIS.

Daarnaast wordt er in de literatuur in het bijzonder op gewezen dat geavanceerde navigatiehulpmiddelen ook een averechts effect kunnen hebben op de veiligheid. De veiligheid komt dan in het geding door de enorme toename van het aanbod van informatie op de brug. Hierbij wordt er terecht op gewezen dat naast de informatie zelf ook indicatoren aangeboden moeten worden die aangeven of de systemen correct werken en duidelijk de betrouwbaarheid van de informatie in beeld brengen. Bij de ontwikkeling van nieuwe geavanceerde systemen moet er daarbij voldoende aandacht zijn voor filtertechnieken en de opleiding en training van loodsen/masters in het omgaan met de nieuwe informatiebronnen (herkennen en begrijpen van beperkingen van de informatie en de systemen waarvan de informatie afkomstig is) [14].

De enquête nuanceert het bovengeschetste beeld in zoverre dat de bijdrage aan de verbetering van de veiligheid in het geval van ARD sterk betwijfeld wordt. De overige systemen kunnen ook volgens de enquête wel een bijdrage leveren aan de verbetering van de veiligheid, mits de MMI eenduidig en op een goede manier uitgevoerd wordt. Dit laatste om te voorkomen dat er qua uiterlijk allerlei verschillende uitvoeringen komen. Dat de ideeën wat betreft het effect van de uitvoering en mate van integratie duidelijk verschillend zijn, blijkt ook uit het feit dat in de enquête, in tegenstelling tot de literatuur, een aantal malen is aangegeven dat integratie van ECDIS met ARPA juist verwarrend werkt en aanleiding kan zijn tot fatale fouten. Op dit punt is het zorgwekkend dat er ten aanzien van de MMI geen vaste richtlijnen bestaan en dat er op dit punt ook weinig concreet onderzoeksmateriaal beschikbaar is.

De enquête bevestigt dat de marge op de vereiste vaargeulbreedte met betrekking de positienauwkeurigheid kleiner genomen kan worden in het geval van systemen gebaseerd op een ECDIS met meerdere DGPS ontvangers. PPU systemen, zoals de **Westerschelde Navigator Marginale Schepen** vallen in deze categorie. Gekoppeld met AIS en gerichte vaarweginformatie vanaf de wal geldt dit ook voor de marges die normaal gesproken gehanteerd worden voor overig verkeer en de afstand tot de rand van de geul. Overigens moet hierbij opgemerkt worden dat dit een kwalitatieve beoordeling is van de verwachte effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen. Voor een kwantitatieve beoordeling is aanvullend onderzoek nodig.

4.6 Samenvatting en conclusies betreffende de effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen

In het voorgaande is globaal een vijftal systemen geschetst die aangeduid worden als 'geavanceerde navigatiehulpmiddelen'. Voorondersteld wordt dat bij de introductie van dergelijke geavanceerde systemen ook de (technische) infrastructuur beschikbaar is om de systemen op een goede manier te kunnen gebruiken. Dat wil zeggen DGPS is te ontvangen, geschikte elektronische kaarten zijn beschikbaar, etc. Daarnaast is voorondersteld dat integratie van systemen ook op een goede manier uitgevoerd is met voldoende indicatoren om naast weergave van de informatie zelf ook de betrouwbaarheid van de informatie aan de gebruiker duidelijk te maken.

De vijf systemen zijn:

- *DGPS ontvanger gecombineerd met een ECDIS (ECDIS/GPS).*
- *ECDIS gecombineerd met meerdere DGPS ontvangers (ECDIS/mGPS).*
- *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger en AIS, waarbij AIS beperkt blijft tot de SOLAS schepen (ECDIS/AIS).*
- *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger, AIS (zowel scheepvaart als navigatiehulpmiddelen zoals boeien zijn uitgerust met AIS) en een Vaarweg Informatie Netwerk (Vanaf de wal aangeleverde actuele informatie over de vaarweg) (ECDIS/mAIS/VIN).*
- *Als bovenstaand, maar dan aangevuld met projectie van de vaarweginformatie als extra laag op de werkelijkheid (Instrumenten en vaarweginformatie worden geprojecteerd op een video opname van het werkelijke buitenbeeld) (ARD).*

De enquête bevestigt dat de marge op de vereiste vaargeulbreedte met betrekking de positienuwkeurigheid kleiner genomen kan worden in het geval van systemen gebaseerd op een ECDIS met meerdere DGPS ontvangers. PPU systemen, zoals de **Westerschelde Navigator Marginale Schepen** vallen in deze categorie. Ten opzichte van de eerdere LTV-studie [1] heeft dit betrekking op de marges die gehanteerd zijn voor de positieschatting en de nauwkeurigheid van manoeuvreren in bochten.

Gekoppeld met AIS en gerichte vaarweginformatie vanaf de wal geldt ook voor de marges die normaal gesproken gehanteerd worden voor overig verkeer en de afstand tot de rand van de geul dat de marges naar verwachting kleiner genomen kunnen worden.

Dit geeft aan dat de veronderstelling in de eerdere LTV-studie [1] terecht is dat bij gebruik van elektronische navigatiehulpmiddelen de minimale benodigde breedte kleiner genomen kan worden. Concreet betekent dit naar oordeel van de werkgroep Nautiek dat de schepen met een breedte tussen 45 m en 53 elkaar overal kunnen ontmoeten in de vaargeul naar Deurganckdok, met uitzondering van de Bocht van Bath en de Bocht van Walsoorden. Voorwaarde is dan wel:

- Dat een verbreding van de vaarweg wordt gerealiseerd tussen Europaterminal en Deurganckdok;
- Ontmoetingen op de smallere vaarwegdelen tussen de Bocht van Bath en de Bocht van Walsoorden in de praktijk zo veel mogelijk worden vermeden door middel van interactie tussen verkeersbegeleiding, loodsen en overige verkeersdeelnemers.

Hoewel de Pas van Borssele niet de benodigde minimale breedte heeft [1] wordt dit vaarwegdeel door de meerderheid van de praktijkmensen niet langer als een knelpunt gezien.

Bovenstaande geeft slechts een kwalitatieve onderbouwing van de verwachte effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen. Voor een kwantitatieve beoordeling is aanvullend onderzoek nodig. Aanbevolen wordt om hierbij o.a. gebruik te maken van de ervaring die nu opgebouwd wordt met de **Westerschelde Navigator Marginale Schepen**.

5 SAMENSTELLEN VAN DE HUIDIGE VERKEERSDATABASE (2002)

Voor het vaststellen van het huidige verkeersbeeld is vooral gebruik gemaakt van de SRK-data van 2002. De SRK-database bevat 136410 records met reisgegevens (77154 zeevaart, 53807 binnenvaart en 5449 overige vaart) ieder record beschrijft een scheepsreis van het entry punt naar het exit punt. De SRK-database bevat de afgelegde route met passeertijden, vaste scheepsgegevens en operationele kenmerken zoals bijvoorbeeld de operationele diepgang, beloodsing, sleepboten en het transport van gevaarlijke stoffen.

De records uit de SRK-database zijn zoveel mogelijk in tact gehouden omdat deze de variatie in de verkeersdeelnemers bevat. Wel waren checks noodzakelijk om het basisbestand te vervolmaken. Sommige diepgangen moesten met een factor 10 vermenigvuldigd worden of door een factor 10 gedeeld worden. Indien de operationele diepgang niet was opgegeven is deze geschat uit de gemiddelde verhouding tussen de operationele en maximale diepgang voor het betreffende scheepstype en scheepsgrootte. Waar mogelijk is de vaste informatie aangevuld uit andere bestanden met scheepsgegevens. Tenslotte is indien de TEU-capaciteit onbekend was de TEU-capaciteit geschat op basis van een regressieformule.

De binnenvaart is maar ten dele in de SRK-database opgenomen, namelijk alleen de doelgroepschepen, zijnde schepen met meer dan 1150 ton laadvermogen of schepen met gevaarlijke lading aan boord (1, 2 of 3 kegels). Deze reizen met binnenvaartschepen zijn aangevuld met de reizen uit de CBS-bestanden van 2002. Alle binnenvaartreizen uit het SRK-bestand zijn opgenomen, omdat deze reizen veel beter het traject over de Westerschelde aangeven. Bij het aanvullen van de reizen uit de CBS-bestanden moest er wel voor gezorgd worden dat de reizen niet dubbel in de uiteindelijke verkeersdatabase werden opgenomen.

6 SAMENSTELLEN VAN DE VERKEERSDATABASES VOOR DE SCENARIO'S

Bij het vaststellen van een verkeersscenario voor de toekomst zijn de volgende aspecten belangrijk:

- a) Hoe ontwikkelt zich de transportvraag?
- b) Door welke scheepstypen wordt het toekomstige transportvolume vervoerd?
- c) Welke schaalvergroting doet zich voor?

Voor het beantwoorden van deze vragen zijn de volgende bronnen gebruikt:

- Ad a) Voor de toekomstige transport vraag zijn op de huidige transportvraag de drie economische groeiscenario's toegepast.
- Ad b) Aangezien de containerschepen een belangrijke aandeel van het totale verkeer vormen over het Schelde-estuarium en dit scheepstype nog volop in ontwikkeling is, mede doordat steeds meer in containers wordt vervoerd, is het belangrijk dat deze verkeersstroom goed wordt gemodelleerd. Het CPB heeft in een aparte studie onderzocht hoe het containervervoer zich gaat ontwikkelen voor de situatie met en zonder verruiming van de Westerschelde. De uitkomsten van die studie zijn in de 18 verkeersdatabases verwerkt.
- Ad c) In de langetermijnvisie Schelde-estuarium is op basis van een aantal publicaties omtrent de ontwikkeling van de wereldvloot (Drewry, Lloyds's en andere) de ontwikkeling van de scheepsgrootte (schaalvergroting) geschetst, waarvan nu gebruik gemaakt is. Verder is bij het vaststellen van de schaalvergroting gebruik gemaakt van
- de ontwikkeling van de scheepsgrootte tussen 1998 (SRK 1998 verwerkt voor de langetermijnvisie Schelde-estuarium [1]) en 2002 (SRK 2002 verwerkt voor deze studie)
 - de studie naar de ontwikkeling van scheepvaart in de toekomst door de haven van Antwerpen
 - de schaalvergroting zoals waargenomen op zee bij het vaststellen van de verkeersdatabases voor 1995 en 2000.

In de volgende secties wordt hier nader op ingegaan.

6.1 Transportvraag

De transportvraag (overslag) voor de vijf grootste havengebieden in het Schelde-estuarium is voor 2002 verzameld. De transportvraag uitgedrukt in getransporteerde hoeveelheden naar goederensoort en verschijningsvorm is weergegeven in Tabel A.1 van Bijlage A.

Op de overslaggegevens per haven is de overslagontwikkeling voor de drie economische scenario's toegepast (zie Tabel A.2). Dit geeft de ontwikkeling van de overslag voor de drie steekjaren voor de drie economische scenario's per goederensoort. Vervolgens is de toekomstige overslag per verschijningsvorm (natte bulk, droge bulk, containers, ro/ro en overig stukgoed) bepaald. Alle onderscheiden scheepstypen zijn aan een verschijningsvorm toegekend. Zonder schaalvergroting zou

de groei van het transport in een bepaalde verschijningsvorm recht evenredig zijn met de toename van het aantal scheepsbewegingen. In Tabel A.3 staat voor het economische scenario "European Coördination" en het jaar 2020 gegeven wat dit oplevert aan groeifactoren per scheepstype voor 2020. Opvallend is de geringe afwijkingen tussen de verschillende havens onderling, hetgeen ook wel te verwachten was omdat de overslag per haven zich per goederensoort op dezelfde manier ontwikkelt. Doordat de ene haven meer containerschepen ontvangt en de andere meer bulkschepen, kan de ontwikkeling van de havens onderling wel meer uiteen gaan lopen dan de tabel doet vermoeden.

6.2 Vertaling van de transportvraag naar scheepsbewegingen

Om een gevarieerde verkeersvloot te behouden voor de toekomstige steekjaren is uitgegaan van de verkeersafwikkeling zoals die in 2002 heeft plaatsgevonden. De vaste scheepsgegevens, zoals de afmetingen (lengte, breedte en maximale diepgang, GT, DWT, TEU capaciteit) van het schip en de operationele diepgang zijn belangrijke grootheden waarvan gebruik gemaakt is.

Wanneer de transportvraag voor een bepaald scheepstype t keer (de factor van Tabel A.2) zo groot is als de in 2002 getransporteerde hoeveelheid dan kan dit transport gerealiseerd worden door t keer zoveel schepen te laten varen als in 2002, wanneer de verdeling over de scheepsgrootte voor dat scheepstype in de toekomst onveranderd blijft. Dit zal echter door de schaalvergroting niet het geval zijn. De gemiddelde scheepsgrootte van de schepen die op Nederlandse en Schelde havens varen neemt door de jaren heen toe. De toename van de gemiddelde grootte varieert met het scheepstype. In de containervaart, ro/ro en bij chemicaliën tankers is de grootste toename te zien. Indien de gemiddelde schaalvergroting s is dan wordt een t keer zo grote transportvraag vertaald door elke individuele reis uit 2002 om te zetten in t/s reizen voor het toekomstige jaar met een schip dat s keer zoveel kan vervoeren. Dit betekent dat de DWT van het schip s keer zo groot wordt, hetgeen inhoudt dat ook de Gross Tonnage (GT) van het schip (globaal) s keer zo groot wordt en de hoofdafmetingen van het schip $s^{(1/3)}$ maal zo groot. Aangenomen wordt dat de beladingsgraad van het schip (vervoerde hoeveelheid als percentage van de maximale hoeveelheid) gelijk blijft.

In plaats van de DWT wordt bij containerschepen met de TEU gewerkt. De toename van de diepgang met de capaciteit van het schip verloopt iets anders. Om de nieuwe maximale diepgang te bepalen is gebruik gemaakt van de regressieformule tussen TEU en maximale diepgang die wordt toegepast op het in SRK gedefinieerde containerschip. De lengte en breedte van de containerschepen blijven opgeschaald met de derde macht van de schaalvergroting.

6.3 De toegepaste schaalvergroting

Voor het bepalen van de schaalvergroting is gebruik gemaakt van de beschreven ontwikkeling van de schaalvergroting voor de verschillende scheepstypen in de Langetermijnvisie Schelde-estuarium [1].

Verder is bij het vaststellen van de verkeersscenario's voor 1987, 1995 en 2000 voor de Noordzee inzicht gekregen in de algemene schaalvergrotingen van de schepen die over de Noordzee varen.

De directe meting van de schaalvergroting in het Schelde-estuarium is gemeten door de gemiddelde grootte voor de hoofdscheepstypen uit SRK1998 te vergelijken met die uit SRK2002.

De schaalvergroting is ook vergeleken met de waarden voor de schaalvergroting uit een studie van de haven van Antwerpen.

Het resultaat van de analyses heeft geleid tot de schaalvergroting van Tabel 6.1.

Scheepstype	Toegepaste schaalvergroting per jaar	Aantal schepen in 2002 vanuit Antwerpen
OBO+Bulkers	1.005	811
Chemical tankers	1.024	2149
Oil tankers	1.000	515
LNG/LPG tankers	1.000	892
Container schepen	1.027	2922
Ro/Ro schepen	1.027	1446
Dry cargo	1.003	6436
Overige	1.003	286
Totaal		15457

Tabel 6.1 *Vergelijking schaalvergrotingsfactoren*

Wanneer de berekende schaalvergroting wordt gezet naast de door de haven van Antwerpen gevonden waarden valt het volgende op.

De groeifactor van ongeveer 0.5% (factor 1.005) voor droge bulk en overig stukgoed geeft een vergelijkbaar resultaat als de studie van de haven van Antwerpen.

Uit SRK is vastgesteld dat de grootte van de chemicaliën tankers wel toeneemt maar een schaalverkleining in de het transport van olie en gas plaatsvindt. De haven van Antwerpen geeft maar één factor, namelijk 1 voor alle natte bulk. De schaalvergroting bij de chemicaliën tankers is ook elders op de Noordzee waarneembaar. Daarom is bij de verdere verwerking gerekend met een schaalvergroting van 2.4% voor chemicaliën tankers en met een gelijkblijvende grootte voor de andere natte bulk schepen (olie en gas tankers).

Voor olie tankers en LNG/LPG tankers wordt er geen schaalvergroting verwacht.

De grootste schaalvergroting van 2.7% wordt verwacht bij containervaart en Ro/Ro. De schaalvergroting voor de containerschepen is door het CPB in een aparte studie bepaald. De verwachting is dat de schaalvergroting voor Ro/Ro schepen ongeveer gelijk is aan die van containerschepen.

De reizen met containerschepen uit SRK worden alleen gebruikt om de diversiteit binnen een TEU-klasse van containerschepen te behouden. De totale aantallen per TEU-klasse worden later gelijk gemaakt aan de aantallen geleverd door het CPB.

De schaalvergroting voor de resterende schepen (niet in de tabel opgenomen) is op 0.3% per jaar gezet.

6.4 Het vaarwegscenario

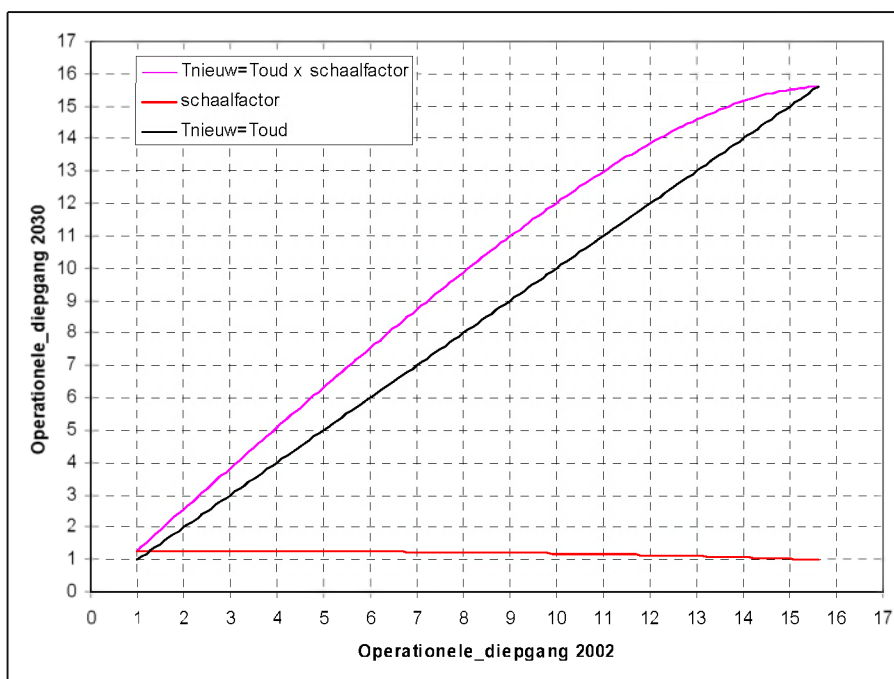
In deze studie worden twee vaarwegscenario's nader geanalyseerd, namelijk de huidige situatie van de vaarweg (vaarwegscenario 0) en die waarbij een verruiming van de vaargeul heeft plaatsgevonden waarbij getijonafhankelijke vaart bij een diepgang van 13.10 m mogelijk wordt (vaarwegscenario 1).

Op dit moment hebben de bulkcarriers de grootste diepgang. In de toekomst zullen vooral ook de grotere containerschepen met de beperking van de diepgang geconfronteerd worden. De schaalvergroting voor de andere schepen zoals chemicaliën tankers leidt niet tot schepen met een problematische diepgang. Geconcludeerd mag worden dat de verruiming geen effect heeft op het aantal scheepsbewegingen buiten de containervaart en de bulkvaart.

Het effect van de het vaarwegscenario op de containervaart is door CPB onderzocht en geïmplementeerd bij het bepalen van de verkeersscenario's.

Het effect van de verruiming op de bulkvaart is niet apart onderzocht. Nu is de schaalvergroting in de bulkvaart met 0.5% per jaar niet groot, waardoor de diepgang van de bulkers niet zo extreem zal toenemen als bij de containervaart. Dit betekent dat het effect van de verruiming van de vaarweg op de bulkvaart beperkt is, te meer daar uit de nota "Berekeningen vaarschema's" [5] blijkt dat de verruiming van het vaarwater geen effect heeft op het tijvenster voor diepstekende bulkers, omdat andere nautische beperkingen overheersend zijn.

De kleine schaalvergroting in de bulkvaart kan leiden tot iets te grote diepgangen. Dit effect is voorkomen door de schaalvergroting af te zwakken naar mate de maximale diepgang wordt benaderd (zie Figuur 6.1). Voor kleine diepgangen wordt de schaalvergroting volledig doorgevoerd. Deze maximale diepgang kan per bestemming worden opgegeven. Op dit moment is 14.60 m voor Antwerpen opgegeven. Schepen die in 2002 met een grotere diepgang zijn binnengekomen worden verder niet opgeschaald.



Figuur 6.1 De schaalvergroting afhankelijk van de operationele diepgang

6.5 Toekomstige scenario's en aanpassingen voor de containervaart

Het toepassen van de procedures zoals beschreven in 6.1-6.4 leidt tot scenario's die nog gecorrigeerd moeten worden voor de containervaart. De aantallen voor de containervaart die uit de schaalvergroting komen zijn vermenigvuldigd met factoren om het aantal per TEU-klasse te verkrijgen dat uit de studie van CPB komt.

Bij de verwerking bleek dat verschillen ontstonden in het aantal aankomsten en vertrekken per haven. Bij een nadere analyse van de verschillen bleken de volgende onvolkomenheden het meest problematisch:

- SRK bevat vooral in de groep kleine schepen, schepen die in het Schelde-estuarium heen en weer varen. Een deel van deze schepen verschijnt als zeeschip op de route Zeebrugge naar Antwerpen, terwijl het schip als binnenschip genoteerd staat op de tegengestelde route van Antwerpen naar Zeebrugge. Dit geeft dus verschillen wanneer alleen de zeevaart beschouwd wordt. Besloten is om deze schepen verder als binnenschip te behandelen (zoals Antwerpen doet).
- Het SRK bevat een aantal schepen waarvoor twee records zijn aangemaakt. Dit kon geconstateerd worden door de reizen van het schip in het gebied te volgen. Deze dubbele records zijn zoveel mogelijk geëlimineerd.

Bij een verwerking van een bestand als het SRK van ruim 130000 records is het niet mogelijk om alle records afzonderlijk te toetsen. Er zullen dus ongetwijfeld nog fouten in het gebruikte bestand zitten, maar gezien de overeenkomst tussen inkomend en uitgaand verkeer mag aangenomen worden dat de nauwkeurigheid voldoende is, zeker in een studie als deze waarin alleen de toekomstige situatie met de huidige situatie wordt vergeleken om de veranderingen zichtbaar te maken.

In Tabel 6.2 wordt het aantal reizen vanuit Antwerpen gegeven. Reizen binnen het havengebied, dus van de ene kade naar de andere zijn **niet** geteld, maar zitten wel in het SRK-bestand. Tabel 6.3 bevat de prognose van het scheepvaartverkeer vanuit Antwerpen voor het economische scenario European Coördination (EC) op basis van de bij dit scenario behorende groeifactoren, de schaalvergroting en de containerstudie van het CPB.

De totalen voor de 9 scenario's voor de drie steekjaren 2010, 2020 en 2030 en de drie economische scenario's GC, EC en DE voor de huidige vaarweg zijn gegeven in Tabel 6.4 t/m Tabel 6.8. Uit Tabel 6.4 is te halen dat het aantal scheepsbewegingen door de jaren heen zal afnemen. Zelfs bij het grootste groeiscenario is het aantal voorspelde schepen voor Antwerpen in 2030 met 15054, bijna 3% minder dan het huidige aantal van 15457 aankomsten. Voor het minste economische groeiscenario worden er in 2030 nog maar 9508 aankomsten verwacht, dus een afname van bijna 40%.

De 9 verkeersscenario's bij verdieping van de vaarweg zijn alleen voor Antwerpen en Zeebrugge gegeven, omdat de aantallen in de andere havens vrijwel niet veranderen. Tabel 6.9 en Tabel 6.10 bevatten de geprognoseerde aantallen voor economisch scenario EC in 2030. Tabel 6.11 en Tabel 6.12 bevatten voor het overzicht de totalen voor Antwerpen en Zeebrugge voor alle scenario's. Tabel 6.11 toont bij verdieping en het scenario Globale Competition een lichte groei van het aantal aankomsten voor Antwerpen. Bij de andere scenario's treedt er een daling op ten opzichte van het huidige niveau. Voor het minste economische groeiscenario worden er in 2030 30% minder schepen verwacht.

De containerstromen naar de verschillende havens van de Le Havre – Hamburg (HH) range zijn bepaald met het marktaandeelmodel ontwikkeld door ECORYS in samenwerking met het CPB. Daarin speelt de aanloopweerstand een belangrijk rol. Dit is een indicator voor het oponthoud dat schepen met een bepaalde grootte (zie klassen in de tabellen) bij het aanlopen van een bepaalde haven ondervinden ten gevolge van de getijden. De klasse “intra Europees” bevat de kleinste containerschepen.

Als de vaargeul niet wordt verdiept verliest Antwerpen een marktaandeel, omdat de schepen groter worden. Als er verdiept wordt is dit niet of veel minder het geval. Het verlies is bovendien vooral in het segment van grote schepen, omdat juist die schepen de grootste moeilijkheden ondervinden als er niet verdiept wordt. Dit is ook met behulp van het model doorgerekend. De prognose voor het aantal containerschepen voor het scenario European Coördination in 2030 zonder verdieping 3427 (zie Tabel 6.3) bedraagt en bij verdieping is dit 5021(zie Tabel 6.9), dus voor deze groep is het effect van dieping groot.

Voor een uitgebreidere uiteenzetting van de prognoses wordt verwezen naar de notitie van het CPB, [3].

Scheepstype	Gross Tonnage								Totaal
	100-500	500-1000	1000-1600	1600-10000	10000-30000	30000-60000	60000-100000	> 100000	
OBO+Bulkers	0	1	0	103	484	132	84	6	811
Chemical tankers	1	5	16	1731	394	2	0	0	2149
Oil tankers	1	6	9	225	177	79	18	0	515
LNG/LPG tankers	0	0	27	778	82	5	0	0	892
intra Europees	0	0	0	614	63	0	0	0	677
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	28	606	119	0	0	753
Klasse 2000-3000 TEU	0	0	0	0	229	466	0	0	695
Klasse 3000-4000 TEU	0	0	0	0	0	369	0	0	369
Klasse 4000-5000 TEU	0	0	0	0	0	129	89	0	218
Klasse 5000-6000 TEU	0	0	0	0	0	0	130	0	130
Klasse 6000-7000 TEU	0	0	0	0	0	0	80	0	80
Klasse 7000-8000 TEU									
Klasse > 8000 TEU									
Container schepen	0	0	0	642	898	1083	299	0	2922
Ro/Ro schepen	0	0	0	196	589	661	0	0	1446
Dry cargo	21	265	853	3941	1291	65	0	0	6436
Overige	42	22	46	141	25	9	1	0	286
Totaal	65	299	951	7757	3940	2036	402	6	15457

Tabel 6.2 Reizen over Westerschelde vanuit Antwerpen (SRK 2002)

Scheepstype	Gross Tonnage								Totaal
	100-500	500-1000	1000-1600	1600-10000	10000-30000	30000-60000	60000-100000	> 100000	
OBO+Bulkers	0	1	0	81	404	170	57	30	743
Chemical tankers	0	1	5	1434	478	195	1	0	2113
Oil tankers	1	6	9	223	176	78	18	0	511
LNG/LPG tankers	0	0	28	823	88	5	0	0	945
intra Europees	0	0	0	621	60	0	0	0	682
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 2000-3000 TEU	0	0	0	0	107	283	20	0	411
Klasse 3000-4000 TEU	0	0	0	0	0	1076	232	0	1308
Klasse 4000-5000 TEU	0	0	0	0	0	214	371	0	585
Klasse 5000-6000 TEU	0	0	0	0	0	23	121	0	144
Klasse 6000-7000 TEU	0	0	0	0	0	0	65	0	65
Klasse 7000-8000 TEU	0	0	0	0	0	0	23	2	25
Klasse > 8000 TEU	0	0	0	0	0	0	19	188	207
Container schepen	0	0	0	621	168	1596	852	190	3427
Ro/Ro schepen	0	0	0	29	466	299	243	440	1478
Dry cargo	4	67	180	1603	482	53	0	0	2389
Overige	26	15	8	131	25	9	1	1	216
Totaal	31	90	230	4945	2286	2406	1172	661	11822

Tabel 6.3 Scenario EC, huidige vaarweg, voor 2030 vanuit Antwerpen over Westerschelde

Scheepstype	SRK	Global Competition			European Coordination			Divided Europe		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	811	840	863	797	833	834	743	816	866	730
Chemical tankers	2149	2356	2778	2950	2086	2229	2113	1836	1604	1311
Oil tankers	515	515	484	484	511	511	511	527	532	543
LNG/LPG tankers	892	902	887	836	900	932	945	918	940	964
intra Europees	677	664	660	768	638	628	682	630	579	514
Klasse 1000-2000 TEU	753	327	0	0	317	0	0	411	462	405
Klasse 2000-3000 TEU	695	829	439	49	877	441	411	915	740	857
Klasse 3000-4000 TEU	369	642	1110	1095	598	1179	1308	477	695	730
Klasse 4000-5000 TEU	218	468	696	1084	448	521	585	393	279	318
Klasse 5000-6000 TEU	130	59	101	272	54	50	144	52	61	62
Klasse 6000-7000 TEU	80	52	47	197	49	61	65	73	83	45
Klasse 7000-8000 TEU	0	28	23	31	27	18	25	19	34	35
Klasse > 8000 TEU	0	36	167	330	30	118	207	18	59	109
Container schepen	2922	3106	3242	3825	3037	3014	3427	2986	2992	3074
Ro/Ro schepen	1446	1569	1708	1718	1490	1550	1478	1372	1269	1065
Dry cargo	6436	5501	4074	2781	5218	3691	2389	4483	2817	1603
Overige	286	264	239	216	264	239	216	264	239	216
Totaal	15457	15054	14276	13608	14339	13000	11822	13203	11259	9508

Tabel 6.4 Alle reizen over de Westerschelde vanuit Antwerpen voor alle scenario's voor de huidige vaarweg

Scheepstype	SRK	Global Competition			European Coordination			Divided Europe		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	31	32	34	33	32	33	31	31	33	30
Chemical tankers	20	22	26	27	19	21	20	17	15	12
Oil tankers	14	14	14	13	14	14	15	14	15	15
LNG/LPG tankers	124	126	126	116	126	132	134	128	131	135
intra Europees	11	14	20	19	14	18	17	12	15	13
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Klasse 2000-3000 TEU	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 3000-4000 TEU	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 4000-5000 TEU	79	55	0	0	69	0	0	72	0	0
Klasse 5000-6000 TEU	43	49	0	0	46	0	0	44	42	25
Klasse 6000-7000 TEU	13	48	108	77	45	115	92	62	108	105
Klasse 7000-8000 TEU	52	69	188	201	64	179	212	43	93	146
Klasse > 8000 TEU	0	82	144	265	70	97	172	38	76	80
Container schepen	231	316	459	563	306	409	493	271	335	370
Ro/Ro schepen	6668	7275	7956	8023	6900	7209	6891	6345	5889	4950
Dry cargo	782	668	495	338	634	448	290	545	342	195
Overige	1344	1241	1124	1017	1241	1124	1017	1241	1124	1017
Totaal	9214	9695	10234	10131	9272	9389	8890	8592	7883	6724

Tabel 6.5 Alle reizen vanuit Zeebrugge voor alle scenario's voor de huidige vaarweg

Scheepstype	SRK	Global Competition			European Coordination			Divided Europe		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	175	178	176	154	179	174	148	175	186	150
Chemical tankers	209	229	270	287	203	217	205	179	156	128
Oil tankers	103	103	97	97	102	102	102	105	107	109
LNG/LPG tankers	164	165	157	154	164	166	167	168	171	174
intra Europees	8	9	10	9	8	9	7	7	7	5
Klasse 1000-2000 TEU	4	3	1	2	3	1	1	3	2	1
Klasse 2000-3000 TEU	6	4	2	2	3	2	4	3	3	6
Klasse 3000-4000 TEU	0	5	4	5	5	4	5	4	3	3
Klasse 4000-5000 TEU	0	0	6	3	0	5	2	0	4	2
Klasse 5000-6000 TEU	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 6000-7000 TEU	0	0	0	6	0	0	5	0	0	4
Klasse 7000-8000 TEU	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Klasse > 8000 TEU	0	0	1	2	0	1	1	0	1	1
Container schepen	19	21	25	28	20	22	26	19	20	21
Ro/Ro schepen	965	1052	1150	1160	998	1042	996	918	852	716
Dry cargo	1126	962	713	487	913	646	418	784	493	280
Overige	500	462	418	378	462	418	378	462	418	378
Totaal	3261	3173	3007	2744	3040	2787	2440	2810	2402	1957

Tabel 6.6 Alle reizen vanuit Vlissingen voor alle scenario's voor de huidige vaarweg

Scheepstype	SRK	Global Competition			European Coordination			Divided Europe		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	48	50	52	49	50	50	46	49	51	44
Chemical tankers	313	343	405	430	304	325	308	267	234	191
Oil tankers	22	22	21	21	22	22	22	23	23	23
LNG/LPG tankers	363	365	348	341	362	367	369	372	378	386
intra Europees										
Klasse 1000-2000 TEU										
Klasse 2000-3000 TEU										
Klasse 3000-4000 TEU										
Klasse 4000-5000 TEU										
Klasse 5000-6000 TEU										
Klasse 6000-7000 TEU										
Klasse 7000-8000 TEU										
Klasse > 8000 TEU										
Container schepen										
Ro/Ro schepen										
Dry cargo	17	15	11	7	14	10	6	12	7	4
Overige	12	11	10	9	11	10	9	11	10	9
Totaal	775	805	847	857	762	783	759	734	703	658

Tabel 6.7 Alle reizen vanuit Terneuzen voor alle scenario's voor de huidige vaarweg

Scheepstype	SRK	Global Competition			European Coordination			Divided Europe		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	525	536	545	503	531	526	469	519	537	454
Chemical tankers	526	577	680	722	511	546	517	449	393	321
Oil tankers	92	93	89	86	92	94	95	95	96	98
LNG/LPG tankers	213	214	205	200	213	216	217	219	222	227
intra Europees	3	4	4	3	3	4	2	3	3	2
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1
Klasse 2000-3000 TEU										
Klasse 3000-4000 TEU										
Klasse 4000-5000 TEU										
Klasse 5000-6000 TEU										
Klasse 6000-7000 TEU										
Klasse 7000-8000 TEU										
Klasse > 8000 TEU										
Container schepen	3	4	4	5	3	4	4	3	3	3
Ro/Ro schepen	527	575	629	634	545	570	545	501	465	391
Dry cargo	2466	2108	1561	1066	1999	1414	915	1718	1079	614
Overige	371	343	310	281	343	310	281	343	310	281
Totaal	4723	4449	4024	3497	4238	3679	3043	3846	3106	2389

Tabel 6.8 Alle reizen vanuit het Kanaal van Gent naar Terneuzen voor alle scenario's voor de huidige vaarweg

Scheepstype	Gross Tonnage								Totaal
	100-500	500-1000	1000-1600	1600-10000	10000-30000	30000-60000	60000-100000	> 100000	
OBO+Bulkers	0	1	0	81	404	170	57	30	743
Chemical tankers	0	1	5	1434	478	195	1	0	2113
Oil tankers	1	6	9	223	176	78	18	0	511
LNG/LPG tankers	0	0	28	823	88	5	0	0	945
intra Europees	0	0	0	785	76	0	0	0	861
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 2000-3000 TEU	0	0	0	0	124	326	23	0	472
Klasse 3000-4000 TEU	0	0	0	0	0	1359	293	0	1652
Klasse 4000-5000 TEU	0	0	0	0	0	291	506	0	797
Klasse 5000-6000 TEU	0	0	0	0	0	64	336	0	400
Klasse 6000-7000 TEU	0	0	0	0	0	0	142	0	142
Klasse 7000-8000 TEU	0	0	0	0	0	0	69	5	74
Klasse > 8000 TEU	0	0	0	0	0	0	58	565	623
Container schepen	0	0	0	785	200	2041	1427	569	5021
Ro/Ro schepen	0	0	0	29	466	299	243	440	1478
Dry cargo	4	67	180	1603	482	53	0	0	2389
Overige	26	15	8	131	25	9	1	1	216
Totaal	31	90	230	5108	2318	2851	1746	1041	13416

Tabel 6.9 Scenario EC, bij verdieping van de vaarweg, voor 2030 vanuit Antwerpen over Westerschelde

Scheepstype	Gross Tonnage								Totaal
	100-500	500-1000	1000-1600	1600-10000	10000-30000	30000-60000	60000-100000	> 100000	
OBO+Bulkers	0	0	17	10	2	0	2	0	31
Chemical tankers	0	0	0	18	1	1	0	0	20
Oil tankers	0	0	2	6	6	0	0	0	15
LNG/LPG tankers	0	1	8	68	2	2	50	3	134
intra Europees	0	0	0	22	0	0	0	0	22
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 2000-3000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 3000-4000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 4000-5000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 5000-6000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 6000-7000 TEU	0	0	0	0	0	0	69	9	78
Klasse 7000-8000 TEU	0	0	0	0	0	0	112	67	179
Klasse > 8000 TEU	0	0	0	0	0	0	24	122	146
Container schepen	0	0	0	22	0	0	204	198	424
Ro/Ro schepen	0	0	0	24	2060	4372	125	310	6891
Dry cargo	0	5	14	239	31	0	0	0	290
Overige	79	70	25	401	14	417	9	2	1017
Totaal	79	76	66	788	2117	4792	390	514	8822

Tabel 6.10 Scenario EC, bij verdieping van de vaarweg, voor 2030 vanuit Zeebrugge

Scheepstype	SRK	Global Competition			European Coordination			Divided Europe		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	811	840	863	797	833	834	743	816	866	730
Chemical tankers	2149	2356	2778	2950	2086	2229	2113	1836	1604	1311
Oil tankers	515	515	484	484	511	511	511	527	532	543
LNG/LPG tankers	892	902	887	836	900	932	945	918	940	964
intra Europees	677	890	853	962	862	822	861	888	805	713
Klasse 1000-2000 TEU	753	372	0	0	361	0	0	446	534	476
Klasse 2000-3000 TEU	695	959	513	53	1016	538	472	1009	868	1025
Klasse 3000-4000 TEU	369	815	1425	1287	761	1581	1652	578	897	959
Klasse 4000-5000 TEU	218	642	964	1375	615	754	797	514	389	451
Klasse 5000-6000 TEU	130	166	286	702	152	147	400	139	171	178
Klasse 6000-7000 TEU	80	113	104	397	107	140	142	153	184	101
Klasse 7000-8000 TEU	0	86	70	86	81	56	74	55	104	109
Klasse > 8000 TEU	0	110	508	922	91	375	623	51	182	339
Container schepen	2922	4152	4723	5783	4046	4414	5021	3833	4135	4350
Ro/Ro schepen	1446	1569	1708	1718	1490	1550	1478	1372	1269	1065
Dry cargo	6436	5501	4074	2781	5218	3691	2389	4483	2817	1603
Overige	286	264	239	216	264	239	216	264	239	216
Totaal	15457	16100	15757	15566	15348	14400	13416	14049	12403	10783

Tabel 6.11 Alle reizen over de Westerschelde vanuit Antwerpen voor alle scenario's bij verdieping van de vaarweg

Scheepstype	SRK	Global Competition			European Coordination			Divided Europe		
	2002	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	31	32	34	33	32	33	31	31	33	30
Chemical tankers	20	22	26	27	19	21	20	17	15	12
Oil tankers	14	14	14	13	14	14	15	14	15	15
LNG/LPG tankers	124	126	126	116	126	132	134	128	131	135
intra Europees	11	16	22	24	15	21	22	15	19	18
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Klasse 2000-3000 TEU	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 3000-4000 TEU	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 4000-5000 TEU	79	47	0	0	59	0	0	62	0	0
Klasse 5000-6000 TEU	43	42	0	0	39	0	0	38	36	21
Klasse 6000-7000 TEU	0	47	92	65	38	97	78	53	91	89
Klasse 7000-8000 TEU	0	59	159	170	55	152	179	37	79	123
Klasse > 8000 TEU	0	70	122	224	59	82	146	33	65	68
Container schepen	166	281	394	484	266	352	424	237	290	320
Ro/Ro schepen	6668	7275	7956	8023	6900	7209	6891	6345	5889	4950
Dry cargo	782	668	495	338	634	448	290	545	342	195
Overige	1344	1241	1124	1017	1241	1124	1017	1241	1124	1017
Totaal	9149	9659	10169	10052	9231	9332	8822	8559	7838	6673

Tabel 6.12 Alle reizen vanuit Zeebrugge voor alle scenario's bij verdieping van de vaarweg

6.6 De binnenvaart

De verkeersafwikkeling van de binnenvaart zoals die in 2002 heeft plaatsgevonden is gereconstrueerd uit de SRK gegevens en de telgegevens die aangeleverd zijn door het CBS.

De schaalvergroting van de binnenvaart op de Schelde is afgeleid uit de telgegevens van het grensoverschrijdende binnenvaartverkeer bij Sas van Gent over de jaren 1996 t/m 2002 (Bron CBS Statline). Hiervoor is gekozen omdat de route Hansweert – Gent het meest bepalend is voor het binnenvaartverkeer over de Schelde. De samenstelling van het grensoverschrijdende verkeer bij Sas van Gent geeft een goed beeld van de samenstelling van het verkeer op de hele Schelde. De beschikbare gegevens zijn:

- het totale aantal passerende schepen;
- het totale gepasseerde laadvermogen;
- de hoeveelheid vervoerde lading.

Hieruit zijn afgeleid:

- het gemiddeld laadvermogen;
- de beladingsgraad.

De beladingsgraad betreft het gemiddelde over alle schepen, dus zowel de geladen schepen als de leeg terugvarende schepen.

Op basis van een lineaire trend is een voorspelling gemaakt van het gemiddeld laadvermogen en de beladingsgraad voor de steekjaren 2010, 2020 en 2030. De voorspelling komt neer op een groei van 1.2% per jaar over de komende 28 jaar. De gegevens staan in Tabel 6.13

jaar	aantal gepasseerde schepen	gepasseerd laadvermogen [Mton]	gepasseerde hoeveelheid goederen [Mton]	gemiddeld laadvermogen [ton]	Beladingsgraad [%]
1996	30496	36093	17581	1184	49
1997	32457	36866	17743	1136	48
1998	32463	38045	19367	1172	51
1999	32600	39458	19466	1210	49
2000	32833	40772	20701	1242	51
2001	39472	46784	24266	1185	52
2002	33707	44173	21961	1310	50
2010				1422	54
2020				1618	58
2030				1814	61

Tabel 6.13 Grensoverschrijdend binnenvaartverkeer bij Sas van Gent

De waargenomen schaalvergroting is goed vergelijkbaar met andere grensoverschrijdende trajecten in de binnenvaart. Gezien de verwachte ontwikkeling van de overslag in de HH-range wordt aangenomen dat deze schaalvergroting zich de hele periode tot 2030 doorzet en dat deze schaalvergroting voldoende is om aan de grotere transportvraag te voldoen. Als gevolg van deze aanname verandert het aantal binnenvaartschepen op de diverse routes op de Schelde niet.

Samenvattend, in de 18 verkeersscenario's wordt uitgegaan van hetzelfde aantal binnenvaartbewegingen. Wel wordt de bij 2010, 2020 en 2030 behorende schaalvergroting toegepast.

7 VEILIGHEID IN HET SCHELDE-ESTUARIUM

7.1 Inleiding

Het aantal ongevallen dat plaatsvindt is een belangrijke indicator voor het aangeven van de veiligheid in een gebied. Het aantal ongevallen zal over het algemeen toenemen bij een groter verkeersaanbod. Niet ieder ongeval is even ernstig. In een risicoberekening wordt alleen gekeken naar die ongevallen waarbij de gevolgen voor schip (intern risico) en omgeving (extern risico) groot kunnen zijn.

De basis voor de berekening van het externe risico is het aantal ernstige schadegevallen bij aanvaringen. De aanvaringskans wordt over het algemeen bepaald uit historisch materiaal. Echter om het effect van veranderingen op de nautische veiligheid te kunnen kwantificeren van toekomstige veranderingen in het verkeersaanbod en de verkeerssamenstelling (denk aan schaalvergroting) op de diverse vaarwegtrajecten kan geen historische ongevallen database worden gebruikt. In dergelijke gevallen is er een model nodig dat het aantal aanvaringen voorspelt op basis van de veranderingen.

Om antwoord te kunnen geven op dergelijke vragen is het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore in the North Sea) ontwikkeld. Dit model bevat een verzameling ongevalskansmodellen, waaronder het aanvaringsmodel, die worden toegepast om het aantal ongevallen te voorspellen in een gebied op basis van een beschrijving van het gebied in termen van:

- De scheepvaartroutes, geografische ligging en breedte van de routes;
- De intensiteit (aantal passages per jaar) en samenstelling (type en grootte van de schepen) van het scheepvaartverkeer;
- De ligging van de ankergebieden en de aanwezigheid van ankerliggers;
- Aanwezigheid van constructies zoals platforms, windparken etc;
- De dieptelijnen;
- Weersomstandigheden.

De parameters van de ongevalskansmodellen van SAMSON voor de Langetermijnvisie waren bepaald op basis van een uitgebreide analyse van de ongevallen in de periode 1978-1991. Recentelijk heeft er een update van deze parameters plaatsgevonden, waarbij gebruik is gemaakt van alle ongevallen verzameld door Lloyd's-Register Fairplay (LRF) die wereldwijd hebben plaatsgevonden in de periode 1990-2002. Waargenomen trends in de verandering van de ongevalskans zijn geïmplementeerd. Het model is ontwikkeld voor de Noordzee, maar vanwege de opbouw van de modellen kunnen deze modellen ook in andere gebieden worden toegepast, waarvoor de afwikkeling van het scheepvaartverkeer is gemodelleerd.

Het SAMSON-model is een model dat de situatie op macroniveau modelleert en op basis van deze beschrijving de verwachtingswaarde van het aantal ongevallen bepaalt. Het model werkt dus anders dan een simulatiemodel waarin veel meer kenmerken (microniveau) kunnen worden ingebracht en het vaarproces wordt gesimuleerd. Omdat het Schelde-estuarium een ander gebied is dan een zeesituatie zijn de voorspellingen van het model geverifieerd aan de hand van de waargenomen aanvaringen in de periode 1990-2002.

In 7.2 wordt de aanpak van deze veiligheidsstudie in de vorm van een stappenplan gegeven. In 7.3 worden de stappen uitgewerkt

Nomenclatuur

De modeluitkomst is **de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen** per jaar. Dus bij een waarde 2 geeft dit aan dat er gemiddeld bij gelijkblijvende omstandigheden (omgeving, schip en bemanning) 2 aanvaringen per jaar verwacht worden. De term kans op een aanvaring is 2 kan als zodanig niet gebruikt worden omdat een kans altijd kleiner dan 1 is.

Met **een ontmoeting** tussen twee schepen wordt bedoeld de gebeurtenis dat een schip het domein rondom een ander schip binnentreedt. Op basis van de vaarrichting van beide schepen wordt de ontmoeting geclassificeerd als een "head-on" (kop-kop), "overtaking" (kop-hek) of "crossing" (kop-flank). Een ontmoeting in dit hoofdstuk omvat dus alle type ontmoetingen en dus niet alleen maar de kop-kop ontmoeting.

Met **aanvaringskans** wordt de kans aangegeven dat een ontmoeting (domeinpenetratie) tussen twee schepen uitmondt in een aanvaring.

7.2 Opzet van de veiligheidsstudie

Voor het bepalen van de veiligheid in het Schelde-estuarium voor de huidige situatie en de 18 scenario's voor de toekomstige situatie wordt gebruik gemaakt van het SAMSON-model. Dit model is in staat om op basis van de verkeersafwikkeling (een scenario), de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen verspreid over het Schelde-estuarium te bepalen.

De veiligheidsstudie bestaat uit de volgende stappen:

- stap 1. Modelleren van de verkeersafwikkeling in 2002 in het Schelde-estuarium.
- stap 2. Bepalen van het aantal ongevallen voor de huidige situatie in 2002 op basis van de modellering in stap 1.
- stap 3. Vergelijken van de voorspelling van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen met het aantal waargenomen aanvaringen.
- stap 4. Vaststellen van de ontwikkeling van de kans dat een ontmoeting tussen twee schepen resulteert in een aanvaring.
- stap 5. Modelleren van de verkeersafwikkeling voor de 18 verkeersscenario's (zie hoofdstuk 6).
- stap 6. Bepalen van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen voor alle 18 verkeersscenario's en het bepalen van de relatieve verandering van het aanvaringsniveau ten opzichte van het basisscenario (resultaat van stap 2).
- stap 7. Bepalen van de relatieve verandering van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen waarbij ernstige schade (schadeklasse 4 en 5) optreedt ten opzichte van het basisscenario. Dit wordt gebruikt voor het bepalen van het externe risico

Belangrijk is stap 3, waarin de verificatie van de modelvoorspellingen wordt uitgevoerd door de modelresultaten van stap 2 te vergelijken met het aantal aanvaringen in de afgelopen jaren.

In stap 7 wordt de invoer bepaald die nodig is voor de vervolgberekeningen betreffende het externe risico in de toekomst voor alle onderscheiden scenario's.

7.3 Uitwerking van het stappenplan

Stap 1: Modelleren van de verkeersafwikkeling in het Schelde-estuarium

Bij het modelleren van het scheepvaartverkeer voor het Schelde-estuarium is gebruik gemaakt van de SRK-data van 2002, voor de scheepvaartbewegingen van de zeevaart en de meldplichtige binnenvaart. Verder is om de binnenvaartbewegingen te complementeren gebruik gemaakt van de bij het CBS aanwezige gegevens over binnenvaart (zie hoofdstuk 0).

De wijze waarop het basisscenario tot stand is gekomen staat beschreven in hoofdstuk 5. Voor dit basisscenario is de verkeersafwikkeling over de Westerschelde voor 2002 bepaald.

De verkeersdatabase vormt de basis voor het bepalen van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen voor het scenario met SAMSON.

Stap 2: Het aantal ongevallen voor de huidige verkeersafwikkeling in het Schelde-estuarium

Het SAMSON-model berekent het aantal ongevallen per gridcel op basis van de verkeersintensiteiten, de verkeerssamenstelling en de verkeersafwikkeling over de vaarroutes. De standaard grootte van een gridcel in SAMSON is 8 bij 8 km. Deze indeling is gebruikt in de langetermijnvisie in [1]. Voor deze studie is de toedeling aangepast om de resultaten beter te kunnen toewijzen aan de deelgebieden zoals door AVIV, zie [7], is gebruikt ten behoeve van de studie naar de externe veiligheid.

Na de berekening worden de resultaten per gridcel toegekend aan de 8 gebieden waarin AVIV de Westerschelde heeft onderverdeeld voor het berekenen van het externe risico. Deze 8 deelgebieden worden verder ook gebruikt voor het presenteren van de resultaten van de berekening.

De resultaten in de verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen, nog zonder enige correctie voor de lokale omstandigheden, zijn gegeven in Tabel 7.1 voor de aanvaringen tussen twee zeeschepen voor kruisend verkeer (kop-flank aanvaring) en alle verkeer.

Alle aantallen worden steeds in drie decimalen gegeven om de onderlinge verhouding tussen de verschillende type aanvaringen voor de verschillende vaarwegtrajecten te kunnen bepalen.

Voor het traject Vlissingen West worden er dus gemiddeld 0.840 schepen zeeschepen per jaar voorspeld die betrokken zijn bij aanvaringen, waarvan 0.549 bij kruisend verkeer.

In het rechterdeel van de tabel worden per aanvaringstype de verhoudingsgetallen per deeltraject aangegeven. De verwachting is dus dat er op het traject Vlissingen West 24% van alle aanvaringen zullen plaatsvinden en 36% wanneer alleen naar aanvaringen bij kruisend verkeer wordt gekeken. De onderlinge verhouding tussen de deeltrajecten is anders dan uit de waarnemingen van het aantal aanvaringen komt, maar hier wordt in de volgende stap bij de verificatie op ingegaan.

Traject	AVIV-verdeling over trajecten	Bij aanvaringen betrokken zeeschepen			
		2002			
		Kruisend		Alle	
		Ver- wach- ting /jaar	Verde- ling over trajec- ten	Ver- wach- ting /jaar	Verde- ling over trajec- ten
Wielingen	0.014	0.000	0.00	0.199	0.06
Oostgat	0.058	0.072	0.05	0.165	0.05
Vlissingen West	0.261	0.549	0.36	0.840	0.24
Sloe-Terneuzen	0.232	0.351	0.23	0.823	0.24
Terneuzen -1.5Hansweert	0.261	0.114	0.07	0.460	0.13
-1.5Hansweert-Hansweert	0.014	0.080	0.05	0.111	0.03
Hansweert +1.5Hansweert	0.014	0.087	0.06	0.115	0.03
1.5Hansweert – Antwerpen	0.145	0.283	0.18	0.733	0.21
Totaal	1.000	1.535	1.00	3.448	1.00

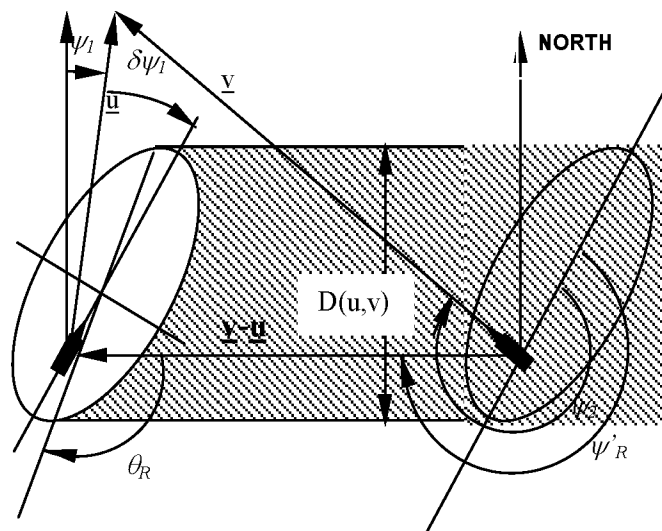
Tabel 7.1 Modelvoorspelling van het aantal aanvaringen tussen twee zeeschepen

Stap 3 Vergelijken van de voorspelling van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen met het aantal waargenomen aanvaringen.

De modelvoorspellingen van SAMSON worden als een soort validatie met het aantal waargenomen aanvaringen vergeleken. Voordat deze vergelijking wordt uitgevoerd wordt eerst een korte beschrijving van het aanvaringsmodel van SAMSON gegeven.

Het SAMSON-model

Het SAMSON-model is ontwikkeld voor een zeegebied en bevat modellen voor alle type ongevallen. Er is zoveel mogelijk gewerkt met generieke ongevalsmodellen, waardoor het voorspellend vermogen in ieder zeegebied groot is nadat het verkeersbeeld gemodelleerd is.



Figuur 7.1 Situatieschets van een ontmoeting tussen twee schepen

Het aanvaringsmodel berekent het aantal “encounters” per jaar tussen de schepen die door een gebied varen met de volgende relatie:

$$enc = \iint D(u, v) |v - u| f(u) f(v) \rho du dv$$

Het aantal encounters is afhankelijk van de snelheid en de dichtheid ρ van de schepen in een bepaald gebied.

Een encounter wordt geteld zodra een schip het domein van een ander schip binnenvaart. Het domein in de vorm van een ellips iets naar stuurboord gedraaid komt het best overeen met het gebied dat de navigator vrij wilt houden, maar om de berekeningen eenvoudiger te houden wordt gewerkt met een cirkelvormig domein met een straal van 0.5 zeemijl. Afhankelijk van het koersverschil tussen de ontmoetende schepen wordt de ontmoeting geclassificeerd als een “overtaking” (koersverschil $<60^\circ$), een “head-on” (koersverschil tussen 150° en 180°) of een “crossing” (overige hoeken).

Voor het beperkt vaarwater van de Westerschelde betekent dit dat er voornamelijk overtaking en head-on encounters zullen worden geteld met slechts op een paar plaatsen crossing encounters.

Voor ieder type encounter is een relatie (casualty rate CASRAT) vastgesteld tussen het aantal encounters en het aantal aanvaringen.

$$E(\text{collisions}) = CASRAT_{ij} \times encounters_{ij}$$

Deze CASRAT hangt af van het scheepstype (index i) en de scheepsgrootte (index j). Uit de ongevalsanalyse is duidelijk naar voren gekomen dat de CASRAT toeneemt met de afmetingen van het schip, hetgeen ook gemakkelijk te verklaren valt uit het feit dat een groter schip eerder geraakt wordt dan een kleiner schip wanneer beide schepen verder niets doen.

De CASRAT is ook afhankelijk van de weersgesteldheid. Bij mist is de kans op een aanvaring gegeven een encounter veel groter dan bij goede omstandigheden. De CASRATs zijn in eerste instantie bepaald uit de ongevalsdatabases van alle aanvaringen op de Noordzee van 1978-1991 en onlangs aangepast op basis van de aanvaringen uit de periode 1992-2002.

Uit eerdere studies is gebleken dat het voorspelde aantal ongevallen (waaronder aanvaringen) goed overeen komt met het aantal waargenomen ongevallen. Wel dient vermeld te worden dat een goede vergelijking slechts in een beperkt aantal gevallen mogelijk was vanwege het ontbreken van ongevalsdatabases. De vergelijking is uitgevoerd in een studie voor de Ierse Zee en een studie in de Duitse bocht. In andere havenaanloop studies was het aantal ongevallen in lokale databases zo klein dat niet van een serieuze verificatie kan worden gesproken.

Bij de overgang van een zeegebied naar een beperkt vaarwater zoals de Westerschelde kunnen de afwijkingen tussen de voorspellingen en de waarnemingen groter zijn. Er zijn namelijk lokale omstandigheden, vooral betreffende de beschikbare navigatie ruimte die niet gemodelleerd zijn. Daardoor kunnen lokaal de ongevalsgevoeligheden groter zijn. Aan de andere kant is het attentieniveau bij het varen op de Westerschelde zo groot dat dit weer bijdraagt tot een kleinere aanvaringskans.

Een model als SAMSON blijft een vereenvoudigde modellering van de complexe vaarweg als de Westerschelde waar vele bronmaatregelen zijn getroffen om de nautische veiligheid zo groot mogelijk te maken.

SAMSON toegepast in de Westerschelde.

In het aanvaringsmodel wordt voor ieder schip tijdens zijn vaart door het gebied bepaald hoe vaak er een ontmoeting met een ander schip plaatsvindt. Een ontmoeting treedt op wanneer een schip een domein rondom het beschouwde schip binnenvaart. Gezien de dwarsafmetingen van de vaargeulen treedt zo'n ontmoeting altijd op wanneer het beschouwde schip wordt opgelopen, zelf een ander schip oploopt, of een schip ontmoet wanneer het andere schip zich in dezelfde vaargeul bevindt. Bij kruisende schepen wordt het aantal mogelijke ontmoetingen bepaald uit het verkeersaanbod op de kruisende vaarroute.

Het aantal ontmoetingen en de plaats waar deze ontmoetingen zullen plaatsvinden volgt uit de verkeersdatabase. Bepalende grootheden hierbij zijn:

- a) Verkeersintensiteit;
aantal scheepsbewegingen per jaar over een vaarroute.
- b) Verkeerssamenstelling;
de opbouw van het verkeersaanbod, dus aantal schepen over een vaarroute, in scheepstypen en grootteklassen.
- c) De eigenschappen van de schepen, waaronder de snelheidsverdeling per scheepstype en grootteklasse.
- d) Vaarroutes;
De vaarroutes zijn opgebouwd uit rechte links.
- e) Externe omstandigheden (mist, stormachtige wind).
- f) Getij.
- g) Aanvaringskans gegeven een ontmoeting per scheepstype en grootteklasse.

Ad a en b: Deze twee meest bepalende grootheden worden beschreven in het basisscenario en de 18 scenario's voor de toekomst.

Ad c) De snelheidsverdeling per scheepstype en grootte is van belang voor het bepalen van het aantal ontmoetingen tussen de schepen. De snelheidsverdeling is bepaald uit de dienstnelheid van het schip, aangepast voor de Westerschelde waarbij gebruik is gemaakt van de SRK-data.

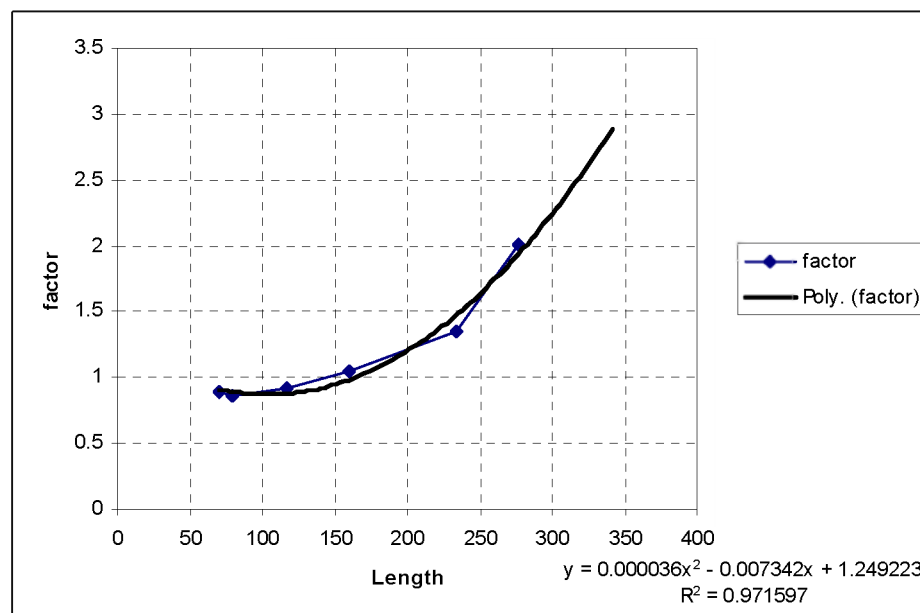
Ad d) De modellering van de vaarroutes op de Westerschelde is lastiger dan op zee. Op zee zijn het meestal flinke rechte stukken, maar de bochtige vaarroutes over de Westerschelde zijn gemodelleerd met rechte lijnstukken. Iedere bocht is opgebouwd uit een aantal rechte lijnstukken en aangezien de ongevalsgevoeligheid groter is op een knikpunt in een vaarroute wordt de positie van de grootste aanvaringskans bepaald door de ligging van het knikpunt. Aangezien een bocht een aantal knikpunten heeft is het beter om de aanvaringskans van de gehele bocht als een totaal te beschouwen. Vandaar ook dat gekozen is voor een presentatie op grotere deeltrajecten.

Ad e) De externe omstandigheden spelen een grote rol bij de kans op een aanvaring. Bij mist is de kans op een aanvaring gegeven een ontmoeting vele malen groter dan bij goed zicht omstandigheden. Het effect van stormachtige wind geeft op zee nauwelijks een hogere kans op een aanvaring, maar doet dit wel in beperkt vaarwater en vooral in havengebieden. Bij de kans op aan de grond lopen speelt stormachtige wind een grote rol.

Het effect van deze externe omstandigheden zit impliciet in de jaargemiddelden waarmee gewerkt wordt.

Ad f) Het getij heeft invloed aangezien het verkeersaanbod niet evenredig over de tijd verdeeld is. Op sommige momenten is het daardoor drukker dan op andere. Hiervoor zou geen correctie toegepast moeten worden, maar deze correctiefactor is klein en valt bovendien geheel weg in deze studie waarin de resultaten vergelijkend met het basisscenario worden gebruikt.

Ad g) De aanvaringskans gegeven een ontmoeting is niet gelijk voor ieder scheepstype, maar de aanvaringskans neemt duidelijk toe met de grootte van het schip. Bij het bepalen van de aanvaringsgevoeligheid voor ieder scheepstype en de scheepsgrootte is gebruik gemaakt van de wereldwijde ongevallen database van Lloyd's Register Fairplay over de periode 1990-2002. Figuur 7.2 uit [7] geeft het verloop van de aanvaringskans gegeven een ontmoeting bij toenemende lengte. Tot 150 meter is de gevoeligheid voor de lengte gering maar daarboven neemt de aanvaringskans gegeven een ontmoeting toe.



Figuur 7.2 De gevoeligheid van de aanvaringskans als functie van de lengte

In deze studie worden de veranderingen in de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen doorberekend bij wijzigingen van de verkeersintensiteit (a), de verkeerssamenstelling (b) en de verandering van de ongevalsans gegeven een ontmoeting (g). Uit de nadere analyse beschreven onder stap 4 zal blijken dat er geen reden is om de aanvaringskans, gegeven een ontmoeting tussen twee zeeschepen, in de komende jaren te verkleinen. Aan de sterke daling van deze aanvaringskans lijkt de laatste jaren een einde te zijn gekomen.

De overige grootheden c, de, e en f veranderen niet. De snelheidsverdeling (c) verandert niet. Wel zal het snelheidspatroon op de Westerschelde veranderen door veranderingen in de verkeerssamenstelling.

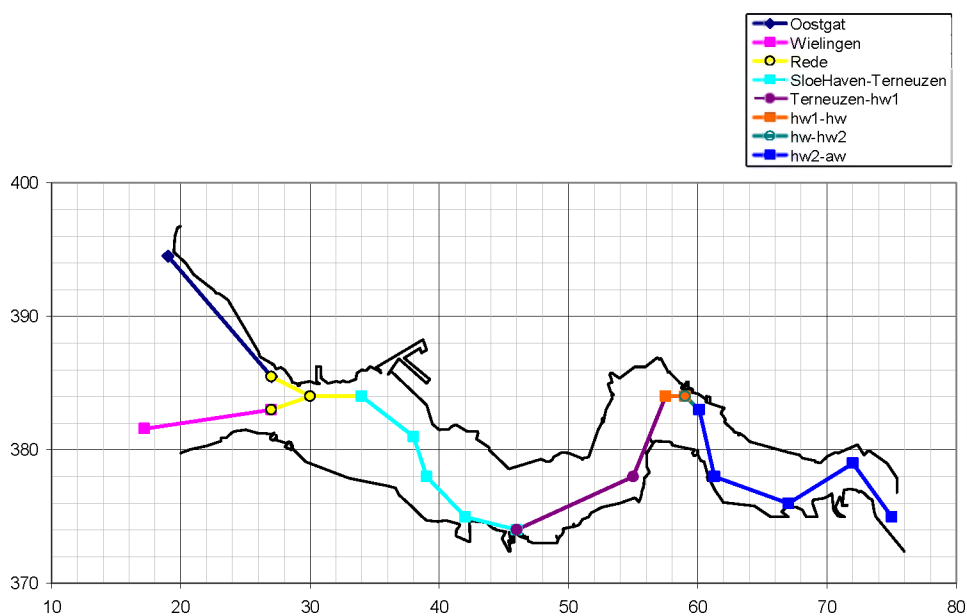
Het toenemen van het aantal getijafhankelijke vaart heeft wel invloed op het aantal ontmoetingen tussen de getijafhankelijke schepen onderling, maar nauwelijks invloed op het aantal ontmoetingen tussen getijafhankelijke schepen en getijonafhankelijke schepen. Aangezien de risicoschepen voor het externe getijonafhankelijk zijn wordt de invloed van de toename van de getijafhankelijke vaart verder niet beschouwd.

Modelvoorspelling vergeleken met het aantal waargenomen aanvaringen

De modelvoorspellingen voor de verwachtingswaarde van aantal aanvaringen wordt nu vergeleken met het aantal waargenomen aanvaringen.

Het aantal aanvaringen, maatgevend voor de huidige situatie is bepaald door AVIV in "Basic data Westerschelde 2003", [4]. Hierbij zijn alleen de relevante aanvaringen bepaald ten behoeve van de berekening voor de externe veiligheid, dus alleen aanvaringen **tussen twee zeeschepen**, waarbij de aanvaringen met ankerliggers op de rede van Vlissingen zijn weggelaten en ook de schepen met "geen schade" zijn buiten beschouwing gelaten.

De acht deeltrajecten die door AVIV onderscheiden zijn staan afgebeeld in Figuur 7.3.



Figuur 7.3 Indeling van de Trajecten zoals gebruikt in de AVIV-studie [4]

Een ander geraadpleegde bron voor de vergelijking is ONOVIS. Voor het project Monitoring Nautische Veiligheid is de periode 1990-1998 gecompleteerd met informatie uit andere databases. Deze verbetering ontbreekt voor de periode 1999-2002, waardoor de database voor deze periode niet alle aanvaringen zal bevatten.

Deeltraject	Modelvoorspelling aantal zeeschepen betrokken bij aanvaringen voor			Waargenomen aantal aanvaringen periode 1990-2002			
	SAMSON			ONOVIS			AVIV [4], excl. anker- liggers en schede "geen"
	Zee-Zee	Zee- Binnen	Zee-Zee + Zee- Binnen	Zee-Zee	Zee- Binnen	Zee-Zee + Zee- Binnen	Zee-Zee
Wielingen	2.6	0.1	2.7				0.5
Oostgat	2.1	0.0	2.1				2
Vlissingen West	10.9	2.2	13.2				9
Sloe-Terneuzen	10.7	4.1	14.8				8
Terneuzen -1.5Hansweert	6.0	6.7	12.7				9
-1.5Hansweert-Hansweert	1.4	3.1	4.6				0.5
Hansweert +1.5Hansweert	1.5	0.9	2.4				0.5
1.5Hansweert - Antwerpen	9.5	5.6	15.1				5
Totaal	44.9	22.7	67.5	68	17	85	34.5

Tabel 7.2 Vergelijking van het voorspelde aantal bij aanvaringen betrokken zeeschepen met het aantal waargenomen schepen bij aanvaringen betrokken zeeschepen (exclusief aanvaringen met ankerliggers)

De modelvoorspellingen zijn voor zeeschepen de waarden uit Tabel 7.1 vermenigvuldigd met 13 (duur van de waarnemingsperiode 1990-2002). Het model voorspelt 44.9 zeeschepen betrokken bij 44.9/2 aanvaringen tussen zeeschepen en 22.6 zeeschepen betrokken bij de 22.6 aanvaringen tussen een zeeschip en een binnenschip. Deze aantallen zijn moeilijk te vergelijken met de aantallen per deeltraject uit de geraadpleegde bronnen omdat bij ONOVIS de ongevalslocatie onvoldoende betrouwbaar is voor een dergelijke analyse en AVIV in de toedeling niet alle bij aanvaringen betrokken zeeschepen heeft beschouwd.

Vergelijking met ONOVIS

De toedeling van het aantal aanvaringen uit ONOVIS aan de trajecten zou kunnen worden gedaan op basis van de opgegeven (x,y) positie in het ONOVIS-bestand, ware het niet dat deze positieaanduiding zeer vaak niet klopt. Zo zou er volgens de (x,y) positie geen enkele aanvaring hebben plaatsgevonden op het traject Terneuzen-Hansweert, hetgeen niet juist is. De bij aanvaringen betrokken zeeschepen uit ONOVIS worden daarom alleen als totaalcijfer gegeven in Tabel 7.2 gebruikt om het niveau van de modelvoorspelling te kunnen vergelijken met het aantal waarnemingen. De verdeling over de trajecten wordt niet gegeven om verwarring te voorkomen.

Het model voorspelt een 32% lagere waarde voor het aantal aanvaringen. Het verschil ligt vooral bij het aantal aanvaringen bij oplopen. Op de Westerschelde is de kans op een aanvaring bij oplopen gegeven een ontmoeting relatief groot omdat de afmetingen van de vaargeul beperkt zijn. Dit type aanvaring leidt echter over het algemeen, vanwege de snelheidsverschillen, tot minder grote schades en speelt daarom geen grote rol bij het vaststellen van het aantal schadeklassen 4+5 aanvaringen, maatgevend voor het externe risico. In feite zou vooral de kans op een aanvaring gegeven een ontmoeting bij oplopen moeten worden verhoogd.

Het SAMSON-model voorspelt 22.6 aanvaringen tussen een zeeschip en een binnenschip, dus een 33% hogere waarde dan uit de waargenomen aanvaringen volgt. De aanvaringskans gegeven een ontmoeting tussen een zeeschip en een binnenschip is gelijk verondersteld aan de aanvaringskans van kleine zeeschepen en dat blijkt te hoog te zijn. Op grond van deze vergelijking zou deze kans op een aanvaring gegeven een ontmoeting mogen worden verkleind.

AVIV heeft in haar studie de ongevalslocaties gecorrigeerd en voor de externe veiligheid maatgevende 34.5 bij aanvaringen betrokken zeeschepen toebedeeld aan de trajecten. Echter hierbij zijn alleen de zeeschepen betrokken bij aanvaringen tussen zeeschepen meegenomen waarbij nog een aantal aanvaringen buiten beschouwing zijn gelaten, namelijk aanvaringen met ankerliggers en aanvaringen zonder schade (scheepsschade code "geen").

Het SAMSON-model voorspelt voor deze 13 jarige periode 44.9 bij zeevaart-zeevaart betrokken schepen verspreid over de acht deeltrajecten, dus meer dan de 34.5 waargenomen schepen van AVIV, maar de SAMSON-modelvoorspelling bevatten ook bij aanvaringen betrokken schepen met zeer geringe schade terwijl AVIV deze niet meegenomen heeft. Het verschil tussen de voorspelling en de werkelijkheid komt doordat:

- het model niet alles modelleert dat invloed heeft op de aanvaringskans;
- het optreden van een aanvaring een stochastische (Poisson) proces is waardoor het waargenomen aantal aanvaring kan afwijken van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen.

De belangrijkste reden van een afwijking van het aantal voorspelde aanvaringen met de waarnemingen is dat de aanvaringskans gegeven een ontmoeting op de Westerschelde anders is dan op zee, doordat de lokale omstandigheden, zoals beperkt en bochtig vaarwater de mogelijkheden om uit te wijken verkleinen. Aan de ander kant werkt het feit dat de alertheid groot is weer gunstig op de aanvaringskans gegeven een ontmoeting.

De invloed van de lokale omstandigheden op de aanvaringskans gegeven een ontmoeting zou als een factor ingebracht kunnen worden. Het probleem is echter welke factor toegepast zou moeten worden. Een eerste schatting voor deze factor volgt uit de verhouding van het aantal waargenomen aanvaringen en het voorspelde aantal aanvaringen. Dit is wel de beste schatter, maar de werkelijke waarde kan hier toch behoorlijk van afwijken.

Voordat een correctie wordt toegepast wordt eerst het effect van het stochastische proces nader beschouwd. Het aantal realisaties (waargenomen aanvaringen) van het stochastische proces is vaak (gelukkig) klein, maar dit betekent wel dat het betrouwbaarheidsinterval voor de verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen relatief groot, dus onnauwkeurig, is.

Op basis van een waargenomen aantal aanvaringen en de aanname dat het optreden van een aanvaring onder gelijkblijvende omstandigheden een Poisson proces is, kan de ondergrens en de bovengrens van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen worden bepaald. De betrouwbaarheid waarmee men de uitspraak wenst te doen is maatgevend voor het verschil tussen de boven- en ondergrens van het betrouwbaarheidsinterval. Indien een grotere betrouwbaarheid vereist is wordt het interval groter. In de meeste gevallen werkt men met een 95% betrouwbaarheidsinterval, maar dit wordt gezien het kleine aantal realisaties wel erg groot. Daarom zijn de grenzen in de Tabel 7.3 gegeven voor een 75%, 80% en 90% betrouwbaarheidsinterval.

In Tabel 7.3 wordt getoond in hoeverre de voorspelde verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen ligt binnen het betrouwbaarheidsgebied van het waargenomen aantal schepen bij aanvaringen. Het aantal aanvaringen en niet het bij aanvaringen betrokken schepen volgt een Poisson proces. Daarom moet eerst het aantal bij aanvaringen betrokken schepen, bijvoorbeeld 8, vertaald worden naar 4 aanvaringen, vervolgens de grenzen van het interval bepalen en weer met 2 vermenigvuldigen om het aantal bij aanvaringen betrokken schepen te krijgen. Echter omdat sommige aanvaringen maar voor de helft geteld zijn is niet door 2 gedeeld maar door 1.5 waardoor de intervallen kleiner worden.

Deeltraject	Waargenomen aanvaringen plus bijbehorende grenzen van het betrouwbaarheidsinterval						SAMSON voorspelling	
	Waarge- nomen schepen bij aanvaringen (bron AVIV)	75% betrouwbaar- heidsinterval		80% betrouwbaar- heidsinterval		90% betrouwbaar- heidsinterval		
		Onder- grens	Boven- grens	Onder- grens	Boven- grens	Onder- grens		Boven- grens
Wielingen	0.5	0.1	1.8	0.1	1.9	0.0	2.4	1.99
Oostgat	2	0.4	7.2	0.4	7.6	0.1	9.5	1.65
Vlissingen West	9	5.1	15.0	4.8	15.8	3.9	17.8	8.42
Sloe-Terneuzen	8	4.3	14.1	4.0	14.7	3.2	16.8	8.25
Terneuzen -1.5Hansweert	9	5.1	15.0	4.8	15.8	3.9	17.8	4.60
-1.5Hansweert-Hansweert	0.5	0.1	1.8	0.1	1.9	0.0	2.4	1.11
Hansweert +1.5Hansweert	0.5	0.1	1.8	0.1	1.9	0.0	2.4	1.15
1.5Hansweert - Antwerpen	5	2.2	10.5	2.0	11.0	1.4	12.9	7.33
Totaal	34.5							34.50

Tabel 7.3 Betrouwbaarheidsintervallen van het waargenomen aantal aanvaringen tussen twee zeeschepen.

Voor de vergelijking zijn alle door het SAMSON-model voorspelde waarden vermenigvuldigd met een factor 34.5/44.9 om te corrigeren voor de lokale omstandigheden en het feit dat aanvaringen zonder schade niet worden meegenomen. Dit is de gemiddelde correctiefactor voor de gehele Westerschelde om de modelresultaten te vertalen naar bij aanvaringen betrokken schepen zoals verzameld door AVIV als relevante aanvaringen voor de externe risicoberekening.

Het is duidelijk dat het geen kunst is om te voldoen aan het betrouwbaarheidsinterval wanneer dit berust op een klein aantal waarnemingen zoals bij Wielingen, Oostgat en bij de 1.5 km trajecten bij Hansweert. Echter ook op de andere trajecten ligt het voorspelde aantal bij aanvaringen betrokken schepen binnen het betrouwbaarheidsinterval. Het meest kritisch lijkt het traject Terneuzen tot Hansweert, waar de voorspelling 4.6 maar net boven de ondergrens van 3.9 ligt bij het 90% betrouwbaarheidsinterval.

Op basis van Tabel 7.3 mag geconcludeerd worden dat er geen reden is om het model te verwerpen. De modelvoorspelling zou nog aangepast kunnen worden door met trajectafhankelijke correctiefactoren te werken, maar deze factoren kunnen niet met redelijke nauwkeurigheid worden bepaald.

Het model wordt alleen gebruikt voor het voorspellen van het toekomstige aantal bij aanvaringen betrokken schepen als index van het huidige aantal bij aanvaringen betrokken schepen. Dat betekent dat iedere toegepaste correctiefactor er dan direct weer wordt uitgedeeld.

Het model wordt feitelijk gebruikt voor het voorspellen van de toekomstige nautische veiligheid bij een verandering van het aantal scheepsbewegingen en de schaalvergroting van de schepen. Het effect van deze grootheden laat zich goed voorspellen, vooral wanneer de lokale omstandigheden gelijk blijven. Alleen bij de verdieping is er wel een verandering in de lokale omstandigheden, maar het grootste effect op de nautische veiligheid zal toch worden veroorzaakt door de toename van het aantal scheepsbewegingen bij verdieping van de vaarweg.

Voor het presenteren van het juiste niveau van bij aanvaringen tussen zeeschepen betrokken schepen, die relevant zijn voor de studie naar het externe risico wordt gewerkt met een algemene correctiefactor van 0.77 (=34.5/44.9), zodat de totalen op hetzelfde niveau worden gebracht als in de AVIV studie [4] die gebruikt is voor de bepaling van het externe risico voor de periode 1998-2002. Bovendien brengt het toepassen van deze factor op het aantal voorspelde zeeschip-binnenschip aanvaringen van 22.6 ook op het niveau van 17 waargenomen aanvaringen. Maar deze zeevaart-binnenvaart aanvaringen worden niet meegenomen voor het berekenen van het externe risico.

Conclusie

De modelvoorspellingen liggen binnen de betrouwbaarheidsgebieden van de waarnemingen.

De verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen wordt voor de 18 scenario's, 3 steekjaren, 3 economisch scenario's en twee vaarweg lay-outs relatief ten opzichte van de verwachtingswaarde voor 2002 worden gebruikt.

Voor de vervolgberekeningen voor externe veiligheid worden alle modelvoorspelling relatief ten opzichte van het basisscenario worden gebruikt.

Stap 4: Ontwikkeling van de aanvaringskans in de toekomst

Voor het bepalen van de ongevalskans voor de scenario's is het belangrijk om een indicatie te hebben van hoe deze ongevalskans zich in de toekomst gaat ontwikkelen. Met de ongevalskans wordt bij aanvaringen bedoeld de kans dat een ontmoeting tussen twee schepen resulteert in een aanvaring. Deze kans ligt op dit moment gemiddeld op eens in de 50 000 ontmoetingen en varieert over scheepstypen en scheepsgroottes.

De ontwikkeling van de aanvaringskans gegeven een ontmoeting is lastig te bepalen, zeker wanneer gezocht wordt naar gevoeligheid voor scheepstype en grootte. Het aantal aanvaringen dat in het Schelde-estuarium plaatsvindt is onvoldoende voor een dergelijke analyse. Voor het bepalen van gevoeligheden voor scheepstype en scheepsgrootte is daarom gebruik gemaakt van de wereldwijde ongevalsdatabase van Lloyd's Register Fairplay (LRF) over de periode 1990-2002. Deze database bevat 17300 schepen betrokken bij ongevallen waaronder 8910 schepen betrokken bij aanvaringen. Helaas is niet te bepalen hoeveel ontmoetingen er wereldwijd plaatsvinden. De plaatsgevonden ongevallen zijn daarom gerelateerd aan de wereldvloot. Impliciet wordt daarbij aangenomen dat het gemiddelde aantal ontmoetingen voor ieder scheepstype en iedere grootte klasse gelijk is. Deze analyse geeft vooral de onderlinge ongevalsgevoeligheid naar scheepstype en grootte. Vervolgens is de aanvaringskans gegeven een ontmoeting bepaald voor de Noordzee, waar het aantal ontmoetingen uit de verkeersdatabase van de Noordzee berekend is. Met deze aanvaringskans kan vervolgens voor ieder gebied het verwachte aantal aanvaringen bepaald worden op basis van een beschrijving van de verkeersafwikkeling.

Het aantal ongevallen is de laatste decennia flink gedaald door betere schepen, betere hulpmiddelen en maatregelen en een wat onduidelijker rol van de bemanning. Maar de vraag is of deze trend zich doorzet in de toekomst. Deze vraag is geanalyseerd door de verandering van het aantal ongevallen in de LRF-database door de jaren heen te onderzoeken.

Het resultaat is te zien in Figuur 7.4, Figuur 7.5 en Figuur 7.6. Het ongevalsniveau is in deze figuren uitgezet als percentage ten opzichte van de gemiddelde waarde in de periode 1990-2002, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar het type ongeval, de ernst van het ongeval en het type gebied. In de legenda wordt steeds de volgende typering a-b-c-d gebruikt. De betekenis van deze typering is:

- a = ww (worldwide) of NS (North Sea tussen 50-60 N en 0-10 OL)
- b = type ongeval, (all) (alle) of CN (collisions)
- c = ernst van het ongeval, (all) (alle) of S (serious)
- d = type gebied, S (at sea), R (restricted area), P (port)

De Westerschelde wordt in de LRF-ongevalsdatabase met het type R van “restricted water” aangeduid. Aangezien het aantal aanvaringen (CN) het meest maatgevend is voor de externe veiligheid in de Westerschelde is dus het verloop van de kromme WW-CN-(all)-R het meest maatgevend voor de ontwikkeling van de aanvaringskans in de Westerschelde op de langere termijn. De grilligheid van de lijnen neemt toe naarmate het aantal schepen waaruit de figuur is samengesteld daalt. Zoals uit Tabel 7.4 te lezen valt zijn er maar 123 bij aanvaringen betrokken schepen in het Noordzeegebied. Deze 123 schepen zijn dan bij NS-CN-(all)-R verdeeld over de jaren 1990 tot 2002.

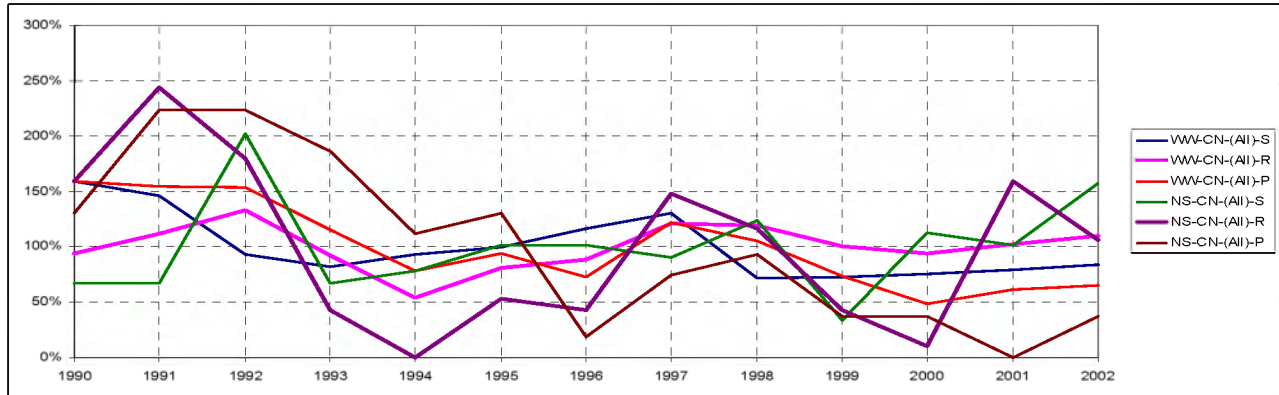
Uit de ongevalsanalyse (weergegeven in de figuren) kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het **aantal ongevallen** neemt wereldwijd en in het Noordzeegebied door de jaren heen af. Wereldwijd voor ongevallen op zee van een niveau van 140% in 1990 tot 80% in 2002. De afname is in beperkt vaarwater (R) veel geringer. (zie)
- Het **aantal aanvaringen** neemt wereldwijd door de jaren alleen in havens (P) af, maar op zee (S) en in beperkt vaarwater (R) lijkt het aantal aanvaringen de laatste tijd zelfs iets toe te nemen. (zie).
- Ook voor ernstige aanvaringen geldt hetzelfde als in het vorige punt. Ook hier is eerder een toename dan een afname te zien. (zie Figuur 7.6) .

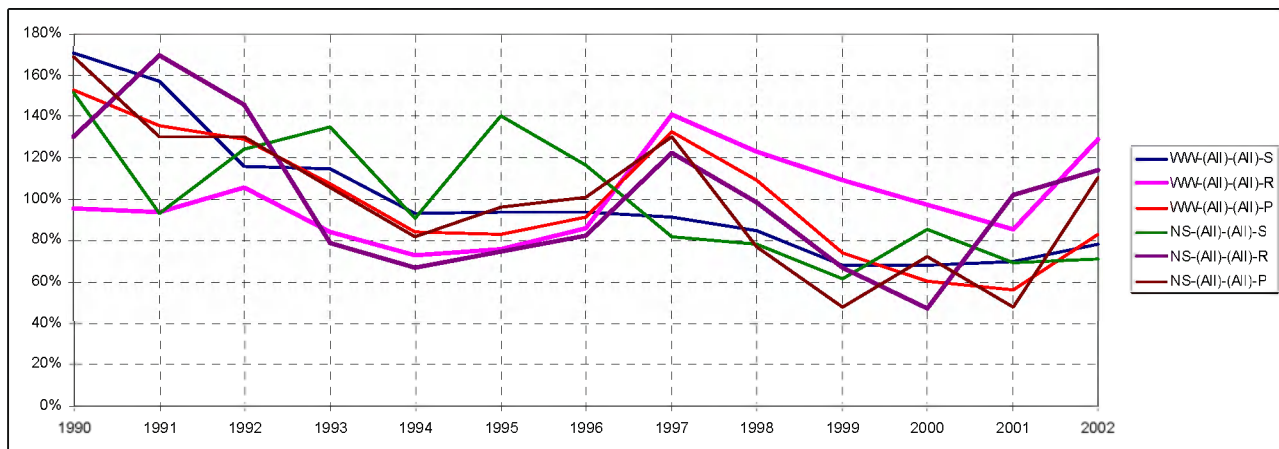
De heer Prins heeft in zijn proefschrift “De nautische veiligheid en de vlotheid en de maritieme toegankelijkheid in het Schelde-estuarium” [6] een iets gunstigere beeld van het verloop van het aantal ongevallen door de jaren heen gevonden. In zijn analyse vanaf 1979 toont hij ook een duidelijke afname van alle ongevallen. Ook het aantal aanvaringen is in de eerste jaren vanaf 1979 sterk gedaald in het Schelde-estuarium, maar vanaf 1995 tot en met 2002 is er in de reeks (7,8,7,12,5,8,6,4) nog maar nauwelijks een daling aanwezig. Het lijkt er dan ook op dat regionaal en internationaal sinds 1995 de nautische veiligheid voor wat betreft het ongevalstype aanvaringen moeilijk te verbeteren is.

Conclusie van de ongevalsanalyse:

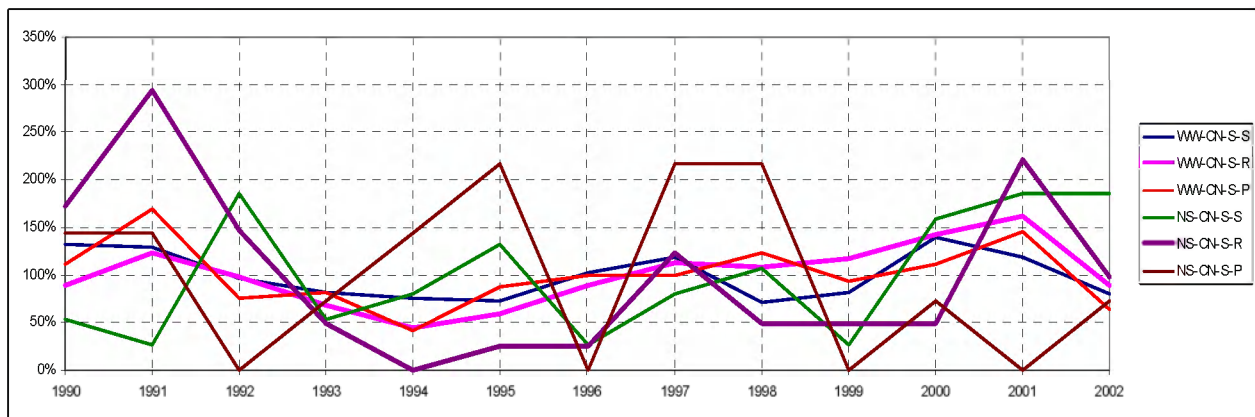
Op basis van deze ongevalsanalyse kan niet een jaarlijkse factor worden toegepast waarmee de ongevalskans gemiddeld afneemt. Zo'n factor zou wel gebruikt kunnen worden voor bijvoorbeeld de kans op een machinestoring (een ander ongevalstype dat in de LRF-databse voorkomt), maar zeker niet voor het ongevalstype aanvaring in beperkt vaarwater. Natuurlijk zijn er wel ontwikkelingen in de toekomst mogelijk waardoor de aanvaringskans gegeven een per ontmoeting kleiner zou kunnen worden, maar deze kunnen niet op voorhand worden gekwantificeerd. Nieuwe ontwikkeling zijn het gebruik van de PPU en de invoering van AIS. De verwachting is dat door AIS het aantal aanvaringen zal afnemen, maar deze winst zal vermoedelijk vooral op zee behaald worden en in mindere mate in beperkt vaarwater.



Figuur 7.4 Ontwikkeling van het totaal aantal ongevallen wereldwijd en in het Noordzeegebied in de periode 1990-2002



Figuur 7.5 Ontwikkeling van het totaal aantal aanvaringen wereldwijd en in het Noordzeegebied in de periode 1990-2002



Figuur 7.6 Ontwikkeling van het aantal ernstige aanvaringen wereldwijd en in het Noordzeegebied in de periode 1990-2002

In Tabel 7.4 is een overzicht gegeven van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen wereldwijd en in de Noordzee (tussen 50°-60° NB en 0°-10° OL). Bij wereldwijd 265 van de 676 bij aanvaringen in beperkt vaarwater betrokken schepen (39%) treedt ernstige schade, vergelijkbaar met schadeklasse 4+5, op. In het Noordzeegebied is dit bij 53 van de 123 schepen het geval, dus in 43% van de gevallen, iets hoger, maar de betrouwbaarheid is kleiner vanwege het kleinere aantal aanvaringen. Men zou verwachten dat de kans op een zware schade in beperkt vaarwater kleiner is dan op zee doordat er langzamer gevaren wordt, maar dit effect is op beperkt vaarwater nog niet te vinden. Pas in de haven zelf is het effect van de lagere snelheid terug te vinden in de kleinere kans van 24% op een zware schade.

		All			serious %		
		S: At sea	R: Restricted area	P: Port	S: At sea	R: Restricted area	P: Port
WW: world-wide	All: all casualties	8910	2138	3477	66%	51%	46%
	CN: Collisions	1770	676	917	35%	39%	24%
NS: North Sea	All: all casualties	713	330	270	72%	50%	43%
	CN: Collisions	116	123	70	42%	43%	51%

Tabel 7.4 Overzicht schades bij ongevallen in Lloyd's Register Fairplay van 1990-2002

Op basis van deze gegevens zou men dus verwachten dat in ongeveer 40% van de bij aanvaringen betrokken zeeschepen schadeklasse 4+5 zal optreden. Dit percentage is veel hoger dan in ONOVIS bij aanvaringen voorkomt. De reden is dat in ONOVIS veel meer kleine aanvaringen, zelfs zonder scheepsschade, worden opgenomen die nooit in de LRF database zullen komen. Dit is bijvoorbeeld ook de reden waarom ONOVIS relatief veel aanvaringen bij oplopen bevat waarbij nooit scheepsschade 4+5 is opgetreden. Voor de beste schatting van het aantal scheepsschades klasse 4+5 wordt daarom niet met de 40% uit LRF gewerkt maar met het niveau dat overeenkomt met aantal waargenomen zware scheepsschades 4+5 in de periode 1990-2002 in de Westerschelde.

In ONOVIS zijn uit de door AVIV in het onderzoek meegenomen type aanvaringen 12 zware schades geregistreerd in 1990-2002. Dit betekent dus een schadeklasse 4+5 verhouding van $12/34.5 = 0.35$. Dit aandeel is dus wel iets lager dan in LRF maar lijkt redelijk en bevat impliciet de lokale omstandigheden.

De verwachting is dat er bij gelijkblijvende omstandigheden bij $34.5/13 \cdot 0.35 = 0.93$ zeeschepen per jaar met een scheepsschade 4+5 uit een aanvaring tussen twee zeeschepen zullen voortkomen. Indien wordt aangenomen dat het optreden van zware schade binnen de groep bij aanvaring betrokken schepen dan is de bovengrens voor een 75% betrouwbaarheidsinterval gelijk aan 15.2, overeenkomend met gemiddeld 1.17 schadeklasse 4+5 schip per jaar.

Stap 5 Modelleren van de verkeersafwikkeling voor de 18 verkeersscenario's.

De 18 verkeersscenario's voor de toekomstige situatie zijn reeds beschreven in hoofdstuk 6. Van ieder scenario is de verkeersafwikkeling in het SAMSON-model ingevoerd.

Stap 6 Bepalen van de relatieve verandering van het aanvaringsniveau ten opzichte van het basisscenario (resultaat van stap 2)

Van ieder verkeersscenario is een verkeersdatabase voor SAMSON aangemaakt. Voor ieder scenario is de verwachtingswaarde per traject bepaald. Vervolgens worden de resultaten relatief ten opzichte van het basisjaar weergegeven, omdat deze relatieve waarde direct inzicht geeft in de verandering ten opzichte van het huidige niveau.

In Tabel 7.5 tot en met Tabel 7.13 worden de resultaten van de berekeningen gegeven voor de 18 scenario's. Voor ieder economisch scenario worden drie tabellen gegeven. Iedere tabel bevat de waarden voor het basisjaar 2002 en de drie steekjaren 2010, 2020 en 2030 voor de huidige vaarweg en de vaarweg na verdieping. De waarden worden absoluut en als index van het basisjaar 2002 gegeven.

- De eerste tabel bevat het gemiddeld aantal scheepsbewegingen per deeltraject. Uit deze tabel is dus gemakkelijk te halen hoe het aantal scheepsbewegingen zich ontwikkelt. Tabel 7.5 geeft voor het grootste groeiscenario Global Competition het gemiddeld aantal schepen in de regio. Het rechter deel van de tabel met de indexcijfers geeft het beste inzicht in de veranderingen. Het gemiddelde aantal aanwezige schepen in het Schelde-estuarium varieert tussen 84.9% en 99.2% van het huidige gemiddelde aantal aanwezige schepen.
- De tweede tabel geeft aan hoe het aantal bij aanvaringen betrokken zeeschepen verandert. De eerste kolom bevat het gemiddelde aantal van 2.65 zeeschepen per jaar betrokken bij "relevante" aanvaringen in de periode 1990-2002. Relevant betekent, gebruikt voor de verdeling van de aanvaringen over de vaarwegtrajecten ten behoeve van de berekening van het externe risico. De tweede kolom bevat de modelvoorspelling die op 3.45 uit komt. De derde kolom geeft de modelvoorspelling gecorrigeerd voor het Schelde-estuarium, zodat ook het niveau van gemiddeld 2.65 bij aanvaringen schepen betrokken schepen wordt bereikt en een vergelijking met de eerste kolom mogelijk is. In feite zou hier een grotere correctiefactor toegepast mogen worden omdat de eerste kolom het gemiddelde aantal per jaar over de laatste 13 jaar aangeeft en er in de eerste jaren relatief meer aanvaringen hebben plaatsgevonden. Het gaat echter om het rechterdeel van de tabel waarin de index aangeeft hoe de verwachtingswaarde ten opzichte van de huidige waarde verandert. **Deze index verandert niet wanneer een andere correctiefactor wordt toegepast.** Voor Global Competition in Tabel 7.6 varieert het totaal aantal bij aanvaringen betrokken schepen tussen 95.2% en 120.7% van het huidige niveau. Dit zijn percentages voor 2030 voor respectievelijk de huidige vaarweg en de vaarweg bij verdieping.
- De derde tabel bevat het aantal zeeschepen betrokken bij aanvaringen tussen een zeeschip en een binnenschip. De eerste kolom bevat de verdeling van de bij aanvaringen tussen zeeschepen betrokken schepen over de trajecten. Geen absolute waarden hier, omdat het alleen zeeschepen betreft. In feite kan hier geen vergelijking worden gemaakt met wat er verder in de tabel staat, omdat de intensiteit van binnenschepen heel anders verdeeld is over de regio dan die van zeeschepen. De rest van de tabel heeft dezelfde opbouw als de vorige tabel voor aanvaringen tussen zeeschepen onderling. De variatie van zeeschip-

binnenschip aanvaringen over de scebario's is kleiner omdat het aantal binnenvaartbewegingen constant gehouden is.

Bij European Coördination ligt de verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen tussen zeeschepen betrokken schepen op 71.6% tot 99.3% van het huidige aantal. Bij het scenario Divided Europe loopt dit nog verder terug tot 47.0% tot 85.2% van het huidige niveau. Dus alleen voor Global Competition worden er meer aanvaringen hogere verwacht.

Aanvaringen met ankerliggers

De beste schatting voor de toename of afname van het aantal aanvaringen met ankerliggers is de toename of afname van het aantal aanvaringen tussen varende zeevaart onderling voor het traject waarin het ankergebied ligt. Hierbij is dan verondersteld dat de gemiddelde bezetting van het ankergebied qua intensiteit en samenstelling mee verandert met de veranderingen in de intensiteit en de samenstelling van de zeevaart die langs het ankergebied vaart. Dit kan als een autonome ontwikkeling beschouwd worden. Natuurlijk kan door het nemen van bronmaatregelen het risico van ankergebieden beïnvloed worden, maar deze worden niet beschouwd in deze studie.

Voor het bepalen van de externe veiligheid zijn aanvaringen met ankerliggers niet relevant, omdat over het algemeen alleen grote schade kan ontstaan bij het aangevaren geankerde schip. In de voor de externe veiligheid kritische schepen mogen dan ook niet in kritische gebieden voor anker liggen.

Traject	Gemiddeld aantal schepen op het traject							Index ten opzichte van 2002					
	2002	2010		2020		2030		2010		2020		2030	
		Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping
Wielingen	1.7	1.7	1.8	1.6	1.7	1.5	1.7	97.2	103.0	92.8	101.3	87.7	99.0
Oostgat	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3	1.1	1.2	95.3	96.8	88.9	90.7	82.9	85.4
Vlissingen West	3.0	2.6	2.7	2.4	2.6	2.3	2.5	84.5	87.7	80.2	84.7	75.8	81.9
Sloe-Terneuzen	3.2	3.1	3.2	2.9	3.1	2.7	3.0	96.5	101.1	91.1	97.7	86.0	94.8
Terneuzen -1.5Hansweert	2.8	2.7	2.9	2.6	2.8	2.5	2.8	96.8	102.8	91.8	100.3	87.9	99.4
-1.5Hansweert-Hansweert	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	96.7	102.7	91.7	100.1	87.7	99.2
Hansweert +1.5Hansweert	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	96.9	102.9	92.0	100.6	88.2	99.8
1.5Hansweert – Antwerpen	3.7	3.6	3.8	3.4	3.7	3.2	3.7	96.9	103.0	92.0	100.6	88.2	99.8
Totaal	16.26	15.35	16.13	14.54	15.65	13.81	15.30	94.4	99.2	89.4	96.3	84.9	94.1

Tabel 7.5 Global Competition: Aanwezige zeevaart op de trajecten plus indexcijfers

Traject	Gemiddeld aantal bij aanvaringen waargenomen schepen/jaar 1998-2002	Verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen per jaar		Index ten opzichte van 2002 (model waarden)					
		2002		2010		2020		2030	
		Model	Gecorrigeerd	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping
Wielingen	0.04	0.20	0.15	101.1	115.7	100.2	124.0	98.0	131.0
Oostgat	0.15	0.17	0.13	95.4	98.3	89.3	92.9	83.0	88.3
Vlissingen West	0.69	0.84	0.65	96.1	103.4	94.2	105.7	91.8	107.8
Sloe-Terneuzen	0.62	0.83	0.63	99.2	110.4	97.0	114.7	94.4	118.9
Terneuzen -1.5Hansweert	0.69	0.46	0.35	99.9	114.4	98.2	121.3	98.3	131.1
-1.5Hansweert-Hansweert	0.04	0.11	0.09	99.7	114.1	97.7	120.6	97.7	130.1
Hansweert +1.5Hansweert	0.04	0.12	0.09	100.0	114.8	98.6	122.1	98.9	132.3
1.5Hansweert – Antwerpen	0.38	0.73	0.56	100.0	114.8	98.6	122.1	99.0	132.3
Totaal	2.65	3.45	2.65	98.7	110.2	96.7	114.9	95.2	120.7

Tabel 7.6 Global Competition: Verwachtingswaarde van het aantal schepen per jaar betrokken bij aanvaringen tussen zeeschepen onderling plus indexcijfers

Traject	Distributie van schepen bij zeevaart-zeevaart aanvaringen uit waarnemingen 1990-2002	Verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen per jaar		Index ten opzichte van 2002 (model waarden)					
		2002		2010		2020		2030	
		Model	Gecorrigeerd	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping
Wielingen	0.014	0.01	0.00	97.7	104.2	93.3	102.8	88.0	100.4
Oostgat	0.058	0.00	0.00	99.8	101.5	93.7	95.9	88.3	91.4
Vlissingen West	0.261	0.17	0.13	99.5	103.9	98.7	105.7	98.3	108.2
Sloe-Terneuzen	0.232	0.32	0.24	100.1	105.6	98.9	107.7	99.0	111.4
Terneuzen -1.5Hansweert	0.261	0.52	0.40	100.0	107.1	99.1	110.3	100.2	116.1
-1.5Hansweert-Hansweert	0.014	0.24	0.18	100.2	107.3	99.3	110.6	100.6	116.4
Hansweert +1.5Hansweert	0.014	0.07	0.05	100.5	107.7	100.4	111.9	101.8	117.9
1.5Hansweert – Antwerpen	0.145	0.43	0.33	100.5	107.7	100.4	111.9	101.7	117.9
Totaal	1.000	1.74	1.34	100.1	106.7	99.4	109.9	100.3	115.0

Tabel 7.7 Global Competition: Verwachtingswaarde van het aantal schepen per jaar betrokken bij aanvaringen tussen een zeeschip en een binnenschip plus indexcijfers

Traject	Gemiddeld aantal schepen op het traject							Index ten opzichte van 2002					
	2002	2010		2020		2030		2010		2020		2030	
		Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping
Wielingen	1.7	1.6	1.6	1.5	1.6	1.3	1.5	93.1	95.7	85.2	93.0	77.0	85.9
Oostgat	1.4	1.2	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	90.4	90.7	80.9	82.8	71.7	74.1
Vlissingen West	3.0	2.4	2.5	2.2	2.4	2.0	2.2	80.9	82.8	74.0	78.2	67.0	71.9
Sloe-Terneuzen	3.2	2.9	3.1	2.6	2.8	2.4	2.6	91.8	96.2	83.1	89.3	74.6	81.8
Terneuzen -1.5Hansweert	2.8	2.6	2.7	2.3	2.6	2.1	2.4	92.1	97.8	83.5	91.5	76.1	85.4
-1.5Hansweert-Hansweert	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	92.1	97.7	83.4	91.4	76.0	85.2
Hansweert +1.5Hansweert	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	92.2	98.0	83.6	91.8	76.3	85.7
1.5Hansweert – Antwerpen	3.7	3.4	3.6	3.1	3.4	2.8	3.1	92.2	98.0	83.6	91.7	76.3	85.7
Totaal	16.26	14.63	15.27	13.27	14.32	12.02	13.23	89.9	93.9	81.6	88.1	73.9	81.3

Tabel 7.8 European Coördination Aanwezige zeevaart op de trajecten plus indexcijfers

Traject	Gemiddeld aantal bij aanvaringen waargenomen schepen/jaar (1998-2002)	Verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen per jaar		Index ten opzichte van 2002 (model waarden)					
		2002		2010		2020		2030	
		Model	Gecorrigeerd	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping
Wielingen	0.04	0.20	0.15	92.6	100.3	83.9	103.6	74.1	96.0
Oostgat	0.15	0.17	0.13	85.3	86.4	73.2	76.6	61.0	65.3
Vlissingen West	0.69	0.84	0.65	88.8	93.9	81.2	91.1	73.0	84.3
Sloe-Terneuzen	0.62	0.83	0.63	89.8	99.8	80.1	94.8	70.0	86.5
Terneuzen -1.5Hansweert	0.69	0.46	0.35	90.3	103.4	80.6	99.9	72.4	94.4
-1.5Hansweert-Hansweert	0.04	0.11	0.09	90.1	103.0	80.3	99.4	72.0	93.9
Hansweert +1.5Hansweert	0.04	0.12	0.09	90.4	103.7	80.8	100.4	72.7	95.2
1.5Hansweert – Antwerpen	0.38	0.73	0.56	90.4	103.8	80.8	100.4	72.7	95.2
Totaal	2.65	3.45	2.65	89.7	99.3	80.5	95.7	71.6	88.9

Tabel 7.9 European Coördination: Verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen per jaar betrokken bij aanvaringen tussen zeeschepen onderling plus indexcijfers

Traject	Distributie van schepen bij zeevaart-zeevaart aanvaringen	Verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen per jaar		Index ten opzichte van 2002 (model waarden)					
		2002		2010		2020		2030	
		Model	Gecorrigeerd	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping
Wielingen	0.014	0.01	0.00	93.6	96.8	85.7	94.5	77.4	87.2
Oostgat	0.058	0.00	0.00	94.6	95.7	85.3	87.6	76.6	79.5
Vlissingen West	0.261	0.17	0.13	95.3	99.2	90.9	97.5	86.4	94.3
Sloe-Terneuzen	0.232	0.32	0.24	95.1	100.6	89.6	98.0	84.9	95.0
Terneuzen -1.5Hansweert	0.261	0.52	0.40	95.1	101.8	89.7	100.0	85.9	98.3
-1.5Hansweert-Hansweert	0.014	0.24	0.18	95.3	102.0	90.0	100.3	86.2	98.7
Hansweert +1.5Hansweert	0.014	0.07	0.05	95.5	102.4	90.9	101.4	87.1	99.8
1.5Hansweert – Antwerpen	0.145	0.43	0.33	95.6	97.2	90.9	101.5	87.1	99.9
Totaal	1.000	1.74	1.34	95.3	100.2	90.2	99.8	86.1	97.8

Tabel 7.10 European Coördination: Verwachtingswaarde van het aantal schepen per jaar betrokken bij aanvaringen tussen een zeeschip en een binnenschip plus indexcijfers

Traject	Gemiddeld aantal schepen op het traject							Index ten opzichte van 2002					
	2002	2010		2020		2030		2010		2020		2030	
		Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping
Wielingen	1.7	1.5	1.6	1.3	1.4	1.1	1.2	86.4	90.9	74.4	80.5	62.6	69.2
Oostgat	1.4	1.1	1.2	1.0	1.0	0.8	0.8	82.7	84.2	69.0	71.0	57.1	59.6
Vlissingen West	3.0	2.3	2.4	2.0	2.1	1.7	1.8	75.1	77.7	65.0	68.4	55.5	59.4
Sloe-Terneuzen	3.2	2.7	2.8	2.3	2.4	1.9	2.1	84.5	88.3	71.7	76.7	59.9	65.6
Terneuzen -1.5Hansweert	2.8	2.4	2.5	2.0	2.2	1.7	1.9	84.8	89.7	72.1	78.7	61.0	68.4
-1.5Hansweert-Hansweert	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	84.8	89.6	72.0	78.5	60.9	68.3
Hansweert +1.5Hansweert	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	84.9	89.8	72.2	78.8	61.1	68.6
1.5Hansweert – Antwerpen	3.7	3.1	3.3	2.6	2.9	2.2	2.5	84.9	89.8	72.2	78.8	61.1	68.6
Totaal	16.3	13.5	14.1	11.5	12.4	9.7	10.7	83.0	86.9	70.7	76.0	59.6	65.6

Tabel 7.11 Divided Europe: Aanwezige zeevaart op de trajecten plus indexcijfers

Traject	Gemiddeld aantal bij aanvaringen waargenomen schepen/jaar 1998-2002	Verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen per jaar		Index ten opzichte van 2002 (model waarden)					
		2002		2010		2020		2030	
		Model	Gecorrigeerd	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping
Wielingen	0.04	0.20	0.15	80.3	89.9	64.0	76.7	48.6	61.1
Oostgat	0.15	0.17	0.13	71.6	74.1	52.9	55.9	38.1	41.5
Vlissingen West	0.69	0.84	0.65	78.5	83.7	64.8	71.7	52.4	59.6
Sloe-Terneuzen	0.62	0.83	0.63	76.7	84.4	59.7	69.6	44.8	54.7
Terneuzen -1.5Hansweert	0.69	0.46	0.35	77.0	87.0	59.7	72.6	45.8	59.0
-1.5Hansweert-Hansweert	0.04	0.11	0.09	76.9	86.8	59.5	72.3	45.7	58.8
Hansweert +1.5Hansweert	0.04	0.12	0.09	77.0	87.2	59.8	72.9	46.0	59.4
1.5Hansweert – Antwerpen	0.38	0.73	0.56	77.1	87.2	59.8	72.9	46.0	59.4
Totaal	2.65	3.45	2.65	77.2	85.2	60.9	71.2	47.0	57.5

Tabel 7.12 Divided Europe: Verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen per jaar betrokken bij aanvaringen tussen zeeschepen onderling plus indexcijfers

Traject	Distributie van schepen bij zeevaart-zeevaart aanvaringen	Verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen per jaar		Index ten opzichte van 2002 (model waarden)					
		2002		2010		2020		2030	
		Model	Gecorrigeerd	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping	Zonder verdieping	Met verdieping
Wielingen	0.014	0.01	0.00	86.8	91.8	74.9	81.7	63.0	70.3
Oostgat	0.058	0.00	0.00	86.6	88.3	72.9	75.3	61.0	64.1
Vlissingen West	0.261	0.17	0.13	89.1	92.6	80.3	85.3	71.7	77.6
Sloe-Terneuzen	0.232	0.32	0.24	87.8	92.3	77.3	83.6	67.7	75.1
Terneuzen -1.5Hansweert	0.261	0.52	0.40	87.8	93.4	77.2	85.2	68.3	77.6
-1.5Hansweert-Hansweert	0.014	0.24	0.18	88.0	93.6	77.4	85.5	68.6	77.9
Hansweert +1.5Hansweert	0.014	0.07	0.05	88.2	93.9	78.2	86.4	69.2	78.7
1.5Hansweert – Antwerpen	0.145	0.43	0.33	88.2	93.9	78.2	86.4	69.2	78.8
Totaal	1.000	1.74	1.34	88.1	93.3	77.8	85.3	68.8	77.5

Tabel 7.13 Divided Europe: Verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen per jaar betrokken bij aanvaringen tussen zeeschip en een binnenschip plus indexcijfers

Stap 7 Bepalen van de relatieve verandering van de verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen met schadeklasse 4+5 na een aanvaring tussen twee zeeschepen

Voor het berekenen van het externe risico door DNV wordt in deze stap voor ieder scenario de verwachtingswaarde voor het aantal klasse 4+5 schades bij aanvaringen bepaald, waarbij alleen de aanvaringen tussen zeeschepen worden meegenomen die plaatsvinden op de hoofdroutes.

De verwachtingswaarde en de index voor de 18 scenario's wordt per traject gegeven. Klasse 4+5 schadegevallen ontstaan vooral bij aanvaringen tussen kruisend verkeer, maar ook bij aanvaringen tussen tegengesteld varend verkeer. Om deze reden wordt het aandeel van het kruisende apart gegeven.

Iedere tabel bevat de verdeling van de klasse 4+5 schades over het Schelde-estuarium op basis van de ongevalsanalyse van AVIV. Deze verdeelsleutel berust op alle type aanvaringen, dus niet alleen bij aanvaringen tussen kruisend verkeer.

Tabel 7.14, Tabel 7.15 en Tabel 7.16 worden gebruikt door DNV voor de vervolgberekening van het externe risico. De inhoud van de tabellen bevat nauwelijks nieuwe informatie in vergelijking met de tabellen uit de vorige stap. De inhoud van de tabellen wordt daarom niet besproken, aangezien dit een herhaling zou zijn van wat onder stap 6 beschreven is.

Traject	Verdeling over trajecten (AVIV rapport)	Bij aanvaringen betrokken zeeschepen				Index ten opzichte van 2002 (model waarden)											
		2002				2010				2020				2030			
		Kruisend		Alle		Zonder verdieping		Met verdieping		Zonder verdieping		Met verdieping		Zonder verdieping		Met verdieping	
		Verwachting /jaar	Verdeling over trajecten	Verwachting /jaar	Verdeling over trajecten	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle
Wielingen	0.014	0.000	0.000	0.054	0.060		101.1		115.7		100.2		124.0		98.0		131.0
Oostgat	0.058	0.019	0.050	0.044	0.050	95.4	95.4	98.3	98.3	89.4	89.3	98.3	92.9	83.0	83.0	88.3	88.3
Vlissingen West	0.261	0.148	0.360	0.226	0.240	94.8	96.1	101.1	103.4	92.8	94.2	101.1	105.7	90.5	91.8	104.2	107.8
Sloe-Terneuzen	0.232	0.094	0.230	0.222	0.240	99.3	99.2	110.1	110.4	97.4	97.0	110.1	114.7	94.6	94.4	117.9	118.9
Terneuzen -1.5Hansweert	0.261	0.031	0.070	0.124	0.130	99.7	99.9	114.1	114.4	98.0	98.2	114.1	121.3	98.0	98.3	130.1	131.1
-1.5Hansweert-Hansweert	0.014	0.022	0.050	0.030	0.030	99.6	99.7	113.9	114.1	97.5	97.7	113.9	120.6	97.4	97.7	129.5	130.1
Hansweert +1.5Hansweert	0.014	0.023	0.060	0.031	0.030	100.0	100.0	114.8	114.8	98.6	98.6	114.8	122.1	99.0	98.9	132.3	132.3
1.5Hansweert – Antwerpen	0.145	0.076	0.180	0.197	0.210	100.0	100.0	114.8	114.8	98.6	98.6	114.8	122.1	99.0	99.0	132.3	132.3
Totaal	1.000	0.413	1.000	0.928	1.000	97.7	98.7	107.9	110.2	95.7	96.7	107.9	114.9	94.0	95.2	116.6	120.7

Tabel 7.14 Global Competition: Verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen per jaar met schadeklasse 4+5 op de hoofdtrajecten voor de verkeerssituaties "kruisend" en "alle", tussen zeeschepen (exclusief aanvaringen met ankerliggers) plus indexcijfers

Traject	Verdeling over trajecten (AVIV rapport)	Bij aanvaringen betrokken zeeschepen				Index ten opzichte van 2002 (model waarden)											
		2002				2010				2020				2030			
		Kruisend		Alle		Zonder verdieping		Met verdieping		Zonder verdieping		Met verdieping		Zonder verdieping		Met verdieping	
		Verwachting /jaar	Verdeling over trajecten	Verwachting /jaar	Verdeling over trajecten	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle
Wielingen	0.014	0.000	0.000	0.054	0.060		92.6		100.3		83.9		103.6		74.1		96.0
Oostgat	0.058	0.019	0.050	0.044	0.050	85.3	85.3	86.4	86.4	73.2	73.2	76.6	76.6	61.1	61.0	65.3	65.3
Vlissingen West	0.261	0.148	0.360	0.226	0.240	87.9	88.8	92.2	93.9	80.6	81.2	89.1	91.1	72.7	73.0	82.6	84.3
Sloe-Terneuzen	0.232	0.094	0.230	0.222	0.240	89.9	89.8	99.5	99.8	80.4	80.1	94.6	94.8	70.1	70.0	85.9	86.5
Terneuzen -1.5Hansweert	0.261	0.031	0.070	0.124	0.130	90.2	90.3	103.0	103.4	80.4	80.6	99.4	99.9	72.1	72.4	93.7	94.4
-1.5Hansweert-Hansweert	0.014	0.022	0.050	0.030	0.030	90.1	90.1	102.8	103.0	80.2	80.3	99.1	99.4	71.8	72.0	93.5	93.9
Hansweert +1.5Hansweert	0.014	0.023	0.060	0.031	0.030	90.4	90.4	103.7	103.7	80.8	80.8	100.4	100.4	72.8	72.7	95.2	95.2
1.5Hansweert – Antwerpen	0.145	0.076	0.180	0.197	0.210	90.4	90.4	103.7	103.8	80.9	80.8	100.4	100.4	72.8	72.7	95.2	95.2
Totaal	1.000	0.413	1.000	0.928	1.000	89.1	89.7	97.7	99.3	80.2	80.5	93.8	95.7	71.5	71.6	87.0	88.9

Tabel 7.15 European Coördination: Verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen per jaar met schadeklasse 4+5 op de hoofdtrajecten voor de verkeerssituaties "kruisend" en "alle", tussen zeeschepen (exclusief aanvaringen met ankerliggers) onderling plus indexcijfers

Traject	Verdeling over trajecten (AVIV rapport)	Bij aanvaringen betrokken zeeschepen				Index ten opzichte van 2002 (model waarden)											
		2002				2010				2020				2030			
		Kruisend		Alle		Zonder verdieping		Met verdieping		Zonder verdieping		Met verdieping		Zonder verdieping		Met verdieping	
		Verwachting /jaar	Verdeling over trajecten	Verwachting /jaar	Verdeling over trajecten	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle
Wielingen	0.014	0.000	0.000	0.054	0.060		80.3		89.9		64.0		76.7		48.6		61.1
Oostgat	0.058	0.019	0.050	0.044	0.050	71.6	71.6	74.1	74.1	52.9	52.9	55.9	55.9	38.1	38.1	41.5	41.5
Vlissingen West	0.261	0.148	0.360	0.226	0.240	78.1	78.5	82.6	83.7	64.8	64.8	70.9	71.7	52.8	52.4	59.3	59.6
Sloe-Terneuzen	0.232	0.094	0.230	0.222	0.240	76.9	76.7	84.3	84.4	60.1	59.7	69.6	69.6	45.1	44.8	54.5	54.7
Terneuzen -1.5Hansweert	0.261	0.031	0.070	0.124	0.130	76.9	77.0	86.7	87.0	59.5	59.7	72.2	72.6	45.6	45.8	58.6	59.0
-1.5Hansweert-Hansweert	0.014	0.022	0.050	0.030	0.030	76.8	76.9	86.7	86.8	59.4	59.5	72.1	72.3	45.6	45.7	58.6	58.8
Hansweert +1.5Hansweert	0.014	0.023	0.060	0.031	0.030	77.0	77.0	87.2	87.2	59.8	59.8	72.9	72.9	46.0	46.0	59.4	59.4
1.5Hansweert – Antwerpen	0.145	0.076	0.180	0.197	0.210	77.0	77.1	87.2	87.2	59.8	59.8	72.9	72.9	46.0	46.0	59.4	59.4
Totaal	1.000	0.413	1.000	0.928	1.000	77.1	77.2	84.2	85.2	61.3	60.9	70.5	71.2	47.8	47.0	57.3	57.5

Tabel 7.16 Divided Europe: Verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen per jaar met schadeklasse 4+5 op de hoofdtrajecten uit kruisend verkeerssituaties tussen zeeschepen (exclusief aanvaringen met ankerliggers) onderling plus indexcijfers

7.4 Samenvatting en conclusies betreffende de ontwikkeling van de nautische veiligheid

In het algemeen kan gezegd worden dat de nautische veiligheid afhangt van de volgende factoren:

- a. De verkeersafwikkeling, uitgedrukt in scheepsbewegingen door het gebied onderverdeeld naar scheepstype en scheepsgrootte;
- b. De schaalvergroting, feitelijk onderdeel van a;
- c. De vaartechnische omstandigheden;
- d. De verkeersmaatregelen, verkeersbegeleiding;
- e. Verandering in de ongevalskans per ontmoeting;
- f. De externe omstandigheden.

De in deze studie berekende verandering van de nautische veiligheid is hoofdzakelijk het gevolg van de verandering van het aantal scheepsbewegingen en de samenstelling van het scheepvaartverkeer (a en b) voor de huidige vaarweg en bij verruiming van de vaarweg (c). Verkeersmaatregelen die de verkeersafwikkeling beïnvloeden zijn buiten beschouwing gelaten (d). De ontwikkeling van aanvaringskans gegeven een ontmoeting (e) is wel onderzocht maar voor de toekomst gelijk gehouden omdat de sterk dalende trend die in de jaren tot 1990 is waargenomen sinds 1995 niet meer waar te nemen is. Er is eerder sprake van een licht stijgende aanvaringskans. De daling tot 1995 is het gevolg van duidelijke verbeteringen in de uitrusting aan boord van de schepen, de verkeersbegeleiding, de effecten van regelgeving en regio specifieke maatregelen. Het lijkt echter steeds moeilijker te worden om de aanvaringskans gegeven een ontmoeting verder omlaag te brengen. Natuurlijk is het best mogelijk dat er in de toekomst nieuwe ontwikkelingen zijn waarmee de aanvaringskans gegeven een ontmoeting verder omlaag kan worden gebracht. Echter in een risicostudie moet men aan de veilige kant blijven en mag men een toekomstige afname van de aanvaringskans niet meenemen wanneer daar op dit moment nog geen aanleiding toe is.

De externe omstandigheden, zicht, wind en stroom zullen in de nabije toekomst niet of slechts marginaal veranderen (f).

In 7.3 is het veiligheidsniveau voor 18 scenario's met het veiligheidsniveau van 2002 vergeleken. Over het algemeen is de verandering van de nautische veiligheid beperkt. Alleen voor het Global Competition scenario met verdieping worden er meer aanvaringen tussen zeeschepen verwacht dan nu. De index is 95.2% voor 2030 voor de huidige vaarweg zonder verdieping en 120.7% voor 2030 bij verdieping. Dit wordt vooral veroorzaakt door het groter aantal scheepsbewegingen. Bij het European Coördination scenario ligt de verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen, dat bij aanvaringen tussen zeeschepen betrokken is, op waarden van 71.6% tot 99.3% van het huidige aantal. Bij het scenario Divided Europe loopt dit nog verder terug tot waarden variërend van 47.0% tot 85.2% ten opzichte van het huidige niveau.

De tendens is dat de **algemene** nautische veiligheid tot 2030 bij de meeste scenario's toeneemt. Hier wordt met nadruk gewezen op de algemene nautische veiligheid (bij aanvaringen betrokken schepen), dus betrekking hebbende op alle schepen. Omdat de groei van het aantal risicovolle schepen groter is dan gemiddeld kan het externe risico wel groter worden. Dit aspect wordt in de vervolgstudie naar externe veiligheid onderzocht.

Het bovenstaande nog eens samengevat:

6. Het SAMSON-model is een macroschaalmodel. Er wordt geen rekening gehouden met specifieke (zowel positieve als negatieve) effecten van de Scheldesituatie op de ongevalskans. Omdat de resultaten relatief gebruikt worden is de invloed van specifieke effecten op de uitkomsten gering.
7. Er wordt geen rekening gehouden met de toekomstige betere uitrusting van schepen, zoals AIS en andere.
8. Vanwege alle onzekerheden wordt er uitgegaan van een "veilige" aanname. Dat wil zeggen dat er gerekend wordt met de slechtste situatie

Bij deze uitgangspunten worden alleen voor de scenario's Global Competition met verruiming van de vaarweg kleine toenames van het aantal zware ongevallen verwacht. In alle andere gevallen is er sprake van een afname.

8 CAPACITEIT IN HET SCHELDE-ESTUARIUM

8.1 Inleiding

De beoordeling van de capaciteit wordt uitgevoerd door een aantal elementaire verkeerssituaties (ontmoeten, oplopen)¹ te bekijken en opgedeeld naar scheepklassen (tijgebonden, niet tijgebonden, binnenvaart, grootte klasse) de benodigde vaarwegbreedte bij enkele vaart, ontmoetingen en oploopmanoeuvres te inventariseren aan de hand van de MSCN methode [1]. Voor de maatgevende schepen is dit voor het breedtebeslag al in het LTV rapport gebeurd. Dit wordt voor ontmoeten en oplopen aangevuld met de benodigde vrije vaarweglengte. Hiervoor wordt een aantal aanvullende fast-time simulatieruns uitgevoerd. Dit levert een breedtebeslag en lengtebeslag afhankelijk van de scheepsbreedte, de scheepslengte, de vaarwegbreedte en de vaarwegdiepte.

De inventarisatie wordt gebruikt voor het samenstellen van de invoer voor het verkeerssimulatieprogramma SIMDAS. Dit programma biedt de mogelijkheid om een schatting te maken van het aantal ontmoetingen en oploopmanoeuvres bij een gegeven verkeersscenario met daarnaast een inventarisatie van de knelpunten (locaties waar ontmoeten niet mogelijk is) en een inschatting van de wachttijden als gevolg van knelpunten.

Inzet van een verkeerssimulatiemodel is zinvol wanneer de capaciteit van de vaarweg onvoldoende is en er knelpunten in de afwikkeling van het verkeer zijn te verwachten of het aanbod van het verkeer niet regelmatig is. Bij een hoge verkeersintensiteit verloopt de doorstroming van het verkeer niet meer ongehinderd. Om deze reden zijn vuistregels voor de berekening van aantallen ontmoetingen en oploopmanoeuvres onvoldoende nauwkeurig, omdat niet meer verondersteld kan worden dat ontmoetingen en oploopmanoeuvres gelijkmatig over de lengte van de vaarweg plaatsvinden (er kan filevorming optreden). Het verkeerssimulatiemodel kan dan helpen bij het in beeld brengen van de knelpunten en de kwantificering van de ernst van de problemen. Per geuldeel kan aangegeven worden welke ontmoetingen en oploopmanoeuvres wel en niet mogelijk zijn in het betreffende geuldeel.

Beperking van het programma was dat er slechts een beperkt gebied gemodelleerd kon worden en er kon geen rekening gehouden worden met de invloed van het tij (geen variabele stroom en diepte als gevolg van het tij). Voorafgaand aan de simulaties is het programma hiervoor aangepast.

In de volgende paragraaf wordt een korte beschrijving van het (aangepaste) verkeerssimulatieprogramma gegeven. Een meer uitgebreide beschrijving van het oorspronkelijke programma staat in bijlage B.

¹ In dit hoofdstuk wordt met ontmoeten bedoeld het ontmoeten van schepen varend in tegengestelde richting en met oplopen wordt bedoeld het ontmoeten van schepen varend in dezelfde richting.

8.2 Verkeerssimulatiemodel SIMDAS

8.2.1 Algemeen

In het begin van de jaren tachtig is in opdracht van en in samenwerking met de toenmalige Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat gestart met de ontwikkeling van het verkeerssimulatiemodel SIMDAS. Dit model simuleerde het gedrag van binnenscheepvaart op een doorgaande vaarweg of een splitsingspunt op tijdbasis. Resultaat van de simulatie is een verzameling tijdreeksen die de posities en snelheden van alle gesimuleerde schepen beschrijven. De resultaten zijn geschikt voor een visuele presentatie en analyse van het verkeersgedrag.

In de loop der jaren zijn er verbeteringen aan het model aangebracht en zijn er diverse hulpprogramma's voor de analyse en visualisatie van de simulatieresultaten ontwikkeld. Een van de aanpassingen betreft het simuleren van gecombineerde zee-/binnenvaart op een bochtige rivier.

Ten behoeve van deze studie zijn opnieuw een aantal aanpassingen uitgevoerd. Het betreft:

- De vaarweg kan nu opgebouwd worden uit meerdere doorgaande vaarwegdelen en splitsingspunten (aftakkingen naar nevenvaarwater). Wel blijft er één hoofdroute. Aantakkingen zijn altijd nevenvaarwater en er wordt geen netwerk gesimuleerd;
- Per vaarwegdeel kan een tijkromme opgegeven worden, waarmee waterdiepte en stroom als functie van de tijd aangepast worden
- Schepen worden in een ankergebied gelegd als ze als gevolg van een te grote diepgang niet verder kunnen varen.
- De maximum vaarsnelheid kan per traject verschillen.

In de volgende alinea's wordt kort een beschrijving van de belangrijkste onderdelen van het simulatieprogramma gegeven.

8.2.2 Rekenhart SIMDAS

Centraal in de simulatieprogrammatuur staat het rekenhart van SIMDAS. Deze paragraaf heeft als doel een globale indruk te geven van dit deel van het complete simulatiemodel.

De output van het model bestaat uit de positie, koers en snelheid van elk gesimuleerd schip op elke tijdstap, samen met een aantal andere relevante, tijdsafhankelijke variabelen die de toestand van een schip op ieder moment beschrijven.

De input van het model bestaat uit de scheepskarakteristieken van verschillende scheepsklassen, het tijdstip van ieder schip waarop de reis wordt aangevangen en de te volgen route. Daarnaast worden de vaarwegdelen beschreven door een referentiebaan welke min of meer samenvalt met de as van de vaarweg. Van elk schip wordt voor de te volgen route aangegeven welke afstand tot de referentiebaan aangehouden zou moeten worden en met welke snelheid langs de betreffende referentiebaan gevaren zou moeten worden.

Wanneer conflicten met andere schepen dit noodzakelijk maken wordt van de geplande snelheid en afstand tot de referentiebaan afgeweken. Hierbij mag de afstand tot de referentiebaan niet groter worden dan een zekere maximumafstand, afhankelijk van de

bevaarbare breedte en de afstand die de schepen ten opzichte van de vaarwegbegrenzing moet aanhouden. Dit proces van conflict oplossen is gebaseerd op herkennen van de elementaire verkeerssituatie en het vervolgens toepassen van regels, waarbij de grenzen die gehanteerd worden, bijvoorbeeld voor gewenste afstanden tussen schepen, door middel van invoerparameters gespecificeerd worden.

Het verkeerssimulatiemodel kan zowel binnenvaart als zeevaart afhandelen, waarbij de vaarbanen zowel gescheiden als gedeeltelijk of volledig overlappend zijn.

Het model houdt rekening met het feit dat een schip dat in dwarswind, in dwarsstroom of in een bocht vaart een drifthoek heeft en dus een grotere breedte in beslag neemt. De drifthoek is o.a. afhankelijk van de vaarsnelheid, de diepte/diepgangsverhouding en (in een bocht) de bochtstraal.

In een (krappe) bocht wordt eventueel de vaarsnelheid aangepast. Daarnaast biedt het model de schepen die stroomopwaarts varen de mogelijkheid om blauw bord te gaan varen en is het model in staat om knelpunten in de vaarweg te herkennen en op te lossen.

SIMDAS kent geen uitgebreide mogelijkheden voor passageplanning. Het programma onderscheidt twee opties:

- het schip dat als eerste bij een knelpunt arriveert kan passeren. Het tegemoetkomende schip past de snelheid aan en gaat in het uiterste geval stilliggen (indien mogelijk);
- er wordt een voorrangrichting opgegeven (voorstroms varende heeft voorrang).

De tweede optie is gebruikt in de simulaties. Onderkend wordt dat de situatie op de Schelde hier van af kan wijken, omdat een voorstroms varende schip niet altijd voorrang kan krijgen vanwege de krappe vaarvensters van grote afvarende schepen.

Als aanpassing voor dit onderzoek is toegevoegd dat per vaarwegdeel een tijkromme opgegeven wordt, waarmee waterdiepte en stroom als functie van de tijd aangepast worden. Schepen worden in een ankergebied gelegd als ze als gevolg van een te grote diepgang niet verder kunnen varen. Schepen blijven in het ankergebied liggen tot de diepte weer voldoende is.

8.2.3 Invoer Preparatie Simdas

De invoerschil IPS (Invoer Preparatie Simdas) is ontwikkeld om de invoer voorbereiding zoveel mogelijk op een efficiënte, gebruikersvriendelijke manier te verzorgen.

IPS genereert op basis van een verzameling invoergegevens een invoerfile voor het rekenhart met daarnaast een overzicht van de invoergegevens, inclusief een statistisch overzicht van het gegenereerde aanbod van schepen. De invoergegevens zijn globaal in vier groepen verdeeld:

- Scheepstypegegevens; Dit zijn de fysische gegevens die de verschillende scheepstypes beschrijven.
- Vaarweggegevens; Dit zijn de gegevens die de omgeving beschrijven.
- Navigatorgegevens; Dit zijn subjectieve parameters die te maken hebben met beslissingen ten aanzien van het besturen van een schip.
- Simulatiegegevens; Dit zijn de gegevens die de specifieke te simuleren conditie beschrijven, zoals duur van de simulatie en het aanbodspatroom van schepen.

Bij de beschrijving van de invoer wordt ook deze indeling gehanteerd.

8.2.4 Analyse Programma

Het rekenhart levert de vaarbanen, snelheden enz. van de schepen die aan het verkeer deelnemen. Dit zijn erg veel gegevens. Ter illustratie, een run van 24 uur met een totaal van ca. 600 schepen levert een uitvoerfile van 60 Mbyte. Met behulp van het analyseprogramma kunnen een aantal grootheden van het verkeersproces gekwantificeerd worden.

Het analyseprogramma biedt de mogelijkheid om de reistijdverliezen van de verschillende scheepstypes te berekenen, het aantal ontmoetingen en oploopmanoeuvres te tellen en een aantal specifieke situaties aan te wijzen waarbij scheepsdomeingrenzen overschreden worden. In het laatste geval worden alleen de situaties aangewezen, maar wordt geen oordeel gegeven. De situaties zullen daarna achteraf door een nauticus visueel beoordeeld en verder geanalyseerd moeten worden op hun relevantie voor de onveiligheid van de verkeerssituatie.

Binnen dit onderzoek is er alleen gebruikt gemaakt van de reistijdverliezen.

8.2.5 Betrouwbaarheid

De verkeersafwikkeling door SIMDAS is gevalideerd d.m.v. een vergelijking met radar-waarnemingen (alleen binnenvaart) en een visuele beoordeling (zowel binnenvaart als gecombineerde zeevaart/binnenvaart situaties) door o.a. ervaren schippers en loodsen. Geconcludeerd is dat SIMDAS bij een verkeersaanbod dat vergelijkbaar is met het huidige verkeer op de Nederlandse hoofdvaarwegen (Waalbochten en Beneden rivieren gebied) een goed beeld geeft van de verkeersafwikkeling.

Daarnaast is geconstateerd dat SIMDAS in een aantal gevallen onvoldoende gebruik maakt van de beschikbare ruimte op de vaarweg. Het is bekend dat SIMDAS, als beperkte schematisatie van de werkelijkheid, bij de beoordeling van situaties onder alle omstandigheden uitgaat van dezelfde vaste begrenzingen, terwijl in werkelijkheid een menselijke bestuurder flexibel reageert en anticipeert op situaties. Bijvoorbeeld in drukke verkeerssituaties eist SIMDAS dezelfde vrije ruimte om het schip als bij minder drukke situaties, terwijl een schipper of loods in drukke situaties genoeg zal nemen met minder ruimte om het schip om een situatie veilig en vlot af te handelen. Omgekeerd neemt een schipper of loods ook meer ruimte als die ruimte beschikbaar is.

Daarnaast is het zo dat de afwikkeling van een verkeerssituatie afgeleid wordt uit een paarsgewijze vergelijking van alle schepen binnen het kijkgebied. In drukke situaties kan het in SIMDAS voor komen dat er geen oplossing gevonden wordt. Eén van de schepen gaat dan vaart minderen en stil liggen tot er weer voldoende ruimte is om door te varen. In werkelijkheid bepalen schippers en loodsen in onderling overleg wat de beste oplossing is voor alle betrokken schepen. Daarbij eventueel geassisteerd door de verkeersbegeleiding. Het simulatiemodel SIMDAS geeft dan ook eerder dan in werkelijkheid aan dat er (capaciteits)problemen ontstaan. Deze problemen komen in het simulatiemodel naar voren door hoog oplopende reistijdverliezen en het afbreken van de simulatie als helemaal geen oplossing gevonden kan worden. De uitkomsten van de berekeningen met SIMDAS moeten dan ook geïnterpreteerd worden als een 'worst case' voorspelling.

8.3 Simulatie van de Verkeersafwikkeling

8.3.1 Algemeen

De beschikbare breedte op de hele Schelde geeft aan dat er nautisch gezien potentiële knelpunten zijn waar bijvoorbeeld een ontmoeting met grote schepen niet mogelijk is. Deze potentiële knelpunten hoeven, zeker bij een lage verkeersintensiteit, vanuit het oogpunt van verkeersafwikkeling geen echte knelpunten te zijn. Ten eerste is de kans dat een ontmoeting in een knelpunt valt relatief klein en ten tweede kan indien een ontmoeting wel in een knelpunt zou vallen, door het aanpassen van de snelheid van één van de betrokken schepen de ontmoeting buiten het knelpunt plaatsvinden. Bij een lage verkeersintensiteit heeft dit hoogstens gevolgen voor één van de betrokken schepen (reistijdverlies). Vanzelfsprekend moet er daarvoor binnen de vaarplannen wel ruimte zijn (beperking van tijvensters).

In grote lijnen zijn de volgende basisgegevens gebruikt voor de simulaties:

- *Gebied*
Uitgangspunt is de bestaande Westerschelde en de effecten op de verkeersafwikkeling in de huidige infrastructuur zonder en met verdieping (de vaarweg wordt dus niet breder). Om effecten van knelpunten (clustervorming en oplossen van clusters) goed in beeld te brengen is een zo lang mogelijk aaneengesloten stuk vaarweg gesimuleerd (zie Figuur 8.1 [6]).
- *Schepen*
De vloot bevat de voor de Westerschelde karakteristieke scheepstypen. Instellingen van de schepen zoals snelheden, vooruitkijklengte komen overeen met de Scheldesituatie. De instellingen van de parameters zijn aan de hand van de resultaten van verkennende simulaties getoetst en waar nodig bijgesteld.
- *Verkeer*
Verkeersscenario's zijn opgesteld voor de basissituatie (2002) en voor de drie onderscheiden economische scenario's (GC, EC en DE) voor de drie steekjaren 2010, 2020 en 2030. De samenstelling van het verkeer op jaarbasis is vastgesteld in hoofdstuk 6. Voor de dagintensiteit wordt het jaartotaal/365 gebruikt (een gemiddelde dag), waarbij de tijgebonden zeevaart conform de tijvensters aan de reis begint (binnen de tijvensters is de verdeling uniform). De niet tijgebonden zeevaart start uniform verdeeld over de dag. Intensiteitsverdelingen over de dag voor de binnenvaart zijn gebaseerd op eerdere onderzoeken.
- *Schipper/loods*
Instellingen van de schipper/loods zijn gebaseerd op eerdere onderzoeken en in overeenstemming gebracht met de bestaande regelgeving (Scheepvaartreglement Westerschelde).



Figuur 8.1 Het onderzochte traject van de Westerschelde

De gebruikte invoer wordt in de volgende paragrafen in meer detail beschreven. Bij de beschrijving van de invoer voor het verkeerssimulatiemodel SIMDAS wordt onderscheid gemaakt naar locatie gebonden invoer en niet locatie gebonden invoer. Onder het laatste vallen de definities van de schepen die gesimuleerd worden, de bestuurders van de schepen en de intensiteitsverdeling van het verkeer over de dag. In de volgende drie paragrafen worden achtereenvolgens de drie genoemde groepen van niet locatie gebonden invoer beschreven. In de laatste paragraaf wordt tenslotte de locatie gebonden invoer beschreven (vaarweg en verkeersaanbod). Hierbij worden ook de te simuleren scenario's gedefinieerd.

8.3.2 Schepen(bestand)

Het schepenbestand bevat de fysische gegevens die de verschillende scheepsklassen beschrijven waaruit de vloot is samengesteld. Dit bestand bevat 40 scheepsklassen, ingedeeld naar:

- OBO+Bulkers;
- Chemical tankers + Oil tankers;
- LNG/LPG tankers;
- Containerschepen;
- Overig zeevaart;
- Binnenvaart.

Hierbij is zoveel mogelijk de indeling gehanteerd die ook in de veiligheidsstudie gebruikt is. Een aantal klassen (Roro, Dry cargo, Overige) is samengevoegd, omdat het aantal klassen in SIMDAS beperkt is tot 40.

Binnen de groep van zeeschepen wordt een aantal grootte klassen onderscheiden, waarbij de indeling uit de veiligheidsstudie gehanteerd is. Hierop is een uitzondering gemaakt door in het schepenbestand voor de simulaties zonder verdieping de klasse van containerschepen van 10000 GT tot 30000 GT op te splitsen in een klasse van schepen met een diepgang van 11.80 m of minder en een klasse van schepen met een diepgang

van meer dan 11.80. Voor de simulaties met verdieping is de klasse van containerschepen van 30000 GT tot 60000 GT opgesplitst in een klasse van schepen met een diepgang van 13.10 m of minder en een klasse van schepen met een diepgang van meer dan 13.10. Dit is gedaan om in beide gevallen een betere verdeling van tijgebonden en niet tijgebonden schepen te krijgen.

Voor de binnenvaart is een indeling naar voorkomende CEMT klassen gehanteerd, waarbij de CEMT klassen I, II en III zijn samengevoegd en de klassen Vb en IVb zijn samengevoegd. Binnen een klasse worden de parameters van een 'gemiddeld' schip gedefinieerd. Op basis van lengte/breedte-verhouding en lengte/diepgang-verhouding worden deze gemiddelde parameters binnen een klasse geschaald.

De gemiddelde afmetingen (lengte, breedte en diepgang) in een klasse met standaard deviatie en minimum en maximum waarden zijn afgeleid uit de SRK gegevens van 2002. De definitie van de klassen met de gemiddelde afmetingen van de schepen staat in Tabel 8.1. Voor zeeschepen vermeldt de tabel de GT-klasse. Voor binnenvaartschepen vermeldt de tabel de CEMT Klasse indeling.

In tegenstelling met eerdere onderzoeken zijn voor lengte, breedte en laadvermogen van de binnenvaartschepen de bovengrenzen gehanteerd, omdat de schepen in de praktijk ook daadwerkelijk deze lengte hebben.

Als maatgevende breedte voor een eerste beoordeling van de locaties in de vaarweg waar ontmoeten al dan niet mogelijk is wordt een scheepsbreedte van 45 m gehanteerd. Dat wil zeggen in een eerste berekening bepaalt het verkeerssimulatieprogramma de vaarwegdelen waar ontmoeting met een schip van 45 m of breder niet mogelijk is (de potentiële knelpunten).

SIMDAS categorie	Lengte	Breedte	Type	Grootte klasse	Gross Tonnage	Opmerkingen
1	69.7	9.9	BULK	2	500-1000	
2	75.0	11.0	BULK	3	1000-1600	
3	108.9	16.8	BULK	4	1600-10000	
4	177.0	25.8	BULK	5	10000-30000	
5	228.4	32.0	BULK	6	30000-60000	
6	283.1	44.9	BULK	7	60000-100000	
7	302.2	50.2	BULK	8	>100000	
8	34.9	8.5	OVERIG	1	100-500	
9	58.2	10.1	OVERIG	2	500-1000	
10	78.7	11.2	OVERIG	3	1000-1600	
11	102.9	15.8	OVERIG	4	1600-10000	
12	167.6	25.0	OVERIG	5	10000-30000	
13	192.5	29.4	OVERIG	6	30000-60000	
14	285.5	37.7	OVERIG	7	60000-100000	
15	114.3	17.9	CONTAINER	4	1600-10000	
16	178.1	26.8	CONTAINER	5	10000-30000	
17	241.1	31.9	CONTAINER	6	30000-60000	T<=11.80 m in de scenario's zonder verdieping
17	241.1	31.9	CONTAINER	6	30000-60000	alle diepgangen in de scenario's met verdieping
18	288.4	40.0	CONTAINER	7	60000-100000	alle diepgangen in de scenario's zonder verdieping
18	288.4	40.0	CONTAINER	7	60000-100000	T<=13.10 m in de scenario's met verdieping
19	358.4	46.0	CONTAINER	8	>100000	
20	66.0	10.0	GASCARRIER	2	500-1000	
21	74.5	11.8	GASCARRIER	3	1000-1600	
22	97.6	15.2	GASCARRIER	4	1600-10000	
23	160.9	24.4	GASCARRIER	5	10000-30000	
24	216.6	31.9	GASCARRIER	6	30000-60000	
25	275.4	41.9	GASCARRIER	7	60000-100000	
26	288.0	48.0	GASCARRIER	8	>100000	
27	46.0	9.0	TANKER	1	100-500	
28	61.4	10.0	TANKER	2	500-1000	
29	76.1	11.6	TANKER	3	1000-1600	
30	100.0	15.1	TANKER	4	1600-10000	
31	165.2	25.4	TANKER	5	10000-30000	
32	223.9	32.3	TANKER	6	30000-60000	
33	262.2	45.0	TANKER	7	60000-100000	
34	80.0	8.2	BINNENVAART	1	I/II/III	
35	85.0	9.5	BINNENVAART	2	IV	
36	110.0	11.4	BINNENVAART	3	Va	
37	185.0	11.4	BINNENVAART	4	Vb/IVb	
38	135.0	22.8	BINNENVAART	5	Vla	
39	195.0	22.8	BINNENVAART	6	Vlb	
40	241.1	31.9	CONTAINER	6	30000-60000	T>11.80 m in de scenario's zonder verdieping
40	288.4	40.0	CONTAINER	7	60000-100000	T>13.10 m in de scenario's met verdieping

Tabel 8.1 Definitie van SIMDAS scheepsklassen

De modelparameters van de binnenvaartschepen zijn gelijk aan de parameters in eerdere onderzoeken. De modelparameters voor de zeeschepen zijn afgeleid uit de resultaten van 'fast-time' simulaties van standaard manoeuvres met voor de onderscheiden klassen karakteristieke schepen. In het bijzonder zijn de parameters voor het berekenen van de drifthoek bij bochtvaren gecontroleerd en waar nodig bijgesteld aan de hand van ware grootte metingen en fast-time manoeuvreersimulaties.

De (referentie)vaarsnelheid van de schepen door het water wordt getrokken uit een normale verdeling met een gemiddelde en standaard deviatie die per klasse en beladingsgraad verschillen. De vaarsnelheid is wel begrensd tussen een minimum en maximum waarde. Het gemiddelde, minimum en maximum van de vaarsnelheid voor de zeeschepen zijn gebaseerd op een analyse van de SRK gegevens voor een aantal korte deeltrajecten. Het gemiddelde varieert afhankelijk van de scheepsklasse van 5.5 m/s (10.7 kts) tot 7.1 m/s (13.8 kts). De minimum waarden liggen tussen 4.1 m/s (7.9 kts) en 6.8 m/s (13.2 kts). De maximum waarden liggen tussen 6.3 m/s (12.2 kts) en 8.3 m/s (16.1 kts).

De snelheden van de binnenvaartschepen zijn gebaseerd op eerdere onderzoeken en zijn karakteristiek voor de snelheden op de hoofdvaarwegen in Nederland. De gemiddelde snelheden variëren van 3.6 m/s tot 5.15 m/s met een minimum van 2.7 m/s en een maximum van 6.7 m/s

Overigens past het simulatiemodel zelf de maximum snelheden nog weer naar beneden aan wanneer het bochtige karakter van de rivier dit nodig maakt. De maximum snelheid wordt dan ook alleen op de 'rechte' vaarwegdelen gerealiseerd.

Wanneer schepen gaan reageren wordt een minimum snelheid van 2 m/s (3.9 kts) gehanteerd om een minimale manoeuvreerbaarheid te garanderen. Schepen kunnen dus niet stil gaan liggen.

8.3.3 Navigator(bestand)

De beslisparameters van de schippers/loodsen zijn zo ingesteld dat dezelfde marges gehanteerd worden als voor het vaststellen van de benodigde geulbreedte in de eerdere LTV studie [1] onder voorwaarde dat gebruik gemaakt wordt van elektronische navigatiehulpmiddelen. Het betreft de volgende instellingen:

- De minimale tussenafstand in de langsrichting van de vaarweg is afhankelijk van de stroomrichting en voor zeevaart groter als voor binnenvaart. Voor zeevaart is de tussenafstand ca. 3 tot 4 scheepslengten. Voor binnenvaart is de tussenafstand 2 tot 3 scheepslengten.
- De marge bij oplopen is tenminste de som van de scheepsbreedten van de betrokken schepen.
- De marge bij ontmoeten is tenminste de som van de scheepsbreedten van de betrokken schepen.
- Buiten de normale padbreedte wordt bij drift geen extra marge gehanteerd (behalve dan de extra padbreedte als gevolg van de drift).
- De marge tot de oever is tenminste een scheepsbreedte;
- Extra marge voor de positienauwkeurigheid afhankelijk van de scheepsbreedte (0.5B).
- Marifoonbereik 10000 m; planningsbereik 10000 m; radar/zichtbereik 1750 m voor de binnenvaart en 2100 m voor de zeevaart (er wordt alleen gereageerd met aanpassen van de snelheid of uitwijken op andere schepen die zich binnen het radar/zichtbereik bevinden; bij plannen van oplooptmanoeuvres wordt het marifoonbereik gehanteerd; bij het plannen van de dwarspositie in de vaarweg en het passeren van een knelpunt wordt het planningsbereik gehanteerd).

- De planning wordt om de 5 minuten bijgewerkt.
- Zeeschepen varen in principe midden vaarwater en binnenvaart blijft zoveel mogelijk aan de stuurboordzijde van de vaargeul.
- Een schip heeft een minimale padbreedte van 1.3B nodig.

Met betrekking tot de marge bij ontmoeten geldt dat de loodsen in de praktijk in het nauwe gedeelte van de vaargeul bij Walsoorden veel krappere marges hanteren. De overige instellingen van de parameters van de navigatoren (schippers en loodsen) is gelijk aan de instellingen zoals ze in eerdere onderzoeken in overleg met schippers en loodsen vastgesteld zijn.

8.3.4 Verkeersintensiteit

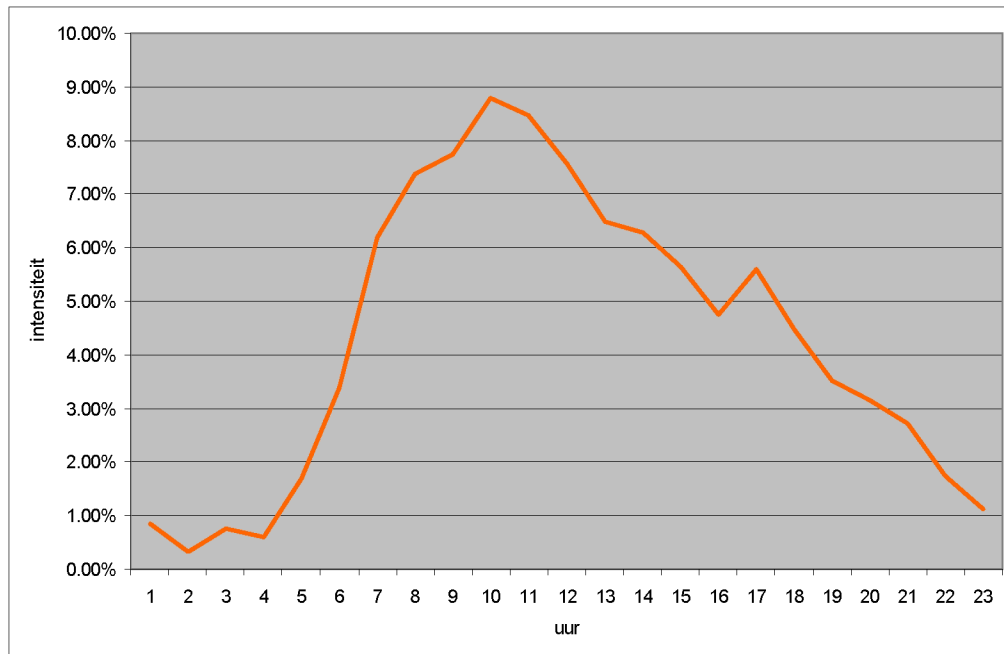
De verkeersintensiteit is de intensiteit uitgedrukt in aantal schepen per uur waarmee de schepen aan de randen van het systeem (in dit geval Kwinteboei, Steenbank, Zeebrugge, Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Antwerpen) de simulatie binnenkomen. De intensiteit wordt voor iedere klasse apart opgegeven.

Voor de dagintensiteit wordt het jaartotaal/365 gebruikt (een gemiddelde dag). De jaartotalen zijn in hoofdstuk 6 vastgesteld voor alle onderscheiden verkeersscenario's met en zonder verdieping van de Schelde

Verdeeld over de dag vertrekt de tijgebonden zeevaart conform de tijvensters. Binnen een tijvenster zijn de vertrektijden van de tijgebonden zeevaart uniform verdeeld. Impliciet wordt hiermee verondersteld dat de tijgebonden schepen ook conform de tijpoort aan de rand van het systeem aankomen. Een aankomsttijd buiten de tijpoort wordt dan ook niet als reistijdverlies doorberekend. Per klasse wordt het aantal tijgebonden schepen uniform verdeeld over de beschikbare tijvensters.

Per klasse wordt het aantal niet tijgebonden schepen uniform verdeeld over de dag.

Intensiteitsverdelingen over de dag voor de binnenvaart zijn gebaseerd op eerdere onderzoeken en is vastgesteld op basis van visuele waarnemingen gedurende een representatief aantal dagen op een aantal plaatsen langs de hoofdvaarwegen. In grote lijnen komt het er op neer dat de intensiteit vanaf een 04:00 uur geleidelijk toeneemt tot een piek op 11:00 uur. Daarna geleidelijk weer afneemt, een tweede (lokale) piek bereikt in de namiddag en van daar af weer afneemt tot een minimum intensiteit rond 23:00 uur. Het intensiteitspatroon per uur voor de binnenvaart staat in Figuur 8.2 uitgedrukt in percentage van het dagtotaal. Alle binnenvaartklassen gebruiken hetzelfde aanbodpatroon.



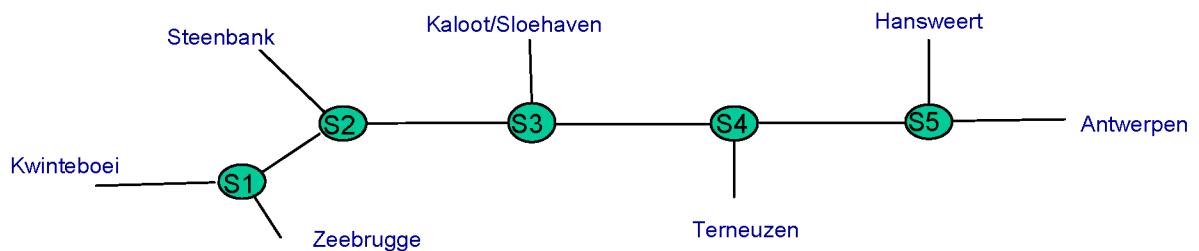
Figuur 8.2 Intensiteit van de binnenvaart (percentage van het dagtotaal)

Verondersteld wordt dat het aanbodspatroom per klasse voor de verschillende economische scenario's en over de jaren heen (referentiejaar 2002, 2010, 2020 en 2030) niet verandert. Wel verandert natuurlijk het totaal aantal schepen per klasse.

8.3.5 Locatie gebonden invoer

Geografische afbakening

Het onderzochte gebied betreft de Westerschelde tussen de Kwinteboei en de Steenbank aan de westkant en Antwerpen aan de oostkant. De vaarweg is in langsrichting in SIMDAS geschematiseerd aan de hand van de ligging van de boeien die de hoofdvaargeul markeren met aftakkingen naar Zeebrugge, Kaloot-/Sloehaven, voorhavens Terneuzen en voorhaven Hansweert (zie Figuur 8.3 voor een schematische weergave van alle herkomsten en bestemmingen binnen het gemodelleerde gebied).



Figuur 8.3 Schema van herkomst en bestemmingen

De hoofdroutes zijn gedefinieerd voor ieder combinatie van herkomst en bestemming. Een aantal routes vallen weg omdat er geen schepen varen (Van de Kwinteboei naar de Steenbank en andersom en van Zeebrugge naar de Steenbank). In totaal zijn er 38 hoofdroutes. De hoofdroutes zijn gedefinieerd in de onderstaande tabel. Hierbij zijn de volgende afkortingen gebruikt:

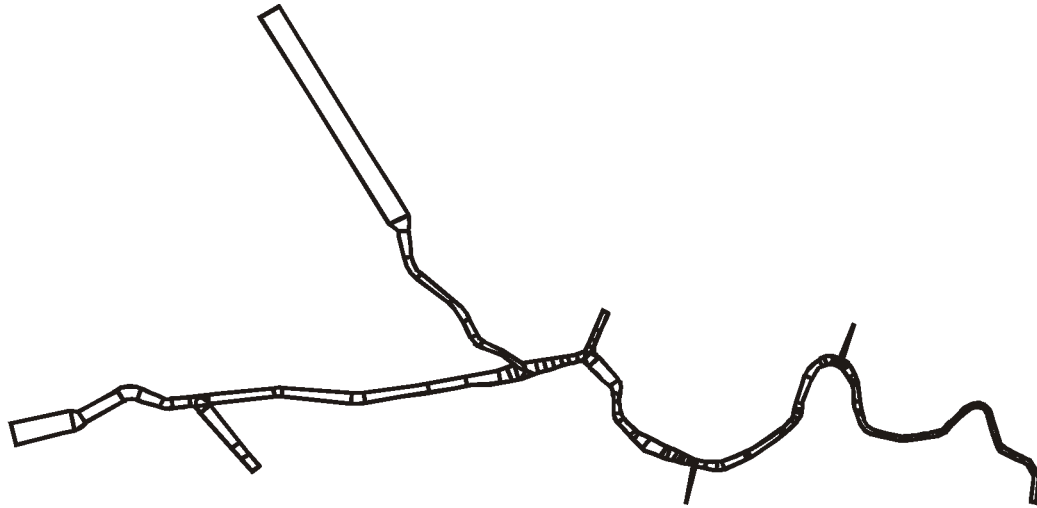
KB Kwinteboei;
SB Steenbank;
Z Zeebrugge;
V Vlissingen;
T Terneuzen;
H Hansweert;
A Antwerpen.

Hoofdroutes	Naar						
	SB	KB	V	T	H	A	Z
SB			1	5	11	19	
KB			3	7	13	21	29
V	2	4		9	15	23	31
T	6	8	10		17	25	33
H	12	14	16	18		27	35
A	20	22	24	26	28		37
Z		30	32	34	36	38	

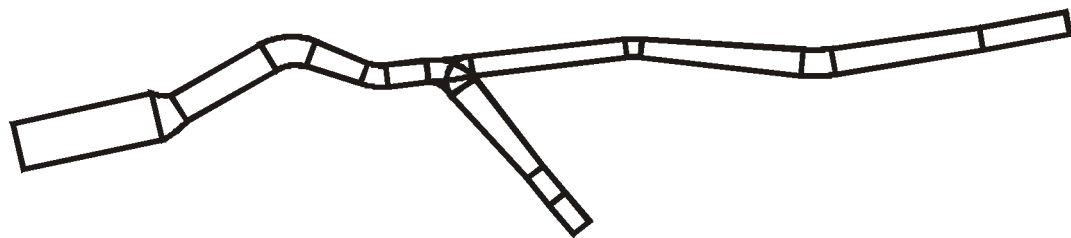
Tabel 8.2 Definitie van de hoofdroutes

Vanwege de beperking in het maximum aantal vaarwegdelen per splitsing is de vaarweg ten behoeve van de simulatie in vijf gedeelten gesplitst die ieder afzonderlijk gemodelleerd zijn. Ieder deelstuk bestaat uit een splitsing met aansluitende vaarwegdelen. In de vaarwegdelen zijn alle relevante bochten opgenomen met bochtstralen die vrijwel overeenkomen met de werkelijke bochtstralen. De schematisatie staat weergegeven in de Figuur 8.4 tot en met Figuur 8.9. Figuur 8.4 laat de totale vaarweg zien. De overige figuren de uitsplitsing naar de vaarwegdelen. De gedeelten zijn respectievelijk:

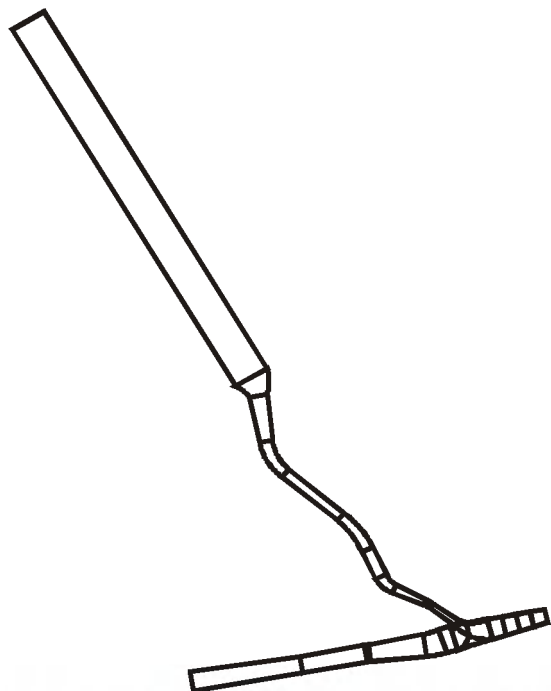
- *Deelgebied 1*
Vanaf de Kwinteboei – Geul 1 tot en met de Scheur met de aftakking naar Zeebrugge;
- *Deelgebied 2*
Wielingen tot Rede Vlissingen met de aantakking van het Oostgat;
- *Deelgebied 3*
Rede Vlissingen tot en met de Pas van Borssele en de aftakking naar de Kaloot/Sloehaven;
- *Deelgebied 4*
Vanaf de Pas van Borssele tot de overloop van Hansweert met de aftakking naar Terneuzen;
- *Deelgebied 5*
Vanaf de overloop van Hansweert tot Antwerpen met de aftakking naar Hansweert.



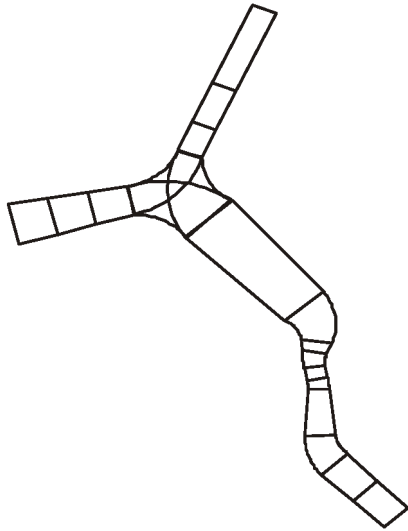
Figuur 8.4 SIMDAS vaarweg schematisatie



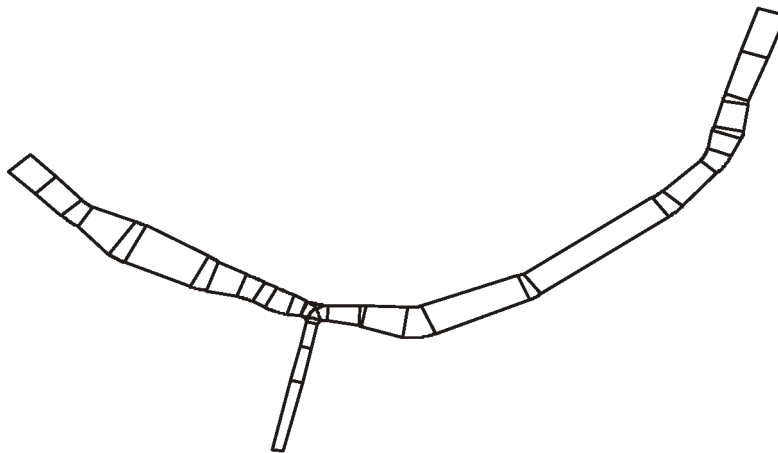
Figuur 8.5 SIMDAS vaarweg schematisatie (deelgebied 1)



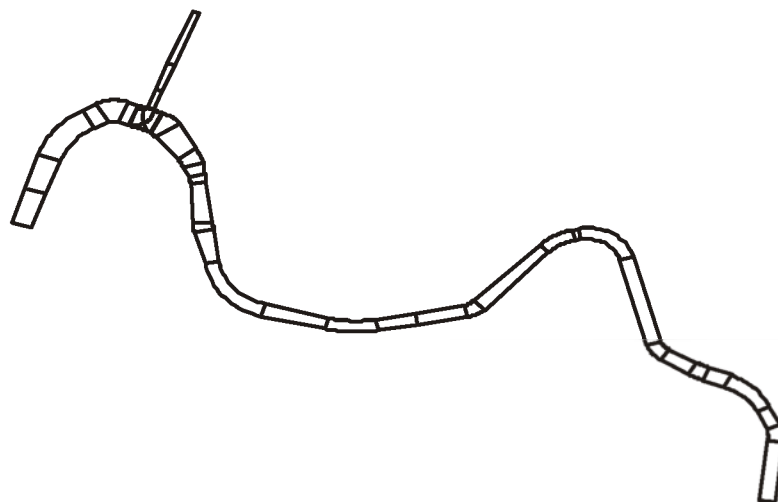
Figuur 8.6 SIMDAS vaarweg schematisatie (deelgebied 2)



Figuur 8.7 SIMDAS vaarweg schematisatie (deelgebied 3)



Figuur 8.8 SIMDAS vaarweg schematisatie (deelgebied 4)



Figuur 8.9 SIMDAS vaarweg schematisatie (deelgebied 5)

Voor de verkeerssimulatie zelf heeft de opsplitsing geen gevolgen, maar bepaling van reistijdverliezen is alleen mogelijk per deelgebied en (sub)route in het deelgebied. Per deelgebied worden 6 (sub)routen onderscheiden:

- Opvarend en afvarend in de hoofdvaargeul;
- Vanaf zee komend naar het nevenvaarwater en andersom;
- Vanaf Antwerpen komend naar het nevenvaarwater en andersom.

De onderstaande Tabel 8.3 geeft de definitie van alle subroutes per deelgebied. Tabel 8.4 laat zien uit welke hoofdroutes de subroutes zijn samengesteld.

Deelgebied 1	Naar			
	Van	KB	Z	S2
KB			1	3
Z		2		5
S2		4	6	

Deelgebied 3	Naar			
	Van	S2	S4	V
S2			1	3
S4		2		5
V		4	6	

Deelgebied 4	Naar			
	Van	S3	T	S5
S3			1	3
T		2		5
S5		4	6	

Deelgebied 5	Naar			
	Van	S4	H	A
S4			1	3
H		2		5
A		4	6	

Deelgebied 2	Naar			
	Van	SB	S1	S3
SB			1	3
S1		2		5
S3		4	6	

Tabel 8.3 Definitie van de subroutes

Deelgebied	Subroute	Hoofdroute									
1	1	29									
	2	30									
	3	3	7	13	21						
	4	4	8	14	22						
	5	32	34	36	38						
	6	31	33	35	37						
2	1	geen									
	2	geen									
	3	1	5	11	19						
	4	2	6	12	20						
	5	3	7	13	21	32	34	36	38		
	6	4	8	14	22	31	33	35	37		
3	1	5	7	11	13	19	21	34	36	38	
	2	6	8	12	14	20	22	33	35	37	
	3	1	3	32							
	4	2	4	31							
	5	10	16	24							
	6	9	15	23							
4	1	5	7	9	34						
	2	6	8	10	33						
	3	11	13	15	19	21	23	36	38		
	4	12	14	16	20	22	24	35	37		
	5	17	25								
	6	18	26								
5	1	11	13	15	17	36					
	2	12	14	16	18	35					
	3	19	21	23	25	38					
	4	20	22	24	26	37					
	5	27									
	6	28									

Tabel 8.4 Relatie tussen hoofd- en subroutes

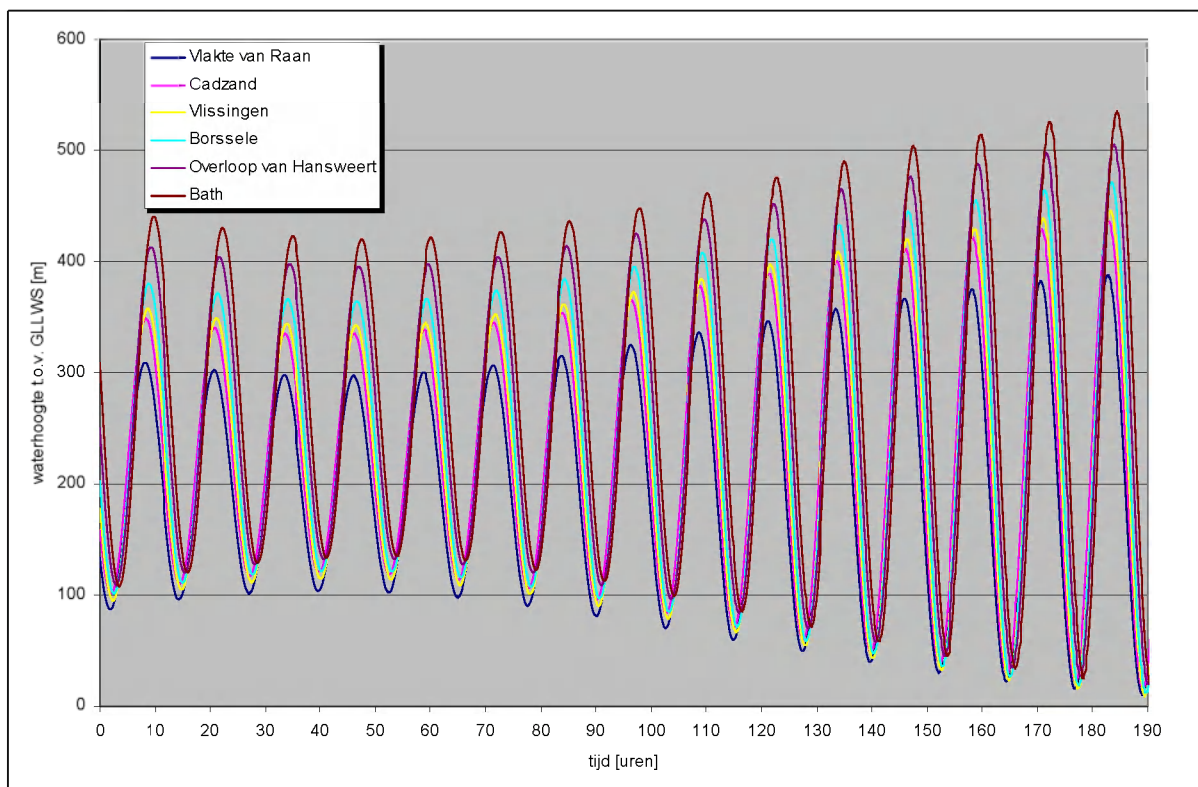
In dwarsrichting is de rivier tussen de boeien geschematiseerd aan de hand van beschikbare dieptegegevens. De bodem is gedefinieerd t.o.v. GLLWS.

Op zes locaties langs de vaarweg is een tijkromme gedefinieerd met bijbehorende waterhoogte, stroomsnelheden en richtingen. De locaties zijn:

- Vlake van de Raan;
- Cadzand;
- Vlissingen;
- Borssele;
- Overloop van Hansweert;
- Bath.

De locaties komen overeen met de locaties waarvoor voorspelde getijkrommen beschikbaar zijn (www.getij.nl). Op basis van de voorspelling van 1/1/2004 tot 31/3/2004 zijn benaderingen van de getijkrommen voor de zes locaties afgeleid bestaande uit een reeks van twee sinusfuncties die de belangrijkste frequenties in het getij meenemen. De

benaderingen zijn gebruikt in de simulatie. Een grafische weergave van de tijkromme staat in Figuur 8.10.



Figuur 8.10 Tijkrommen

De reistijdverliezen worden bepaald binnen een vooraf opgegeven analysegebied. Er zijn vijf analysegebieden gedefinieerd die precies de hoofdvaargeul in de vijf deelgebieden overdekken. De vijf analysegebieden zijn aansluitend en overdekken gezamenlijk het hele gebied van de Westerschelde.

Verkeersaanbod

Het verkeersaanbod is afgeleid uit de jaartotalen (zie hoofdstuk 6). Gewerkt wordt met een aanbod per week dat is vastgesteld als het jaartotaal/52. De totale aantallen schepen die per week door de vijf gemodelleerde gebieden passeren zijn weergegeven in Tabel 8.5 tot en met Tabel 8.23. Deze aantallen zijn inclusief de tijgebonden schepen. Tabel 8.24 geeft het totaal aantal tijgebonden schepen per week in het gebied voor het Global Competition scenario voor de drie steekjaren. Als selectiecriteria is een diepgang van 11.80 m gebruikt in de variant zonder verdieping en een selectiecriteria van 13.10 in de variant met verdieping. Ongeveer 60% vaart op de route Kwinteboei – Antwerpen.

De volgende afkortingen zijn gehanteerd:

- GC het Global Competition scenario;
- EC het European Coördination scenario;
- DE het Divided Europe scenario

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	44.8	56.4	86.4	80.3	31.0
	Overig	582.5	513.1	561.5	407.1	318.7
	Container	100.1	112.5	116.7	115.1	112.0
	Gas	36.2	60.2	68.4	57.7	35.8
	Tanker	70.7	141.3	255.7	234.7	101.5
	Binnenvaart	38.3	37.4	386.3	1103.0	1013.7
	Totaal	872.4	920.9	1475.0	1997.9	1612.8

Tabel 8.5 Aantal passerende schepen per week in 2002

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	46.2	58.1	84.4	78.2	32.2
	Overig	575.7	467.5	509.4	366.8	286.2
	Container	107.4	119.8	124.2	122.2	119.1
	Gas	36.7	60.7	69.3	58.5	36.2
	Tanker	75.8	152.4	267.4	245.0	109.5
	Binnenvaart	38.3	37.4	382.9	1099.4	1013.5
	Totaal	880.1	895.8	1437.6	1970.1	1596.6

Tabel 8.6 Aantal passerende schepen per week in scenario GC2010 zonder verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	47.6	59.4	80.1	73.9	33.1
	Overig	556.1	395.0	427.1	303.3	235.1
	Container	114.6	125.0	130.0	127.2	124.2
	Gas	36.1	58.9	68.0	57.7	35.6
	Tanker	85.3	173.3	289.8	264.9	124.6
	Binnenvaart	38.3	37.4	378.1	1094.3	1013.3
	Totaal	878.0	849.1	1373.0	1921.4	1565.9

Tabel 8.7 Aantal passerende schepen per week in scenario GC2020 zonder verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	44.4	54.8	70.4	64.9	30.7
	Overig	512.7	320.4	343.4	239.7	184.4
	Container	128.4	147.0	156.3	149.5	146.6
	Gas	34.0	56.5	65.6	55.6	33.6
	Tanker	89.5	182.4	299.3	273.3	131.2
	Binnenvaart	38.3	37.4	373.1	1089.1	1012.9
	Totaal	847.3	798.5	1308.0	1872.1	1539.4

Tabel 8.8 Aantal passerende schepen per week in scenario GC2030 zonder verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	45.8	57.6	82.9	76.7	31.9
	Overig	549.3	445.4	485.3	348.9	272.2
	Container	83.6	91.8	96.2	94.4	91.3
	Gas	36.6	60.4	68.5	57.9	36.1
	Tanker	69.0	137.8	251.9	231.4	99.0
	Binnenvaart	38.3	37.4	381.4	1097.9	1013.5
	Totaal	822.6	830.6	1366.3	1907.1	1544.0

Tabel 8.9 Aantal passerende schepen per week in scenario EC2010 zonder verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	45.9	57.4	76.8	70.6	32.0
	Overig	509.2	361.3	390.6	276.5	214.3
	Container	91.8	94.8	99.7	97.3	94.2
	Gas	38.0	62.0	70.4	59.5	37.4
	Tanker	72.6	145.5	260.1	238.6	104.5
	Binnenvaart	38.3	37.4	375.9	1092.1	1013.3
	Totaal	795.7	758.4	1273.4	1834.6	1495.5

Tabel 8.10 Aantal passerende schepen per week in scenario EC2020 zonder verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	41.2	51.1	65.2	60.0	28.6
	Overig	447.7	279.7	299.8	208.1	160.0
	Container	107.4	117.5	126.2	120.2	117.1
	Gas	38.5	62.6	70.8	59.9	37.9
	Tanker	69.7	139.3	253.4	232.7	100.0
	Binnenvaart	38.3	37.4	370.4	1086.4	1012.9
	Totaal	742.8	687.7	1185.9	1767.3	1456.5

Tabel 8.11 Aantal passerende schepen per week in scenario EC2030 zonder verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	44.8	56.4	79.1	72.9	31.2
	Overig	500.3	395.1	430.0	307.2	239.3
	Container	82.8	92.9	97.3	95.5	92.4
	Gas	37.3	61.9	69.6	58.7	36.9
	Tanker	63.3	125.3	238.6	219.6	90.0
	Binnenvaart	38.3	37.4	378.4	1094.9	1013.5
	Totaal	766.7	769.0	1293.0	1848.8	1503.2

Tabel 8.12 Aantal passerende schepen per week in scenario DE2010 zonder verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	47.1	59.3	75.7	69.1	33.1
	Overig	420.2	290.5	313.7	219.4	169.7
	Container	90.4	101.3	106.3	104.1	100.9
	Gas	38.2	63.1	70.5	59.3	37.7
	Tanker	57.7	113.3	225.7	208.2	81.2
	Binnenvaart	38.3	37.4	371.7	1088.0	1013.3
	Totaal	691.9	664.9	1163.6	1748.1	1436.0

Tabel 8.13 Aantal passerende schepen per week in scenario DE2020 zonder verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	40.1	50.0	61.3	56.0	28.0
	Overig	332.6	203.6	218.1	148.4	113.9
	Container	88.5	102.7	110.5	105.7	102.5
	Gas	39.2	64.6	71.6	60.2	38.7
	Tanker	50.8	98.2	209.6	193.9	70.3
	Binnenvaart	38.3	37.4	366.3	1082.2	1012.9
	Totaal	589.4	556.6	1037.4	1646.5	1366.3

Tabel 8.14 Aantal passerende schepen per week in scenario DE2030 zonder verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	46.2	58.1	84.4	78.2	32.2
	Overig	575.7	467.5	509.4	366.8	286.2
	Container	139.9	159.8	164.8	162.3	159.2
	Gas	36.7	60.7	69.3	58.5	36.2
	Tanker	75.8	152.4	267.4	245.0	109.5
	Binnenvaart	38.3	37.4	382.9	1099.4	1013.5
	Totaal	912.6	935.9	1478.2	2010.3	1636.7

Tabel 8.15 Aantal passerende schepen per week in scenario GC2010 met verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	47.6	59.4	80.1	73.9	33.1
	Overig	556.1	395.0	427.1	303.3	235.1
	Container	161.3	181.7	187.4	184.0	181.0
	Gas	36.1	58.9	68.0	57.7	35.6
	Tanker	85.3	173.3	289.8	264.9	124.6
	Binnenvaart	38.3	37.4	378.1	1094.3	1013.3
	Totaal	924.7	905.8	1430.4	1978.2	1622.7

Tabel 8.16 Aantal passerende schepen per week in scenario GC2020 met verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	44.4	54.8	70.4	64.9	30.7
	Overig	512.7	320.4	343.4	239.7	184.4
	Container	189.6	221.9	232.8	224.6	221.6
	Gas	34.0	56.5	65.6	55.6	33.6
	Tanker	89.5	182.4	299.3	273.3	131.2
	Binnenvaart	38.3	37.4	373.1	1089.1	1012.9
	Totaal	908.4	873.4	1384.5	1947.1	1614.5

Tabel 8.17 Aantal passerende schepen per week in scenario GC2030 met verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	45.8	57.6	82.9	76.7	31.9
	Overig	549.3	445.4	485.3	348.9	272.2
	Container	135.8	155.7	160.6	158.2	155.1
	Gas	36.6	60.4	68.5	57.9	36.1
	Tanker	69.0	137.8	251.9	231.4	99.0
	Binnenvaart	38.3	37.4	381.4	1097.9	1013.5
	Totaal	874.7	894.4	1430.7	1970.9	1607.8

Tabel 8.18 Aantal passerende schepen per week in scenario EC2010 met verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	45.9	57.4	76.8	70.6	32.0
	Overig	509.2	361.3	390.6	276.5	214.3
	Container	148.6	169.7	175.4	172.2	169.1
	Gas	38.0	62.0	70.4	59.5	37.4
	Tanker	72.6	145.5	260.1	238.6	104.5
	Binnenvaart	38.3	37.4	375.9	1092.1	1013.3
	Totaal	852.5	833.3	1349.1	1909.6	1570.4

Tabel 8.19 Aantal passerende schepen per week in scenario EC2020 met verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	41.2	51.1	65.2	60.0	28.6
	Overig	447.7	279.7	299.8	208.1	160.0
	Container	161.4	192.6	203.0	195.7	192.5
	Gas	38.5	62.6	70.8	59.9	37.9
	Tanker	69.7	139.3	253.4	232.7	100.0
	Binnenvaart	38.3	37.4	370.4	1086.4	1012.9
	Totaal	796.8	762.8	1262.7	1842.7	1532.0

Tabel 8.20 Aantal passerende schepen per week in scenario EC2030 met verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	44.8	56.4	79.1	72.9	31.2
	Overig	500.3	395.1	430.0	307.2	239.3
	Container	126.0	147.4	152.5	150.1	146.9
	Gas	37.3	61.9	69.6	58.7	36.9
	Tanker	63.3	125.3	238.6	219.6	90.0
	Binnenvaart	38.3	37.4	378.4	1094.9	1013.5
	Totaal	809.9	823.6	1348.2	1903.3	1557.7

Tabel 8.21 Aantal passerende schepen per week in scenario DE2010 met verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	47.1	59.3	75.7	69.1	33.1
	Overig	420.2	290.5	313.7	219.4	169.7
	Container	131.7	158.8	164.8	161.7	158.5
	Gas	38.2	63.1	70.5	59.3	37.7
	Tanker	57.7	113.3	225.7	208.2	81.2
	Binnenvaart	38.3	37.4	371.7	1088.0	1013.3
	Totaal	733.2	722.5	1222.0	1805.7	1493.5

Tabel 8.22 Aantal passerende schepen per week in scenario DE2020 met verdieping

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	40.1	50.0	61.3	56.0	28.0
	Overig	332.6	203.6	218.1	148.4	113.9
	Container	132.3	166.9	176.5	170.2	166.9
	Gas	39.2	64.6	71.6	60.2	38.7
	Tanker	50.8	98.2	209.6	193.9	70.3
	Binnenvaart	38.3	37.4	366.3	1082.2	1012.9
	Totaal	633.3	620.7	1103.3	1711.0	1430.8

Tabel 8.23 Aantal passerende schepen per week in scenario DE2030 met verdieping

Scenario	Jaar	Verdieping	Aantal per week
--	2002	geen	30
GC	2010	geen	42
GC	2020	geen	62
GC	2030	geen	94
GC	2010	wel	15
GC	2020	wel	31
GC	2030	wel	57

Tabel 8.24 Aantal tijgebonden schepen in het Global Competition scenario

Condities

De onderstaande matrix geeft het overzicht van de gesimuleerde condities.

Condities	Scenario	Jaar	Verdieping
1	--	2002	Geen
2	GC	2010	Geen
3		2020	Geen
4		2030	Geen
5	EC	2010	Geen
6		2020	Geen
7		2030	Geen
8	DE	2010	Geen
9		2020	Geen
10		2030	Geen
11	GC	2010	Wel
12		2020	Wel
13		2030	Wel
14	EC	2010	Wel
15		2020	Wel
16		2030	Wel
17	DE	2010	Wel
18		2020	Wel
19		2030	Wel

Tabel 8.25 Overzicht van gesimuleerde condities

8.4 Resultaten

8.4.1 Inleiding

De simulaties bestrijken een aaneengesloten periode van 192 uur (acht vergelijkbare dagen met elke dag dezelfde verkeersintensiteit) met een rekentijdstap en beslistijdstap van vijf seconden. In deze periode doorloopt het tij een volledige cyclus van dood tij naar springtij. Uit eerdere onderzoeken is gebleken dat de periode voldoende lang is om probleemsituaties in de verkeersafwikkeling te signaleren. De eerste 24 uur is bedoeld om het model in te slingeren (gestart wordt met een volledig lege vaarweg). De volgende 7 dagen worden gebruikt om de reistijdverliezen vast te stellen.

De analysegebieden zijn zo gekozen dat een totaalbeeld verkregen wordt van de verkeersafwikkeling in de deelgebieden en een samenvattend overzicht voor het hele gebied.

De bespreking van de resultaten en de formulering van conclusies wordt gedaan door de verschillende condities te vergelijken aan de hand van een aantal analysevariabelen. De analysevariabelen die gebruikt worden, worden hieronder aangegeven en waar nodig kort toegelicht.

- *aantal gesimuleerde schepen*,
Voor iedere route (opvaart, afvaart) en iedere scheepscategorie wordt het aantal gesimuleerde schepen geteld.

- *statistisch overzicht vaart minderen* (i.v.m. interacties met overig verkeer), een schip heeft in de simulatie een vaste referentiesnelheid (gewenste snelheid). Als gevolg van interacties met ander verkeer wordt hiervan naar beneden afgeweken (vaart minderen). De afwijking van de referentiesnelheden wordt per route bijgehouden. Hiervoor wordt per route geregistreerd:
 - het aantal tijdstappen dat een schip met een lagere snelheid gevaren heeft;
 - het aantal tijdstappen dat een schip met de referentiesnelheid gevaren heeft;
 - het aantal tijdstappen dat schepen maximaal vertraagd hebben;
 - de gemiddelde afwijking van de referentiesnelheid (van de schepen die vaart geminderd hebben);
 - de standaardafwijking, het minimum en maximum van de afwijking van de referentiesnelheid.

- *statistisch overzicht reistijdverliezen*, Het reistijdverlies, in minuten per schip, als gevolg van noodzakelijke snelheidsverminderingen in drukke verkeerssituaties wordt bijgehouden. Hierbij wordt per route:
 - het aantal schepen met reistijdverlies geteld;
 - het aantal schepen zonder reistijdverlies geteld;
 - over de schepen met reistijdverlies wordt het gemiddelde, de standaardafwijking, het minimum en maximum van het reistijdverlies bepaald.
 Tenslotte wordt in een aparte tabel per klasse en route het totale reistijdverlies over de geanalyseerde periode (1 week) gegeven.

- *de clustergrootte*, Een cluster is gedefinieerd als een rij van schepen die dicht bij elkaar varen. Vastgelegd wordt hoe lang een schip (als percentage van de totale vaartijd) in een cluster van een bepaalde grootte vaart. Tevens wordt het gemiddeld aantal schepen waaruit een cluster bestaat bijgehouden.

In de volgende paragrafen worden de belangrijkste resultaten opgesomd en wordt een vergelijking gemaakt tussen de verschillende condities. De resultaten hebben betrekking op een gemiddelde week (168 uur).

8.4.2 Bespreking

- *algemeen*

Zoals al eerder beschreven is het zo dat de afwikkeling van een verkeerssituatie afgeleid wordt uit een paarsgewijze vergelijking van alle schepen binnen het kijkgebied. In drukke situaties kan het in SIMDAS voor komen dat er geen oplossing gevonden wordt. Eén van de schepen gaat dan vaart minderen en stil liggen tot er weer voldoende ruimte is om door te varen. In dit geval verlopen alle condities zonder dat er (voor het simulatiemodel) niet oplosbare conflictsituaties ontstaan. Er zijn geen directe aanwijzingen dat er een capaciteitsprobleem ontstaat waarbij sprake is van congestie.

In de simulaties van de condities zonder verdieping komt het één maal (in de 7 dagen) voor dat een schip in twee getijden op moet varen. Het betrof in alle gevallen een bulkcarrier uit de grootste klasse (SIMDAS categorie 7). In de condities met verdieping komt dit niet meer voor.

Afvarende tijgebonden schepen varen altijd in één getij naar zee. Dit geeft aan dat de keus voor de voorrangregeling (voorstroms heeft voorrang) niet tot problemen heeft

geleid. Dat wil zeggen dat er ondanks de voorrangsregeling geen grote afvarende schepen te veel van het strikte vaarplan zijn afgeweken.

Het simulatieprogramma wijst een aantal potentiële knelpunten in de vaarweg aan. Dit zijn vaarweggedeelten waar ontmoetingen met de maatgevende schepen met een breedte van 45 m of meer niet mogelijk zijn. Het betreft hier de SIMDAS categorieën 6, 7 (de twee categorieën van de grootste bulkcarriers), 19 (grote containerschepen), 26 (grote gascarriers) en 33 (grote tankers). Het betreft:

- de Pas van Borssele;
- de vaarweg voor Terneuzen;
- de vaarweg bovenstrooms van de Zandvlietsluis;
- het vaarweggedeelte van de bocht bij Walsoorden tot en met de bocht van Bath.

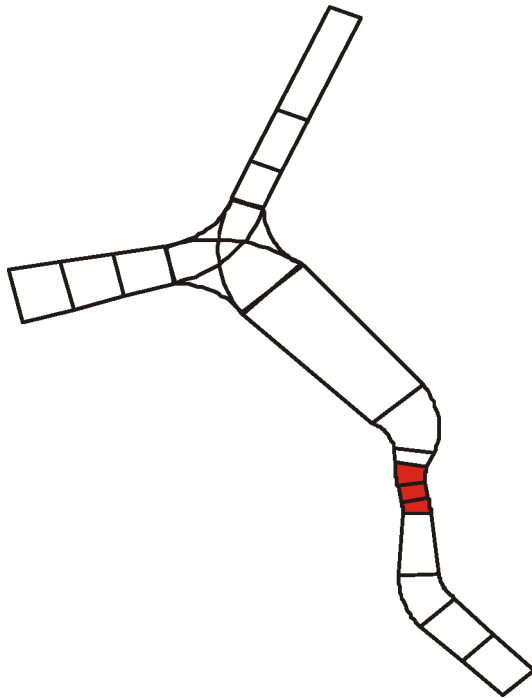
De eerste drie vaarweggedelen vaarweggedeelten zijn in de onderstaande figuren (Figuur 8.11 tot en met Figuur 8.13) rood gemarkeerd. De lengte van het gedeelte bij Terneuzen is zo kort dat het geen meetbare invloed heeft op de verkeersafwikkeling. Het gedeelte bovenstrooms van de Zandvlietsluis voldoet op dit moment niet aan de eis voor de vaargeulbreedte zoals deze in het verdrag van 1995 is opgenomen. De planning is dat dit gedeelte wordt verbreed tot 370 m.

Voor het vaarweggedeelte van de bocht bij Walsoorden tot en met de bocht van Bath (Figuur 8.13) geldt alleen in de bochten (rood gemarkeerd) en gedeeltelijk de aanloop naar de bochten (rose gemarkeerd) dat alle ontmoetingen met de maatgevende schepen niet mogelijk zijn. Op het tussenliggende gedeelte zijn op een tweetal plaatsen alleen ontmoetingen tussen de maatgevende schepen onderling niet mogelijk (blauw gemarkeerd). Ontmoetingen met kleinere schepen zijn op deze gedeelten wel mogelijk. Op de rechte vaarweggedelen zijn alle ontmoetingen mogelijk. Omdat de vaarweggedelen waar ontmoetingen tussen de maatgevende schepen niet mogelijk zijn relatief dicht op elkaar volgen, wordt in eerste instantie het gehele traject van de bocht bij Walsoorden tot en met de bocht van Bath als potentieel knelpunt aangemerkt. In de simulatie wordt vervolgens per schip bepaald of het schip voor de bochten (de rose gedeelten) moet wachten of dat een ontmoeting op een van de tussenliggende (witte gedeelten) gepland kan worden.

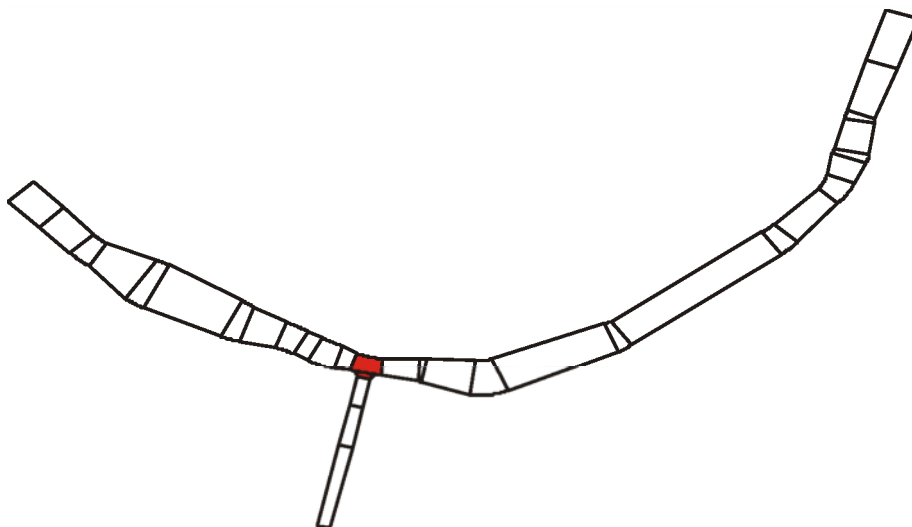
De potentiële knelpunten zijn in de verkeersafwikkeling geen echte knelpunten waar schepen stil moeten gaan liggen en wachten tot de vaarweg vrij is. Kleine snelheidsaanpassingen zijn in alle condities voldoende om moeilijke ontmoetingen te vermijden.

Het geringe verschil tussen de condities wordt vooral verklaard door het relatief kleine verschil in aanbod. De basissituatie 2002 en het Global Competition scenario, zowel zonder als met verdieping en het European Coördination scenario met verdieping zijn zonder meer vergelijkbaar. In de ander scenario's loopt het verkeersaanbod met de jaren zelfs sterk terug (zie ook Tabel 6.4 en Tabel 6.10). De schaalvergroting heeft in dit geval ook maar een beperkt effect. In Tabel 8.24 zien we dat het aantal tijgebonden schepen in de meest extreme situatie voor het Global Competition zonder verdieping toeneemt tot 94 in de week (t.o.v. 30 in 2002) in het totale Scheldegebied, opvaart en afvaart samen. Dit zijn aantallen die nog makkelijk binnen de beschikbare tijpoorten afgehandeld kunnen worden, omdat het voor een belangrijk deel schepen met een diepgang tussen 12 m en 13 m betreft (relatief ruime tijpoorten). In het Global

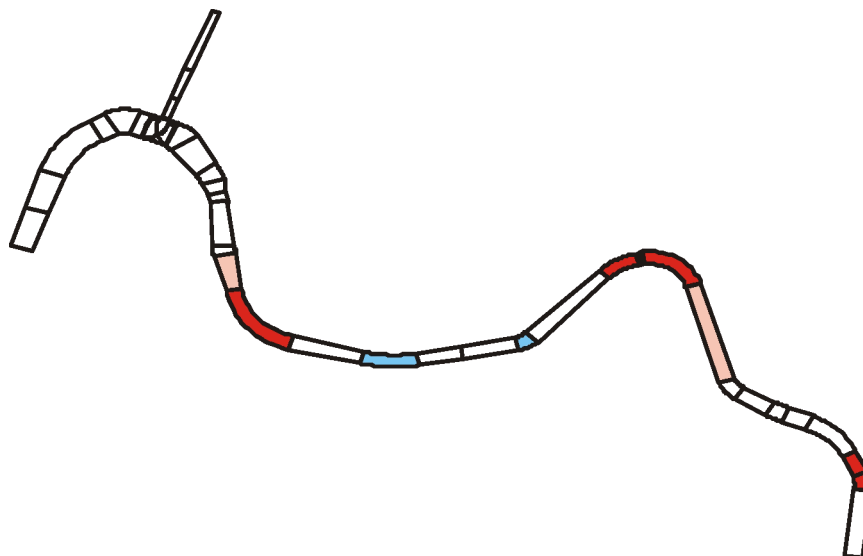
Competition scenario met verdieping zijn het er 57. Dit is een minder sterke reductie dan op basis van de diepgangen verwacht mocht worden, maar hierin is doorberekend dat verdieping ook extra (container)schepen genereert. In de ander condities ligt het aantal tijgebonden schepen beduidend lager en zijn de effecten daarvan op de verkeersafwikkeling dus ook kleiner. Dit is vooral terug te zien in de reistijdverliezen.



Figuur 8.11 Potentiële knelpuntem (deelgebied 3)



Figuur 8.12 Potentiële knelpuntem (deelgebied 4)



Figuur 8.13 Potentiële knelpuntem (deelgebied 5)

- *aantal gesimuleerde schepen*

Het aantal gesimuleerde schepen is in alle analysegebieden gelijk aan het aantal dat aan de randen gegenereerd wordt (Tabel 8.5 tot en met Tabel 8.23). Dit betekent dat het verkeer goed door blijft stromen. Er ontstaan geen knelpuntsituaties, waarbij wachtrijen (meerdere schepen wachtend voor een knelpunt) ontstaan en een gedeelte van het verkeer niet in een analysegebied aankomt. Dit wordt ondersteund door de overige analysevariabelen.

- *statistisch overzicht vaart minderen (i.v.m. interacties met overig verkeer)*

In eerste instantie probeert een schip bij interactie met andere verkeersdeelnemers de vaarbaan aan te passen en pas in tweede instantie wordt de snelheid naar beneden bijgesteld. Bijvoorbeeld de snelheid aanpassen aan een voorganger als oplopen niet mogelijk is of om een ontmoeting in een knelpunt te vermijden.

In 2002 wordt op het vaarweggedeelte tussen Vlissingen en Antwerpen gemiddeld 1% van de vaartijd de snelheid aangepast om te reageren op andere verkeersdeelnemers. Op het gedeelte van Vlissingen naar zee is dit slechts 0.5%. In het Global Competition scenario neemt dit voor het traject Vlissingen - Antwerpen over de jaren heen licht toe tot 1.2% (onafhankelijk van wel of geen verdieping). Voor de overige scenario's neemt het percentage af tot 0.9%. Op het andere vaarweggedeelte blijft het in alle scenario's 0.5%.

In eerste instantie wordt gereageerd door zo beperkt mogelijk snelheid te verminderen. Pas in het uiterste geval wordt maximaal vertraagd. In alle condities wordt gedurende 0.3% van de vaartijd maximaal vertraagd.

Uit vergelijkbare onderzoeken is bekend dat dit waarden zijn die horen bij een relatief lage verkeersintensiteit waar nog geen grote problemen in de verkeersafwikkeling te verwachten zijn. Potentieel moeilijke situaties kunnen met beperkt aanpassen van de snelheid opgelost worden zonder dat dit veel invloed heeft op de totale doorstroming.

- *statistisch overzicht reistijdverliezen*

Tabel 8.26 tot en met Tabel 8.44 geeft een overzicht van het totale reistijdverlies in minuten over 168 uur simulatie (een week), uitgesplitst naar deelgebied en scheepscategorie.

Conditie	Scenario	Jaar	Verdieping	Reistijdverlies per week [min]				Totaal per jaar [uren]
				Zeevaart tjonaafhankelijk	Zeevaart tjafhankelijk	Binnenvaart	Totaal	
1	--	2002	geen	430.4	24.5	259.4	714.3	619.1
2	GC	2010	geen	394.5	31.4	267.9	693.9	601.4
3		2020	geen	395.2	28.8	278.3	702.4	608.8
4		2030	geen	454.4	84.1	274.8	813.3	704.9
5	EC	2010	geen	362.7	23.9	282.4	668.9	579.8
6		2020	geen	309.0	24.3	254.8	588.1	509.7
7		2030	geen	359.7	50.2	285.4	695.3	602.6
8	DE	2010	geen	354.9	21.3	276.2	652.4	565.4
9		2020	geen	229.1	23.1	225.6	477.9	414.2
10		2030	geen	194.3	22.1	250.0	466.5	404.3
11	GC	2010	wel	453.1	13.1	283.5	749.7	649.7
12		2020	wel	473.3	39.9	276.8	790.0	684.7
13		2030	wel	560.8	70.5	284.1	915.4	793.4
14	EC	2010	wel	434.7	9.2	302.0	746.0	646.5
15		2020	wel	395.5	24.7	261.5	681.6	590.7
16		2030	wel	462.5	48.0	303.6	814.0	705.5
17	DE	2010	wel	408.6	9.7	276.7	695.0	602.4
18		2020	wel	318.0	15.7	263.0	596.8	517.2
19		2030	wel	276.8	23.2	256.2	556.2	482.0

Tabel 8.45 geeft het totale reistijdverlies per conditie uitgedrukt in minuten per week en omgerekend naar uren per jaar (52 keer het weektotaal). In het reistijdverlies zijn alleen interne oorzaken als gevolg van de verkeersintensiteit op de Schelde meegenomen. Externe oorzaken zoals te laat vertrekken of aankomen bij de loodskruispost zijn niet meegenomen.

Het reistijdverlies wordt in gelijke mate opgelopen door alle schepen. In de tabellen zijn de tijgebonden schepen nog apart onderscheiden. Hierbij is onderscheid gemaakt naar containerschepen (tijgebonden 2) en overige categorieën (tijgebonden 1). De reistijdverliezen van deze twee zijn niet meegeteld in het totaal op de laatste regel van de tabellen, omdat deze reistijdverliezen ook al meegeteld zijn bij de categorie zelf.

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.0	0.5	1.8	23.0	5.0	30.4
	Overig	40.5	36.8	33.5	72.8	31.6	215.2
	Container	17.2	1.3	7.9	21.9	26.2	74.6
	Gas	1.4	0.6	4.0	14.0	8.4	28.4
	Tanker	0.2	9.2	56.7	27.9	12.3	106.4
	Binnenvaart	0.0	0.0	38.7	131.3	89.4	259.4
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.2	0.4	0.4	1.2
	Tijgebonden 2	6.7	0.5	2.3	6.3	7.6	23.3
Totaal		59.4	48.5	142.6	290.9	173.0	714.3

Tabel 8.26 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2002

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.9	0.7	3.4	16.7	9.1	30.9
	Overig	48.1	24.7	40.6	64.8	27.5	205.7
	Container	6.8	1.8	16.5	34.2	23.2	82.6
	Gas	9.1	7.7	7.5	17.7	2.4	44.4
	Tanker	1.5	10.4	4.5	25.1	20.8	62.3
	Binnenvaart	0.5	0.1	43.9	128.8	94.6	267.9
	Tijgebonden 1	0.1	0.0	0.1	0.5	0.7	1.4
	Tijgebonden 2	4.6	0.3	5.7	11.6	7.9	30.0
Totaal		67.0	45.5	116.4	287.4	177.6	693.9

Tabel 8.27 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario GC2010 zonder verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	1.2	2.5	12.4	6.5	1.1	23.7
	Overig	64.5	17.1	37.4	53.4	45.2	217.6
	Container	3.6	1.9	9.7	22.8	20.8	58.9
	Gas	0.2	0.1	6.5	10.1	4.0	20.9
	Tanker	3.1	6.8	43.9	31.2	18.0	103.1
	Binnenvaart	2.8	0.2	40.6	138.4	96.3	278.3
	Tijgebonden 1	0.2	0.0	0.1	0.6	0.6	1.5
	Tijgebonden 2	3.5	0.6	3.1	10.6	9.7	27.4
Totaal		75.5	28.7	150.5	262.3	185.5	702.4

Tabel 8.28 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario GC2020 zonder verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.2	0.3	12.7	15.9	4.6	33.7
	Overig	65.2	24.6	33.1	47.9	25.7	196.5
	Container	46.7	17.6	11.5	23.1	30.6	129.4
	Gas	3.7	0.0	2.3	11.1	6.9	24.0
	Tanker	6.7	4.4	61.7	58.0	24.1	154.9
	Binnenvaart	5.6	0.0	35.6	126.2	107.3	274.8
	Tijgebonden 1	0.3	0.0	0.2	0.9	0.7	2.1
	Tijgebonden 2	36.8	5.7	6.4	14.3	18.8	82.0
Totaal		128.2	46.9	156.8	282.2	199.2	813.3

Tabel 8.29 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario GC2030 zonder verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.1	0.3	3.8	14.9	9.9	28.9
	Overig	36.9	27.0	49.3	71.6	44.5	229.3
	Container	9.7	2.8	13.0	17.6	17.8	60.9
	Gas	9.1	2.8	1.9	7.1	4.8	25.7
	Tanker	0.3	1.3	8.5	17.4	14.3	41.7
	Binnenvaart	0.9	0.2	45.3	133.9	102.1	282.4
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.5	1.0
	Tijgebonden 2	6.1	0.3	1.3	7.5	7.7	22.9
Totaal		57.0	34.4	121.7	262.4	193.4	668.9

Tabel 8.30 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario EC2010 zonder verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	3.2	1.6	15.9	3.9	1.2	25.8
	Overig	53.2	9.4	14.9	36.2	40.8	154.5
	Container	5.6	0.7	6.9	7.6	23.8	44.5
	Gas	0.3	7.0	3.3	6.6	3.5	20.6
	Tanker	4.8	1.0	47.9	22.3	11.8	87.8
	Binnenvaart	0.0	0.1	36.6	117.6	100.5	254.8
	Tijgebonden 1	0.3	0.0	0.2	0.5	0.4	1.4
	Tijgebonden 2	3.6	0.1	2.0	4.1	12.9	22.8
Totaal		67.0	20.0	125.4	194.2	181.5	588.1

Tabel 8.31 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario EC2020 zonder verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.5	0.4	39.3	11.4	3.9	55.4
	Overig	30.4	13.0	37.1	38.2	15.8	134.4
	Container	3.9	6.3	27.9	28.6	21.9	88.7
	Gas	1.0	4.6	1.0	10.7	5.4	22.6
	Tanker	2.1	2.9	48.2	39.1	16.5	108.7
	Binnenvaart	2.0	0.0	37.7	140.1	105.7	285.4
	Tijgebonden 1	0.1	0.0	0.3	0.8	0.6	1.8
	Tijgebonden 2	3.1	4.2	10.5	17.3	13.2	48.3
Totaal		39.9	27.1	191.2	268.0	169.1	695.3

Tabel 8.32 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario EC2030 zonder verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.9	6.7	4.0	15.9	8.2	35.8
	Overig	51.5	12.9	36.7	62.3	28.4	191.9
	Container	4.8	8.0	10.4	14.7	22.6	60.5
	Gas	9.4	3.5	2.2	3.9	6.3	25.1
	Tanker	0.1	1.7	3.8	52.0	5.3	62.9
	Binnenvaart	0.0	0.1	46.7	131.7	97.8	276.2
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.2	0.9
	Tijgebonden 2	3.2	0.9	1.6	5.8	8.9	20.4
Totaal		66.7	32.8	103.8	280.5	168.6	652.4

Tabel 8.33 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario DE2010 zonder verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	1.7	0.4	8.7	9.4	10.4	30.5
	Overig	19.4	2.9	21.2	23.2	20.8	87.5
	Container	4.6	11.4	2.8	26.0	17.9	62.8
	Gas	0.4	1.3	3.6	18.5	4.1	27.9
	Tanker	0.1	1.8	3.0	30.1	8.7	43.5
	Binnenvaart	0.5	0.0	28.2	104.8	92.1	225.6
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.1	0.8	0.4	1.3
	Tijgebonden 2	3.2	1.6	0.4	9.9	6.8	21.8
Totaal		26.6	17.9	67.4	212.0	154.0	477.9

Tabel 8.34 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario DE2020 zonder verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.0	2.0	0.7	2.9	3.7	9.4
	Overig	17.7	7.6	26.9	18.6	27.0	97.9
	Container	6.8	3.0	4.3	19.9	9.8	43.9
	Gas	8.6	1.5	0.9	12.9	2.1	26.0
	Tanker	4.3	3.5	3.6	23.5	4.4	39.3
	Binnenvaart	2.0	0.0	28.3	114.9	104.9	250.0
	Tijgebonden 1	0.3	0.0	0.1	0.7	0.2	1.3
	Tijgebonden 2	5.0	1.2	0.4	9.5	4.7	20.8
Totaal		39.3	17.6	64.8	192.8	152.0	466.5

Tabel 8.35 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario DE2030 zonder verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	1.1	1.3	1.0	14.2	6.6	24.2
	Overig	49.0	26.3	40.5	52.7	32.9	201.3
	Container	15.2	5.8	17.9	37.9	43.8	120.5
	Gas	9.1	7.5	7.5	21.3	2.0	47.4
	Tanker	2.0	12.2	6.0	29.2	23.4	72.8
	Binnenvaart	0.5	0.1	53.1	132.8	96.9	283.5
	Tijgebonden 1	0.1	0.0	0.1	0.6	0.8	1.6
	Tijgebonden 2	2.5	0.4	1.4	3.3	3.8	11.5
Totaal		76.9	53.2	126.0	288.0	205.6	749.7

Tabel 8.36 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario GC2010 met verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	2.8	2.5	12.3	8.0	1.0	26.7
	Overig	61.0	18.0	32.7	49.6	40.3	201.6
	Container	29.3	2.2	26.8	54.2	49.5	161.9
	Gas	0.2	0.1	7.7	4.2	5.5	17.7
	Tanker	3.1	8.6	40.2	34.4	18.9	105.3
	Binnenvaart	2.9	0.2	37.3	137.1	99.2	276.8
	Tijgebonden 1	0.2	0.0	0.1	0.7	0.6	1.6
	Tijgebonden 2	11.2	0.2	5.2	11.3	10.3	38.3
Totaal		99.4	31.6	157.0	287.5	214.5	790.0

Tabel 8.37 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario GC2020 met verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.3	0.3	12.1	13.0	25.5	51.2
	Overig	70.6	26.8	27.0	52.2	27.6	204.1
	Container	29.5	4.3	15.5	74.8	75.8	199.9
	Gas	3.7	2.5	1.3	17.2	15.8	40.5
	Tanker	6.3	4.3	37.7	57.4	29.9	135.6
	Binnenvaart	5.7	0.0	38.9	125.4	114.1	284.1
	Tijgebonden 1	0.3	0.0	0.1	0.8	0.8	2.1
	Tijgebonden 2	12.5	1.3	3.2	25.5	25.9	68.4
Totaal		116.1	38.1	132.4	340.0	288.7	915.4

Tabel 8.38 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario GC2030 met verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.1	0.3	2.8	13.4	5.9	22.5
	Overig	39.4	30.1	44.8	81.5	39.5	235.2
	Container	2.7	8.2	18.2	31.5	39.0	99.6
	Gas	9.4	2.6	2.3	4.9	5.5	24.7
	Tanker	0.4	5.5	13.9	23.4	18.7	61.9
	Binnenvaart	0.8	0.2	48.5	140.4	112.1	302.0
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.3	0.4	0.7	1.4
	Tijgebonden 2	0.4	0.2	1.5	2.6	3.2	7.8
Totaal		52.8	46.9	130.4	295.1	220.8	746.0

Tabel 8.39 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario EC2010 met verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	5.0	2.5	16.4	3.8	1.4	29.2
	Overig	59.4	10.2	16.7	48.8	40.0	175.1
	Container	15.4	3.2	16.5	58.6	37.7	131.4
	Gas	0.6	7.0	3.5	16.5	1.8	29.5
	Tanker	5.9	1.7	10.1	26.3	11.0	55.0
	Binnenvaart	0.0	0.1	31.8	128.8	100.7	261.5
	Tijgebonden 1	0.4	0.0	0.2	0.5	0.4	1.5
	Tijgebonden 2	3.2	0.6	2.5	10.3	6.6	23.2
Totaal		86.3	24.7	95.1	282.8	192.7	681.6

Tabel 8.40 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario EC2020 met verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.6	0.4	39.1	11.8	1.1	53.0
	Overig	38.6	17.3	36.6	35.7	10.8	138.9
	Container	17.5	13.5	26.2	57.2	59.1	173.4
	Gas	0.7	1.8	1.7	9.0	5.6	18.7
	Tanker	1.8	5.1	64.4	37.2	17.9	126.3
	Binnenvaart	2.0	0.0	39.1	137.9	124.6	303.6
	Tijgebonden 1	0.1	0.0	0.3	0.6	0.6	1.6
	Tijgebonden 2	9.7	1.5	5.4	14.6	15.1	46.4
Totaal		61.1	38.0	207.1	288.7	219.1	814.0

Tabel 8.41 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario EC2030 met verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.6	7.1	3.5	11.8	3.9	26.8
	Overig	49.2	19.0	40.6	60.3	39.3	208.3
	Container	13.7	16.8	13.1	40.1	32.8	116.5
	Gas	1.0	1.2	2.0	9.2	8.3	21.8
	Tanker	0.6	2.3	7.9	23.4	10.7	45.0
	Binnenvaart	0.0	0.1	46.7	128.1	101.7	276.7
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.3	0.4	0.4	1.1
	Tijgebonden 2	2.1	0.3	0.7	3.0	2.4	8.6
Totaal		65.1	46.4	113.8	273.0	196.7	695.0

Tabel 8.42 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario DE2010 met verdieping

		richtingskenmerk					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	1.8	0.8	8.5	13.4	11.1	35.6
	Overig	30.2	7.5	21.9	43.2	17.7	120.5
	Container	2.0	6.3	13.1	46.0	38.5	105.9
	Gas	0.5	1.4	3.3	18.6	4.3	28.2
	Tanker	0.5	3.1	2.8	28.4	8.8	43.7
	Binnenvaart	0.5	0.0	29.3	116.7	116.4	263.0
	Tij afhankelijk 1	0.0	0.0	0.1	0.7	0.4	1.3
	Tij afhankelijk 2	0.6	0.2	1.9	6.4	5.4	14.5
Totaal		35.5	19.2	79.0	266.3	196.8	596.8

Tabel 8.43 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario DE2020 met verdieping

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.0	2.2	1.5	4.6	4.8	13.1
	Overig	17.6	5.5	24.4	22.4	22.2	92.0
	Container	1.5	2.4	16.6	50.7	51.6	122.8
	Gas	7.3	2.3	0.6	15.2	2.4	27.8
	Tanker	4.0	6.0	3.4	24.6	6.2	44.2
	Binnenvaart	2.7	0.0	32.7	119.7	101.0	256.2
	Tijgebonden 1	0.3	0.0	0.1	0.7	0.3	1.4
	Tijgebonden 2	0.6	0.2	3.0	8.9	9.0	21.7
Totaal		33.2	18.4	79.2	237.2	188.1	556.2

Tabel 8.44 Totaal reistijdverlies in minuten per week in scenario DE2030 met verdieping

De verschillen tussen de condities zijn gering. De reden hiervoor is al eerder beschreven. De doorstroming blijft goed en geringe snelheidsaanpassingen zijn voldoende om moeilijke ontmoetingen te vermijden. Om dit te illustreren zijn in Tabel 8.46 en Figuur 8.14 de index voor het reistijdverlies t.o.v. 2002 en het gemiddeld reistijdverlies per schip gegeven. Het gemiddelde is bepaald over alle schepen die door het gebied reizen. Het overgrote deel loopt geen reistijdverlies op, waardoor het gemiddeld reistijdverlies per schip slechts klein is (28 sec in 2002). Ten opzichte van de basissituatie 2002 neemt in het Global Competition scenario zonder verdieping het verkeersaanbod iets af. Wel is er een kleine schaalvergroting, maar toch wordt het reistijdverlies kleiner. In de daarop volgende jaren is het effect van de schaalvergroting sterker en neemt ten opzichte van GC2010 het reistijdverlies toe en wordt zelfs groter dan in 2002. Doordat in de variant met verdieping het aantal grotere containerschepen nog sterker groeit zijn in dat geval de reistijdverliezen voor alle jaren groter en is er over de jaren heen een stijgende lijn zichtbaar. In de European Coördination scenario's

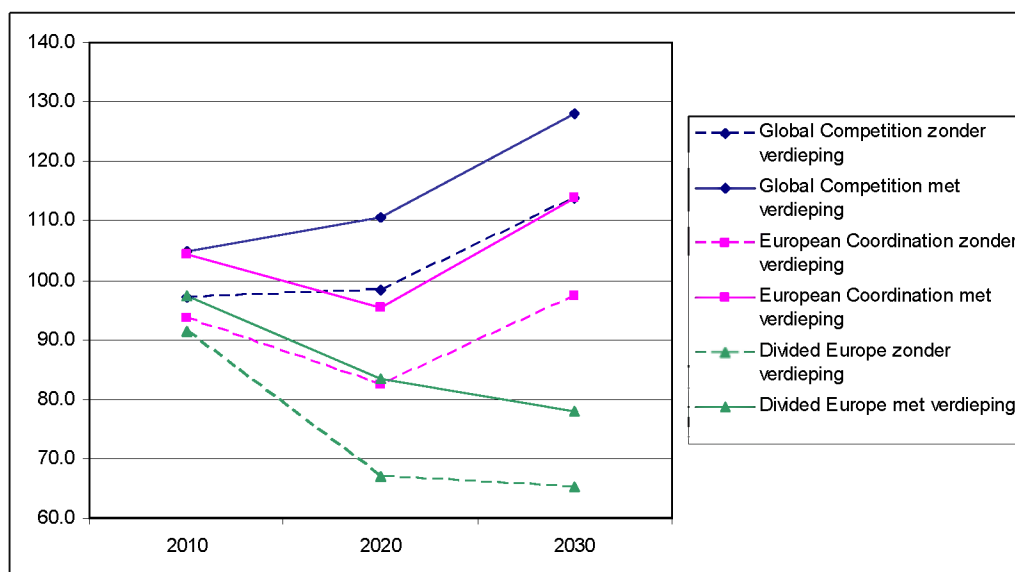
neemt het aantal grotere containerschepen pas na 2020 sterk toe. We zien hier in eerste instantie dan ook een dalende trend, die pas na 2020 weer omhoog gaat. In het Divided Europe scenario neemt het reistijdverlies over de jaren alleen maar verder af. Wel is in alle gevallen het reistijdverlies in de variant met verdieping groter als in de variant zonder verdieping door het grotere aanbod van met name grotere containerschepen.

Conditie	Scenario	Jaar	Verdieping	Reistijdverlies per week [min]				Totaal per jaar [uren]
				Zeevaart tjonafhankelijk	Zeevaart tijafhankelijk	Binnenvaart	Totaal	
1	--	2002	geen	430.4	24.5	259.4	714.3	619.1
2	GC	2010	geen	394.5	31.4	267.9	693.9	601.4
3		2020	geen	395.2	28.8	278.3	702.4	608.8
4		2030	geen	454.4	84.1	274.8	813.3	704.9
5	EC	2010	geen	362.7	23.9	282.4	668.9	579.8
6		2020	geen	309.0	24.3	254.8	588.1	509.7
7		2030	geen	359.7	50.2	285.4	695.3	602.6
8	DE	2010	geen	354.9	21.3	276.2	652.4	565.4
9		2020	geen	229.1	23.1	225.6	477.9	414.2
10		2030	geen	194.3	22.1	250.0	466.5	404.3
11	GC	2010	wel	453.1	13.1	283.5	749.7	649.7
12		2020	wel	473.3	39.9	276.8	790.0	684.7
13		2030	wel	560.8	70.5	284.1	915.4	793.4
14	EC	2010	wel	434.7	9.2	302.0	746.0	646.5
15		2020	wel	395.5	24.7	261.5	681.6	590.7
16		2030	wel	462.5	48.0	303.6	814.0	705.5
17	DE	2010	wel	408.6	9.7	276.7	695.0	602.4
18		2020	wel	318.0	15.7	263.0	596.8	517.2
19		2030	wel	276.8	23.2	256.2	556.2	482.0

Tabel 8.45 Totaal reistijdverlies in minuten per week voor het hele gebied

Conditie	Scenario	Jaar	Verdieping	reistijdverlies per schip [sec]	Totaal per jaar [uren]	Index t.o.v. 2002
1	--	2002	geen	28.2	619.1	100.0
2	GC	2010	geen	27.9	601.4	97.1
3		2020	geen	29.1	608.8	98.3
4		2030	geen	36.6	704.9	113.9
5	EC	2010	geen	27.8	579.8	93.6
6		2020	geen	26.2	509.7	82.3
7		2030	geen	31.3	602.6	97.3
8	DE	2010	geen	28.4	565.4	91.3
9		2020	geen	21.1	414.2	66.9
10		2030	geen	23.3	404.3	65.3
11	GC	2010	wel	29.7	649.7	104.9
12		2020	wel	31.8	684.7	110.6
13		2030	wel	37.2	793.4	128.1
14	EC	2010	wel	29.5	646.5	104.4
15		2020	wel	28.3	590.7	95.4
16		2030	wel	35.4	705.5	114.0
17	DE	2010	wel	29.5	602.4	97.3
18		2020	wel	25.1	517.2	83.5
19		2030	wel	25.4	482.0	77.9

Tabel 8.46 Reistijdverlies(totaal in uren per jaar en gemiddeld in seconden per schip)



Figuur 8.14 Index voor het reistijdverlies (t.o.v. 2002)

De analysevariabele betreffende de clustervorming laat voor de verschillende condities weinig verschillen zien en bevestigt het beeld dat hiervoor geschetst is. De geringe veranderingen in de verkeersintensiteit en de schaalvergroting is op een te verwachten wijze merkbaar in de clustervorming. De langste clusters komen voor in het gedeelte Terneuzen – Antwerpen en bestaan uit maximaal 3 schepen. Het betreft in dat geval altijd een combinatie van een zeeschip dat twee relatief dicht op elkaar varende binnenvaartschepen oploopt. De doorstroming van het verkeer blijft goed.

8.5 Samenvatting en conclusies betreffende de capaciteit

Zoals eerder aangegeven wijst het simulatieprogramma een aantal potentiële knelpunten in de vaarweg aan. Dit zijn vaarweggedeelten waar ontmoetingen met de grootste schepen niet mogelijk zijn. Het betreft hier alle schepen breder dan 45 m. De vaarweggedeelten zijn:

- de Pas van Borssele;
- de vaarweg voor Terneuzen;
- het vaarweggedeelte van de bocht van Walsoorden tot en met de bocht van Bath;
- de vaarweg bovenstrooms van de Zandvlietsluis.

De lengte van het gedeelte bij Terneuzen is zo kort dat het geen meetbare invloed heeft op de verkeersafwikkeling. Voor het vaarweggedeelte van het de bocht bij Walsoorden tot en met de de bocht van Bath geldt alleen in de bochten dat alle ontmoetingen met de grootste schepen niet mogelijk zijn. Op de rechte vaarwegdelen zijn ontmoetingen tussen de grootste schepen onderling wel mogelijk, onder de voorwaarde dat de ontmoetingen zo veel mogelijk gepland worden door middel van interactie tussen verkeersbegeleiding, loodsen en overige verkeersdeelnemers. Ontmoetingen met kleinere schepen zijn op deze gedeelten wel mogelijk.

De potentiële knelpunten zijn in de verkeersafwikkeling geen echte knelpunten. Kleine snelheidsaanpassingen zijn in alle condities voldoende om moeilijke ontmoetingen te vermijden.

De verschillen tussen de condities zijn daardoor gering. De doorstroming blijft goed en zoals gezegd geringe snelheidsaanpassingen zijn voldoende voor een probleemloze verkeersafwikkeling. Dit wordt mede veroorzaakt door het geringe verschil in verkeersaanbod tussen de condities. Ten opzichte van de basissituatie 2002 neemt in het Global Competition scenario zonder verdieping het verkeersaanbod iets af. Wel is er een kleine schaalvergroting. In de daarop volgende jaren is het effect van de schaalvergroting sterker hier en neemt dan ook ten opzichte van GC2010 het reistijdverlies toe en wordt zelfs groter dan in 2002. Doordat in de variant met verdieping het aantal grotere containerschepen nog sterker groeit zijn in dat geval de reistijdverliezen voor alle jaren groter en is er over de jaren heen een stijgende lijn zichtbaar. In de European Coördination scenario's neemt het aantal grotere containerschepen pas na 2020 sterk toe. We zien hier in eerste instantie dan ook een dalende trend, die pas na 2020 weer omhoog gaat. In het Divided Europe scenario is het effect van de afname van het totale aantal schepen veel sterker dan het effect van de schaalvergroting.

Tenslotte wordt nogmaals opgemerkt dat het verkeerssimulatiemodel, als beperkte schematisatie van de werkelijkheid, bij de beoordeling van situaties onder alle omstandigheden uitgaat van dezelfde vaste begrenzingen en strikte vaarvensters, terwijl in werkelijkheid een menselijke bestuurder flexibel reageert en anticipeert op situaties. In de praktijk kan men zich soepeler opstellen. Een goede en intense communicatie tussen de betrokken schepen en de verkeersbegeleiding op de wal is dan wel onontbeerlijk.

9 CONCLUSIES

9.1 Effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen

1. Er is een vijftal systemen geschetst die aangeduid worden als 'geavanceerde navigatiehulpmiddelen'. Voorondersteld wordt dat bij de introductie van dergelijke geavanceerde systemen ook de (technische) infrastructuur beschikbaar is om de systemen op een goede manier te kunnen gebruiken. Dat wil zeggen DGPS is te ontvangen, geschikte elektronische kaarten zijn beschikbaar, etc. Daarnaast is voorondersteld dat integratie van systemen ook op een goede manier uitgevoerd is met voldoende indicatoren om naast weergave van de informatie zelf ook de betrouwbaarheid van de informatie aan de gebruiker duidelijk te maken.

De vijf systemen zijn:

- *DGPS ontvanger gecombineerd met een ECDIS (ECDIS/GPS).*
- *ECDIS gecombineerd met meerdere DGPS ontvangers (ECDIS/mGPS).*
- *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger en AIS, waarbij AIS beperkt blijft tot de SOLAS schepen (ECDIS/AIS).*
- *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger, AIS (zowel scheepvaart als navigatie-hulpmiddelen zoals boeien zijn uitgerust met AIS) en een Vaarweg Informatie Netwerk (Vanaf de wal aangeleverde actuele informatie over de vaarweg) (ECDIS/mAIS/VIN).*
- *Als bovenstaand, maar dan aangevuld met projectie van de vaarweginformatie als extra laag op de werkelijkheid (Instrumenten en vaarweginformatie worden geprojecteerd op een video opname van het werkelijke buitenbeeld) (ARD).*

Onder bovenstaande voorwaarden is onder Schelde-loodsen en de scheepvaartbegeleiding een enquête gehouden met als doel een indruk te krijgen van de verwachtingen ten aanzien van de praktische inzet van geavanceerde navigatiehulpmiddelen.

2. De enquête bevestigt dat de marge op de vereiste vaargeulbreedte met betrekking de positienauwkeurigheid kleiner genomen kan worden in het geval van systemen gebaseerd op een ECDIS met meerdere DGPS ontvangers. PPU systemen, zoals de **Westerschelde Navigator Marginale Schepen** vallen in deze categorie. Ten opzichte van de eerdere LTV-studie [1] heeft dit betrekking op de marges die gehanteerd zijn voor de positieschatting en de nauwkeurigheid van manoeuvreren in bochten.
3. Gekoppeld met AIS en gerichte vaarweginformatie vanaf de wal geldt ook voor de marges die normaal gesproken gehanteerd worden voor overig verkeer en de afstand tot de rand van de geul dat de marges naar verwachting kleiner genomen kunnen worden.

-
4. De veronderstelling in de eerdere LTV-studie [1] dat bij gebruik van elektronische navigatiehulpmiddelen de minimale benodigde breedte kleiner genomen kan worden, is terecht. Concreet betekent dit naar oordeel van de werkgroep Nautiek dat de schepen met een breedte tussen 45 m en 53 elkaar overal kunnen ontmoet in de vaargeul naar Deurganckdok, met uitzondering van de Bocht van Bath en de Bocht van Walsoorden. Voorwaarde is dan wel:
- Dat de geplande verbreding van de vaarweg tussen Europaterminal en Deurganckdok doorgaat;
 - Ontmoetingen op de smallere vaarwegdelen tussen de Bocht van Bath en de Bocht van Walsoorden in de praktijk zo veel mogelijk worden vermeden door middel van interactie tussen verkeersbegeleiding, loodsen en overige verkeersdeelnemers.
- Hoewel de Pas van Borssele niet de benodigde minimale breedte heeft [1] wordt dit vaarwegdeel door de meerderheid van de praktijkmensen niet langer als een knelpunt gezien.
5. Bovenstaande geeft slechts een kwalitatieve beoordeling van de verwachte effectiviteit van elektronische navigatiehulpmiddelen. Voor een kwantitatieve beoordeling is aanvullend onderzoek nodig. Aanbevolen wordt om hierbij o.a. gebruik te maken van de ervaring die nu opgebouwd wordt met de **Westerschelde Navigator Marginale Schepen**.

9.2 Veiligheid

1. De verandering van de nautische veiligheid is hoofdzakelijk het gevolg van de verandering van het aantal scheepsbewegingen en de samenstelling van het scheepvaartverkeer voor de huidige vaarweg zonder verdieping en bij verdieping van de vaarweg. Verkeersmaatregelen die de verkeersafwikkeling beïnvloeden zijn buiten beschouwing gelaten. De ontwikkeling van aanvaringskans gegeven een ontmoeting is wel onderzocht maar voor de toekomst gelijk gehouden omdat de sterk dalende trend die in de jaren tot 1990 is waargenomen sinds 1995 niet meer waar te nemen is. Er is eerder sprake van een licht stijgende aanvaringskans.
2. De daling van de aanvaringskans tot 1995 is het gevolg van duidelijke verbeteringen in de uitrusting aan boord van de schepen, de verkeersbegeleiding, de effecten van regelgeving en regio specifieke maatregelen. Het lijkt echter steeds moeilijker te worden om de aanvaringskans gegeven een ontmoeting verder omlaag te brengen. Natuurlijk is het best mogelijk dat er in de toekomst nieuwe ontwikkelingen zijn waarmee de aanvaringskans gegeven een ontmoeting verder omlaag kan worden gebracht. Echter in een risicostudie moet men aan de veilige kant blijven en mag men een toekomstige afname van de aanvaringskans niet meenemen wanneer daar op dit moment nog geen aanleiding toe is.
3. De externe omstandigheden, zicht, wind en stroom zullen in de nabije toekomst niet of slechts marginaal veranderen.

4. Het veiligheidsniveau voor 18 scenario's is met het veiligheidsniveau van 2002 vergeleken. Over het algemeen is de verandering van de nautische veiligheid beperkt. Alleen voor het Global Competition scenario met verdieping worden er meer aanvaringen tussen zeeschepen verwacht dan nu. De index is 95.2% voor 2030 voor de huidige vaarweg zonder verdieping en 120.7% voor 2030 bij verdieping. Dit wordt vooral veroorzaakt door het groter aantal scheepsbewegingen. Bij het European Coördination scenario ligt de verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen, dat bij aanvaringen tussen zeeschepen betrokken is, op waarden van 71.6% tot 99.3% van het huidige aantal. Bij het scenario Divided Europe loopt dit nog verder terug tot waarden variërend van 47.0% tot 85.2% ten opzichte van het huidige niveau.
5. De tendens is dat de **algemene** nautische veiligheid tot 2030 bij de meeste scenario's toeneemt. Hier wordt met nadruk gewezen op de algemene nautische veiligheid (bij aanvaringen betrokken schepen), dus betrekking hebbende op alle schepen. Omdat de groei van het aantal risicovolle schepen groter is dan gemiddeld kan het externe risico wel groter worden. Dit aspect wordt in de vervolgstudie naar externe veiligheid onderzocht.
6. De volgende randvoorwaarden zijn van toepassing:
 - Het SAMSON-model is een macroschaalmodel. Er wordt geen rekening gehouden met specifieke (zowel positieve als negatieve) effecten van de Scheldesituatie op de ongevalskans. Omdat de resultaten relatief gebruikt worden is de invloed van specifieke effecten op de uitkomsten gering.
 - Er wordt geen rekening gehouden met de toekomstige betere uitrusting van schepen, zoals AIS en andere.
 - Vanwege alle onzekerheden wordt er uitgegaan van een "veilige" aanname. Dat wil zeggen dat er gerekend wordt met de slechtste situatie

Bij deze uitgangspunten worden alleen voor de scenario's Global Competition met verruiming van de vaarweg kleine toenames van het aantal zware ongevallen verwacht. In alle andere gevallen is er sprake van een afname.

9.3 Capaciteit

1. Het simulatieprogramma wijst een aantal potentiële knelpunten in de vaarweg aan. Dit zijn vaarweggedeelten waar ontmoetingen met de grootste schepen niet mogelijk zijn. Het betreft hier alle schepen breder dan 45 m. De vaarweggedeelten zijn:
 - de Pas van Borssele;
 - de vaarweg voor Terneuzen;
 - het vaarweggedeelte van de bocht bij Walsoorden tot en met de bocht van Bath;
 - de vaarweg bovenstrooms van de Zandvlietsluis.

De lengte van het gedeelte bij Terneuzen is zo kort dat het geen meetbare invloed heeft op de verkeersafwikkeling. Voor het vaarweggedeelte van de bocht van walsoorden tot en met de bocht van Bath geldt alleen in de bochten dat alle ontmoetingen met de grootste schepen niet mogelijk zijn. Op de rechte vaarwegdelen zijn ontmoetingen tussen de grootste schepen onderling wel mogelijk, onder de voorwaarde dat de ontmoetingen zo veel mogelijk gepland worden door middel van interactie tussen verkeersbegeleiding, loodsen en overige verkeersdeelnemers. Ontmoetingen met kleinere schepen zijn op deze gedeelten wel mogelijk.

2. De potentiële knelpunten zijn in de verkeersafwikkeling geen echte knelpunten. Kleine snelheidsaanpassingen zijn voldoende om moeilijke ontmoetingen te vermijden.
3. De capaciteitsstudie geeft een beoordeling van de capaciteit van de vaarweg in termen van vlotheid. De parameter waarop beoordeeld is, is reistijdverlies afhankelijk van verkeersintensiteit en verkeerssamenstelling. Verkeersintensiteit en samenstelling zijn gebaseerd op de basissituatie voor 2002 en prognoses voor een drietal economische scenario's (GC, EC en DE) en drie steekjaren (2010, 2020 en 2030) alle met en zonder verdieping van de vaarweg. Verdere uitgangspunten bij de beoordeling van de capaciteit zijn:
- benodigde minimale breedtes zoals vastgelegd in het rapport van de LTV-studie [1];
 - gebruik van elektronische navigatiehulpmiddelen.
- Op basis van deze uitgangspunten zijn de volgende reistijdverliezen vastgesteld:

Conditie	Scenario	Jaar	Verdieping	reistijdverlies per schip [sec]	Totaal over alle schepen per jaar [uren]	Index t.o.v. 2002
1	--	2002	geen	28.2	619.1	100.0
2	GC	2010	geen	27.9	601.4	97.1
3		2020	geen	29.1	608.8	98.3
4		2030	geen	36.6	704.9	113.9
5	ER	2010	geen	27.8	579.8	93.6
6		2020	geen	26.2	509.7	82.3
7		2030	geen	31.3	602.6	97.3
8	DE	2010	geen	28.4	565.4	91.3
9		2020	geen	21.1	414.2	66.9
10		2030	geen	23.3	404.3	65.3
11	GC	2010	wel	29.7	649.7	104.9
12		2020	wel	31.8	684.7	110.6
13		2030	wel	37.2	793.4	128.1
14	ER	2010	wel	29.5	646.5	104.4
15		2020	wel	28.3	590.7	95.4
16		2030	wel	35.4	705.5	114.0
17	DE	2010	wel	29.5	602.4	97.3
18		2020	wel	25.1	517.2	83.5
19		2030	wel	25.4	482.0	77.9

4. De verschillen tussen de condities zijn gering. De doorstroming blijft goed en geringe snelheidsaanpassingen zijn voldoende voor een probleemloze verkeersafwikkeling. Oorzaak is het geringe verschil in verkeersaanbod tussen de condities. Ten opzichte van de basissituatie 2002 neemt in het Global Competition scenario zonder verdieping het verkeersaanbod iets af. Wel is er een kleine schaalvergroting. In de daarop volgende jaren is het effect van de schaalvergroting sterker hier en

neemt dan ook ten opzichte van GC2010 het reistijdverlies toe en wordt zelfs groter dan in 2002. Doordat in de variant met verdieping het aantal grotere containerschepen nog sterker groeit zijn in dat geval de reistijdverliezen voor alle jaren groter en is er over de jaren heen een stijgende lijn zichtbaar.

In de European Coördination scenario's neemt het aantal grotere containerschepen pas na 2020 sterk toe. We zien hier in eerste instantie dan ook een dalende trend, die pas na 2020 weer omhoog gaat.

In het Divided Europe scenario is het effect van de afname van het totale aantal schepen veel sterker dan het effect van de schaalvergroting.

REFERENTIES

- [1] Nautische Toegankelijkheid en Veiligheid van het Schelde-estuarium in het Kader van de Langetermijnvisie, MARIN Rapport Nr. 16208.600/3, Oktober 2000.
- [2] Plan van aanpak: Maatschappelijke kosten-batenanalyse van het project "Schelde-estuarium", dimensies toegankelijkheid en externe veiligheid, CPB, Notitie mei 2003
- [3] Prognoses containervaart in het Schelde-estuarium, CPB, 2004
- [4] H.G. Bos, Basic data Westerschelde 2003, AVIV, november 2003
- [5] L. Cruyplant, Vaarschema's Verdere Verdieping Westerschelde, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Maritieme Toegang, mei 2004.
- [6] J.W.P. Prins, De nautische veiligheid en vlotheid en de maritieme toegankelijkheid in het Schelde-Estuarium, Proefschrift, Universiteit Gent, 2003
- [7] Y. Koldenhof, C van der Tak, Background Report: Update of the casualty rates in SAMSON, MARIN, 2004
- [8] Bjornseth, O., HOTS (Higway on the Sea), A new approach to low-visibility navigation, Proceedings MARSIM'03, August 25-28, 2003.
- [9] Walker, R., Trip Report Next Generation Navigation System Tests, U.S. Coast Guard Research and Development Center, January 2002.
- [10] Petterson, Captain B., AIS Ship to Ship applications for all classes of vessel, IMO/IALA Seminar on AIS.
- [11] Hanekamp, B.H., The Port of Rotterdam – how ECDIS, GIS, EPFS and AIS Technologies can Help in Developing a Vessel Traffic Management and Information Service, Port Tecnology International.
- [12] IALA Guidelines on Universal Shipborne Automatic Identification System (AIS), Version 1.1, December 2002.
- [13] IMO, Recommendation on Performance Standards for an Universal Shipborne Automatic Identification System (AIS).
- [14] Shipboard Automatic Identification System Displays, Meeting the Needs of Mariners, Special Report 273, Committee for Evaluating Shipboard Display of Automatic Identification Systems, Transportation Research Board, Washington D.C., 2003 (Prepublication Copy).
- [15] Integrated Bridge and Navigation Systems (IBS/INS) – User Enhanced Designs -, Official Report from The Nautical Institute's IBS/INS conference, 13 – 14 November 2002, London.

-
- [16] Historical Summary of Aids to Navigation Analyses, Final Report, U.S. Coast Guard, April 1998.
 - [17] Buckens, Capt. K., AIS & non-SOLAS vessels, Seaways, January 2002.
 - [18] Pot, F., AIS Implementations: a news round-up, Digital Ship, November 2000.
 - [19] AIS Test British Columbia Summer 1999, Marine Management Consulting, 1999.
 - [20] 2002 Test of AIS, A step on the path to AIS-Aided Navigation, Marine Management Consulting, October 2002.
 - [21] Lewandowski, M.J., Pietrazewski, D.J., Automatic Identification System, A General Discussion of Development, Application and Implementation, U.S. Coast Guard R&D Center project 2410.5 – Vessel Traffic Management Research, June 2002.
 - [22] Approach Channels, A Guide for Design, PTC II-30, Final Report of the joint Working Group PIANC and IAPH, Supplement to Bulletin no 95, June 1997.
 - [23] Drijfhout van Hoof, J.F., Aids to Marine Navigation, Volume I and II, MARIN Report R-238, June 1982.

BIJLAGE A

OVERSLAGONTWIKKELING

			Antwerpen 2002			Gent 2002			Zeebrugge 2002			Vlissingen 2002			Terneuzen 2002		
			Aanvoer	Uitvoer	Totaal	Aanvoer	Uitvoer	Totaal	Aanvoer	Uitvoer	Totaal	Aanvoer	Uitvoer	Totaal	Aanvoer	Uitvoer	Totaal
agribulk	Landbouwproducten	DB	941	617	1558	2495	563	3058	52	24	76	811	499	1310	11	61	72
agribulk	Andere voedingsproducten											164	109	273	5	3	8
kolen	Vaste brandstoffen (kolen)	DB	8403	429	8832	3648	277	3925	71	0	71	2363	409	2772	1204	160	1364
olieproducten	Ruwe olie	NB	6247	55	6302	0	0	0	0	0	0	2095	718	2813	4046	42	4088
	Aardolieproducten	NB	12237	6885	19122	715	68	783	3928	871	4799			0			0
ijzererts	Ertsen, metaalafval e.d.	DB	5911	649	6560	4751	65	4816	0	0	0	92	40	132	914	2	916
ijzererts	Metalen en halfabrikaten	E						0			0	799	67	866	229	0	229
overig droog massagoed	Ruwe mineralen e.d., bouwmaterialen	DB	4093	5254	9347	4883	1168	6051	1544	21	1565	1095	143	1238	188	6	194
overig droog massagoed	Meststoffen	(DB)						0			0	606	12	618	1038	1632	2670
	Overig massagoed nat	NB	4401	2171	6572	1728	544	2272	114	9	123			0			0
78% overig nat massa, 22% overig stukgoed	Chemische producten							0			0	825	401	1226	1871	1398	3269
Overig droog massagoed	Overige goederen							0			0	721	1103	1824	743	106	849
	Containers		21455	31562	53017	67	126	193	5260	6605	11865			0			0
	Roll-on/roll-off		2906	2931	5837	672	606	1278	5636	8015	13651			0			0
	(Overig) stukgoed		6001	8481	14482	735	870	1605	637	148	785			0			0
	Totaal		72595	59034	131629	19694	4287	23981	17242	15693	32935	9571	3501	13072	10249	3410	13659
	Verschijningsvorm																
	Droge bulk	A	19348	6949	26297	15777	2073	17850	1667	45	1712	4677	659	5336	3389	1775	5164
	Natte bulk	B	22885	9111	31996	2443	612	3055	4042	880	4922	2298	1026	3324	5135	1498	6633
	Containers	C	21455	31562	53017	67	126	193	5260	6605	11865	71	22	93	35	74	109
	Roll-on/roll-off	D	2906	2931	5837	672	606	1278	5636	8015	13651	592	982	1574	658	44	702
	(Overig) stukgoed	E	6001	8481	14482	735	870	1605	637	148	785	1931	811	2742	1032	18	1050
	Totaal		72595	59034	131629	19694	4287	23981	17242	15693	32935	9569	3500	13069	10249	3409	13658

Tabel A.1 Transportgegevens 2002 (eenheid is 1000 ton)

scenario	Vervoer	groecijfers overslag HH-range van CPB tov basisjaar 2000				groecijfers overslag HH-range van basisjaar 2002			
		Basis 2000	Basis 2010	Basis 2020	Basis 2030	2002	2010	2020	2030
GC	Containers	100	167	259	354	100	150.7	233.8	319.5
GC	IJzererts	100	111	108	106	100	108.7	105.8	103.8
GC	Kolen	100	117	125	106	100	113.4	121.1	102.7
GC	Agribulk	100	86	75	65	100	88.6	77.3	67.0
GC	Overig droog massagoed	100	107	130	144	100	105.6	128.3	142.1
GC	Ruwe olie	100	100	94	94	100	100.0	94.0	94.0
GC	Olieproducten	100	102	102	94	100	101.6	101.6	93.6
GC	Energie gassen	100	102	102	103	100	101.6	101.6	102.6
GC	Overig nat massagoed	100	142	212	285	100	132.4	197.6	265.7
GC	Roro	100	146	208	273	100	135.0	192.8	253.7
GC	Ov stukgoed	100	85	65	46	100	87.8	67.3	47.5
EC	Containers	100	158	222	284	100	144.2	202.6	259.2
EC	IJzererts	100	98	95	89	100	98.4	95.4	89.4
EC	Kolen	100	122	130	107	100	117.2	124.9	102.8
EC	Agribulk	100	89	77	68	100	91.1	78.8	69.6
EC	Overig droog massagoed	100	107	121	130	100	105.6	119.4	128.3
EC	Ruwe olie	100	99	99	99	100	99.2	99.2	99.2
EC	Olieproducten	100	102	107	109	100	101.6	106.6	108.6
EC	Energie gassen	100	102	107	109	100	101.6	106.6	108.6
EC	Overig nat massagoed	100	122	165	198	100	117.2	158.6	190.3
EC	Roro	100	136	186	232	100	128.1	174.7	217.9
EC	Ov stukgoed	100	80	58	39	100	83.3	61.0	40.8
DE	Containers	100	134	173	197	100	126.4	163.2	185.8
DE	IJzererts	100	85	73	62	100	87.8	75.4	64.0
DE	Kolen	100	124	162	129	100	118.8	155.2	123.6
DE	Agribulk	100	85	70	59	100	87.8	72.3	60.9
DE	Overig droog massagoed	100	107	117	122	100	105.6	115.4	120.4
DE	Ruwe olie	100	103	104	106	100	102.4	103.4	105.4
DE	Olieproducten	100	104	107	110	100	103.2	106.2	109.1
DE	Energie gassen	100	104	107	110	100	103.2	106.2	109.1
DE	Overig nat massagoed	100	104	115	119	100	103.2	114.1	118.1
DE	Roro	100	123	149	163	100	117.8	142.7	156.5
DE	ov stukgoed	100	66	43	25	100	71.6	46.5	27.4

Tabel A.2 Groecijfers t.o.v. het basisjaar 2000 (aangeleverd door CPB) en t.o.v het basisjaar 2002, uitgangspunt voor de berekeningen

Scheepstype SAMSON	Aantal records in SRK2002	Ontwikkeling van de transportvraag per scheepstype als factor op de transportvraag van 2002				
		Antwerpen	Gent	Zeebrugge	Vlissingen	Terneuzen
OBO + Bulk	209	1.129	1.072	1.178	1.159	1.170
Chemical tankers	201	1.586	1.586	1.586	1.586	1.586
Oil tankers	2697	0.992	1.066	1.066	0.992	0.992
LNG / LPG tankers	92	1.066	1.066	1.066	0.992	0.992
Containerschepen	6648	2.026	2.026	2.026	2.026	2.026
Ro/Ro schepen	15631	1.747	1.747	1.747	1.747	1.747
Dry cargo	4140	0.610	0.610	0.610	0.610	0.610
Overige	1603	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabel A.3 Ontwikkeling transportvraag per scheepstype voor het economische scenario EC en steekjaar 2020

Scenario	Vervoer	groecijfers overslag HH-range van CPB tov basisjaar 2000			
		Basis 2000	2010	2020	2030
GC	Kunstmest	100	104	108	106
EC	Kunstmest	100	98	96	92
DE	Kunstmest	100	94	89	82
GC	overig nat massagoed	100	142	212	285
EC	overig nat massagoed	100	122	165	198
DE	overig nat massagoed	100	104	115	119

Tabel A.4 Index van de fysieke productie kunstmest, maatgevend voor het transport van ammoniak

BIJLAGE B

BESCHRIJVING SIMDAS

1 ALGEMEEN

In het begin van de jaren tachtig is door TNO-IWECO, in opdracht van en in samenwerking met de toenmalige Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat gestart met de ontwikkeling van het verkeerssimulatiemodel SIMDAS. Dit model simuleerde het gedrag van binnenscheepvaart op een doorgaande vaarweg of een splitsingspunt op tijdbasis. Resultaat van de simulatie is een verzameling tijdreeksen die de posities en snelheden van alle gesimuleerde schepen beschrijven. De resultaten zijn geschikt voor een visuele presentatie en analyse van het verkeersgedrag.

In de loop der jaren zijn er door TNO-IWECO, Waterloopkundig Laboratorium en MSCN/MARIN, verbeteringen aan het model aangebracht en zijn er diverse hulpprogramma's voor de analyse en visualisatie van de simulatieresultaten ontwikkeld. Een van de aanpassingen betreft het simuleren van gecombineerde zee-/binnenvaart op een rivier. Omdat al deze wijzigingen geresulteerd hebben in een veelheid van programma's, volgt een kort overzicht van het simulatieprogramma en de bijbehorende hulpprogramma's.

2 REKENHART SIMDAS

Centraal in de simulatieprogrammatuur staat het rekenhart van SIMDAS. Deze paragraaf heeft als doel een globale indruk te geven van dit deel van het complete simulatiemodel.

De output van het model bestaat uit de positie, koers en snelheid van elk gesimuleerd schip op elke tijdstap, samen met een aantal ander relevante, tijdsafhankelijke variabelen die de toestand van een schip op ieder moment beschrijven.

De input van het model bestaat uit de scheepskarakteristieken van verschillende scheepsklassen, de beginposities, het tijdstip waarop met de reis wordt aangevangen en de te volgen route. Daarnaast worden de vaarwegdelen beschreven door een referentiebaan welke min of meer samenvalt met de as van de vaarweg. Van elk schip wordt voor de te volgen route aangegeven welke afstand tot de referentiebaan aangehouden zou moeten worden en met welke snelheid langs de betreffende referentiebaan gevaren zou moeten worden.

Wanneer conflicten met andere schepen dit noodzakelijk maken wordt van de geplande snelheid en afstand tot de referentiebaan afgeweken. Hierbij mag de afstand tot de referentiebaan niet groter worden dan een zekere maximumafstand, afhankelijk van de bevaarbare breedte en de afstand die de schepen ten opzichte van de vaarwegbegrenzing moet aanhouden. Dit proces van conflict oplossen is gebaseerd op herkennen van de elementaire verkeerssituatie en het vervolgens toepassen van regels, waarbij de grenzen die gehanteerd worden, bijvoorbeeld voor gewenste afstanden tussen schepen, door middel van invoerparameters gespecificeerd kunnen worden.

Het model houdt rekening met het feit dat een schip dat in een bocht vaart een drifthoek heeft en dus een grotere breedte in beslag neemt. Daarnaast biedt het model de schepen die stroomopwaarts varen de mogelijkheid om blauw bord te gaan varen en is het model in staat om knelpunten in de vaarweg te herkennen en op te lossen.

Het blauw bord varen is met name van belang voor (rechter)bochten en kan gedefinieerd worden door een percentage blauw bord varende schepen op te geven. Afhankelijk van de verkeersintensiteit zal dit percentage gerealiseerd worden.

3 INVOER PREPARATIE SIMDAS

Tot voor kort was één van de tekortkomingen van het verkeerssimulatiemodel SIMDAS de enorme inspanning die het kostte om de invoer voor één enkele simulatierun met het rekenhart te prepareren. Om dit probleem te ondervangen is door het Waterloopkundig Laboratorium een invoerschil IPS (Invoer Preparatie Simdas) ontwikkeld om de invoervoorbereiding zoveel mogelijk op een efficiënte, gebruikersvriendelijke manier te verzorgen.

IPS genereert op basis van een verzameling invoergegevens een invoerfile voor het rekenhart met daarnaast een overzicht van de invoergegevens, inclusief een statistisch overzicht van het gegenereerde aanbod van schepen. De invoergegevens zijn globaal in vier groepen verdeeld:

- Scheepstypegegevens; Dit zijn de fysische gegevens die de verschillende scheepstypes beschrijven.
- Vaarweggegevens; Dit zijn de gegevens die de omgeving beschrijven.
- Navigatorgegevens; Dit zijn subjectieve parameters die te maken hebben met beslissingen ten aanzien van het besturen van een schip.
- Simulatiegegevens; Dit zijn de gegevens die de specifieke te simuleren conditie beschrijven, zoals duur van de simulatie en het aanbodspatroom van schepen.

4 ANALYSE PROGRAMMA

Het rekenhart levert de vaarbanen, snelheden enz. van de schepen die aan het verkeer deelnemen. Dit zijn erg veel gegevens. Ter illustratie, een run van 24 uur met een totaal van ca. 600 schepen levert een uitvoerfile van 60 Mbyte. Met behulp van het analyseprogramma kunnen een aantal grootheden van het verkeersproces gekwantificeerd worden.

Het analyseprogramma biedt de mogelijkheid om de reistijdverliezen van de verschillende scheepstypes te berekenen, het aantal ontmoetingen en olopmanoeuvres te tellen en een aantal specifieke situaties aan te wijzen waarbij scheepsdomeingrenzen overschreden worden. In het laatste geval worden alleen de situaties aangewezen, maar wordt geen oordeel gegeven. De situaties zullen daarna achteraf door een nauticus visueel beoordeeld en verder geanalyseerd moeten worden op hun relevantie voor de onveiligheid van de verkeerssituatie.

5 ANITRAF

Naast een analyseprogramma bestaat er een programma voor het verkeersmodel, waarmee de resultaten van de verkeerssimulatie gevisualiseerd kunnen worden. Dit programma (ANITRAF) is in 1991 door het Waterloopkundig Laboratorium ontwikkeld in opdracht van Rijkswaterstaat en in 2002 door MARIN/MSCN geschikt gemaakt voor MS Windows.

Naar keuze kunnen resultaten uit het verkeerssimulatiemodel afgespeeld worden op een pc-scherm of afgedrukt naar een printer. Het resultaat is een 'birds-eye-view' van de omgeving met daarin voor een aantal tijdstappen de contouren van de schepen op een deel van de vaarweg. Ten behoeve van ANITRAF wordt een deel van de simulatieresultaten uit het rekenhart geselecteerd en geconverteerd naar een ascii-file met behulp van speciaal daarvoor ontworpen conversieprogramma.

6 BETROUWBAARHEID

De verkeersafwikkeling door SIMDAS is gevalideerd d.m.v. een vergelijking met radarwaarnemingen en een visuele beoordeling door o.a. ervaren schippers en loodsen. Geconcludeerd is dat SIMDAS bij een verkeersaanbod dat vergelijkbaar is met het huidige verkeer op de Nederlandse hoofdvaarwegen een goed beeld geeft van de verkeersafwikkeling.

Daarnaast is geconstateerd dat SIMDAS in een aantal gevallen onvoldoende gebruik maakt van de beschikbare ruimte op de vaarweg. Het is bekend dat SIMDAS, als beperkte schematisatie van de werkelijkheid, bij de beoordeling van situaties onder alle omstandigheden uitgaat van dezelfde vaste begrenzingsen, terwijl in werkelijkheid een menselijke bestuurder flexibel reageert en anticipeert op situaties. Bijvoorbeeld in drukke verkeerssituaties eist SIMDAS dezelfde vrije ruimte om het schip als bij minder drukke situaties, terwijl een schipper of loods in drukke situaties genoeg zal nemen met minder ruimte om het schip om een situatie veilig en vlot af te handelen. Omgekeerd neemt een schipper of loods ook meer ruimte als die ruimte beschikbaar is. Tevens is het zo dat de afwikkeling van een verkeerssituatie afgeleid wordt uit een paarsgewijze vergelijking van alle schepen binnen het kijkgebied. In drukke situaties kan het in SIMDAS voor komen dat er geen oplossing gevonden wordt. Eén van de schepen gaat dan vaart minderen en stil liggen tot er weer voldoende ruimte is om door te varen. In werkelijkheid bepalen schippers in onderling overleg wat de beste oplossing is voor alle betrokken schepen. Daarbij eventueel geassisteerd door de verkeersbegeleiding. Het simulatiemodel SIMDAS geeft dan ook eerder dan in werkelijkheid aan dat er (capaciteits)problemen ontstaan. Deze problemen komen in het simulatiemodel naar voren door hoog oplopende reistijdverliezen en het afbreken van de simulatie als er helemaal geen oplossing gevonden kan worden. De uitkomsten van de berekeningen met SIMDAS moeten dan ook geïnterpreteerd worden als een 'worst case' voorspelling.

BIJLAGE C

**NAUTISCHE VEILIGHEID VOOR HET SCENARIO:
GLOBAL COMPETITION VOOR 2030 BIJ VERDIEPING
EN DE AANLEG VAN EEN WCT**

Inleiding

Als gevolg van de beslissing van de Raad van State om het besluit over de Westerschelde Container Terminal (WCT) bij Vlissingen te vernietigen, zijn de 18 scenario's van het hoofdrapport doorgerekend zonder een WCT.

Om enig inzicht te verkrijgen in de effecten van een containeroverslag in Vlissingen, op of nabij de locatie waar de WCT gepland was, op de externe veiligheid heeft ProSes het MARIN gevraagd om één scenario met containerontwikkeling in Vlissingen door te rekenen, namelijk het scenario waarbij het grootste aantal scheepbewegingen wordt verwacht. Dit betreft het volgende scenario:

- Belangrijke containeroverslag in Vlissingen
- Vaargeul verdiept tot getij-onafhankelijke vaart van schepen met een diepgang tot 13.1 m.
- Economisch scenario: Global Competition
- Steekjaar 2030

De berekening van de externe veiligheid voor dit scenario beperkt zich tot het bepalen van het aantal aanvaringen tussen zeevaart onderling ten behoeve van de berekening van het externe risico.

Containeroverslag in Vlissingen heeft ook effect op de binnenvaart. Er zullen meer binnenvaartschepen gaan varen tussen Vlissingen en Antwerpen, maar deze extra binnenvaartbewegingen zijn niet gemodelleerd omdat een binnenschip niet tot de categorie schepen behoort die bij een aanvaring de ladingtank van een gastanker kan penetreren. Het aantal aanvaringen tussen een zeeschip en een binnenschip wordt daarom niet berekend.

Verkeer

Het aantal scheepvaartbewegingen voor het scenario met containeroverslag in Vlissingen in 2030 is met uitzondering van de containervaart gelijk aan het scenario zonder deze containeroverslag in Vlissingen. De voorspelling van de containervaart voor 2030 bij realisering van containeroverslag in Vlissingen is bepaald door het CPB.

De voorspelling van het CPB heeft geresulteerd in het aantal scheepsbewegingen zoals weergegeven in Tabel C.1 voor Zeebrugge, Antwerpen en alleen de containeroverslagplaats in Vlissingen. De tabel bevat voor de vergelijking ook het overeenkomstige scenario zonder de containeroverslag in Vlissingen en de huidige (2002) aantallen.

Het aantal containerschepen dat het Schelde-estuarium aandoet bij een containeroverslagplaats in Vlissingen neemt toe, maar dit gaat voor een klein deel ten koste van het aantal containerschepen naar Antwerpen. Bij containeroverslag in Vlissingen worden er 270 containerschepen (is 5%) minder verwacht in 2030 in Antwerpen. Verwacht wordt dat er bij de containeroverslagplaats in Vlissingen 1643 aanlopen zullen zijn in 2030. Het voorgaande betekent dat het effect van de containeroverslag ontwikkeling in Vlissingen in 2030 is, dat bijna 1400 meer inkomende containerschepen verwacht worden ten westen van de overslagplaats.

Scheepstype	Antwerpen			Zeebrugge			WVCT	
	SRK 2002	Zonder container overslag in Vlissingen	Met container overslag in Vlissingen	SRK 2002	Zonder container overslag in Vlissingen	Met container overslag in Vlissingen	Zonder container overslag in Vlissingen	Met container overslag in Vlissingen
OBO+Bulkers	811	797	797	31	33	33	0	
Chemical tankers	2149	2950	2950	20	27	27	0	
Oil tankers	515	484	484	14	13	13	0	
LNG/LPG tankers	892	836	836	124	116	116	0	
Intra Europees	677	962	899	11	24	24	0	648
Klasse 1000-2000 TEU	753	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 2000-3000 TEU	695	53	52	10	0	0	0	7
Klasse 3000-4000 TEU	369	1287	1265	23	0	0	0	181
Klasse 4000-5000 TEU	218	1375	1350	79	0	0	0	197
Klasse 5000-6000 TEU	130	702	679	43	0	0	0	134
Klasse 6000-7000 TEU	80	397	377	0	65	63	0	97
Klasse 7000-8000 TEU	0	86	76	0	170	165	0	40
Klasse > 8000 TEU	0	922	815	0	224	217	0	339
Container schepen	2922	5783	5513	166	484	469	0	1643
Ro/Ro schepen	1446	1718	1718	6668	8023	8023	0	
Dry cargo	6436	2781	2781	782	338	338	0	
Overige	286	216	216	1344	1017	1017	0	
Totaal	15457	15566	15296	9149	10052	10036	0	1643

Tabel C.1 Aantal schepen voor Antwerpen, Zeebrugge en de containeroverslagplaats in Vlissingen met en zonder de containeroverslagplaats in Vlissingen voor 2030 bij verdieping en economisch scenario Global Competition

Tabel C.2 bevat het gemiddeld aantal schepen per traject voor de situatie zonder en met containeroverslag in Vlissingen. Tabel C.3 bevat het aantal aanvaringen dat verwacht wordt in 2030 bij verdieping, met en zonder containeroverslag in Vlissingen en het groeiscenario Global Competition. Tabel C.4 geeft het aantal zware schades dat verwacht wordt uit aanvaringen tussen kruisend verkeer en voor alle aanvaringen samen.

De tabellen geven hetzelfde beeld. Een toename van het verwachte aantal aanvaringen op de trajecten Wielingen, Oostgat en Vlissingen West en een geringe afname van het verwachte aantal aanvaringen op de trajecten vanaf Terneuzen tot aan Antwerpen. Op het traject Sloe-Terneuzen, waarbinnen de aangenomen locatie van de containeroverslagplaats ligt, is de verandering van het verwachte aantal aanvaringen minder duidelijk. Er worden meer aanvaringen verwacht van het type kruisend, namelijk een toename van de index van 117.9 voor de situatie zonder containeroverslag naar een waarde van 126.3 met containeroverslag in Vlissingen. Verder worden er meer aanvaringen verwacht van het type kop-kop en kop-hek op een kort stuk van het traject (van de Sloehaven tot de containerterminal) en minder aanvaringen verwacht op een groot stuk van het traject (van de containerterminal tot aan Terneuzen). De toename op het eerste stuk is per vaarwegkilometer meer dan de afname per kilometer op het tweede deel. De drie veranderingen resulteren in een toename van het aantal aanvaringen op het traject Sloe-Terneuzen van een index 119.0 voor de situatie zonder containeroverslag naar een index van 121.5 voor het scenario met containeroverslag in Vlissingen.

Traject	Gemiddeld aantal schepen op het traject			Index ten opzichte van 2002		
	2002	2030		2002	2030	
		Zonder container-overslag in Vlissingen	Met container-overslag in Vlissingen		Zonder container-overslag in Vlissingen	Met container-overslag in Vlissingen
Wielingen	1.71	1.70	1.81	100.0	99.0	105.6
Oostgat	1.38	1.18	1.23	100.0	85.4	89.2
Vlissingen West	2.94	2.42	2.54	100.0	82.2	86.5
Sloe-Terneuzen	3.10	2.96	2.96	100.0	95.5	95.5
Terneuzen -1.5Hansweert	2.80	2.79	2.74	100.0	99.4	97.8
-1.5Hansweert-Hansweert	0.26	0.26	0.25	100.0	99.2	97.6
Hansweert +1.5Hansweert	0.23	0.23	0.22	100.0	99.8	98.2
1.5Hansweert – Antwerpen	3.67	3.67	3.61	100.0	99.8	98.3
Totaal	16.09	15.19	15.37	100.0	94.4	95.5

Table C.2 Global Competition met verdieping: Aanwezige zeevaart op de hoofdtrajecten

Traject	Gemiddeld aantal aanvaringen waargenomen AVIV rapport 1998-2002	Verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen per jaar		Index ten opzichte van 2002 (model waarden)	
		2002		2030	
		Model	Gecorrigeerd	Zonder container-overslag in Vlissingen	Met container-overslag in Vlissingen
Wielingen	0.04	0.199	0.15	131.0	151.0
Oostgat	0.15	0.165	0.13	88.3	95.8
Vlissingen West	0.69	0.840	0.65	107.9	118.4
Sloe-Terneuzen	0.62	0.823	0.63	119.0	121.5
Terneuzen -1.5Hansweert	0.69	0.460	0.35	131.1	127.0
-1.5Hansweert-Hansweert	0.04	0.111	0.09	130.1	126.1
Hansweert +1.5Hansweert	0.04	0.115	0.09	132.3	128.2
1.5Hansweert – Antwerpen	0.38	0.733	0.56	132.3	128.2
Totaal	2.65	3.448	2.65	120.8	123.8

Tabel C.3 Global Competition met verdieping: Verwachtingswaarde van het aantal schepen per jaar betrokken bij aanvaringen tussen zeeschepen onderling op de hoofdtrajecten.

Traject	Distributie van schepen bij zeevaart-aanvaringen	Bij aanvaringen betrokken zeeschepen				Index ten opzichte van 2002			
		2002				2030			
		Kruisend		Alle		Zonder container-overslag in Vlissingen		Met container-overslag in Vlissingen	
		Verwachting /jaar	Verdeling over trajecten	Verwachting /jaar	Verdeling over trajecten	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle
Wielingen	0.014	0.000	0.000	0.054	0.060		131.0		151.0
Oostgat	0.058	0.019	0.050	0.044	0.050	88.3	88.3	95.9	95.8
Vlissingen West	0.261	0.148	0.360	0.226	0.240	104.2	107.9	112.9	118.4
Sloe-Terneuzen	0.232	0.094	0.230	0.222	0.240	117.9	119.0	126.3	121.5
Terneuzen -1.5Hansweert	0.261	0.031	0.070	0.124	0.130	130.1	131.1	126.1	127.0
-1.5Hansweert-Hansweert	0.014	0.022	0.050	0.030	0.030	129.5	130.1	125.6	126.1
Hansweert +1.5Hansweert	0.014	0.023	0.060	0.031	0.030	132.3	132.3	128.2	128.2
1.5Hansweert – Antwerpen	0.145	0.076	0.180	0.197	0.210	132.3	132.3	128.2	128.2
Totaal	1.000	0.413	1.000	0.928	1.000	116.6	120.8	120.5	123.8

Tabel C.4 Global Competition met verdieping: Verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen per jaar met schadeklasse 4+5 op de hoofdtrajecten voor de verkeerssituaties "kruisend" en "alle", tussen zeeschepen (exclusief aanvaringen met ankerliggers)

BIJLAGE D

QUESTIONNAIRE

In het voorgaande is heel globaal een vijftal systemen geschetst die aangeduid worden als 'geavanceerde navigatiehulpmiddelen'. Voorondersteld wordt dat bij de introductie van dergelijke geavanceerde systemen ook de (technische) infrastructuur beschikbaar is om de systemen op een goede manier te kunnen gebruiken. Dat wil zeggen DGPS is te ontvangen, geschikte elektronische kaarten zijn beschikbaar, etc. Daarnaast is voorondersteld dat integratie van systemen ook op een goede manier uitgevoerd is met voldoende indicatoren om naast weergave van de informatie zelf ook de betrouwbaarheid van de informatie aan de gebruiker duidelijk te maken.

De vijf systemen zijn:

6. *DGPS ontvanger gecombineerd met een ECDIS (ECDIS/GPS).*
7. *ECDIS gecombineerd met meerdere DGPS ontvangers (ECDIS/mGPS).*
8. *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger en AIS, waarbij AIS beperkt blijft tot de SOLAS schepen (ECDIS/AIS).*
9. *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger, AIS (zowel scheepvaart als navigatiehulpmiddelen zoals boeien zijn uitgerust met AIS) en een Vaarweg Informatie Netwerk (Vanaf de wal aangeleverde actuele informatie over de vaarweg) (ECDIS/mAIS/VIN).*
10. *Als bovenstaand, maar dan aangevuld met projectie van de vaarweginformatie als extra laag op de werkelijkheid (Instrumenten en vaarweginformatie worden geprojecteerd op een video opname van het werkelijke buitenbeeld) (ARD).*

Wij realiseren ons dat het moeilijk is om op basis van de globale beschrijving een beoordeling van de systemen te geven met betrekking tot de bijdrage van de geschetste navigatiehulpmiddelen aan de veiligheid en de capaciteit van de vaarweg. Toch willen we vragen om de onderstaande vragen zo goed mogelijk te beantwoorden om daarmee een indruk te krijgen van de verwachtingen ten aanzien van de praktische inzet van de geavanceerde navigatiehulpmiddelen.

Bij de vragen is beperkt ruimte voor een korte toelichting van het antwoord. Mocht u meer ruimte nodig hebben voor de toelichting dan kan dit aan het eind onder het kopje 'Algemeen commentaar'.

Vraag 1

Geef van de vijf systemen aan welk effect ze naar uw mening hebben op de veiligheid op de vaarweg

	veel onveilig	beperkt onveilig	geen effect	beperkt veilig	veel veilig
ECDIS/GPS					
ECDIS/mGPS					
ECDIS/AIS					
ECDIS/mAIS/VIN					
ARD					

Toelichting:

Vraag 2

Geef van de vijf systemen aan of ze naar uw mening de navigatietaak eenvoudiger maken of complexer

	eenvoudiger	maakt niet uit	complexer
ECDIS/GPS			
ECDIS/mGPS			
ECDIS/AIS			
ECDIS/mAIS/VIN			
ARD			

Toelichting:

Vraag 3

De vereiste vaargeulbreedte wordt vastgesteld door voor een aantal factoren vast te stellen welke extra vaargeulbreedte nodig is om veilig te kunnen manoeuvreren. De meest bepalende factoren zijn:

- opstuurhoek in stroom;
- opstuurhoek in wind;
- scheepsbewegingen in golven;
- nauwkeurigheid van de positie-schatting (Aids to Navigation);
- afstand tot de rand van de geul;
- toeslag voor bochten;
- scheepseigenschappen (vaarsnelheid, manoeuvreerbaarheid);
- ondiep water effecten;
- verkeerssituatie (intensiteit, één-/tweerichting).

In de toeslag op de vereiste vaargeulbreedte is niet alleen rekening gehouden met de fysieke effecten, maar ook met de nauwkeurigheid waarmee bijvoorbeeld de stroom of de waterdiepte op een locatie bekend is.

Geef in de onderstaande matrix van elk van de factoren aan of de toeslag op de vereiste vaargeulbreedte met inzet van de systemen kleiner kan worden (-), gelijk moet blijven (0) of juist groter moet worden (+).

	ECDIS/ GPS	ECDIS/ mGPS	ECDIS/ AIS	ECDIS/ mAIS/ VIN	ARD
opstuurhoek in stroom					
opstuurhoek in wind					
scheepsbewegingen in golven					
nauwkeurigheid van de positie-schatting					
afstand tot de rand van de geul					
toeslag voor bochten					
scheepseigenschappen					
ondiep water effecten					
verkeerssituatie					

Toelichting:

Vraag 4

Geef per systeem kort aan wat naar uw mening de voor- en nadelen van het betreffende systeem zijn.

1. *DGPS ontvanger gecombineerd met een ECDIS (ECDIS/GPS).*

Voordelen:

Nadelen:

2. *ECDIS gecombineerd met meerdere DGPS ontvangers (ECDIS/mGPS).*

Voordelen:

Nadelen:

3. *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger en AIS, waarbij AIS beperkt blijft tot de SOLAS schepen (ECDIS/AIS).*

Voordelen:

Nadelen:

4. *ECDIS gecombineerd met DGPS ontvanger, AIS (zowel scheepvaart als navigatie-hulpmiddelen zoals boeien zijn uitgerust met AIS) en een Vaarweg Informatie Netwerk (Vanaf de wal aangeleverde actuele informatie over de vaarweg) (ECDIS/mAIS/VIN).*

Voordelen:

Nadelen:

5. *Als bovenstaand, maar dan aangevuld met projectie van de vaarweginformatie als extra laag op de werkelijkheid (Instrumenten en vaarweginformatie worden geprojecteerd op een video opname van het werkelijke buitenbeeld) (ARD).*

Voordelen:

Nadelen:

Vraag 5

Geef aan of u de introductie van het betreffende systeem gewenst acht.

niet gewenst geen mening gewenst

ECDIS/GPS

ECDIS/mGPS

ECDIS/AIS

ECDIS/mAIS/VIN

ARD

Toelichting:

Algemeen commentaar: