



Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

ACTUALISATIE NAUTISCH ONDERZOEK VAN HET SCHELDE- ESTUARIUM

Concept Rapport

Rapport Nr. : 21676.600/1

Datum : 12 juni 2007

Paraaf Management:



ACTUALISATIE NAUTISCH ONDERZOEK VAN HET SCHELDE- ESTUARIUM

MARIN opdracht nr. : 21676.620

Opdrachtgever : ProSes
Postbus 299
4600 AG BERGEN OP ZOOM

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

INHOUDSOPGAVE	Pag.
1 INLEIDING	4
2 DOELSTELLING	5
3 PLAN VAN AANPAK.....	6
4 SAMENSTELLEN VAN DE VERKEERSSCENARIO'S	7
4.1 Basisscenario 2005	7
4.2 De verkeersdatabases voor 2010, 2015 en 2030	7
4.3 Transportvraag	8
4.4 Vertaling van de transportvraag naar scheepsbewegingen	9
4.5 De toegepaste schaalvergroting.....	10
4.6 Het vaarwegscenario.....	11
4.7 Resultaten	12
4.8 De binnenvaart	19
5 NAUTISCHE VEILIGHEID IN HET SCHELDE-ESTUARIUM.....	21
5.1 Inleiding	21
5.2 Opzet van de veiligheidsstudie.....	22
5.3 Bepalen van de relatieve verandering van het aanvaringsniveau ten opzichte van het basisscenario.....	24
5.4 Verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen met schadeklasse 4+5.....	30
5.5 Samenvatting en conclusies betreffende de ontwikkeling van de nautische veiligheid.....	33
6 CAPACITEIT IN HET SCHELDE-ESTUARIUM	35
6.1 Inleiding	35
6.2 Simulatie van de Verkeersafwikkeling.....	35
6.2.1 Algemeen	35
6.2.2 Schepen(bestand).....	37
6.2.3 Navigator(bestand).....	39
6.2.4 Verkeersintensiteit.....	40
6.2.5 Locatie gebonden invoer.....	41
6.3 Resultaten	53
6.3.1 Inleiding.....	53
6.3.2 Bespreking	54
6.4 Samenvatting en conclusies betreffende de capaciteit.....	65
7 CONCLUSIES.....	66
7.1 Veiligheid.....	66
7.2 Capaciteit.....	67
REFERENTIES.....	69

1 INLEIDING

In het kader van de ontwikkelingsschets (S-MER en MKBA) zijn door MARIN en Det Norske Veritas onderzoeken uitgevoerd naar respectievelijk de capaciteit, de nautische veiligheid en de externe veiligheid [1] op de Schelde. Het nautisch onderzoek had als doel het aanleveren van de basisgegevens voor het ontwerp van een verdiepte vaargeul, de MKBA-toegankelijkheid en de externe veiligheid.

In het kader van de vervolgfase van de verruiming van de Schelde wordt nu een project-MER en een actualisatie van de MKBA uitgevoerd. Hiervoor zijn de containerstromen van en naar Antwerpen geactualiseerd en zijn ook nieuwe inzichten met betrekking tot de overslag en het achterlandtransport verwerkt.

ProSes heeft aan MARIN gevraagd om met de nieuwe inzichten ook het onderzoek naar de nautische veiligheid en capaciteit te actualiseren. Belangrijke vraag die daarbij aan de orde komt is of de eerdere conclusies uit [1] met betrekking tot het ontwerp van de vaargeul, de veiligheid en de capaciteit nog geldig zijn en, zo nee, wat aanvullend gedaan moet worden om de conclusies en de resultaten van het eerdere onderzoek te actualiseren.

Dit rapport bevat de rapportage van de actualisatie van het nautisch onderzoek van het Schelde-estuarium zoals omschreven in opdracht "Nautisch onderzoek in het kader van het project Verruiming Vaargeul", ZLD 6479 van 19 april 2007.

2 DOELSTELLING

Doelstelling van de studie is het actualiseren van het nautisch onderzoek van het Schelde-estuarium met betrekking tot de reistijdverliezen en de aanvaringskansen naar aanleiding van de nieuwe inzichten in de vervoersstromen.

De gegevens die beschikbaar komen uit de actualisatie moeten geschikt zijn voor actualisering van de MKBA en het onderzoek naar de externe veiligheid.

3 PLAN VAN AANPAK

In het vooroverleg voorafgaand aan de studie is gevraagd of, gezien de ontwikkelingen in de containervaart, een maatgevende breedte van 45 m uit het eerdere onderzoek [1] nog wel gehanteerd kan worden.

In het nautisch onderzoek [1] is weliswaar een maatgevende breedte van 45 m gehanteerd, maar het betrof in dit geval de kleinste breedte waarvoor expliciet onderzocht is of ontmoetingen met andere schepen op smalle vaarweggedeelten wel mogelijk zijn. Het betreft dus een identificatie van alle locaties waar ontmoetingen met schepen breder dan 45 m niet mogelijk zijn. Bij schaalvergroting verandert deze maatgevende ondergrens niet. Daarnaast is in het onderzoek in het kader van de langetermijnvisie [2] bij de dimensionering van de vaargeul al rekening gehouden met de nieuwe (grootste) klasse containerschepen.

Vanzelfsprekend kan het wel voor komen dat ten gevolge van de toegenomen verkeersintensiteit problemen gaan ontstaan met betrekking tot de doorstroming van het verkeer op de smalle vaarweggedeelten als bepaalde ontmoetingen niet mogelijk zijn. Dit is in dat geval uiteindelijk terug te vinden in hoog oplopende reistijdverliezen bij de capaciteitsanalyse.

De studie gebruikt voor het bepalen van de aanvaringskansen en de reistijdverliezen dezelfde methodiek, randvoorwaarden en rekenmethoden die in het eerdere nautisch onderzoek [1] gebruikt zijn. De methodiek en randvoorwaarden worden in deze rapportage verder niet meer beschreven.

In de aanpak zijn duidelijk twee onderwerpen te onderscheiden, namelijk;

- Het technisch/nautische ontwerp;
- De veiligheid.

In het technisch/nautische ontwerp komt de toegankelijkheid aan de orde. Het technisch/nautische ontwerp richt zich met name op de capaciteit van de vaarweg bij verschillende verkeersscenario's. Dit wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 6. Bij de veiligheid gaat het erom de ongevals-kansen voor verschillende toekomstige verkeersscenario's te bepalen. Dit wordt uitgewerkt in hoofdstuk 5.

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 ongevalskans en de ligging van de risicocontouren is een afgeleide van het eindproduct van het technische ontwerp. Voorafgaand wordt daarom in hoofdstuk 4 een korte beschouwing over de verkeersscenario's gegeven.

4 SAMENSTELLEN VAN DE VERKEERSSCENARIO'S

In deze studie wordt uitgegaan van het basisjaar 2005. De nautische veiligheid voor 14 scenario's voor de toekomstige verkeerssituatie zal steeds als index van de nautische veiligheid van 2005 worden bepaald.

Voor het uitvoeren van de studie zijn de volgende 15 verkeersdatabases aangemaakt:

- De verkeersdatabase voor 2005, welke het basisscenario beschrijft
- De 12 verkeersdatabases, samengesteld uit alle mogelijke combinaties van de economische groei, de vaarweg en de drie steekjaren:
 - Twee economische groeiscenario's:
 - Hoge economische groei;
 - Lage economische groei;
 - Twee scenario's voor de vaarweg:
 - Zonder verruiming;
 - Met verruiming;
 - Drie steekjaren:
 - 2010
 - 2015
 - 2030
- Twee scenario's voor 2030 voor hoge economische groei waarbij wordt verondersteld dat de Westerschelde Container Terminal wordt gebouwd. Dit scenario wordt voor de huidige vaarweg en de verruimde vaarweg doorgerekend.

4.1 Basisscenario 2005

Voor het basisscenario voor 2005 is voor het verkeer van en naar Antwerpen gebruik gemaakt van de meest recente statistieken van het Gemeentelijk Havenbedrijf van Antwerpen. Het verkeer naar de andere havens in de Schelde-regio is bepaald uit het SRK-bestand van 2002. Hierbij is uitgegaan van een constante ladinggroei tussen 2002 en 2010 en wordt de schaalvergroting toegepast die in de eerste studie [1] is berekend.

4.2 De verkeersdatabases voor 2010, 2015 en 2030

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?

De wijze waarop deze vragen zijn beantwoord is reeds beschreven in [1]. Voor de zelfstandige leesbaarheid van dit rapport zijn sommige delen uit [1] die nog steeds van toepassing zijn integraal opgenomen.

Ad a) Voor de toekomstige transportvraag zijn op de huidige transportvraag twee economische groeiscenario's toegepast. De vervoersprognoses van [1] zijn gebaseerd op de vervoersprognoses die zijn opgemaakt door het Centraal Plan Bureau (CPB) in 2004, ten behoeve van de MKBA van de verruiming van de vaarweg van de Schelde. De actualisatie van deze prognoses werd noodzakelijk geacht omdat de containeroverslag in de voorbije jaren aanzienlijk sterker gestegen is dan aanvankelijk voorspeld is. De nieuwe prognoses waarbij onderscheid wordt gemaakt naar hoge en lage economische groei en al dan niet verruiming van de vaarweg zijn beschreven in de Notitie Goederenprognoses [4] voor de containervaart. In het memo [5] is door Proses samengevat welke verkeersstromen, dus inclusief de niet-containervaart, van en naar Antwerpen verwacht worden.

Voor de overige havens binnen het Schelde-estuarium zijn dezelfde uitgangspunten als in de eerdere studie gehanteerd. Het verschil is dat nu met twee economische groeiscenario's wordt gerekend. Bij het scenario met **hoge economische groei** wordt een groei in de andere havens verwacht die overeenkomt met het economische scenario "European Coordination" uit [1]. Voor het **lage economische groei** scenario wordt uitgegaan van het economische scenario "Divided Europe" uit [1].

Ad b) Aangezien de containerschepen een belangrijk 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. De ontwikkeling van de containervaart is een studie op zich. In de Notitie Goederenprognose is naast de groei in de overslag aan containers ook de verdeling over de grootte van containerschepen aangegeven.

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 [2]) en 2002 (SRK 2002 verwerkt voor de eerste studie naar de nautische veiligheid [1]);
- 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.

4.3 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 twee economische scenario's toegepast (zie Tabel A-2). Dit geeft de ontwikkeling van de overslag voor de drie steekjaren 2010, 2015 en 2030 voor de twee 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 hoge economische groei verwachting en het jaar 2015, wat dit oplevert aan groeifactoren per scheepstype voor 2015. 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.

4.4 Vertaling van de transportvraag naar scheepsbewegingen

Om een gevarieerde verkeersvloot te behouden voor de toekomstige steekjaren wordt ook in deze studie uitgegaan van de SRK database van 2002, omdat de SRK database van 2002 ten behoeve van het eerste onderzoek uitvoerig is geanalyseerd, verbeterd en geschikt gemaakt voor de extrapolatie. 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.

Overgaan op de SRK database van 2005 zal naar verwachting hetzelfde beeld opleveren. Het verschil is dat de extrapolatiefactoren om vanuit SRK 2005 een toekomstig verkeersscenario te construeren iets minder groot zouden zijn geweest dan vanuit SRK 2002. Ten opzichte van de andere veranderingen zal dit echter een verwaarloosbaar verschil opleveren.

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 (uit SRK) 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.

4.5 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 [2].

Verder is bij het vaststellen van de verkeersscenario's voor 1987, 1995 en 2000 voor de Noordzee voor andere studies 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 4.1.

Scheepstype	Toegepaste schaalvergroting per jaar	Aantal schepen in 2005 vanuit Antwerpen
OBO+Bulkers	1.005	788
Chemical tankers	1.024	2234
Oil tankers	1.000	540
LNG/LPG tankers	1.000	1005
Container schepen	1.027	3309
Ro/Ro schepen	1.027	1396
Dry cargo	1.003	5733
Overige	1.003	278
Totaal		15283

Tabel 4.1 Vergelijking schaalvergrotingsfactoren

Ten aanzien van de schaalvergroting kunnen de volgende opmerkingen worden geplaatst.

- 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 gastankers).
- Voor olietankers 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 genoemd in de Notitie Goederenprognoses [3].

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

4.6 Het vaarwegscenario

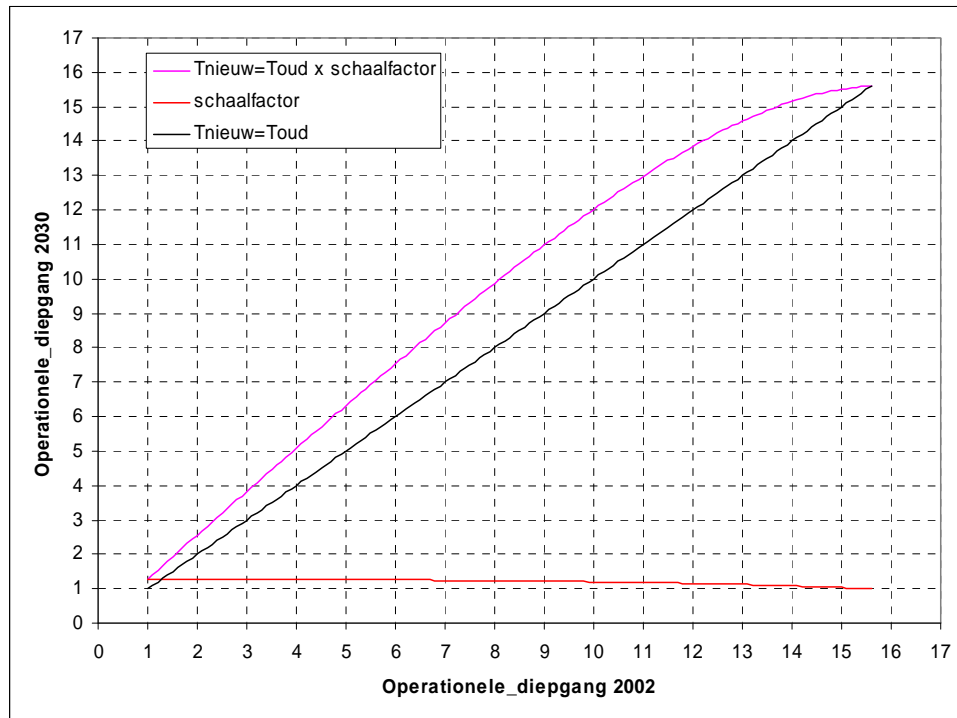
In deze studie worden twee vaarwegscenario's nader geanalyseerd, namelijk de huidige situatie van de vaarweg (vaarwegscenario 0) en die waarbij een verruiming van de vaargeul heeft plaatsgevonden waarbij getij-onafhankelijke vaart bij een diepgang van 13.10 m mogelijk wordt (vaarwegscenario 1).

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 het vaarwegscenario op de containervaart is in de Notitie Goederenprognoses [4] beschreven en geïmplementeerd.

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" 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 4.1). 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 4.1 De schaalvergroting afhankelijk van de operationele diepgang

4.7 Resultaten

In Tabel 4.2 wordt het aantal van 15283 reizen vanuit Antwerpen in het basisjaar 2005 gegeven, verdeeld over de scheepstypen en scheepsgroottes. Reizen binnen het havengebied, dus van de ene kade naar de andere zijn **niet** geteld, maar zitten wel in het SRK-bestand. Tabel 4.3 bevat de prognose voor 2030 van het scheepvaartverkeer vanuit Antwerpen voor het scenario met hoge economische groei zonder verruiming van de vaarweg.

De totalen voor de zes scenario's voor de drie steekjaren 2010, 2015 en 2030 en de twee economische scenario's voor de huidige vaarweg zijn gegeven in Tabel 4.4 t/m Tabel 4.8. Uit Tabel 4.4 is te halen dat het aantal scheepsbewegingen door de jaren heen zal afnemen. Bij hoge economische groei is het aantal voorspelde schepen voor Antwerpen in 2030 met 15980 (Tabel 4.4), 4% meer dan het huidige aantal van 15283. Voor het lage economische groeiscenario worden er in 2030 nog maar 12748 (zie Tabel 4.4) aankomsten verwacht, dus een afname van bijna 17%.

De zes verkeersscenario's bij verruiming van de vaarweg zijn alleen voor Antwerpen en Zeebrugge gegeven, omdat de aantallen in de andere havens vrijwel niet veranderen. Tabel 4.9 en Tabel 4.10 bevatten de geprognoseerde aantallen voor hoge economisch groei in 2030. Alleen in de tabellen voor Antwerpen en Vlissingen wordt voor het hoge economische groei scenario en het jaar 2030 een onderscheid gemaakt tussen de situatie met en zonder bouw van de WCT. Op de andere havens heeft de bouw van het WCT geen effect. **Voor de lage economische groei wordt alleen het scenario zonder WCT beschouwd.**

Tabel 4.11 en Tabel 4.12 bevatten voor het overzicht de totalen voor Antwerpen en Zeebrugge voor alle scenario's. Tabel 4.11 toont bij verruiming en het hoge economische groeiscenario groei van 11% (van 15283 naar 16966) van het aantal

aankomsten voor Antwerpen. Voor het lage economische groeiscenario worden er in 2030 18% (van 15283 naar 12487) minder schepen verwacht.

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 hoge groei scenario in 2030 zonder verruiming 4811 (zie Tabel 4.3) bedraagt en bij verruiming is dit 5797 (zie Tabel 4.9), dus voor deze groep is het effect van de verdieping groot.

Scheepstype	Gross Tonnage								Totaal
	100-500	500-1000	1000-1600	1600-10000	10000-30000	30000-60000	60000-100000	> 100000	
OBO+Bulkers	0	1	0	97	467	132	85	6	788
Chemical tankers	0	6	10	1784	411	23	0	0	2234
Oil tankers	1	6	9	236	186	83	19	0	540
LNG/LPG tankers	0	0	30	876	93	6	0	0	1005
intra Europees	0	0	0	553	237	0	0	0	790
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	3	460	76	0	0	539
Klasse 2000-3000 TEU	0	0	0	0	260	576	0	0	836
Klasse 3000-4000 TEU	0	0	0	0	0	555	0	0	555
Klasse 4000-5000 TEU	0	0	0	0	0	375	2	0	377
Klasse 5000-6000 TEU	0	0	0	0	0	20	83	0	103
Klasse 6000-7000 TEU	0	0	0	0	0	0	73	0	73
Klasse 7000-8000 TEU	0	0	0	0	0	0	6	10	16
Klasse > 8000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	20	20
Container schepen	0	0	0	556	957	1602	163	30	3309
Ro/Ro schepen	0	0	0	153	603	400	240	0	1396
Dry cargo	15	182	706	3621	1143	66	0	0	5733
Overige	40	22	41	141	24	9	1	0	278
Totaal	56	218	797	7465	3883	2321	508	36	15283

Tabel 4.2 Reizen over Westerschelde vanuit Antwerpen in 2005

Scheepstype	Gross Tonnage								Totaal
	100-500	500-1000	1000-1600	1600-10000	10000-30000	30000-60000	60000-100000	> 100000	
OBO+Bulkers	0	1	0	80	398	168	56	30	732
Chemical tankers	0	1	4	1239	413	168	1	0	1826
Oil tankers	1	5	8	193	152	68	15	0	442
LNG/LPG tankers	0	0	43	1246	134	8	0	0	1431
intra Europees	0	0	0	880	86	0	0	0	966
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 2000-3000 TEU	0	0	0	0	16	43	3	0	62
Klasse 3000-4000 TEU	0	0	0	0	0	1133	244	0	1377
Klasse 4000-5000 TEU	0	0	0	0	0	498	865	0	1363
Klasse 5000-6000 TEU	0	0	0	0	0	55	287	0	342
Klasse 6000-7000 TEU	0	0	0	0	0	0	247	0	247
Klasse 7000-8000 TEU	0	0	0	0	0	0	37	2	39
Klasse > 8000 TEU	0	0	0	0	0	0	39	376	415
Container schepen	0	0	0	880	102	1729	1721	379	4811
Ro/Ro schepen	0	0	0	27	433	278	225	408	1371
Dry cargo	8	145	387	3456	1039	115	0	0	5151
Overige	26	15	8	131	25	9	1	1	216
Totaal	35	167	451	7253	2694	2542	2020	818	15980

Tabel 4.3 Scenario hoge economische groei, huidige vaarweg, voor 2030 vanuit Antwerpen over Westerschelde

Scheepstype	2005	Hoge economische groei				Lage economische groei		
		2010	2020	2030 zonder WCT	2030 met WCT	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	788	777	765	732	732	682	634	560
Chemical tankers	2234	2339	2151	1826	1826	1867	1511	988
Oil tankers	540	573	510	442	442	536	467	409
LNG/LPG tankers	1005	1263	1322	1431	1431	1263	1322	1431
intra Europees	770	838	1016	966	842	726	895	704
Klasse 1000-2000 TEU	559	415	165	0	0	474	421	554
Klasse 2000-3000 TEU	836	1048	802	62	64	1055	1047	1173
Klasse 3000-4000 TEU	555	811	953	1377	1417	550	741	999
Klasse 4000-5000 TEU	377	592	785	1363	1398	453	425	435
Klasse 5000-6000 TEU	103	75	142	342	329	60	72	85
Klasse 6000-7000 TEU	73	66	111	247	238	84	99	62
Klasse 7000-8000 TEU	16	36	37	39	31	22	34	48
Klasse > 8000 TEU	20	46	138	415	330	21	49	149
Container schepen	3309	3927	4149	4811	4649	3445	3783	4209
Ro/Ro schepen	1396	1451	1516	1371	1371	1275	1256	1048
Dry cargo	5733	5434	5363	5151	5151	4740	4401	3887
Overige	278	264	251	216	216	264	251	216
Totaal	15283	16028	16027	15980	15818	14072	13625	12748

Tabel 4.4 Alle reizen over de Westerschelde vanuit Antwerpen voor alle scenario's voor de huidige vaarweg

Scheepstype	2005	Hoge economische groei			Lage economische groei		
		2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	31	32	32	31	31	32	29
Chemical tankers	20	19	20	20	17	16	12
Oil tankers	14	14	14	15	14	15	15
LNG/LPG tankers	125	127	130	135	129	131	136
intra Europees	12	15	17	21	13	14	15
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	0	0	0	2
Klasse 2000-3000 TEU	5	0	0	0	0	0	0
Klasse 3000-4000 TEU	12	0	0	0	0	0	0
Klasse 4000-5000 TEU	84	69	26	0	72	26	0
Klasse 5000-6000 TEU	62	46	36	0	44	91	25
Klasse 6000-7000 TEU	1	45	17	92	62	19	105
Klasse 7000-8000 TEU	50	64	107	212	43	63	146
Klasse > 8000 TEU	27	70	82	172	38	54	80
Container schepen	254	308	286	497	271	268	373
Ro/Ro schepen	6753	6899	7053	6890	6344	6112	4950
Dry cargo	720	636	545	322	548	442	221
Overige	1304	1241	1181	1017	1241	1181	1017
Totaal	9222	9276	9260	8926	8596	8195	6754

Tabel 4.5 Alle reizen vanuit Zeebrugge voor alle scenario's voor de huidige vaarweg

Scheepstype	2005	Hoge economische groei				Lage economische groei		
		2010	2020	2030 zonder WCT	2030 met WCT	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	176	178	176	147	147	174	179	149
Chemical tankers	207	205	210	203	203	179	165	125
Oil tankers	103	102	102	102	102	106	106	108
LNG/LPG tankers	164	164	166	168	168	169	170	175
intra Europees	7	8	8	7	7	7	7	5
Klasse 1000-2000 TEU	4	3	2	1	501	4	3	1
Klasse 2000-3000 TEU	3	3	3	2	6	3	3	8
Klasse 3000-4000 TEU	4	5	2	5	140	4	2	4
Klasse 4000-5000 TEU	0	0	5	2	147	0	4	2
Klasse 5000-6000 TEU					74			
Klasse 6000-7000 TEU	1	0	0	5	47	0	0	4
Klasse 7000-8000 TEU	0	1	0	0	9	1	0	0
Klasse > 8000 TEU	0	0	1	1	98	0	1	1
Container schepen	20	21	21	24	1032	19	20	24
Ro/Ro schepen	977	998	1020	996	996	918	884	716
Dry cargo	1037	916	783	461	461	788	635	316
Overige	485	462	439	378	378	462	439	378
Totaal	3170	3047	2917	2480	3488	2814	2599	1992

Tabel 4.6 Alle reizen vanuit Vlissingen voor alle scenario's voor de huidige vaarweg

Scheepstype	2005	Hoge economische groei			Lage economische groei		
		2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	49	50	50	45	49	50	44
Chemical tankers	316	312	319	309	272	251	190
Oil tankers	21	21	21	21	22	22	22
LNG/LPG tankers	366	375	378	385	384	389	402
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	16	14	12	8	12	10	6
Overige	14	13	12	11	13	12	11
Totaal	781	784	793	780	752	734	675

Tabel 4.7 Alle reizen vanuit Terneuzen voor alle scenario's voor de huidige vaarweg

Scheepstype	2005	Hoge economische groei			Lage economische groei		
		2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	526	530	527	469	515	522	449
Chemical tankers	523	517	528	510	450	415	313
Oil tankers	92	93	93	94	95	95	97
LNG/LPG tankers	213	214	216	219	220	222	228
intra Europees	3	3	4	2	3	3	2
Klasse 1000-2000 TEU	0	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	3	4	4	3	3	3
Ro/Ro schepen	533	545	557	543	500	482	391
Dry cargo	2274	2005	1707	987	1724	1383	673
Overige	360	343	326	281	343	326	281
Totaal	4525	4249	3957	3106	3850	3448	2435

Tabel 4.8 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	80	398	168	56	30	732
Chemical tankers	0	1	4	1239	413	168	1	0	1826
Oil tankers	1	5	8	193	152	68	15	0	442
LNG/LPG tankers	0	0	43	1246	134	8	0	0	1431
intra Europees	0	0	0	879	85	0	0	0	964
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klasse 2000-3000 TEU	0	0	0	0	14	37	3	0	53
Klasse 3000-4000 TEU	0	0	0	0	0	1061	229	0	1290
Klasse 4000-5000 TEU	0	0	0	0	0	504	875	0	1379
Klasse 5000-6000 TEU	0	0	0	0	0	113	590	0	703
Klasse 6000-7000 TEU	0	0	0	0	0	0	398	0	398
Klasse 7000-8000 TEU	0	0	0	0	0	0	81	5	86
Klasse > 8000 TEU	0	0	0	0	0	0	86	838	924
Container schepen	0	0	0	879	99	1715	2261	844	5797
Ro/Ro schepen	0	0	0	27	433	278	225	408	1371
Dry cargo	8	145	387	3456	1039	115	0	0	5151
Overige	26	15	8	131	25	9	1	1	216
Totaal	35	167	451	7251	2692	2528	2560	1283	16966

Tabel 4.9 Scenario hoge economische groei, bij verruiming 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	69	2	2	50	3	135
intra Europees	0	0	0	23	0	0	0	0	23
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	23	0	0	204	198	426
Ro/Ro schepen	0	0	0	24	2060	4372	125	309	6890
Dry cargo	0	5	16	268	33	0	0	0	322
Overige	79	70	25	401	14	417	9	2	1017
Totaal	79	76	67	819	2119	4792	390	513	8855

Tabel 4.10 Scenario hoge economische groei met verruiming van de vaarweg, voor 2030 vanuit Zeebrugge

Scheepstype	2005	Hoge economische groei				Lage economische groei		
		2010	2020	2030 zonder WCT	2030 met WCT	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	788	777	765	732	732	682	634	560
Chemical tankers	2234	2339	2151	1826	1826	1867	1511	988
Oil tankers	540	573	510	442	442	536	467	409
LNG/LPG tankers	1005	1263	1322	1431	1431	1263	1322	1431
intra Europees	770	1125	1316	964	964	763	882	647
Klasse 1000-2000 TEU	559	470	183	0	0	384	331	432
Klasse 2000-3000 TEU	836	1212	925	53	53	868	852	930
Klasse 3000-4000 TEU	555	1030	1178	1290	1290	497	669	870
Klasse 4000-5000 TEU	377	811	1041	1379	1379	442	410	409
Klasse 5000-6000 TEU	103	210	378	703	703	120	141	161
Klasse 6000-7000 TEU	73	143	232	398	398	132	153	92
Klasse 7000-8000 TEU	16	108	108	86	86	47	73	99
Klasse > 8000 TEU	20	139	394	924	924	44	106	308
Container schepen	3309	5248	5755	5797	5797	3297	3617	3948
Ro/Ro schepen	1396	1451	1516	1371	1371	1275	1256	1048
Dry cargo	5733	5434	5363	5151	5151	4740	4401	3887
Overige	278	264	251	216	216	264	251	216
Totaal	15283	17349	17633	16966	16966	13924	13459	12487

Tabel 4.11 Alle reizen over de Westerschelde vanuit Antwerpen voor alle scenario's bij verruiming van de vaarweg

Scheepstype	2005	Hoge economische groei			Lage economische groei		
		2010	2020	2030	2010	2020	2030
OBO+Bulkers	31	32	32	31	31	32	29
Chemical tankers	20	19	20	20	17	16	12
Oil tankers	14	14	14	15	14	15	15
LNG/LPG tankers	125	127	130	135	129	131	136
intra Europees	13	17	19	23	14	15	17
Klasse 1000-2000 TEU	0	0	0	0	0	0	2
Klasse 2000-3000 TEU	5	0	0	0	0	0	0
Klasse 3000-4000 TEU	12	0	0	0	0	0	0
Klasse 4000-5000 TEU	79	59	22	0	62	23	0
Klasse 5000-6000 TEU	59	39	31	0	38	78	21
Klasse 6000-7000 TEU	1	38	14	78	53	16	89
Klasse 7000-8000 TEU	47	55	91	179	37	54	123
Klasse > 8000 TEU	23	59	70	146	33	46	68
Container schepen	239	267	248	426	236	232	319
Ro/Ro schepen	6753	6899	7053	6890	6344	6112	4950
Dry cargo	720	636	545	322	548	442	221
Overige	1304	1241	1181	1017	1241	1181	1017
Totaal	9207	9236	9222	8855	8560	8159	6700

Tabel 4.12 Alle reizen vanuit Zeebrugge voor alle scenario's bij verruiming van de vaarweg

4.8 De binnenvaart

De verkeersafwikkeling van de binnenvaart is afgeleid uit de SRK database aangevuld met de telgegevens van 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, 2015 en 2030. De voorspelling komt neer op een groei van 1.2% per jaar over de komende 28 jaar. De gegevens staan in Tabel 4.13.

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
2015				1520	56
2030				1814	61

Tabel 4.13 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 12 verkeersscenario's wordt uitgegaan van hetzelfde aantal binnenvaartbewegingen. Wel wordt de bij 2010, 2015 en 2030 behorende schaalvergroting toegepast.

Voor de twee scenario's in 2030 met een gerealiseerde Westerschelde Container Terminal is een extra verkeersstroom van 2750 binnenvaartschepen op de hoofdvaarroute van Vlissingen naar Hansweert gemodelleerd. Deze verkeersstroom is ook in de omgekeerde richting dus van Hansweert naar Vlissingen toegevoegd.

5 NAUTISCHE VEILIGHEID IN HET SCHELDE-ESTUARIUM

5.1 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.

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. De correctiefactor die uit deze analyse in [1] is bepaald, wordt hier opnieuw toegepast. Deze correctiefactor zorgt ervoor dat de juiste ongevalsgevoeligheid op de Westerschelde wordt bereikt.

Dezelfde methode als in de studie van 2004 wordt nu gevolgd om de nautische veiligheid op de Westerschelde voor de toekomstige scenario's te beschrijven.

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) twee 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.

5.2 Opzet van de veiligheidsstudie

Voor het bepalen van de veiligheid in het Schelde-estuarium voor de huidige situatie en de 14 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.

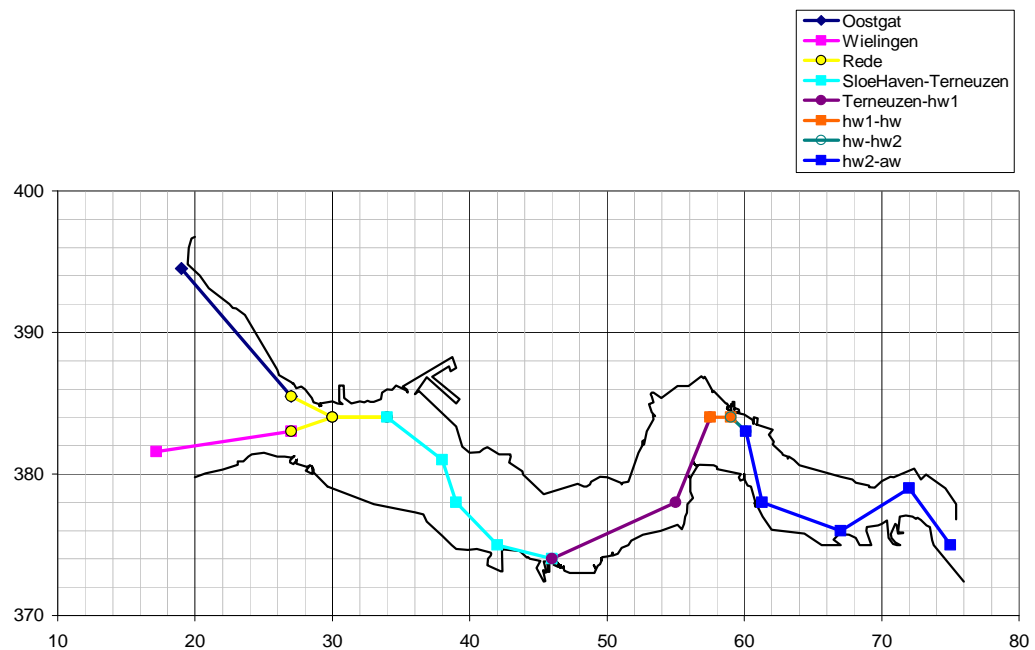
De veiligheidsstudie bestaat uit de volgende stappen:

- stap 1. Modelleren van de verkeersafwikkeling voor het basisjaar 2005 in het Schelde-estuarium.
- stap 2. Bepalen van het aantal ongevallen voor de huidige situatie in 2005 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 14 verkeersscenario's (zie hoofdstuk 4.2).
- stap 6. Bepalen van de verwachtingswaarde van het aantal aanvaringen voor alle 14 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.

Een belangrijk onderdeel 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. De verificatie van de modelvoorspellingen is in de vorige studie uitgevoerd. Dezelfde benadering als in de vorige studie [1] wordt nu gevolgd, wat betekent dat alleen het aantal relevante ongevallen wordt gebruikt voor de berekening van het externe risico.

Relevante ongevallen voor het externe risico

Het aantal aanvaringen, maatgevend voor de huidige situatie is bepaald door AVIV in "Basic data Westerschelde 2003", [6]. Hierbij zijn alleen de relevante aanvaringen bepaald ten behoeve van de berekening voor de externe veiligheid. Dit zijn alleen aanvaringen **tussen twee zeeschepen**, waarbij de aanvaringen met ankerliggers op de rede van Vlissingen zijn weggelaten. Ook de schepen met "geen schade" zijn buiten beschouwing gelaten.



Figuur 5.1 Indeling van de Trajecten zoals gebruikt in de AVIV-studie [6]

De acht deeltrajecten die door AVIV onderscheiden zijn, staan afgebeeld in Figuur 5.1.

Voor de vergelijking zijn alle door het SAMSON-model voorspelde waarden vermenigvuldigd met een factor $34.5/44.9$ (zie [1]) 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.

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 aanvaringen betrokken schepen als index van het aantal bij aanvaringen betrokken schepen in 2005. Dat betekent dat iedere toegepaste correctiefactor er dan direct weer uitgedeeld wordt en dus geen enkele invloed heeft op het resultaat.

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 verruiming 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 en de grootte van deze schepen bij verruiming van de vaarweg.

Het toepassen van de correctiefactor op het aantal voorspelde zeeschip-binnenschip aanvaringen brengt ook het door SAMSON berekende niveau voor dit type aanvaring op het waargenomen niveau. Maar deze zeevaart-binnenvaart aanvaringen worden niet meegenomen voor het berekenen van het externe risico.

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.

Uit de analyse in [1] is gebleken dat een jaarlijkse factor, waarmee de ongevalskans gemiddeld afneemt, niet kan worden toegepast op het ongevalstype aanvaring in beperkt vaarwater. Zo'n factor zou wel gebruikt kunnen worden voor bijvoorbeeld de kans op een machinestoring. Natuurlijk zijn er wel ontwikkelingen in de toekomst mogelijk waardoor de aanvaringskans, gegeven een ontmoeting, kleiner zou kunnen worden, maar deze kunnen niet op voorhand worden gekwantificeerd. Nieuwe ontwikkelingen 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.

5.3 Bepalen van de relatieve verandering van het aanvaringsniveau ten opzichte van het basisscenario

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 5.1 tot en met Tabel 5.6 worden de resultaten van de berekeningen gegeven voor de 14 scenario's. Voor ieder economisch scenario worden drie tabellen gegeven. Iedere tabel bevat de waarden voor het basisjaar 2005 en de drie steekjaren 2010, 2015 en 2030 voor de huidige vaarweg en de vaarweg na verruiming. De tabellen met hoge economische groei bevatten voor 2030 de situatie met en zonder de WCT. Alle waarden worden absoluut en als index van het basisjaar 2005 gegeven.

- Tabel 5.1 en Tabel 5.4 bevatten het gemiddeld aantal scheepsbewegingen per deeltraject. Uit deze tabel is dus gemakkelijk te halen hoe het aantal scheepsbewegingen zich ontwikkelt. Tabel 5.1 geeft voor het hoge economische groeiscenario 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 97.4% en 108.9% van het gemiddelde aantal aanwezige schepen in 2005.
- 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 voor 2005 die op 3.41 uitkomt. De derde kolom geeft de modelvoorspelling gecorrigeerd voor het Schelde-

estuarium, zodat voor 2005 het niveau van gemiddeld 2.62 bij aanvaringen betrokken schepen wordt bereikt, vergelijkbaar met de eerste kolom. 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 hoge economische groei Tabel 5.2 varieert het totaal aantal bij aanvaringen betrokken schepen tussen 108.0% voor 2015 zonder verruiming en 128.3% voor 2015 met verruiming van de vaarweg.

- 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 scenario's is kleiner omdat het aantal binnenvaartbewegingen op hetzelfde niveau gebleven is. Alleen bij de twee scenario's met een WCT in 2030 neemt het aantal verwachte ongevallen toe door de extra verkeersstroom van binnenvaart tussen Vlissingen en Hansweert.

Conclusie

Bij hoge economische groei ligt de verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen tussen zeeschepen betrokken schepen op 108.0% tot 128.3% van het niveau van 2005. Bij lage economische groei ligt dit tussen 66.9% tot 85.4% van het niveau van 2005. Dus alleen bij hoge economische groei worden er meer aanvaringen 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 2005							
	2005	2010		2015		2030 zonder WCT		2030 met WCT		2010		2015		2030 zonder WCT		2030 met WCT	
		Zonder verrijming	Met verrijming	Zonder verrijming	Met verrijming	Zonder verrijming	Met verrijming	Zonder verrijming	Met verrijming	Zonder verrijming	Met verrijming	Zonder verrijming	Met verrijming	Zonder verrijming	Met verrijming	Zonder verrijming	Met verrijming
Wielingen	1.7	1.7	1.8	1.7	1.8	1.6	1.7	1.7	1.8	101.7	109.1	100.2	109.4	94.0	100.6	97.9	105.1
Oostgat	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1	1.2	1.2	1.2	98.8	100.7	95.1	97.2	86.0	86.7	88.8	90.1
Vlissingen West	2.6	2.6	2.7	2.5	2.7	2.4	2.5	2.4	2.6	100.5	105.1	98.2	103.9	91.5	95.3	94.7	99.0
Sloe-Terneuzen	3.1	3.2	3.4	3.1	3.4	3.0	3.1	3.0	3.1	102.0	108.0	100.3	107.6	95.4	100.1	95.2	100.6
Terneuzen -1.5Hansweert	2.8	2.9	3.1	2.9	3.1	2.8	3.0	2.8	3.0	104.4	112.0	103.9	113.3	103.2	109.1	102.1	109.1
-1.5Hansweert-Hansweert	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	104.3	112.0	103.8	113.2	103.0	109.0	102.0	109.0
Hansweert +1.5Hansweert	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	104.5	112.3	104.2	113.6	103.8	109.8	102.7	109.8
1.5Hansweert – Antwerpen	3.6	3.8	4.1	3.8	4.1	3.7	4.0	3.7	4.0	104.5	112.3	104.2	113.7	103.8	109.9	102.8	109.9
Totaal	15.6	15.9	16.9	15.7	16.9	15.1	15.9	15.3	16.2	102.5	108.8	101.1	108.9	97.4	102.4	98.1	103.9

Tabel 5.1 Hoge economische groei: Aanwezige schepen 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 2005 (model waarden)									
			2005		2010		2015		2030 zonder WCT		2030 met WCT	
			Model	Gecorrigeerd	Zonder verrijming	Met verrijming	Zonder verrijming	Met verrijming	Zonder verrijming	Met verrijming	Zonder verrijming	Met verrijming
Wielingen	0.04	0.20	0.15	107.9	127.1	108.0	133.5	105.9	126.3	115.3	138.3	
Oostgat	0.15	0.16	0.12	99.8	103.7	94.3	98.4	82.4	83.9	87.5	90.2	
Vlissingen West	0.69	0.80	0.62	103.8	113.8	102.2	114.9	98.2	107.6	104.3	115.3	
Sloe-Terneuzen	0.62	0.83	0.63	107.1	122.2	106.4	125.7	104.8	119.1	105.3	121.5	
Terneuzen -1.5Hansweert	0.69	0.46	0.35	112.3	132.1	113.5	139.3	121.1	140.8	118.5	140.8	
-1.5Hansweert-Hansweert	0.04	0.11	0.09	112.2	131.8	113.2	138.8	120.6	140.2	118.0	140.2	
Hansweert +1.5Hansweert	0.04	0.12	0.09	112.7	132.8	114.1	140.3	122.5	142.6	119.8	142.6	
1.5Hansweert – Antwerpen	0.38	0.74	0.57	112.7	132.8	114.1	140.4	122.5	142.7	119.9	142.7	
Totaal	2.65	3.41	2.62	108.3	123.9	108.0	128.3	109.4	124.7	110.7	128.1	

Tabel 5.2 Hoge economische groei: Verwachtingswaarde van het aantal schepen per jaar betrokken bij aanvaringen tussen zeeschepen onderling 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 2005 (model waarden)							
		2005		2010		2015		2030 zonder WCT		2030 met WCT	
		Model	Gecorrigeerd	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming
Wielingen	0.01	0.01	0.01	103.8	112.8	104.0	115.9	103.8	113.6	108.3	118.9
Oostgat	0.06	0.00	0.00	99.9	101.9	96.8	99.0	91.1	91.8	94.0	95.3
Vlissingen West	0.26	0.17	0.13	103.2	109.0	102.3	109.7	102.5	108.3	121.3	128.8
Sloe-Terneuzen	0.23	0.32	0.24	104.1	111.4	103.6	113.0	105.0	112.2	137.0	147.5
Terneuzen -1.5Hansweert	0.26	0.51	0.38	106.2	115.3	107.0	118.7	113.1	122.2	126.6	138.3
-1.5Hansweert-Hansweert	0.01	0.24	0.18	106.1	115.1	106.9	118.6	113.1	122.2	125.1	136.6
Hansweert +1.5Hansweert	0.01	0.07	0.05	106.4	115.5	107.4	119.1	112.5	121.5	111.2	121.5
1.5Hansweert – Antwerpen	0.15	0.44	0.33	106.4	115.6	107.4	119.3	112.6	121.7	111.4	121.7
Totaal	1.00	1.75	1.31	105.6	114.0	106.0	116.9	110.4	118.8	123.2	133.9

Tabel 5.3 Hoge economische groei: 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 2005					
	2005	2010		2015		2030		2010		2015		2030		
		Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming	
Wielingen	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	90.9	90.2	86.7	86.2	74.7	74.2	
Oostgat	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	0.9	0.9	88.5	88.4	82.0	81.6	69.0	68.2	
Vlissingen West	2.6	2.3	2.3	2.2	2.2	1.9	1.9	90.7	90.3	86.0	85.6	74.8	74.2	
Sloe-Terneuzen	3.1	2.8	2.8	2.7	2.7	2.4	2.3	90.5	89.9	85.9	85.3	75.8	74.7	
Terneuzen -1.5Hansweert	2.8	2.5	2.5	2.4	2.4	2.2	2.2	91.7	90.9	88.1	87.2	81.6	80.2	
-1.5Hansweert-Hansweert	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	91.7	90.9	88.0	87.2	81.5	80.1	
Hansweert +1.5Hansweert	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	91.7	91.0	88.2	87.4	82.0	80.6	
1.5Hansweert – Antwerpen	3.6	3.3	3.3	3.2	3.2	3.0	2.9	91.8	91.0	88.2	87.4	82.0	80.6	
Totaal	15.6	14.1	14.1	13.5	13.4	12.1	11.9	90.9	90.4	86.7	86.0	77.6	76.5	

Tabel 5.4 Lage economische groei: 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 2005 (model waarden)					
		2005		2010		2015		2030	
		Model	Gecorrigeerd	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming
Wielingen	0.04	0.20	0.15	85.7	84.8	80.0	79.6	64.4	64.4
Oostgat	0.15	0.16	0.12	79.8	79.4	69.6	68.8	52.0	50.7
Vlissingen West	0.69	0.80	0.62	86.6	86.0	80.4	80.0	67.4	66.8
Sloe-Terneuzen	0.62	0.83	0.63	84.2	83.2	77.5	76.7	64.0	63.0
Terneuzen -1.5Hansweert	0.69	0.46	0.35	86.0	84.8	80.3	79.3	72.4	71.0
-1.5Hansweert-Hansweert	0.04	0.11	0.09	85.9	84.8	80.1	79.2	72.2	70.9
Hansweert +1.5Hansweert	0.04	0.12	0.09	86.1	85.0	80.5	79.6	73.1	71.7
1.5Hansweert – Antwerpen	0.38	0.74	0.57	86.1	85.0	80.6	79.6	73.2	71.8
Totaal	2.65	3.41	2.62	85.4	84.5	79.2	78.4	68.0	66.9

Tabel 5.5 Lage economische groei: 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 2005 (model waarden)					
		2005		2010		2015		2030 zonder WCT	
		Model	Gecorrigeerd	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming	Zonder verruiming	Met verruiming
Wielingen	0.01	0.01	0.01	92.5	92.0	89.5	89.3	80.7	80.8
Oostgat	0.06	0.00	0.00	89.4	89.1	83.4	82.8	72.7	71.5
Vlissingen West	0.26	0.17	0.13	93.3	92.9	89.6	89.2	83.1	82.7
Sloe-Terneuzen	0.23	0.32	0.24	92.1	91.6	88.3	87.8	81.8	81.2
Terneuzen -1.5Hansweert	0.26	0.51	0.38	92.9	92.3	89.9	89.4	87.4	86.6
-1.5Hansweert-Hansweert	0.01	0.24	0.18	92.8	92.2	89.9	89.4	87.4	86.6
Hansweert +1.5Hansweert	0.01	0.07	0.05	93.0	92.3	90.2	89.7	86.8	86.0
1.5Hansweert – Antwerpen	0.15	0.44	0.33	93.0	92.4	90.2	89.7	86.9	86.1
Totaal	1.00	1.75	1.31	92.8	92.2	89.7	89.2	85.8	85.0

Tabel 5.6 Lage economische groei: Verwachtingswaarde van het aantal schepen per jaar betrokken bij aanvaringen tussen een zeeschip en een binnenschip plus indexcijfers

5.4 Verwachtingswaarde van het aantal zeeschepen met schadeklasse 4+5

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 14 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 verkeer 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 5.7, Tabel 5.8 worden gebruikt door DNV voor de vervolgberekening van het externe risico. De inhoud van de tabellen bevat dezelfde trends als de tabellen in 5.3.

Traject	Verdeling over trajecten (AVIV rapport)	Bij aanvaringen betrokken zeeschepen				Index ten opzichte van 2005 (model waarden)															
		2005				2010				2015				2030 zonder WCT				2030 met WCT			
		Kruisend		Alle		Zonder verruiming		Met verruiming		Zonder verruiming		Met verruiming		Zonder verruiming		Met verruiming		Zonder verruiming		Met verruiming	
		Verwachting /jaar	Verdeling over trajecten	Verwachting /jaar	Verdeling over trajecten	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle	Kruisend	Alle
Wielingen	0.014	0.000	0.000	0.054	0.059		107.9		127.1		108.0		133.5		105.9		126.3		115.3		138.3
Oostgat	0.058	0.018	0.046	0.042	0.046	99.8	99.8	103.7	103.7	94.3	94.3	98.4	98.4	82.5	82.4	83.9	83.9	87.5	87.5	90.2	90.2
Vlissingen West	0.261	0.138	0.342	0.215	0.235	103.0	103.9	111.5	113.8	101.0	102.2	111.8	114.9	96.5	98.2	104.6	107.7	102.0	104.4	111.3	115.4
Sloe-Terneuzen	0.232	0.095	0.236	0.222	0.242	106.5	107.2	120.8	122.2	105.6	106.4	124.0	125.8	102.9	104.9	116.4	119.2	105.7	105.3	121.3	121.6
Terneuzen -1.5Hansweert	0.261	0.031	0.076	0.124	0.135	112.0	112.3	131.5	132.1	113.0	113.5	138.4	139.3	120.1	121.1	139.5	140.8	117.6	118.5	139.5	140.8
-1.5Hansweert-Hansweert	0.014	0.021	0.053	0.030	0.033	112.0	112.2	131.6	131.8	113.0	113.2	138.4	138.8	120.2	120.6	139.6	140.2	117.6	118.0	139.6	140.2
Hansweert +1.5Hansweert	0.014	0.024	0.058	0.031	0.034	112.7	112.7	132.8	132.8	114.1	114.1	140.3	140.3	122.5	122.5	142.6	142.6	119.7	119.8	142.6	142.6
1.5Hansweert – Antwerpen	0.145	0.076	0.189	0.198	0.216	112.7	112.7	132.8	132.8	114.1	114.1	140.3	140.4	122.5	122.5	142.6	142.7	119.9	119.9	142.6	142.7
Totaal	1.000	0.404	1.000	0.916	1.000	107.2	108.3	121.2	124.0	106.6	108.1	124.5	128.3	106.8	109.5	120.3	124.8	108.6	110.7	124.1	128.1

Tabel 5.7 Hoge economische groei: 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 2005 (model waarden)											
		2005				2010				2015				2030			
		Kruisend		Alle		Zonder verruiming		Met verruiming		Zonder verruiming		Met verruiming		Zonder verruiming		Met verruiming	
		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	0.059		85.7		84.8		80.0		79.6		64.4		64.4
Oostgat	0.058	0.018	0.046	0.042	0.046	79.8	79.8	79.4	79.4	69.5	69.6	68.8	68.8	52.0	52.0	50.7	50.7
Vlissingen West	0.261	0.138	0.342	0.215	0.235	86.8	86.6	86.3	86.0	80.6	80.5	80.2	80.0	67.6	67.4	67.1	66.9
Sloe-Terneuzen	0.232	0.095	0.236	0.222	0.242	84.1	84.2	83.2	83.3	77.3	77.5	76.6	76.8	63.1	64.0	62.1	63.0
Terneuzen -1.5Hansweert	0.261	0.031	0.076	0.124	0.135	85.8	86.0	84.7	84.8	80.0	80.3	79.1	79.3	71.8	72.4	70.5	71.0
-1.5Hansweert-Hansweert	0.014	0.021	0.053	0.030	0.033	85.9	85.9	84.7	84.8	80.0	80.1	79.1	79.2	72.0	72.2	70.7	70.9
Hansweert +1.5Hansweert	0.014	0.024	0.058	0.031	0.034	86.1	86.1	85.0	85.0	80.5	80.5	79.6	79.6	73.1	73.1	71.7	71.7
1.5Hansweert – Antwerpen	0.145	0.076	0.189	0.198	0.216	86.1	86.1	85.0	85.0	80.5	80.6	79.6	79.6	73.1	73.2	71.7	71.8
Totaal	1.000	0.404	1.000	0.916	1.000	85.5	85.4	84.7	84.5	79.2	79.2	78.5	78.5	67.7	68.0	66.8	67.0

Tabel 5.8 Lage economische groei: 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

5.5 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 ongevalsrisico's 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 aanvaringsrisico's, 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 aanvaringsrisico's. 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 aanvaringsrisico's gegeven een ontmoeting verder omlaag te brengen. Natuurlijk is het best mogelijk dat er in de toekomst nieuwe ontwikkelingen zijn waarmee de aanvaringsrisico's 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 aanvaringsrisico's 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 5.3 is het veiligheidsniveau voor 14 scenario's met het veiligheidsniveau van 2005 vergeleken. Over het algemeen is de verandering van de nautische veiligheid beperkt. Bij hoge economische groei ligt de verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen tussen zeeschepen betrokken schepen tussen 108.0% tot 128.3% van het niveau van 2005. Bij lage economische groei ligt dit tussen 66.9% tot 85.4% van het niveau van 2005. Dus alleen voor bij hoge economische groei worden er meer aanvaringen verwacht.

De tendens is dat de **algemene** nautische veiligheid tot 2030 bij hoge economische groei iets afneemt en bij lage economische groei iets 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 en het gemiddelde schip groter wordt, kan het externe risico wel groter worden. Dit aspect wordt in de vervolgstudie naar externe veiligheid onderzocht.

Opmerking

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.

6 CAPACITEIT IN HET SCHELDE-ESTUARIUM

6.1 Inleiding

De beoordeling van de capaciteit wordt uitgevoerd met behulp van het verkeerssimulatieprogramma SIMDAS. Dit programma biedt de mogelijkheid om een schatting te maken van het aantal ontmoetingen en olopmanoeuvres 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 olopmanoeuvres onvoldoende nauwkeurig, omdat niet meer verondersteld kan worden dat ontmoetingen en olopmanoeuvres 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 olopmanoeuvres wel en niet mogelijk zijn in het betreffende geuldeel.

6.2 Simulatie van de Verkeersafwikkeling

6.2.1 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 6.1 [8]).
- *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 (2005) en voor twee onderscheiden economische scenario's (een hoge en een lage economische groei) voor de drie steekjaren 2010, 2015 en 2030. De samenstelling van het verkeer op jaarbasis is vastgesteld in hoofdstuk 4.2. 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 6.1 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.

6.2.2 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 grote 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 6.1. 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 6.1 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.

6.2.3 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 studies [1, 2] 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 dan 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 positienuwkeurigheid 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 olopmanoeuvres 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 stuurboordszijde 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.

6.2.4 Verkeersintensiteit

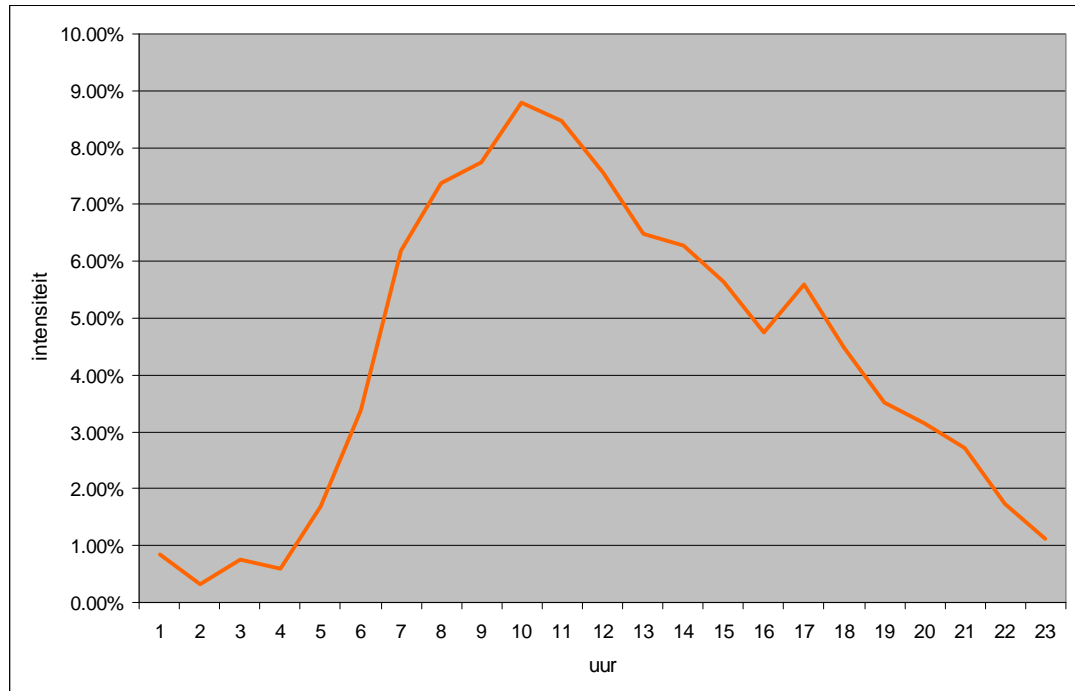
De verkeersintensiteit is de intensiteit uitgedrukt in aantal schepen per uur waarmee de schepen aan de randen van het systeem (in dit geval Kwinteboei, Steenbank, Zeebrugge, Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Antwerpen) de simulatie binnenkomen. De intensiteit wordt voor iedere klasse apart opgegeven.

Voor de dagintensiteit wordt het jaartotaal/365 gebruikt (een gemiddelde dag). De jaartotalen zijn in hoofdstuk 4.2 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 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 vanaf daar weer afneemt tot een minimum intensiteit rond 23:00 uur. Het intensiteitspatroon per uur voor de binnenvaart staat in Figuur 6.2 uitgedrukt in percentage van het dagtotaal. Alle binnenvaartklassen gebruiken hetzelfde aanbodspatroom.



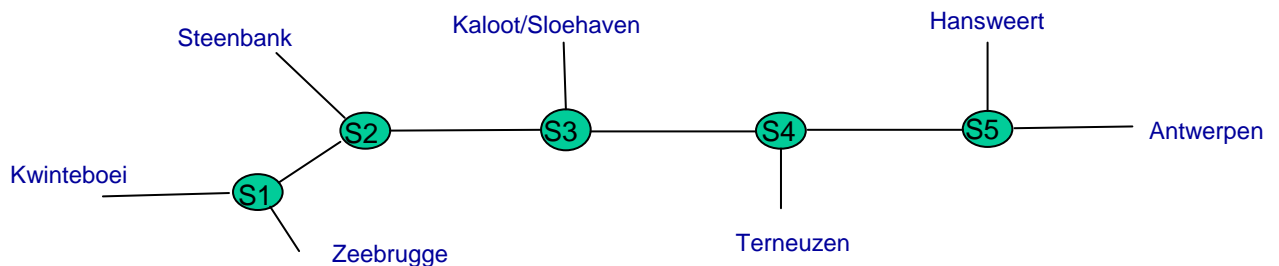
Figuur 6.2 Intensiteit van de binnenvaart (percentage van het dagtotaal)

Verondersteld wordt dat het aanbodspatroom per klasse voor de economische scenario's en over de jaren heen (referentiejaar 2005, 2010, 2015 en 2030) niet verandert. Wel verandert natuurlijk het totaal aantal schepen per klasse.

6.2.5 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 voorhavens Hansweert (zie Figuur 6.3 voor een schematische weergave van alle herkomsten en bestemmingen binnen het gemodelleerde gebied).



Figuur 6.3 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:

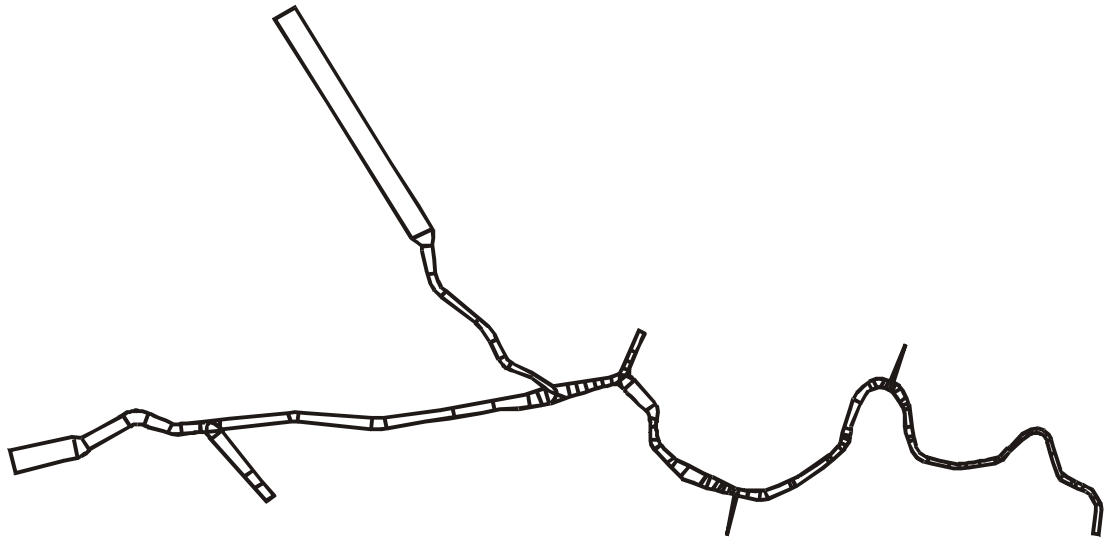
KB Kwinteboei;
 SB Steenbank;
 Z Zeebrugge;
 V Vlissingen;
 T Terneuzen;
 H Hansweert;
 A Antwerpen.

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	

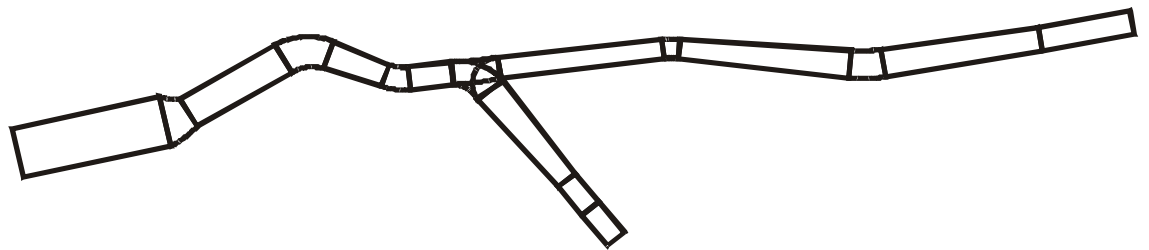
Tabel 6.2 Definitie van de hoofdroutes

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 6.4 tot en met Figuur 6.9. Figuur 6.4 laat de totale vaarweg zien, de overige figuren de uitsplitsing naar de vaarwegdelen. De gedeelten zijn respectievelijk:

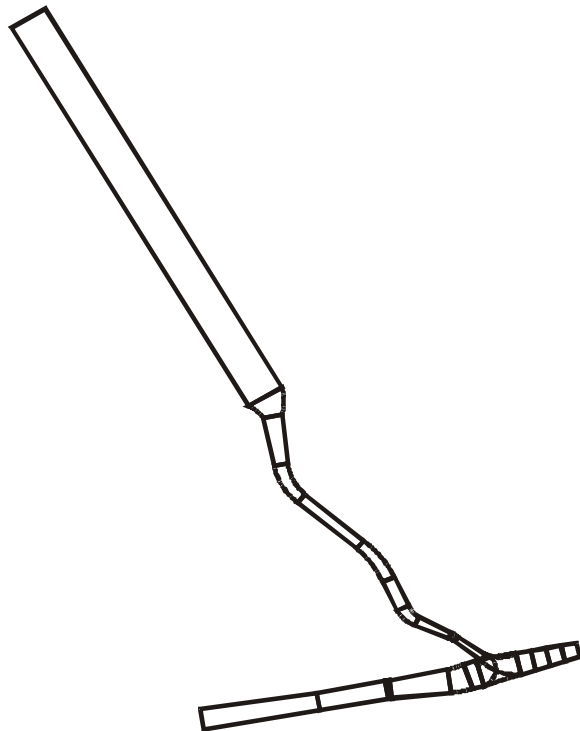
- *Deelgebied 1*
 Vanaf de Kwinteboei – Geul 1 tot en met de Scheur met de aftakking naar Zeebrugge;
- *Deelgebied 2*
 Wielingen tot Rede Vlissingen met de aantakking van het Oostgat;
- *Deelgebied 3*
 Rede Vlissingen tot en met de Pas van Borssele en de aftakking naar de Kaloot/Sloehaven;
- *Deelgebied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



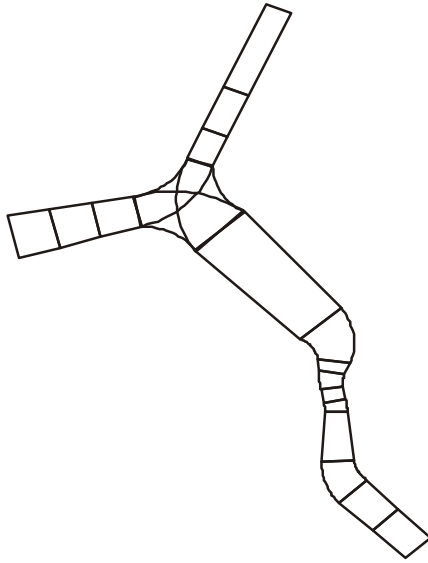
Figuur 6.4 SIMDAS vaarweg schematisatie



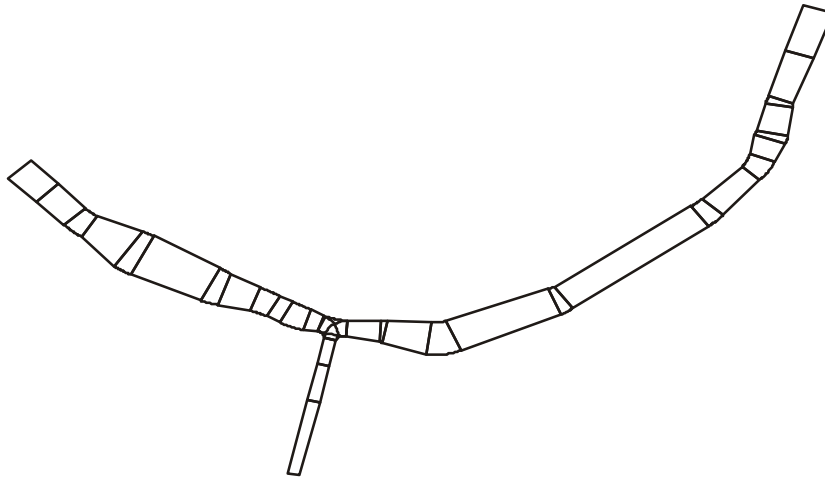
Figuur 6.5 SIMDAS vaarweg schematisatie (deelgebied 1)



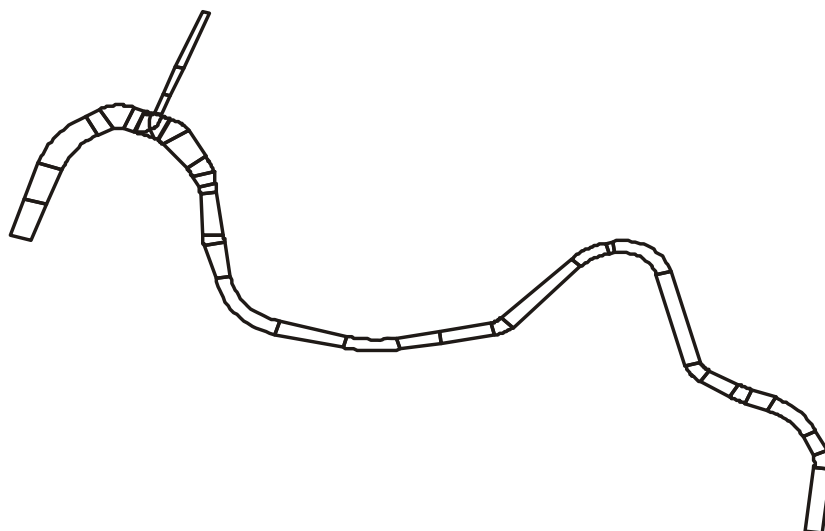
Figuur 6.6 SIMDAS vaarweg schematisatie (deelgebied 2)



Figuur 6.7 SIMDAS vaarweg schematisatie (deelgebied 3)



Figuur 6.8 SIMDAS vaarweg schematisatie (deelgebied 4)



Figuur 6.9 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 6.3 geeft de definitie van alle subroutes per deelgebied. Tabel 6.4 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 6.3 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 6.4 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.

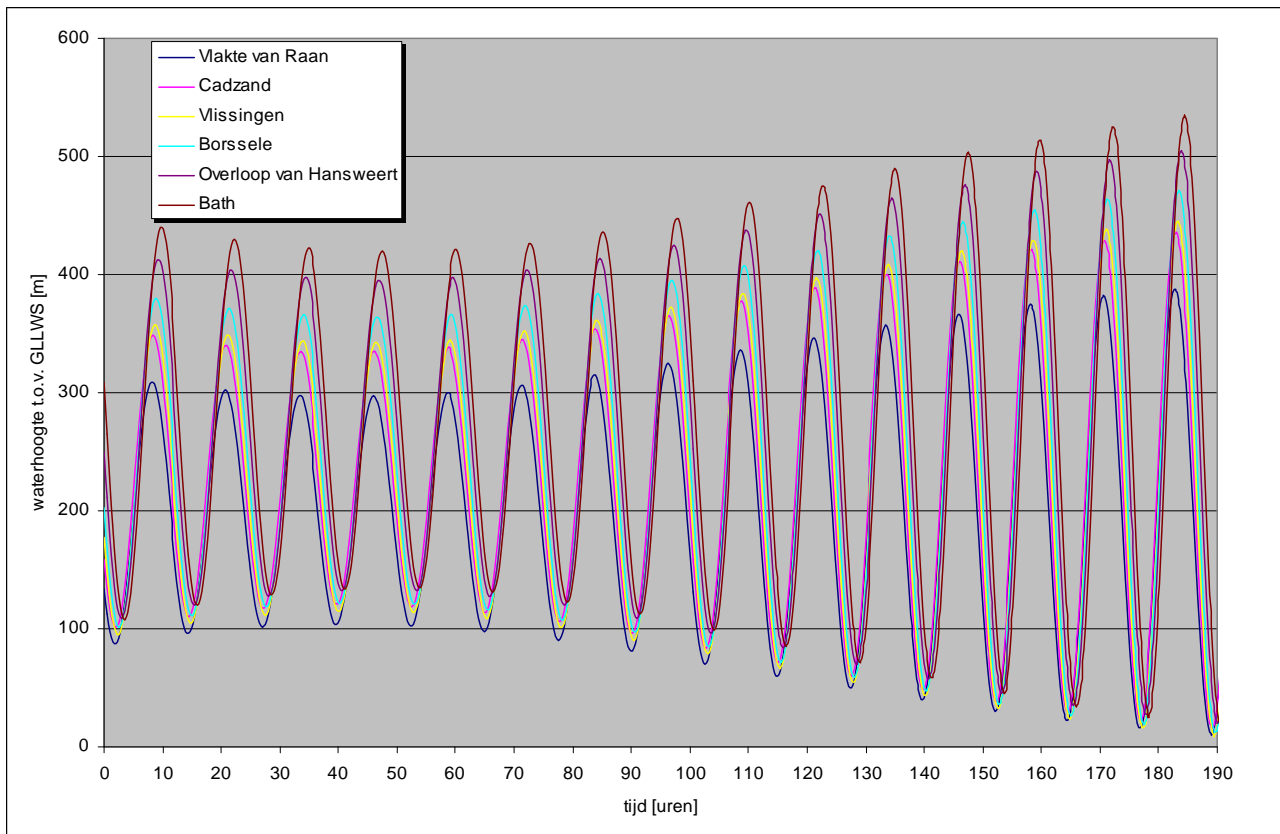
Op zes locaties langs de vaarweg is een tijkromme gemodelleerd met bijbehorende waterhoogte ten opzichte van GLLWS. De locaties zijn:

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

De tijkrommes zijn als volgt gemodelleerd:

De locaties komen overeen met de locaties waarvoor voorspelde getijkrommen beschikbaar zijn via 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 tijkrommes zoals die in het model gebruikt zijn, staat in onderstaande figuur. We zien de top van de vloedgolf naar binnen lopen en ook in amplitude toenemen.



Figuur 6.10 Tijkrommen

Voor de berekening van de reistijd en het reistijdverlies is de snelheid over de grond van belang. De snelheid van een schip over de grond is het (vector) verschil van de snelheid door het water en de stroomsnelheid. In formule vorm:

$$\vec{V}_{\text{door het water}} + \vec{V}_{\text{stroming}} = \vec{V}_{\text{SOG}}$$

Aangezien de schepen een vaste vaarsnelheid door het water hebben en de stroom in de tijd (afhankelijk van het tij) varieert, is het van belang om de stroming mee te nemen in de berekeningen. Hiervoor was via Rijkwaterstaat, Directie Zeeland voor de hele Schelde een stroomveld beschikbaar met stroomsnelheden en -richtingen op een vast grid van punten om de 50 m voor een volledige tijcyclus met een resolutie van 30 minuten.

De gegevens die door directie Zeeland zijn aangeleverd hebben betrekking op een springtij conditie. Omdat tijdens de simulaties ook andere tijcondities worden gesimuleerd, dienen de stroomsnelheden geschaald te worden. Dit gebeurt door de getijamplitudes op elkaar te delen en deze factor te vermenigvuldigen met de originele stroomsnelheid. De aanpak die hier geschetst wordt is gebruikelijk. Voor de capaciteitsberekening is een globale stroomindicatie voldoende en de geschetste methode is voldoende nauwkeurig.

In formule vorm:

$$\text{factor} = \frac{HW_{\text{nieuw}} - LW_{\text{nieuw}}}{HW_{\text{origineel}} - LW_{\text{origineel}}}$$

$$\text{Stroomsnelheid}_{\text{nieuw}} = \text{factor} \cdot \text{Stroomsnelheid}_{\text{origineel}}$$

N.B. De stroomrichting blijft gelijk.

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 4). 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

tot en met

Tabel 6.19. Deze aantallen zijn inclusief de tijgebonden schepen. Als selectiecriteria voor tijgebonden schepen 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.

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	46.5	58.2	59.9	60.6	30.3
	Overig	567.5	482.5	553.9	558.8	292.2
	Container	112.7	127.7	129.2	129.2	127.2
	Gas	37.5	63.2	70.6	72.1	39.5
	Tanker	74.2	147.3	161.4	164.9	107.1
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.2	861.8	745.6
Totaal		878.4	918.1	1346.1	1847.4	1341.9

Tabel 6.5 Aantal passerende schepen per week in 2005

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	46.5	58.2	59.8	60.5	29.9
	Overig	555.6	455.7	521.8	526.4	281.7
	Container	133.0	151.3	153.2	153.2	151.0
	Gas	41.9	71.7	80.1	82.1	49.5
	Tanker	76.2	151.1	165.7	169.3	112.4
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.2	861.6	745.5
Totaal		893.1	927.1	1351.8	1853.2	1369.9

Tabel 6.6 Aantal passerende schepen per week in 2010 met een hoge economische groei, zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	46.1	57.6	59.3	59.9	29.4
	Overig	546.8	433.6	495.7	500.3	280.3
	Container	138.1	159.8	162.1	162.1	159.5
	Gas	43.3	73.9	82.6	84.6	51.8
	Tanker	72.5	144.1	157.9	161.3	102.7
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.2	861.4	745.2
Totaal		886.8	908.1	1328.7	1829.6	1369.0

Tabel 6.7 Aantal passerende schepen per week in 2015 met een hoge economische groei, zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	43.0	53.1	54.6	55.2	28.3
	Overig	470.7	346.1	398.1	402.2	247.9
	Container	154.3	182.8	191.0	191.1	184.9
	Gas	45.9	78.0	87.1	89.3	56.0
	Tanker	65.5	130.0	142.4	145.3	87.6
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.1	861.0	744.9
Totaal		819.4	829.2	1244.3	1744.1	1349.7

Tabel 6.8 Aantal passerende schepen per week in 2030 met een hoge economische groei, zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	43.2	54.0	55.6	56.2	26.2
	Overig	505.6	403.9	462.6	466.5	247.8
	Container	115.7	132.8	134.5	134.6	132.5
	Gas	42.2	72.5	81.0	83.0	49.5
	Tanker	65.8	129.3	141.6	144.6	92.8
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.2	861.6	745.5
Totaal		812.6	831.8	1246.5	1746.5	1294.2

Tabel 6.9 Aantal passerende schepen per week in 2010 met een lage economische groei, zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	42.3	52.9	54.4	55.0	24.4
	Overig	472.7	364.5	417.0	420.7	232.8
	Container	123.6	145.7	147.8	147.8	145.4
	Gas	43.5	74.7	83.5	85.5	51.8
	Tanker	57.6	112.6	123.3	125.7	76.4
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.2	861.4	745.2
Totaal		779.6	789.7	1197.2	1696.1	1276.1

Tabel 6.10 Aantal passerende schepen per week in 2015 met een lage economische groei, zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	37.2	46.1	47.4	47.9	21.6
	Overig	355.0	262.2	302.5	305.8	190.1
	Container	127.7	160.4	166.8	166.9	162.0
	Gas	46.2	79.2	88.6	90.8	56.1
	Tanker	44.5	85.2	93.2	94.8	54.0
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.1	861.0	744.9
Totaal		650.5	672.3	1069.6	1567.1	1228.7

Tabel 6.11 Aantal passerende schepen per week in 2030 met een lage economische groei, zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	46.5	58.2	59.8	60.5	29.9
	Overig	555.6	455.7	521.8	526.4	281.7
	Container	174.2	201.8	204.4	204.5	201.8
	Gas	41.9	71.7	80.1	82.1	49.5
	Tanker	76.2	151.1	165.7	169.3	112.4
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.2	861.6	745.5
Totaal		934.3	977.7	1403.0	1904.4	1420.7

Tabel 6.12 Aantal passerende schepen per week in 2010 met een hoge economische groei, met verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	46.1	57.6	59.3	59.9	29.4
	Overig	546.8	433.6	495.7	500.3	280.3
	Container	189.8	221.3	224.4	224.4	221.2
	Gas	43.3	73.9	82.6	84.6	51.8
	Tanker	72.5	144.1	157.9	161.3	102.7
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.2	861.4	745.2
Totaal		938.5	969.7	1391.0	1891.9	1430.7

Tabel 6.13 Aantal passerende schepen per week in 2015 met een hoge economische groei, met verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	43.0	53.1	54.6	55.2	28.3
	Overig	470.7	346.1	398.1	402.2	247.9
	Container	188.4	222.2	230.3	230.4	222.9
	Gas	45.9	78.0	87.1	89.3	56.0
	Tanker	65.5	130.0	142.4	145.3	87.6
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.1	861.0	744.9
Totaal		853.5	868.5	1283.6	1783.4	1387.6

Tabel 6.14 Aantal passerende schepen per week in 2030 met een hoge economische groei, met verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	43.2	54.0	55.6	56.2	26.2
	Overig	505.6	403.9	462.6	466.5	247.8
	Container	110.0	127.6	129.4	129.4	126.8
	Gas	42.2	72.5	81.0	83.0	49.5
	Tanker	65.8	129.3	141.6	144.6	92.8
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.2	861.6	745.5
Totaal		806.9	826.5	1241.4	1741.3	1288.5

Tabel 6.15 Aantal passerende schepen per week in 2010 met een lage economische groei, met verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	42.3	52.9	54.4	55.0	24.4
	Overig	472.7	364.5	417.0	420.7	232.8
	Container	118.4	140.0	142.1	142.1	139.0
	Gas	43.5	74.7	83.5	85.5	51.8
	Tanker	57.6	112.6	123.3	125.7	76.4
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.2	861.4	745.2
	Totaal	774.5	784.0	1191.5	1690.4	1269.7

Tabel 6.16 Aantal passerende schepen per week in 2015 met een lage economische groei, met verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	37.2	46.1	47.4	47.9	21.6
	Overig	355.0	262.2	302.5	305.8	190.1
	Container	121.6	152.5	158.4	158.4	151.9
	Gas	46.2	79.2	88.6	90.8	56.1
	Tanker	44.5	85.2	93.2	94.8	54.0
	Binnenvaart	40.0	39.2	371.1	861.0	744.9
	Totaal	644.4	664.5	1061.2	1558.6	1218.6

Tabel 6.17 Aantal passerende schepen per week in 2030 met een lage economische groei, met verdieping en zonder WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	43.0	53.1	54.6	55.2	28.3
	Overig	470.7	346.1	398.1	402.2	247.9
	Container	151.7	177.6	184.8	184.9	178.7
	Gas	45.9	78.0	87.1	89.3	56.0
	Tanker	65.5	130.0	142.4	145.3	87.6
	Binnenvaart	40.0	39.2	476.8	966.7	850.6
	Totaal	816.9	824.0	1343.8	1843.6	1449.2

Tabel 6.18 Aantal passerende schepen per week in 2030 met een hoge economische groei, zondervedieping en met WCT

		deelgebied				
		1	2	3	4	5
Scheepscategorie	Bulk	43.0	53.1	54.6	55.2	28.3
	Overig	470.7	346.1	398.1	402.2	247.9
	Container	188.4	222.2	230.3	230.4	222.9
	Gas	45.9	78.0	87.1	89.3	56.0
	Tanker	65.5	130.0	142.4	145.3	87.6
	Binnenvaart	40.0	39.2	476.8	966.7	850.6
Totaal		853.5	868.5	1389.3	1889.1	1493.3

Tabel 6.19 Aantal passerende schepen per week in 2030 met een hoge economische groei, met verdieping en met WCT

Condities

De onderstaande matrix geeft het overzicht van de gesimuleerde condities.

Condities	Economisch scenario	Jaar	Verdieping	WCT
1		2005	geen	geen
2	Hoog	2010	geen	geen
3		2015	geen	geen
4		2030	geen	geen
5	Laag	2010	geen	geen
6		2015	geen	geen
7		2030	geen	geen
8	Hoog	2010	wel	geen
9		2015	wel	geen
10		2030	wel	geen
11	Laag	2010	wel	geen
12		2015	wel	geen
13		2030	wel	geen
14	Hoog	2030	geen	wel
15	Hoog	2030	wel	wel

Tabel 6.20 Overzicht van gesimuleerde condities

6.3 Resultaten

6.3.1 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).

6.3.2 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 gesimuleerde 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 tegenstelling tot het eerdere onderzoek, [1] komt het in geen van de condities voor dat schepen blijven liggen en in meer dan één getijde op moeten varen.

Afvarende tijgebonden schepen varen altijd in één getij naar zee. Dit geeft aan dat de keus voor de voorrangsregeling (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:

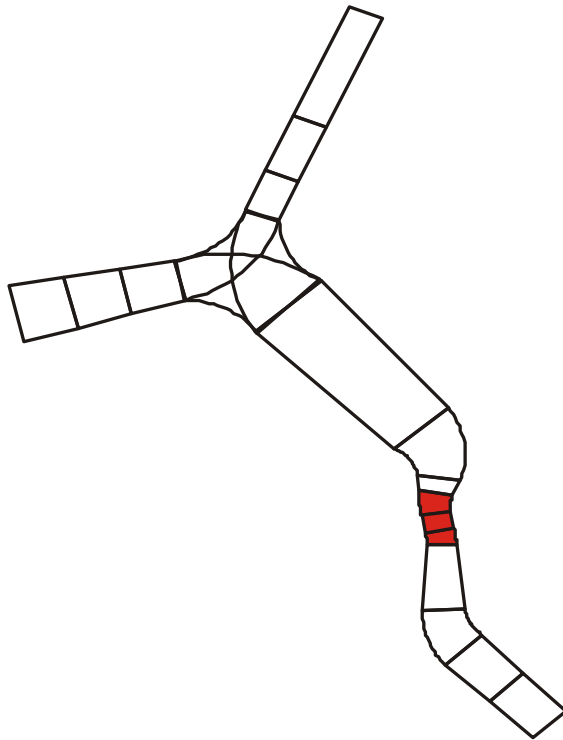
- de Pas van Borssele;
- de vaarweg voor Terneuzen;
- de vaarweg bovenstroms van de Zandvlietsluis;
- het vaarweggedeelte van de bocht bij Walsoorden tot en met de bocht van Bath.

De eerste drie vaarweggedeelten zijn in de onderstaande figuren (Figuur 6.11 tot en met Figuur 6.13) rood gemarkeerd. De lengte van het gedeelte bij Terneuzen is zo kort dat het geen meetbare invloed heeft op de verkeersafwikkeling. Het gedeelte bovenstroms 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.

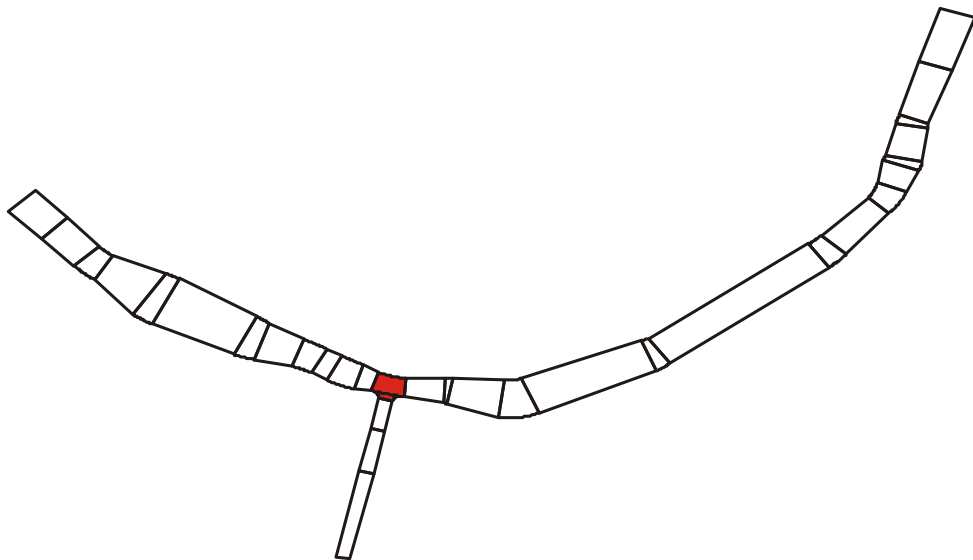
Voor het vaarweggedeelte van de bocht bij Walsoorden tot en met de bocht van Bath (Figuur 6.13) geldt alleen in de bochten (rood gemarkeerd) en gedeeltelijk de aanloop naar de bochten (rose gemarkeerd) dat alle ontmoetingen met de maatgevende schepen niet mogelijk zijn. Op het tussenliggende gedeelte 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 vaarwegdelen zijn alle ontmoetingen mogelijk. Omdat de vaarwegdelen 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.

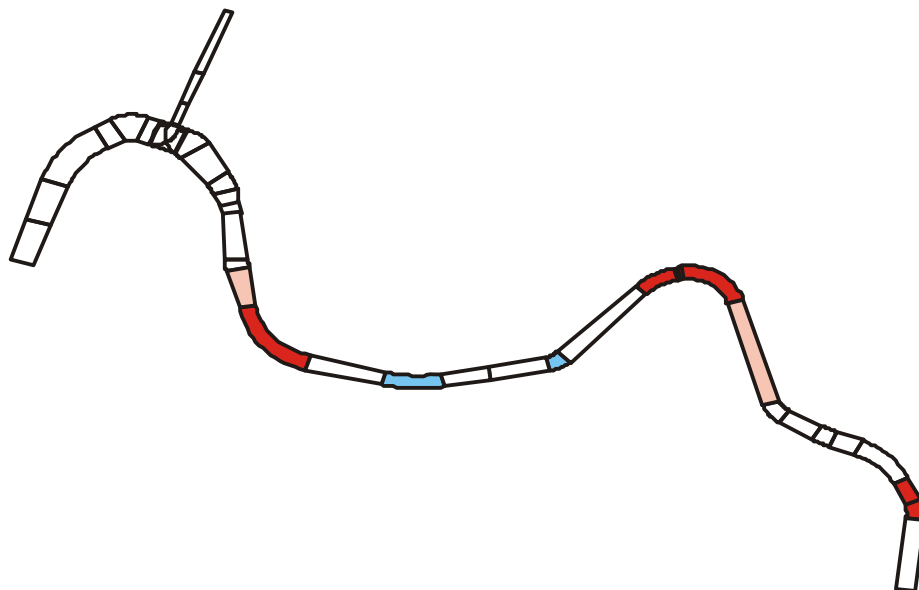
Het geringe verschil tussen de condities wordt vooral verklaard door het relatief kleine verschil in aanbod. De basissituatie 2005 en de scenario's met de hoge economische groei, zowel zonder als met verdieping en zowel met als zonder WCT zijn zondermeer vergelijkbaar. In de andere scenario's met de lage economische groei loopt het verkeersaanbod met de jaren zelfs sterk terug (zie ook Tabel 4.4 en Tabel 4.11). De schaalvergroting heeft in dit geval ook maar een beperkt effect.



Figuur 6.11 Potentiële knelpunten (deelgebied 3)



Figuur 6.12 Potentiële knelpunten (deelgebied 4)



Figuur 6.13 Potentiële knelpunt (deelgebied 5)

- *aantal gesimuleerde schepen*

Het aantal gesimuleerde schepen is in alle analysegebieden gelijk aan het aantal dat aan de randen gegenereerd wordt (tot en met

Tabel 6.19). 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 2005 wordt op het vaarweggedeelte tussen Vlissingen en Antwerpen gemiddeld 6% van de vaartijd de snelheid aangepast om te reageren op andere verkeersdeelnemers. Op het gedeelte van Vlissingen naar zee is dit slechts 0.6%. In het hoge economische scenario neemt dit voor het traject Vlissingen - Antwerpen over de jaren heen licht toe tot 0.9% (onafhankelijk van wel of geen verdieping) in 2015 en neemt het daarna weer iets af tot 0.8%.

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 6.21 tot en met

Tabel 6.35 geeft een overzicht van het totale reistijdverlies in minuten over 168 uur simulatie (een week), uitgesplitst naar deelgebied en scheepscategorie. Tabel 6.36 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	0.9	5.6	8.9	6.4	0.4	22.2
	Overig	35.0	16.0	41.5	38.1	45.2	175.9
	Container	21.4	2.3	10.1	34.4	19.3	87.6
	Gas	5.6	0.6	1.4	18.6	11.9	38.2
	Tanker	0.6	0.8	20.3	39.1	5.0	65.9
	Binnenvaart	2.3	0.0	51.9	77.4	41.4	172.9
	Tijgebonden 1	0.4	0.4	5.3	0.0	0.0	6.1
	Tijgebonden 2	20.9	0.0	0.0	1.7	0.4	23.0
Totaal		65.7	25.4	134.2	214.0	123.3	562.5

Tabel 6.21 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2005

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	3.1	2.2	12.7	10.6	0.1	28.7
	Overig	45.0	15.5	37.2	68.5	35.8	202.0
	Container	12.2	2.5	10.8	28.8	29.4	83.6
	Gas	3.6	3.1	6.8	10.7	1.1	25.3
	Tanker	1.4	5.7	11.9	14.3	5.4	38.8
	Binnenvaart	1.4	0.0	29.3	72.7	71.5	174.8
	Tijgebonden 1	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1.3
	Tijgebonden 2	1.7	0.0	0.0	1.4	3.0	6.0
Totaal		66.7	29.0	108.7	205.7	143.2	553.2

Tabel 6.22 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2010 bij een hoog economisch scenario zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	14.6	3.2	15.2	2.0	3.2	38.2
	Overig	37.3	17.1	44.4	58.9	40.1	197.9
	Container	12.8	8.1	15.4	17.5	30.0	83.7
	Gas	0.4	8.7	10.6	5.9	9.5	35.1
	Tanker	1.8	3.8	4.5	15.2	10.0	35.4
	Binnenvaart	4.9	0.0	45.0	73.9	58.5	182.4
	Tijgebonden 1	9.0	0.0	9.3	0.0	0.0	18.3
	Tijgebonden 2	7.1	0.8	0.0	0.4	3.5	11.8
Totaal		71.8	40.9	135.1	173.4	151.4	572.6

Tabel 6.23 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2015 bij een hoog economisch scenario zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.5	4.3	9.4	6.6	13.9	34.7
	Overig	38.6	16.4	39.8	32.8	24.7	152.3
	Container	46.2	26.4	19.2	41.5	27.9	161.0
	Gas	2.0	0.2	7.2	21.5	15.4	46.3
	Tanker	2.0	7.6	9.9	27.2	25.2	71.8
	Binnenvaart	0.5	0.0	44.5	89.4	44.1	178.6
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Tijgebonden 2	37.3	0.0	0.8	2.6	3.8	44.6
Totaal		89.8	54.9	129.9	219.0	151.2	644.7

Tabel 6.24 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2030 bij een hoog economisch scenario zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	2.1	2.5	10.6	5.9	4.3	25.4
	Overig	31.8	15.6	36.4	37.8	33.6	155.2
	Container	6.8	13.2	12.3	28.9	20.6	81.8
	Gas	0.6	0.3	8.3	13.4	12.2	34.9
	Tanker	3.4	2.5	6.1	18.7	9.7	40.4
	Binnenvaart	0.2	0.0	29.4	58.6	47.9	136.2
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Tijgebonden 2	5.3	0.0	3.1	0.0	0.8	9.2
Totaal		45.0	34.0	103.1	163.4	128.3	473.8

Tabel 6.25 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2010 bij een laag economisch scenario zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	13.2	0.4	9.7	11.3	2.1	36.7
	Overig	28.5	14.0	33.4	39.8	43.8	159.4
	Container	21.5	8.0	18.0	35.9	19.5	103.0
	Gas	0.6	2.7	9.8	10.7	6.5	30.3
	Tanker	1.5	1.5	6.7	7.6	5.8	23.0
	Binnenvaart	0.3	0.0	29.0	84.0	65.3	178.6
	Tijgebonden 1	8.5	0.0	4.1	0.0	0.0	12.6
	Tijgebonden 2	10.3	0.0	8.9	1.2	2.2	22.6
Totaal		65.5	26.5	106.6	189.3	143.1	531.0

Tabel 6.26 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2015 bij een laag economisch scenario zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.1	0.4	2.8	4.8	2.2	10.3
	Overig	38.3	2.7	26.4	33.5	18.4	119.3
	Container	2.5	6.2	18.5	30.2	25.3	82.7
	Gas	0.0	0.4	0.8	9.7	10.7	21.7
	Tanker	1.6	2.7	5.8	27.0	9.6	46.6
	Binnenvaart	0.0	0.0	50.0	82.3	41.9	174.2
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Tijgebonden 2	2.4	0.0	0.0	3.2	0.0	5.6
Totaal		42.5	12.5	104.3	187.5	108.1	454.9

Tabel 6.27 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2030 bij een laag economisch scenario zonder verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	2.5	2.5	12.0	2.4	0.5	19.9
	Overig	47.1	19.7	40.2	62.9	33.1	203.0
	Container	32.9	4.7	7.7	39.8	39.3	124.4
	Gas	0.5	4.7	6.9	8.6	2.2	22.9
	Tanker	0.3	4.1	11.0	11.3	2.5	29.2
	Binnenvaart	1.7	0.0	37.0	79.4	59.4	177.6
	Tijgebonden 1	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.9
	Tijgebonden 2	4.4	0.0	0.0	0.9	0.0	5.4
Totaal		84.9	35.7	114.9	204.5	137.1	577.1

Tabel 6.28 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2010 bij een hoog economisch scenario met verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	13.4	3.8	15.6	3.5	1.3	37.5
	Overig	43.9	23.0	50.1	55.6	45.7	218.3
	Container	23.2	6.2	23.6	42.3	47.4	142.7
	Gas	0.4	6.2	11.8	7.8	4.2	30.4
	Tanker	1.6	0.0	2.8	14.3	11.4	30.2
	Binnenvaart	4.9	0.0	45.1	80.9	66.8	197.7
	Tijgebonden 1	8.1	0.0	9.2	0.0	0.0	17.4
	Tijgebonden 2	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8
Totaal		87.4	39.2	149.0	204.3	176.8	656.7

Tabel 6.29 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2015 bij een hoog economisch scenario met verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	1.1	3.7	13.1	6.9	1.4	26.3
	Overig	39.8	18.4	32.6	36.8	33.3	160.7
	Container	39.7	17.2	32.4	48.5	18.8	156.6
	Gas	1.7	1.5	7.4	24.2	14.3	49.2
	Tanker	2.0	8.6	7.8	25.7	20.3	64.4
	Binnenvaart	0.3	0.0	35.5	96.4	48.1	180.3
	Tijgebonden 1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1
	Tijgebonden 2	9.7	0.3	3.8	3.1	0.0	16.8
Totaal		84.7	49.4	128.7	238.5	136.2	637.5

Tabel 6.30 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2030 bij een hoog economisch scenario met verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	1.0	0.9	11.7	6.2	4.9	24.7
	Overig	35.5	15.6	36.1	46.1	45.8	179.2
	Container	3.9	8.9	19.0	24.6	18.4	74.8
	Gas	0.3	0.0	6.1	8.5	6.4	21.4
	Tanker	3.0	2.8	9.4	15.1	10.4	40.9
	Binnenvaart	0.1	0.0	33.3	66.9	53.0	153.1
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Tijgebonden 2	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.9
Totaal		43.8	28.3	115.6	167.4	139.0	494.1

Tabel 6.31 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2010 bij een laag economisch scenario met verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	13.4	0.6	8.4	14.9	2.1	39.3
	Overig	25.1	13.6	27.4	48.4	53.7	168.2
	Container	8.8	7.8	8.2	28.5	27.2	80.5
	Gas	2.2	1.9	8.9	12.7	5.8	31.5
	Tanker	1.4	4.3	7.5	8.9	7.2	29.3
	Binnenvaart	0.0	0.0	34.1	78.9	67.9	180.9
	Tijgebonden 1	8.4	0.0	4.0	0.8	0.0	13.2
	Tijgebonden 2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Totaal		50.9	28.2	94.4	192.2	163.9	529.7

Tabel 6.32 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2015 bij een laag economisch scenario met verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.2	0.4	2.4	4.6	2.1	9.7
	Overig	38.3	2.6	26.7	36.2	28.9	132.7
	Container	8.7	7.1	9.7	21.0	27.6	74.1
	Gas	0.1	0.5	2.1	4.7	9.8	17.2
	Tanker	1.6	2.6	4.4	20.9	9.7	39.2
	Binnenvaart	0.0	0.0	50.6	80.7	43.0	174.3
	Tijgebonden 1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	Tijgebonden 2	2.6	0.0	0.0	0.0	1.2	3.8
Totaal		48.8	13.2	95.9	168.2	121.2	447.3

Tabel 6.33 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2030 bij een laag economisch scenario met verdieping en zonder WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	0.5	2.1	2.8	7.6	4.6	17.5
	Overig	47.8	13.1	55.7	60.3	42.8	219.7
	Container	28.0	25.8	20.7	23.2	23.7	121.4
	Gas	2.1	0.6	17.0	20.0	8.1	47.8
	Tanker	7.9	5.5	11.6	20.3	11.7	57.1
	Binnenvaart	2.4	0.2	90.0	118.8	74.4	285.8
	Tijgebonden 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Tijgebonden 2	24.9	0.0	4.0	14.6	0.7	44.3
Totaal		88.8	47.2	197.8	250.2	165.3	749.2

Tabel 6.34 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2030 bij een hoog economisch scenario zonder verdieping en met WCT

		deelgebied					Totaal
		1	2	3	4	5	
Scheepscategorie	Bulk	1.1	0.9	11.1	10.4	7.0	30.5
	Overig	43.2	15.5	56.8	48.7	53.2	217.4
	Container	21.8	15.6	30.3	55.4	40.0	163.2
	Gas	1.7	2.2	17.3	25.1	15.9	62.2
	Tanker	8.3	6.4	11.8	17.9	23.1	67.5
	Binnenvaart	2.4	0.2	89.8	119.7	86.9	299.0
	Tijgebonden 1	0.6	0.0	4.8	1.0	0.0	6.4
	Tijgebonden 2	9.6	0.4	6.5	0.8	1.2	18.6
Totaal		78.5	40.9	217.1	277.2	226.2	839.9

Tabel 6.35 Totaal reistijdverlies in minuten per week in 2030 bij een hoog economisch scenario met verdieping en met WCT

Conditie	Economisch scenario	Jaar	Verdieping	WCT	Reistijdverlies per week [min]				Totaal per jaar [uren]
					Zeevaart tijnafhankelijk	Zeevaart tijafhankelijk	Binnenvaart	Totaal	
1		2005	geen	geen	360.6	29.1	172.9	562.5	487.5
2	Hoog	2010	geen	geen	371.1	7.3	174.8	553.2	479.5
3		2015	geen	geen	360.1	30.1	182.4	572.6	496.2
4		2030	geen	geen	421.5	44.6	178.6	644.7	558.7
5		Laag	2010	geen	geen	328.4	9.2	136.2	473.8
6	2015		geen	geen	317.3	35.2	178.6	531.0	460.2
7	2030		geen	geen	275.0	5.7	174.2	454.9	394.2
8	Hoog	2010	wel	geen	393.3	6.2	177.6	577.1	500.1
9		2015	wel	geen	432.8	26.1	197.7	656.7	569.1
10		2030	wel	geen	439.3	17.9	180.3	637.5	552.5
11	Laag	2010	wel	geen	340.1	0.9	153.1	494.1	428.2
12		2015	wel	geen	334.6	14.2	180.9	529.7	459.0
13		2030	wel	geen	269.2	3.9	174.3	447.3	387.7
14	Hoog	2030	geen	wel	419.1	44.3	285.8	749.2	649.3
15	Hoog	2030	wel	wel	515.8	25.0	299.0	839.9	727.9

Tabel 6.36 Totaal reistijdverlies in minuten per week voor het hele gebied

Ten opzichte van de basissituatie 2005 blijft in het scenario met de hoge economische groei zonder verdieping het verkeersaanbod min of meer gelijk. De reistijdverliezen zijn dan ook vergelijkbaar. Alleen in 2030 neemt het reistijdverlies toe door de sterke groei in het aantal containerschepen. 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 tot 2015 een stijgende lijn zichtbaar. Daarna neemt het reistijdverlies weer licht af doordat het aantal containerschepen vrijwel constant blijft en bij de andere scheepstypen een lichte daling te zien is.

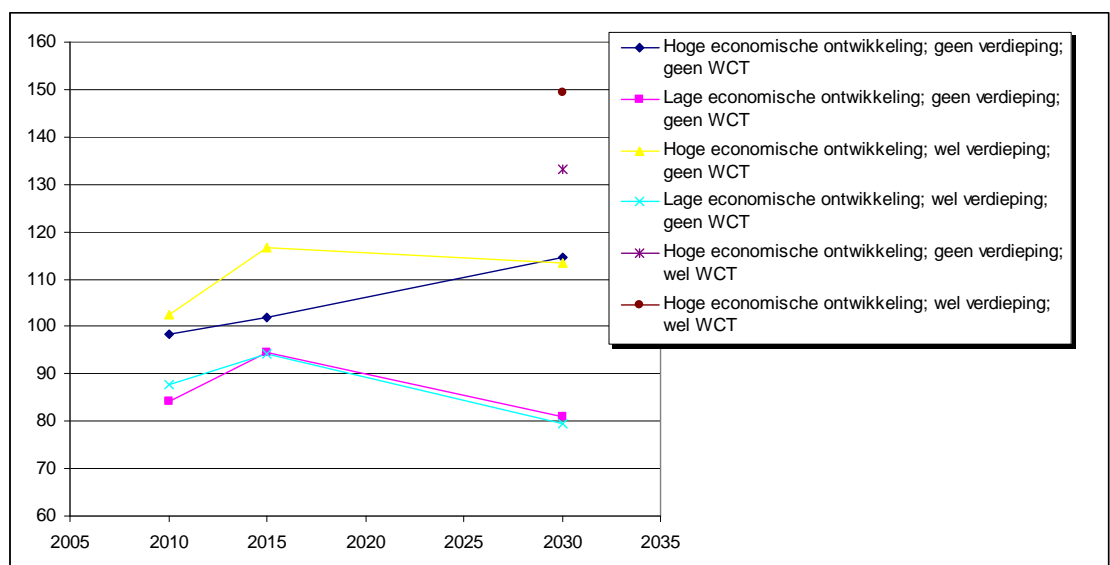
In de scenario's met de lage economische groei, daalt het totaal aantal schepen. De reistijdverliezen liggen dan ook duidelijk lager dan in 2005. In deze scenario's neemt het aantal containerschepen over de jaren toe, maar daalt met name na 2015 het aantal chemical tankers en dry cargo schepen. We zien dit terug in een sterke daling van het reistijdverlies na 2015. Wel is in alle gevallen het reistijdverlies in de variant met verdieping groter dan in de variant zonder verdieping door het grotere aanbod van met name grotere containerschepen.

De scenario's met WCT kenmerken zich door een sterke groei van het binnenvaartverkeer op de route tussen Vlissingen en Hansweert. In het simulatiemodel maakt dit extra verkeer allemaal gebruik van de hoofdvaargeul. We zien dit hier terug in een sterke groei van het reistijdverlies van de binnenvaartschepen en per saldo een sterke groei van het totale reistijdverlies.

De verschillen tussen de condities zijn relatief 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 6.37 en Figuur 6.14 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 gemiddelde reistijdverlies per schip slechts klein is (25 sec in 2005). We zien ook hier dat in de scenario's met WCT het gemiddelde reistijdverlies per schip weliswaar klein is (ca. 35 sec), maar duidelijk hoger ligt dan in de overige scenario's.

Conditie	Economisch scenario	Jaar	Verdieping	WCT	Reistijdverlies per schip [sec]	Totaal per jaar [uren]	Index t.o.v. 2005
1		2005	geen	geen	24.6	487.5	100.0
2	Hoog	2010	geen	geen	24.1	479.5	98.3
3		2015	geen	geen	26.0	496.2	101.8
4		2030	geen	geen	31.1	558.7	114.6
5		Laag	2010	geen	geen	22.3	410.7
6	2015		geen	geen	25.8	460.2	94.4
7	2030		geen	geen	23.3	394.2	80.9
8	Hoog	2010	wel	geen	24.8	500.1	102.6
9		2015	wel	geen	28.3	569.1	116.7
10		2030	wel	geen	29.3	552.5	113.3
11	Laag	2010	wel	geen	23.1	428.2	87.8
12		2015	wel	geen	25.4	459.0	94.2
13		2030	wel	geen	23.6	387.7	79.5
14	Hoog	2030	geen	wel	33.8	649.3	133.2
15	Hoog	2030	wel	wel	35.6	727.9	149.3

Tabel 6.37 Reistijdverlies (totaal in uren per jaar en gemiddeld in seconden per schip)



Figuur 6.14 Index voor het reistijdverlies (t.o.v. 2005)

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 drie 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.

6.4 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 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 zoveel 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. Het overgrote deel van de schepen loopt geen reistijdverlies op, waardoor het gemiddelde reistijdverlies per schip slechts klein is (25 sec. in 2005). We zien wel dat in de scenario's met WCT het gemiddelde reistijdverlies per schip weliswaar klein is (ca. 35 sec), maar duidelijk hoger ligt dan in de overige scenario's. Dit komt door de sterke groei van het binnenvaartverkeer dat in het simulatiemodel gebruik maakt van de hoofdvaargeul.

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 begrenzingsen 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.

7 CONCLUSIES

7.1 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 14 scenario's is vergeleken met het veiligheidsniveau van 2005. Over het algemeen is de verandering van de nautische veiligheid beperkt. Bij hoge economische groei ligt de verwachtingswaarde van het aantal bij aanvaringen tussen zeeschepen betrokken schepen tussen 108.0% tot 128.3% van het niveau van 2005. Bij lage economische groei ligt dit tussen 66.9% tot 85.4% van het niveau van 2005. Dus alleen voor bij hoge economische groei worden er meer aanvaringen verwacht.
5. De tendens is dat de **algemene** nautische veiligheid tot 2030 bij hoge economische groei iets afneemt en bij lage economische groei iets 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 en het gemiddelde schip groter wordt, 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.

7.2 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 zoveel 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 2005 en prognoses voor een hoog en laag economische scenario en drie steekjaren (2010, 2015 en 2030) alle met en zonder verdieping van de vaarweg. Voor het hoge economische scenario is voor 2030 ook nog de situatie met WCT beoordeeld. Verdere uitgangspunten bij de beoordeling van de capaciteit zijn:

- benodigde minimale breedtes zoals vastgelegd in het rapport van de LTV-studie [2];
- gebruik van elektronische navigatiehulpmiddelen.

Op basis van deze uitgangspunten zijn de volgende reistijdverliezen vastgesteld:

Conditie	Economisch scenario	Jaar	Verdieping	WCT	Reistijdverlies per schip [sec]	Totaal per jaar [uren]	Index t.o.v. 2005
1		2005	geen	geen	24.6	487.5	100.0
2	Hoog	2010	geen	geen	24.1	479.5	98.3
3		2015	geen	geen	26.0	496.2	101.8
4		2030	geen	geen	31.1	558.7	114.6
5	Laag	2010	geen	geen	22.3	410.7	84.2
6		2015	geen	geen	25.8	460.2	94.4
7		2030	geen	geen	23.3	394.2	80.9
8	Hoog	2010	wel	geen	24.8	500.1	102.6
9		2015	wel	geen	28.3	569.1	116.7
10		2030	wel	geen	29.3	552.5	113.3
11	Laag	2010	wel	geen	23.1	428.2	87.8
12		2015	wel	geen	25.4	459.0	94.2
13		2030	wel	geen	23.6	387.7	79.5
14	Hoog	2030	geen	wel	33.8	649.3	133.2
15	Hoog	2030	wel	wel	35.6	727.9	149.3

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. Het overgrote deel van de schepen loopt geen reistijdverlies op, waardoor het gemiddelde reistijdverlies per schip slechts klein is (25 sec in 2005). Wel is zichtbaar dat in de scenario's met WCT het gemiddelde reistijdverlies per schip weliswaar klein is (ca. 35 sec.), maar duidelijk hoger ligt dan in de overige scenario's. Dit komt door de sterke groei van het binnenvaartverkeer dat in het simulatiemodel gebruik maakt van de hoofdvaargeul.

REFERENTIES

- [1] D. ten Hove, Y. Koldenhof, C van der Tak
Nautisch Onderzoek van het Schelde-estuarium.
MARIN, 18245.620/7, juli 2004.

- [2] J.T.M. van Doorn, C. van der Tak
Nautische Toegankelijkheid en Veiligheid van het Schelde-estuarium in het Kader van de Langetermijnvisie.
MARIN, 16208.600/3, oktober 2000.

- [3] S. Verheyen
Concept offerteaanvraag Onderzoek Nautische en Externe Veiligheid.
ProSes2010/M 00022580, 13 februari 2007.

- [4] MER Verruiming vaarweg Schelde
Notitie Goederenprognoses
PROSES 2010 - Versie 8, 22 november 2006.

- [5] S. Verheyen
Input onderzoek nautische en externe veiligheid
ProSes2010/IM 00023076, mei 2007.

- [6] H.G. Bos
Basic data Westerschelde 2003, AVIV, november 2003

- [7] L. Cruyplant
Vaarschema's Verdere Verruiming Westerschelde, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Maritieme Toegang, mei 2004.

- [8] J.W.P. Prins
De nautische veiligheid en vlotheid en de maritieme toegankelijkheid in het Schelde-Estuarium, Proefschrift, Universiteit Gent, 2003

**BIJLAGE A GROEICIJFERS VOOR GOEDERENSTROMEN EN
SCHEEPSTYPEN**

			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)

Econo- mische groei	Vervoer	groecijfers overslag HH-range van CPB tov basisjaar 2000				groecijfers overslag HH-range van 2002 (SRK basis)			
		Basis 2000	Basis 2010	Basis 2015	Basis 2030	2002	2010	2015	2030
Hoog	Containers	100	158	187	284	100	144.2	170.9	259.2
Hoog	IJzererts	100	98	96	89	100	98.4	96.9	89.4
Hoog	Kolen	100	122	126	107	100	117.2	121.0	102.8
Hoog	Agribulk	100	89	83	68	100	91.1	84.7	69.6
Hoog	Overig droog massagoed	100	107	114	130	100	105.6	112.3	128.3
Hoog	Ruwe olie	100	99	99	99	100	99.2	99.2	99.2
Hoog	Olieproducten	100	102	104	109	100	101.6	104.1	108.6
Hoog	Energie gassen	100	102	104	109	100	101.6	104.1	108.6
Hoog	Overig nat massagoed	100	122	142	198	100	117.2	136.3	190.3
Hoog	Roro	100	136	159	232	100	128.1	149.6	217.9
Hoog	Ov stukgoed	100	80	68	39	100	83.3	71.3	40.8
Laag	Containers	100	134	152	197	100	126.4	143.6	185.8
Laag	IJzererts	100	85	79	62	100	87.8	81.4	64.0
Laag	Kolen	100	124	142	129	100	118.8	135.8	123.6
Laag	Agribulk	100	85	77	59	100	87.8	79.7	60.9
Laag	Overig droog massagoed	100	107	112	122	100	105.6	110.4	120.4
Laag	Ruwe olie	100	103	103	106	100	102.4	102.9	105.4
Laag	Olieproducten	100	104	105	110	100	103.2	104.7	109.1
Laag	Energie gassen	100	104	105	110	100	103.2	104.7	109.1
Laag	Overig nat massagoed	100	104	109	119	100	103.2	108.5	118.1
Laag	Roro	100	123	135	163	100	117.8	129.6	156.5
Laag	ov stukgoed	100	66	53	25	100	71.6	57.7	27.4

Tabel A-2 Groecijfers t.o.v. het basisjaar 2000 en t.o.v. het basisjaar 2002, uitgangspunt voor de berekeningen voor de havens exclusief Antwerpen

Scheepstype SAMSON	Aantal records in SRK2002	Ontwikkeling van de transportvraag per scheepstype als factor op de transportvraag van 2005				
		Antwerpen	Gent	Zeebrugge	Vlissingen	Terneuzen
OBO + Bulk	209	Notitie Goederenprognoses	1.054	1.127	1.149	1.114
Chemical tankers	201		1.363	1.363	1.363	1.363
Oil tankers	2697		1.041	0.992	0.992	1.041
LNG / LPG tankers	92		1.041	0.992	0.992	1.041
Containerschepen	6648		1.709	1.709	1.709	1.709
Ro/Ro schepen	15631		1.496	1.496	1.496	1.496
Dry cargo	4140		0.713	0.713	0.713	0.713
Overige	1603		1.054	1.127	1.149	1.114

Tabel A-3 Ontwikkeling transportvraag per scheepstype voor het economische scenario met hoge groei en steekjaar 2015 samengesteld uit de groeifactoren van het CBS voor [1]