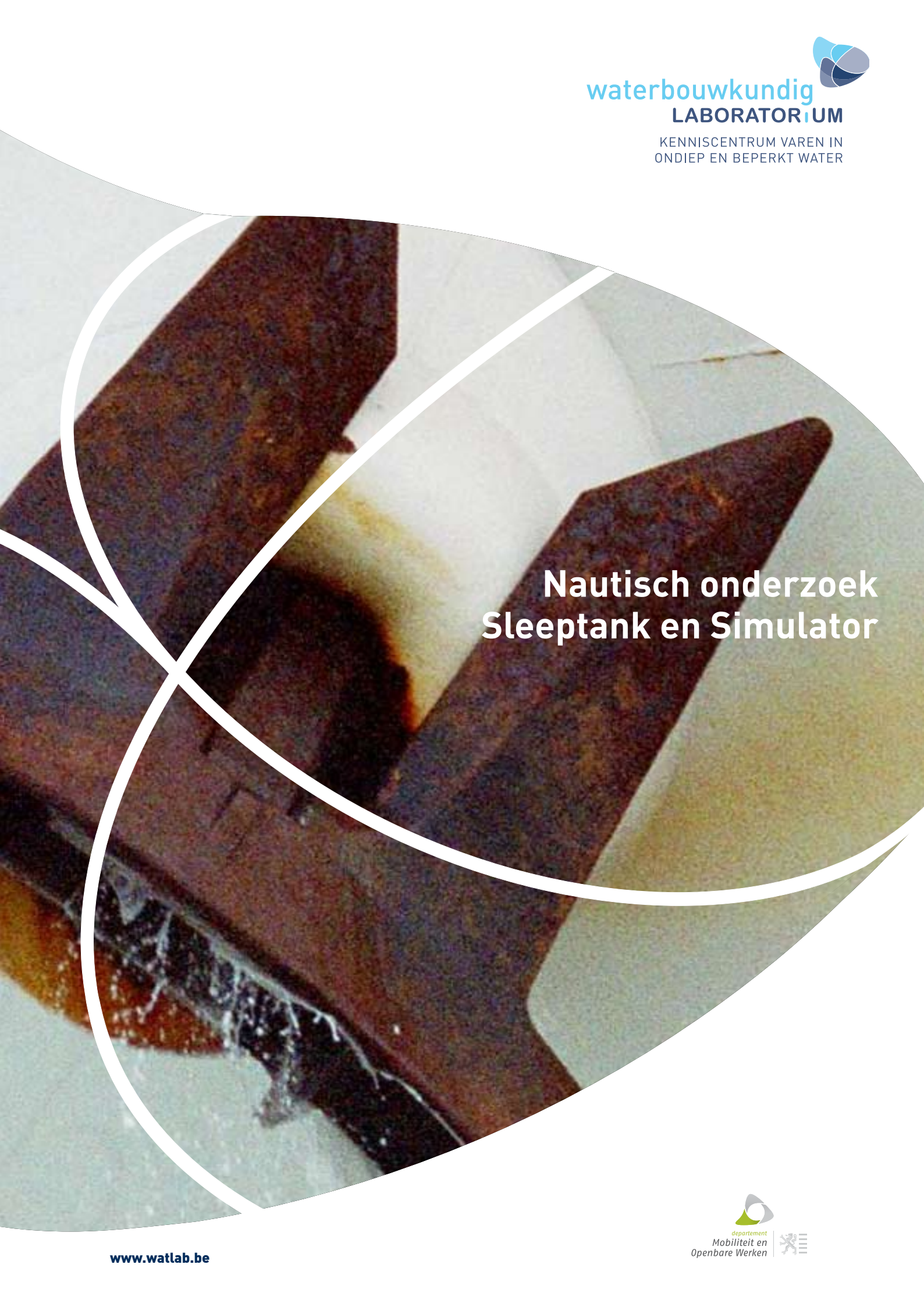




Nautisch onderzoek Sleeptank en Simulator





1. Kenniscentrum Varen in ondiep en beperkt water

Havens zijn belangrijk voor de welvaart, zeker de Vlaamse havens met hun supranationaal belang: ze verwerken een aanzienlijk deel van de Europese in- en uitvoer. Het verzekeren van hun toegankelijkheid is dus cruciaal voor het welvaartsbehoud.

Een reder wil zo goedkoop mogelijk zo veel mogelijk transporteren. Dit kan worden bereikt door schaalvergroting. Grotere schepen kunnen met een even grote bemanning en bijna gelijkblijvende vaste kosten meer vracht transporteren en zo een grotere winst genereren. Het is wel een nadeel dat de schepen groter worden zonder dat de horizontale en verticale afmetingen van de vaarweg meteen overeenkomstig toenemen. Die grotere schepen moeten de havens dus bereiken via relatief kleinere vaarwegen. Dit heeft aanzienlijke gevolgen voor hun manoeuvreerbaarheid:

- De beperkte waterdiepte wijzigt de drukverdeling rond het schip en versterkt de hydrodynamische krachten. De manoeuvreerbaarheid vermindert, wat zich o.a. vertaalt in een aanzienlijke vergroting van de draaicirkel van een schip of van de benodigde bochtstraal, bijv. op een rivier.
- De squat (een combinatie van de gemiddelde inzinking en een trimhoek van het schip) neemt toe bij een afnemende kielspeling, wat de kans op bodembraking verhoogt. Een analoge opmerking geldt voor de toegangswegen die onderhevig zijn aan golfwerking, zoals het Scheur. Door de golven zal het schip stampen, dompen en slingeren. Bij grotere schepen kan die stamp- en dompresponsie, afhankelijk van



bemoeilijkt. Als de diepgang van de schepen toeneemt, komt hun kiel met deze sliblagen in contact. Zelfs een kleine speling tussen de top van de sliblaag en de scheepskiel beïnvloedt de manoeuvreerbaarheid van het schip merkbaar.

het golfspectrum, kleiner zijn, maar verhoogt wel de kans op bodemraking wegens de kleinere kielspeling en het grotere effect van de slingerbeweging (door golven, wind en bochten) bij bredere schepen.

- Naar een drukke haven zoals die van Antwerpen is er veel scheepstrafiek. De zeeschepen kruisen elkaar en kunnen elkaar oplopen, waarbij de hydrodynamische drukvelden van beide schepen op elkaar inwerken en er krachteffecten tussen beide schepen ontstaan. Deze schip-schipinteractie kan ertoe leiden dat beide schepen naar elkaar toe bewogen worden, met calamiteiten als gevolg. De toenemende grootte van de schepen vergroot de kans op deze interactie nog.
- Er is niet alleen interactie tussen de schepen zelf, maar ook tussen schip en oever. Als het schip excentrisch ten opzichte van een oever vaart, gaat het hydrodynamisch drukveld aan bakboord en stuurboord verschillen. Zo wordt het schip aangezogen door de oever. Een kleinere kielspeling versterkt dit fenomeen nog.
- In verschillende havens over de hele wereld (o.a. Zeebrugge, in mindere mate Antwerpen) verzamelt zich slib op de bodem van de vaargeul. Dit slib moet worden weggebaggerd. De bovenste sliblaag is echter meestal sterk vloeibaar, wat baggeren

In mei 2008 werd het kenniscentrum 'Varen in ondiep en beperkt water' opgericht. Het stelt zich tot doel de wetenschappelijke en de empirische kennis over het gedrag van schepen in ondiep of beperkt water vast te leggen, uit te breiden en beschikbaar te houden ter ondersteuning van het toelatingsbeleid en de ontwikkeling van de waterwegen naar de Vlaamse havens en van de binnenvaart. De organisatie van het Kenniscentrum is een samenwerking tussen het Waterbouwkundig laboratorium en de Afdeling Maritieme Techniek van de Universiteit Gent.

2. Sleptank

Omdat het onderzoek naar het gedrag van schepen in beperkt water vaak modelproeven vereist, werd in 1992-1993 een ondiepwatersleptank gebouwd. De 'Sleptank voor Manoeuvres in Ondiep Water' (samenwerking Waterbouwkundig Laboratorium – Universiteit Gent) is lid van de ITTC (International Towing Tank Conference) sinds 1993. Ze is uitgerust met een Planar Motion Mechanism, een golfgenerator en een hulpwagen of een tweede verbindingbalk aan de sleepwagen voor scheepsinteractieproeven. De sturing maakt een onbemande werking mogelijk met continue, volledig automatische proeven, 24 uur op 24, 7 dagen op 7.

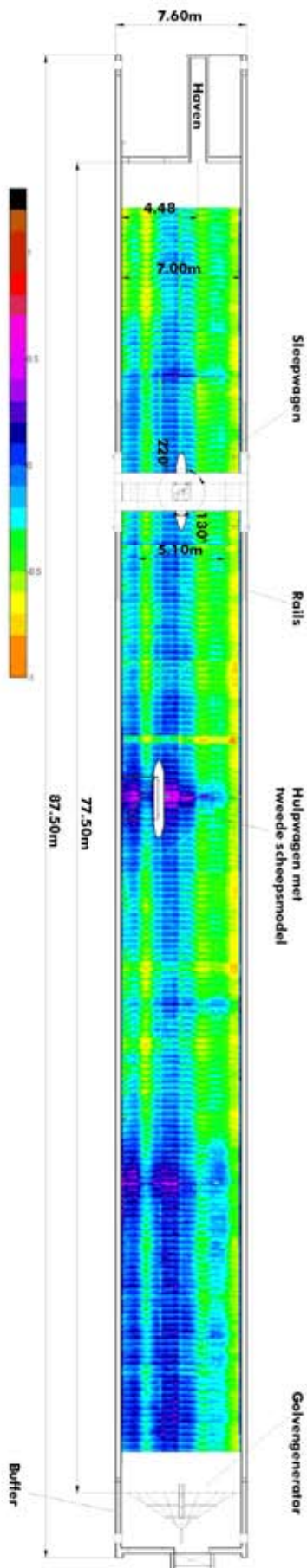
Hoofdafmetingen sleptank

Totale lengte	87.5 m
Nuttige lengte	68.0 m
Breedte	7.0 m
Maximale waterdiepte	0.5 m
Lengte scheepsmodellen	3.5 à 4.5 m

De sleptank heeft een totale lengte van 87,5 m, waarvan ca. 68 m bruikbaar is voor proeven, en een breedte van 7 m. De waterdiepte werd bewust beperkt tot 0,5 m. Dit omdat het Waterbouwkundig Laboratorium alleen maar geconfronteerd wordt met het gedrag van schepen in ondiep water zoals in havens, toegangsgeulen en kanalen.

Om de kwaliteit van de meetresultaten te verzekeren zijn de rails waarop de sleepwagen rijdt heel nauwkeurig uitgelijnd: het hoogteverschil tussen de twee rails en de dwarse afwijking van de geleidingsrail is kleiner dan 0,5 mm. Over de volledige lengte van de rails is het hoogteverschil kleiner dan 1mm.

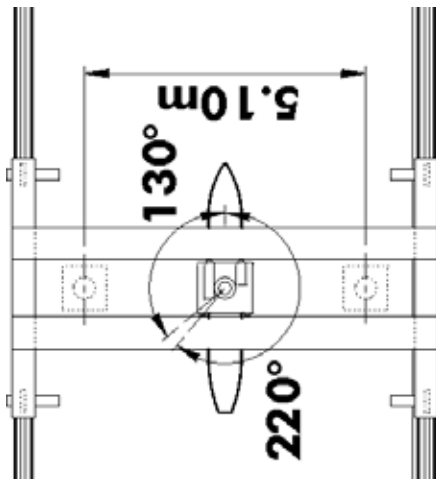




Om de kwaliteit van de meetresultaten bij proeven met 10% kielspeling te verbeteren werd in 2008 een groot onderhoud van de sleeptankbodem uitgevoerd. Daarvoor werd die bodem volledig afgefreest zodat het hoogteverschil tussen het hoogste en het laagste punt van de bodem over de hele tanklengte ten hoogste 2 mm bedraagt.

De sleepwagen is uitgerust met een 'Planar Motion Mechanism'. Hiermee kunnen gedwongen manoeuvreerproeven worden uitgevoerd. Dat gebeurt door een scheepsmodel, voorzien van roer/roeren en schroef/schroeven, een voorgeschreven traject te doen volgen, dat wordt opgelegd door de sleepwagen. Tijdens dit traject worden de krachten gemeten die op het schip (romp, roer/roeren en schroef/schroeven) inwerken. Aan het scheepsmodel kan zo een traject in het horizontale vlak worden opgelegd. Verticaal kan het model vrij bewegen. De meetresultaten worden gebruikt bij het opstellen van wiskundige formules, die de krachten op het schip uitdrukken. Die reeks formules wordt gebruikt om het manoeuvreergedrag van een schip te voorspellen tijdens experimenten op de manoeuvreersimulator.





		Hoofdwagen	Dwarswagen	Draaitafel
Positie	Min	0.00 m	-2.55 m	-130.0 °
	Max	68.0 m	+2.55 m	+220.0 °
Snelheid	Min	0.05 m/s	0.00 m/s	0.00 °/s
	Max	2.00 m/s	1.30 m/s	16.0 °/s
Versnelling	Max	0.40 m/s ²	0.70 m/s ²	8.0 °/s ²
Vermogen		4 x 7.2 kW	4.3 kW	1.0 kW

De sleeptank heeft ook een golfgenerator om verticale scheepsbewegingen onder invloed van golven te bestuderen. Een golfgenerator kan zowel regelmatige als onregelmatige golven opwekken. Deze golfgenerator maakt gedwongen zeegangproeven mogelijk, waarbij de baan van het scheepsmodel in het horizontale vlak wordt opgelegd. De verticale responsie op het opgewekte golfpatroon wordt niet belemmerd en is dus experimenteel meetbaar. De golfgenerator wordt aangedreven door een elektrohydraulische eenheid met de volgende kinematische eigenschappen: slaglengte 0,3 m, snelheid 0,6 m/s, versnelling 4,4 m/s².

De sleeptank is uitgerust met een hulpwagen voor scheepsinteractieproeven. Die hulpwagen kan een scheepsmodel volgens een rechte koers voortbewegen tegen een maximumsnelheid van 1,2m/s, zodat experimenten mogelijk zijn waarbij twee schepen elkaar inhalen (oplopen) of kruisen.



Hulpwagen voor scheepsinteractieproeven

Voor het uitvoeren van schip-schipinteractieproeven kan ook een tweede verbindingsbalk, die op een vast frame is gemonteerd, aan de wagen bevestigd worden.



Scheepsinteractieproeven: sleepboot en containerschip



Schip-schip interactieproeven: Aframax en VLCC

Tot 2009 konden in de sleeptank alleen gedwongen manoeuvreerproeven uitgevoerd worden. In het voorjaar van 2009 is de sleepwagen aangepast, wat ook volledig automatische vrijvarende proeven mogelijk maakt.

De sleeptankapplicatiesoftware omvat zowel de controle over de sturing van de drie assen, roer(en), propulsie en andere hulpapparatuur, als de communicatie tussen de pc en de DIOC's (Direct Input Output Control). De communicatie tussen de DIOC's en de pc verloopt via een seriële poort of via een ethernetverbinding.

De DIOC's staan in voor:

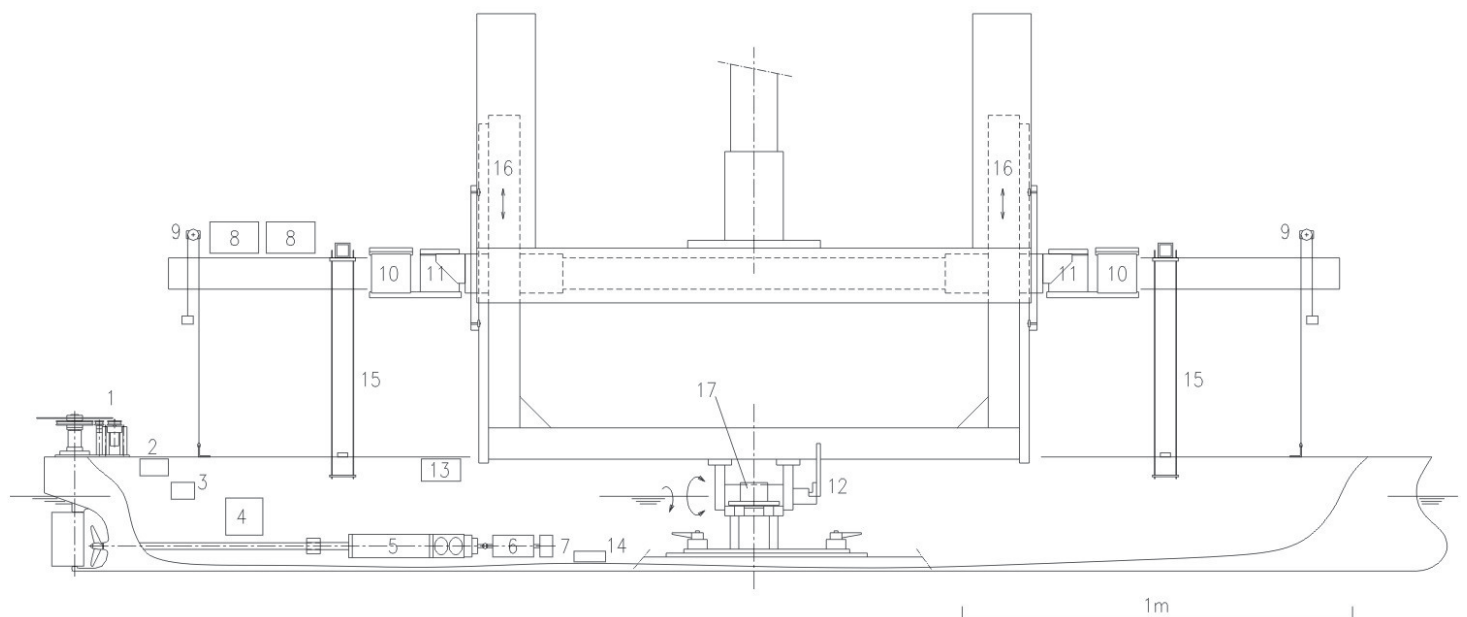
- de controle van de inkomende meetsignalen;
- het loggen van de inkomende meetsignalen;
- het sturen van de uitgaande meetsignalen;
- het in- en uitschakelen van de logging volgens een vooraf bepaald traject.



DIOC's voor communicatie met de computer

Sturing en meting zijn volledig geïntegreerd. Om te voorkomen dat het scheepsmodel de bodem zou raken, wat schade aan romp, roer, schroef en sensoren zou kunnen veroorzaken, werd een mechanische beveiliging aangebracht.

1. roermechanisme	7. meting toerental schroef	13. schroefsturing
2. elektronische roersturing	8. meetversterker	14. veiligheid lekwater
3. bilgepomp (pomp lekwater)	9. meting inzinking (4x)	15. begrenzing verticale beweging (4x)
4. accu	10. langskrachtenmeter (2x)	16. verticale geleiders
5. stuwkracht- en askoppelmeter	11. dwarskrachtenmeter (2x)	17. cardankoppeling (stamp- en slingerbeweging)
6. aandrijfmotor schroef	12. dwarskoppelmeter	



ENKELE RECENTE PROJECTEN

Nautische bodem

PIANC (International Navigation Association) definieert de nautische bodem als het niveau waar de bodemkarakteristieken een kritische limiet bereiken. Overschrijding van die limiet leidt tot schade of tot onaanvaardbare effecten op de manoeuvreerbaarheid van een schip.

Het concept nautische bodem wordt vaak toegepast bij aanwezigheid van een sliblaag. Om meettechnische redenen wordt de slibdensiteit gebruikt om de kritische limiet te definiëren. Voor de haven van Zeebrugge ligt de nautische bodem bijvoorbeeld op een densiteitsniveau van 1200 kg/m³. Dit niveau is gebaseerd op experimenteel onderzoek sinds 2001 in het Waterbouwkundig Laboratorium.

De resultaten van simulatoronderzoek moeten wel aan de werkelijkheid worden getoetst. Dit vereist o.m. het uitvoeren van meetvaarten en het opvolgen van de evolutie van de sliblaagkarakteristieken.

Loodsen moeten adequaat worden opgeleid om sliblagen te doorvaren met diepliggende schepen. Dat geldt ook voor grotere containerschepen met een capaciteit tot 14000 TEU. Hiervoor bleek verder onderzoek nodig.

In 2008 werd een nieuw geconsolideerd wiskundig model in de simulatoren geïmplementeerd. Dit maakt het mogelijk om het scheepsgedrag boven en in contact met eender welke realistische sliblaag te simuleren. Het jaar werd afgerond met experimenteel onderzoek naar het gedrag van boegschroeven in slibrijk vaarwater.

Oevereffecten

De asymmetrische stroming rond een schip in de nabijheid van oevers leidt tot drukverschillen tussen stuur- en bakboord. Daardoor wordt het schip naar de oever aangetrokken, waarbij de boeg van de oever weggeduwd wordt. Het effect hangt natuurlijk sterk af van de afstand tussen schip en oever, maar ook van de vaarsnelheid en de kielspeling. Bij te sterke oevereffecten wordt het schip onbestuurbaar. Een betrouwbare schatting van deze oevereffecten is van belang om de limietvoorwaarden voor een veilige vaart te kennen.

Voor dit specifiek onderzoek is een website aangemaakt: <http://www.bankeffects.ugent.be>

Het onderzoek draagt bij tot het bepalen van de grenzen voor een veilig vaarverkeer naar de Vlaamse havens.

Het schip nadert dicht tot de speciaal ingebouwde oever. Zo kunnen de krachten die op het schip inwerken gemeten worden.



Het schip nadert dicht bij de speciaal ingebouwde oever. Zo kan men de krachten meten die inwerken op het schip.



Schip-schip interactie

Het belang van toepassingen voor schip-schipinteractie bij het overpompen van vloeibare ladingen zoals olie en LNG* zal in de toekomst sterk toenemen. Daarnaast wordt verwacht dat deze complexe operaties steeds vaker in moeilijkere weercondities zullen gebeuren. Om de hydrodynamische effecten, die voor dergelijke manoeuvres heel belangrijk zijn, beter te begrijpen werd een onderzoeksproject gestart in samenwerking met MARINTEK (Trondheim, Noorwegen) en met de financiële steun van Research Council of Norway. Het kreeg de titel 'Investigating hydrodynamic aspects and control strategies for ship-to-ship operations'.

Het belangrijkste onderzoeksdoel is hier de verbetering van de huidige trainingen op manoeuvreersimulatoren voor schip-schipinteractie. Die moet bereikt worden door een betere kennis van de complexe stroming tussen schepen die heel dicht in elkaars buurt varen. Het project omvat 4 deelprojecten: 1 CFD-berekeningen, 2 PIV-metingen, 3 wiskundige modellen voor scheepssimulatoren, 4 nautische veiligheids- en controleaspecten.

Voor het derde deelproject werden modelproeven uitgevoerd in de Sleptank voor Manoeuvres in Ondiep Water (samenwerking Waterbouwkundig Laboratorium en Universiteit Gent). Een model van een Aframax-tanker was aan de PMC* van de sleptank bevestigd, terwijl een VLCC*-model rechtstreeks met de sleepwagen verbonden was. Krachten, momenten en verplaatsingen werden op beide scheepsmodellen nauwkeurig gemeten. Ook het wateroppervlak werd door 3 golvenmeters gemeten.

Website:

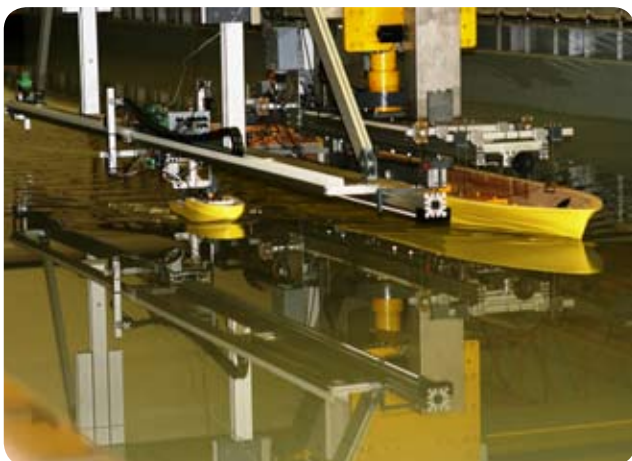
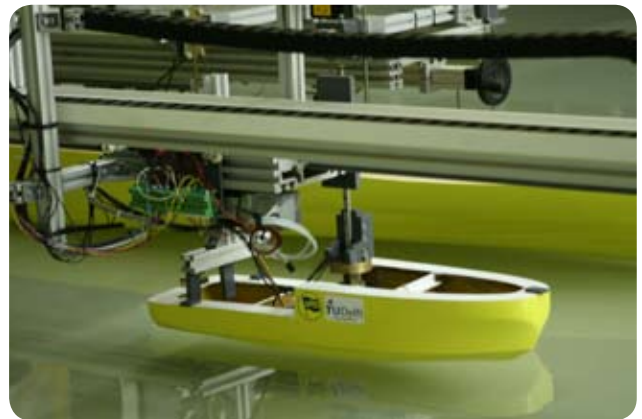
<http://www.sintef.no/Projectweb/STSOps/>

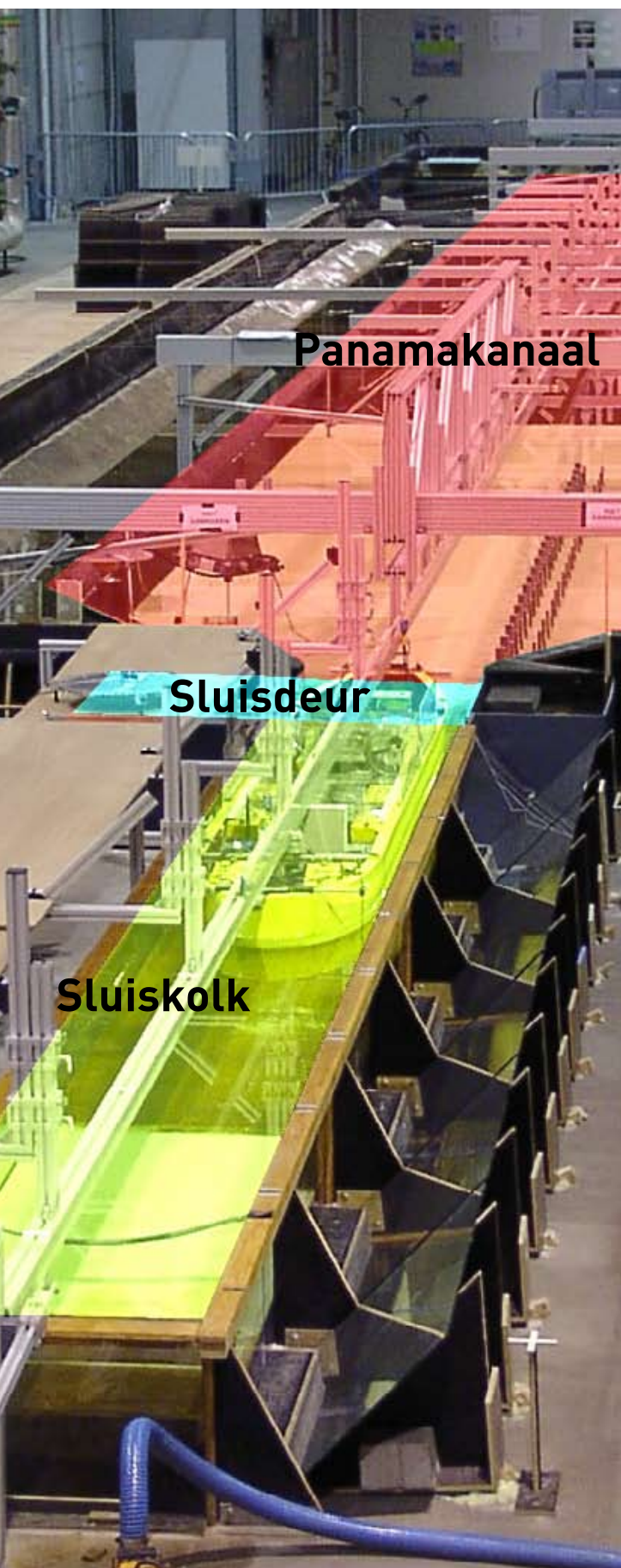
*LNG: liquified natural gas, CFD: computational fluid dynamics, PIV: particle image velocimetry, PMC: planar motion carriage, VLCC: very large crude oil carrier

Sleepboot boeggolf interactie

Als een sleepboot zich bij de boeg van een containerschip bevindt, zal dit het bewegingsgedrag en de bestuurbaarheid van de sleepboot beïnvloeden. Er werden modelproeven uitgevoerd in de Sleeptank voor Manoeuvres in Ondiep Water om die invloeden en hun interactie te beoordelen. Daarvoor werd bij de proeven dwarskracht, langskracht en giermoment opgemeten. Voor een goed begrip van de fysische verschijnselen in de buurt van een containerschip en een sleepboot werd ook geprobeerd een beeld te krijgen van de stroming rond containerschip en sleepboot. Op basis van de meetresultaten uit de sleeptank wordt een numeriek model gevalideerd dat de voorspelling

van het bewegingsgedrag moet verbeteren. Een student van de TU Delft voert dit onderzoek uit in opdracht van de Unie van Reddings- en Sleepdiensten (URS) als eindverhandeling voor zijn Master of Science diploma.





Panama

In opdracht van het Consorcio Post Panama voerde het Waterbouwkundig Laboratorium een schaalmodelstudie naar het invaren van de nieuw ontworpen sluizen (Third Lane) voor het Panamakanaal uit. Het ontwerpschip is een 12000 TEU containerschip. De lay-out omvat een sluis zonder steunmuur, met een open steunmuur of met een gesloten steunmuur waartegen een schip kan aanleunen voor het de sluis invaart, zoals bij de huidige Panamasluizen. Er moesten verschillende situaties voor deze drietrapsluis bekeken worden, zowel bij het in- en uitvaren aan de oceaanzijde, als aan de kanaalzijde en bij het varen van kolk naar kolk.

De proeven hielden rekening met de dichtheitsverschillen tussen oceaan en sluis. Uit de metingen werden de vereiste sleepbootassistentie, invaarmethode en keuze van de steunmuur bepaald.

Deze proeven werden niet uitgevoerd in de gewone sleeptank, maar in een speciaal daartoe ontwikkelde nieuwe tank.

Ondersteuning van het probabilistisch toelatingsbeleid voor de Vlaamse havens: ingebruikneming van het programma Pro Toel voor de Haven van Zeebrugge

Voor de toegang tot de Haven van Zeebrugge bestaat een deterministisch toelatingsbeleid dat een minimale verhouding tussen diepgang en waterdiepte over het hele traject vereist. Ook mag de dwarse stroomsnelheid aan de havenkoppelen een maximale waarde niet overschrijden.

Voor een betere planning kan, op basis van stromings- en getijvoorspellingen, het venster berekend worden waarin een bepaald schip het volledige traject (bijvoorbeeld van de Kwintebank tot het Albert II-dok) zonder problemen kan afleggen. Dit venster wordt tijvenster genoemd. Voor een betere bepaling van tijvensters kan op korte termijn, naast een deterministische ook een probabilistische analyse worden gemaakt. Die houdt rekening met de golven, de daaruit volgende scheepsbeweging en de resulterende kans op bodemraking.

Voor dit project werd een programma voor de bepaling van een probabilistisch tijvenster geïmplementeerd. De databank met scheepsbewegingskarakteristieken werd uitgebreid met de gegevens voor schepen tot 400 m (type Emma Mærsk). Dat gebeurde op basis van numerieke betekeningen met Seaway en Aqua+. Er is lokale informatie beschikbaar voor stromingen, het astronomische getij en standaardgolfspectra voor de jaren 2000 en 2009. Via de HYDRA-server kunnen ook up-to-date voorspellingen voor stroming, getij en golfspectra worden opgevraagd en gebruikt in kortetermijnberekeningen.

De gebruiker kan een schip kiezen en daarbij diepgang, traject en reisdatum en -tijd aangeven. Ook kan bij het bepalen van het tijvenster het aantal vereiste berekeningen worden opgegeven. De resultaten worden dan automatisch als xml-bestand opgeslagen en kunnen direct in een Pro Toeltabel bekeken worden. Die is exporteerbaar naar het pdf-formaat.



ProTool Results																				
Scheepsramp		W100	Traject	KWB_-_Z-Air_K120_(S1)																
Maximum Diepgang [m]		15.5	Datum van reis		01/08/2008 CET															
GM [m]		0.0	Golf	true																
Ligging				Grenswaarde																
Kwintebank	Tijdstip [CET]			13:54	14:09	14:24	14:39	14:54	15:09	15:24	15:39	15:54	16:09	16:24	16:39	16:54	17:09			
	Getij Zeebrugge [m LAT]			4.63	4.69	4.71	4.67	4.58	4.52	4.36	4.26	4.04	3.92	3.68	3.55	3.30	3.16			
PyhZ-SZ	Tijdstip [CET]			15:10	15:25	15:40	15:55	16:10	16:25	16:40	16:55	17:10	17:25	17:40	17:55	18:10	18:25			
	Getij Bol van Heist [m LAT]			4.51	4.39	4.24	4.08	3.91	3.74	3.56	3.37	3.18	2.96	2.71	2.44	2.17	1.91			
PyhZ-Strekdammen	Tijdstip [CET]			15:25	15:40	15:55	16:10	16:25	16:40	16:55	17:10	17:25	17:40	17:55	18:10	18:25	18:40			
	Getij Zeebrugge [m LAT]			4.36	4.21	4.04	3.86	3.68	3.49	3.30	3.09	2.88	2.63	2.35	2.08	1.82	1.58			
Zeebrugge A2 K120	Tijdstip [CET]			15:42	15:57	16:12	16:27	16:42	16:57	17:12	17:27	17:42	17:57	18:12	18:27	18:42	18:57			
	Getij Zeebrugge [m LAT]			4.15	4.04	3.80	3.68	3.43	3.30	3.02	2.87	2.54	2.35	1.99	1.81	1.50	1.35			
Kwintebank-Scheur	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	15.00		35.00	34.62	33.63	33.02	31.83	30.89	29.35	28.55	26.90	26.04	24.22	23.22	21.01	19.85			
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	2.32		5.42	5.37	5.21	5.12	4.90	4.79	4.55	4.42	4.17	4.04	3.75	3.60	3.26	3.08			
Scheur_West	TrajectPunt			206	205	206	204	206	205	206	204	206	204	206	204	206	204			
	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	15.00		34.62	33.63	33.02	31.83	30.89	29.35	28.55	26.90	26.04	24.22	23.22	21.01	19.85	17.63			
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	2.32		5.37	5.21	5.12	4.90	4.79	4.55	4.42	4.17	4.04	3.75	3.60	3.26	3.08	2.73			
	TrajectPunt			113	114	114	114	113	114	113	114	113	114	113	114	113	114			
Pas_van_het_Zand	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	12.50		34.12	33.40	32.04	31.28	29.74	28.94	27.26	26.40	24.55	23.51	21.19	19.90	17.71	16.67			
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	1.94		5.29	5.19	4.97	4.85	4.61	4.48	4.23	4.09	3.80	3.64	3.28	3.10	2.75	2.58			
	TrajectPunt			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
	Min BrutoUKC tov TopSlib [%]	-7.00		34.12	33.48	32.04	31.28	29.74	28.94	27.26	26.40	24.55	23.51	21.19	19.98	17.71	16.67			
	Min BrutoUKC tov TopSlib [m]	-1.08		5.29	5.19	4.97	4.85	4.61	4.48	4.23	4.09	3.80	3.64	3.28	3.10	2.75	2.58			
	TrajectPunt			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
Zeebrugge_ingang	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	12.50		34.12	33.14	32.04	30.90	29.74	28.53	27.26	25.96	24.55	22.96	21.19	19.39	17.71	16.17			
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	1.94		5.29	5.14	4.97	4.79	4.61	4.42	4.23	4.02	3.81	3.56	3.28	3.00	2.75	2.51			
	TrajectPunt			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Min BrutoUKC tov TopSlib [%]	-7.00		34.12	33.14	32.04	30.90	29.74	28.53	27.26	25.96	24.55	22.96	21.19	19.39	17.71	16.17			
	Min BrutoUKC tov TopSlib [m]	-1.08		5.29	5.14	4.97	4.79	4.61	4.42	4.23	4.02	3.81	3.56	3.28	3.00	2.75	2.51			
	TrajectPunt			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Max stroming [knts]	2.00		2.03	1.86	1.70	1.52	1.31	1.07	0.82	0.60	0.58	0.70	0.83	0.97	1.12	1.28			
	TrajectPunt			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Zeebrugge	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	10.00		28.26	27.52	26.00	25.22	23.59	22.75	20.99	20.03	17.86	16.67	14.30	13.19	11.17	10.22			
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	1.55		4.38	4.27	4.03	3.91	3.66	3.53	3.25	3.10	2.77	2.58	2.22	2.05	1.73	1.58			
	TrajectPunt			611	601	611	610	611	601	611	611	611	611	611	601	611	601			
	Min BrutoUKC tov TopSlib [%]	-7.00		10.20	9.45	7.93	7.15	5.52	4.68	2.92	1.97	-0.20	-1.39	-3.76	-4.87	-6.90	-7.85			
	Min BrutoUKC tov TopSlib [m]	-1.08		1.58	1.47	1.23	1.11	0.86	0.73	0.45	0.30	-0.03	-0.22	-0.58	-0.75	-1.07	-1.22			
	TrajectPunt			611	601	611	610	611	601	611	611	611	611	611	601	611	601			
Zeebrugge_Kaai	Min BrutoUKC tov NautBodem [%]	10.00		28.26	27.52	26.00	25.22	23.59	22.75	20.99	20.03	17.86	16.67	14.30	13.19	11.17	10.22			
	Min BrutoUKC tov NautBodem [m]	1.55		4.38	4.27	4.03	3.91	3.66	3.53	3.25	3.10	2.77	2.58	2.22	2.04	1.73	1.58			
	TrajectPunt			615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615			
	Min BrutoUKC tov TopSlib [%]	-7.00		10.20	9.45	7.93	7.15	5.53	4.68	2.92	1.97	-0.20	-1.39	-3.76	-4.87	-6.90	-7.85			
	Min BrutoUKC tov TopSlib [m]	-1.08		1.58	1.47	1.23	1.11	0.86	0.73	0.45	0.30	-0.03	-0.22	-0.58	-0.76	-1.07	-1.22			
	TrajectPunt			615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615			
Kans op bodemraking		1.00E-2		0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0	0.00E0			
																		Save		

Resultaten van berekeningen door ProTool



3. Simulator

De scheepsmanoeuvresimulator omvat verschillende onderdelen. Allereerst het mathematische model. Dit is de rekenkern achter de scheepsbewegingen. Bij het varen werken verschillende krachten op een schip in. Die worden opgewekt door de verplaatsing van het schip in het water, door wind, stroming, golven en andere varende schepen.

Het tweede element van de simulator is een scheepsbrug, waar een nauticus stuurt. De commandant of loods kan op de instrumenten, de radar en door de ramen van de brug zien hoe het vaartuig zich gedraagt. Met aangepaste commando's (roer, telegraaf, sleepboothulp) wordt het schip bestuurd. Afhankelijk van die commando's wordt de krachtwerking op het schip berekend. Daaruit worden de snelheid en de nieuwe positie van het schip afgeleid en op de instrumenten en de radar aangegeven. Op die manier wordt de vaart zo realistisch mogelijk gesimuleerd.

Mathematisch model

Het belangrijkste element van de simulator is het mathematisch model. Het beschrijft de vereiste berekening van de externe krachten op het schip enerzijds en de krachten op romp, roer/en de schroef/ven anderzijds.

De massa en alle op het schip inwerkende krachten worden vijfmaal per seconde berekend. Hieruit worden de nieuwe positie, de snelheid en de koers van het schip afgeleid. Op basis van die nieuwe positie worden alle krachten voor een volgende tijdstap opnieuw berekend. Waaruit weer de positie, de snelheid en koers kunnen worden afgeleid. Zo kan het schip zich voortbewegen tot het einde van de vaart.





Scheepsbrug

De scheepsbrug is uitgerust met instrumenten en bedieningsorganen voor het besturen van verschillende scheepstypes (bijv. containerschip, cruiseschip, sleepboot ...).

Instructeursruimte

In de instructeursruimte kiest men het schip waarmee gevaren zal worden. Men bepaalt het gebied waar de oefening plaatsvindt, met welke stroom, wind... Ook kiest men de atmosferische condities voor het buitenbeeld. Dit kan variëren van een uiterst kalme zee bij mistig weer tot ruwe stormcondities.

De instructeur bepaalt de vaart van vreemde schepen en kan daardoor de nauticus op de brug hierop laten anticiperen. Bij een vraag om sleepbootassistentie, wordt die ook door de instructeur bediend. Hij bedient ook bruggen, sluisdeuren en signalisatielichten.

Buitenbeeld

Het buitenbeeld is een decor dat de omgeving voorstelt die vanaf de scheepsbrug zichtbaar is tot op een afstand van zowat 10 kilometer aan beide zijden van de vaarweg. De aanmaaktijd voor een buitenbeeld mag geraamd worden op ca. 30 tot 40 werkdagen, maar is sterk afhankelijk van de omvang en de detaillering van de voor te stellen

omgeving.

De eerste stap voor de aanmaak van een buitenbeeld is een terreinverkenning, waarbij foto's worden gemaakt van de omgeving. Het doel daarvan wordt later duidelijk.

Na dit veldwerk volgt de ontwerpfase, die begint met de aanmaak van een draadmodel. Punten, lijnen en vlakken worden op de juiste hoogte toegevoegd om een driedimensionale weergave van de omgeving te bereiken. Dan moet dit draadmodel verder worden 'aangekleed', door de verschillende vlakken in te kleuren.

Tenslotte worden fragmenten van de terreinfoto's als een laag boven op het draadmodel gelegd. Gebouwen worden afgewerkt zoals ze er in werkelijkheid uitzien. Later worden nog vreemde



schepen ingevoegd, die het 'eigen schip' dat men bij de simulatie bestuurt zullen voorbijvaren.

Ten slotte worden ook animaties zoals rook, golvend water, weersomstandigheden, signalisatielichten, omgevingsgeluid,... aan het buitenbeeld toegevoegd.

Onderzoek

Simulatievaarten maken onderzoek mogelijk. Men krijgt de mogelijkheid om bepaalde voorstellen voor nieuwe ontwerpen van havens, toegangsgeulen e.d. eerst te laten testen door gekwalificeerde nautici, zoals bijv. loodsen. Die kunnen inschatten of een nieuw ontwerp de vaart niet hindert en zo kan men de grenzen voor veilig verkeer bepalen, bijv. de maximale afmetingen voor de schepen die een haven aandoen, de maximaal toelaatbare wind of stroming bij het binnenvaren, wat te doen bij beperkte zichtbaarheid.

Ook wordt onderzocht of gewijzigde nautische procedures en hulpmiddelen de veiligheid verhogen, bijv. gebruik van sleepboten, verplaatsen van boeien...

ENKELE RECENTE PROJECTEN

Op- en afvaartregeling voor 8000 en meer TEU containerschepen bij een maximale diepgang van 145 dm.

Situering

Sinds september 2005 wordt de op- en afvaartregeling voor containerschepen met lengtes van 340 m tot maximaal 360 m beschreven in kennisgeving 02-2005. Die bepaalt dat containerschepen met een dergelijke lengte bij op- en afvaart maximaal geladen mogen worden tot een diepgang van respectievelijk 140

dm en 130 dm. Rederijen kregen op aanvraag wel uitzonderingen toegekend, waardoor sommige grote containerschepen afvoeren bij een diepgang van 135 dm.

Om een beeld te krijgen van de invloed van de nieuwe generatie containerschepen – met lengtes boven 360 m – op het scheepvaartverkeer op de Westerschelde, vroeg de afdeling Scheepvaartbegeleiding een onderzoek te gronde. Dit moest een nieuwe op- en afvaartregeling wetenschappelijk onderbouwen.



Onderzoek

De afmetingen van de onderzochte containerschepen werden gekozen op basis van de maximale afmetingen van bestaande of geplande containerschepen. De onderstaande tabel geeft de afmetingen van deze schepen weer.

	MAERSK	CMA-CGM	MSC	MAERSK
TEU	8400	11400	13230	14000
LOA (m)	352.0	365.5	381.0	397.6
LPP (m)	331.8	349.5	362.4	376.0
B (m)	42.8	48.4	51	56.4
T1 (m)	12.2	12.8	13.1	13.1
T2 (m)	14.6	15.4	16.0	16.6

De Westerschelde is een bochtige rivier met beperkte waterdiepte en breedte. Een accurate voorspelling van het gedrag van containerschepen op de Westerschelde vereist daarom een uitgebreid mathematisch model dat rekening houdt met de volgende factoren:

- manoeuvreergedrag in open water bij een kielspeling tussen 10% en 100% van de scheepsdiepgang;
- invloed van de oevers op het manoeuvreergedrag;
- invloed op het manoeuvreergedrag van de interactie met andere scheepvaart.

Behalve de invloed van de beperkte vaaromgeving op de manoeuvreereigenschappen, speelt ook squat een belangrijke rol in de toegankelijkheid voor grote containerschepen. Squat is de inzinking en vertrimming van het schip als gevolg van de verstoring in het omringende water die het door zijn vaarsnelheid veroorzaakt. In ondiep water kan deze extra inzinking bodemraking of ernstige trillingen veroorzaken.

Studie 689_04 was een uitgebreid onderzoek naar squat. Daarbij werd de invloed van de volgende parameters in rekening gebracht:

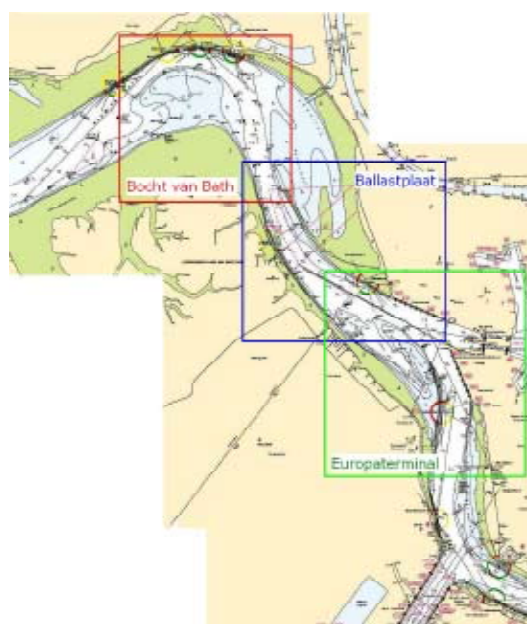
voorwaartse snelheid door het water;

- schroefwerking;
- dwarse snelheid door het water;
- giersnelheid;
- ander scheepvaartverkeer;
- oevers.

De opgestelde modellen voor squat en manoeuvreerbaarheid in beperkt water werden verwerkt in het mathematisch model voor scheepsmanoeuvresimulatoren.

Evaluatie

De toegankelijkheid voor de onderzochte containerschepen werd geëvalueerd via real-timesimulaties op beide scheepsmanoeuvresimulatoren SIM360+ en SIM225. Daarbij werden scenario's doorlopen die volgens



de begeleidingscommissie de moeilijkste situaties vormen. Het betrof passages tussen twee grote containerschepen op drie ongunstige locaties op de Westerschelde bij maximale ebstroom en maximale vloedstroom. Zowel het op- als het afvarende containerschip werd door een loods bestuurd via een afzonderlijke simulatorbrug. Daarvoor moesten de twee simulatoren gekoppeld worden.

Gedurende 10 simulatiedagen werden 112 passages uitgevoerd in 6 verschillende situaties (3 locaties bij 2 stroomsituaties). Voor elke situatie werden de passages geëvalueerd op basis van de aangehouden onderlinge afstand tijdens de passage en de door beide schepen aangehouden afstand tot de boeienlijn.

Als voorbeeld wordt de evaluatie van passages in de bocht van Bath bij vloedstroom gevisualiseerd. De verschillende passageplaatsen worden weergegeven in een kleur die de marges aangeeft waarmee de passages werden uitgevoerd. Lage beoordelingscijfers wijzen op gunstig uitgevoerde passages.

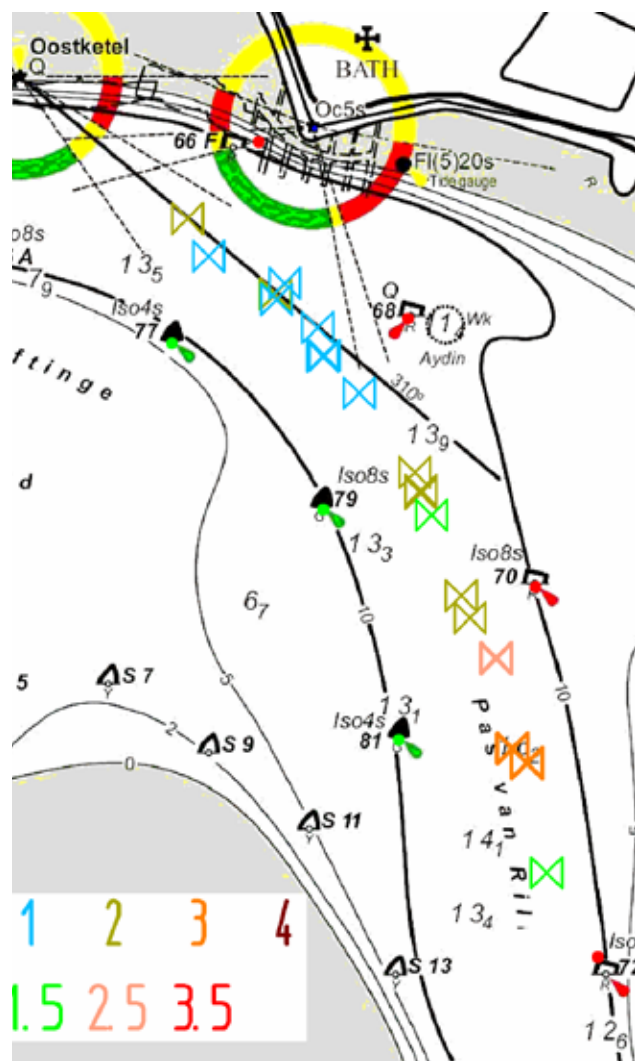
De overzichtstekening toont aan dat passages in de bocht van Bath bij volle vloedstroom ter hoogte van boei 68 goed verliepen. Passages meer naar het zuiden gingen met grotere moeilijkheden gepaard.

Resultaten

Het onderzoek leverde randvoorwaarden op voor de vaart van grotere containerschepen tot de haven van Antwerpen.

Op sommige locaties moet de passage van dergelijke schepen worden afgeraden. Er werden ook waardevolle data in verband met de maximale inzinking van grote containerschepen

verzameld. Het bleek ook dat de op- en afvaart met containerschepen van het type waarop deze studie betrekking heeft vlot moet worden uitgevoerd en dat het overige verkeer op deze schepen moet worden afgestemd. Meer uitgebreid onderzoek (o.a. bij laagwatercondities) moet de resultaten van studie 689_04 aanvullen.



Simulatorstudie 2e sluis Waaslandhaven, toegankelijkheid voor een 400 m-containerschip.

Deze studie onderzocht de toegankelijkheid van een tweede sluis naar de Waaslandhaven voor een containerschip met een lengte van 400 m. Momenteel is de Kallosluis de enige toegangsweg tot dit deel van de haven op de linkeroever. Het schip is 56,4 m breed en de sluis 68 m. De lengte tussen de buitenste deuren bedraagt 500 m. Vorige studies onderzochten de toegankelijkheid voor bulkcarriers en voor containerschepen van respectievelijk 350 en 366 m. De lay-out van de tweede sluis aan de zijde van het Waaslandkanaal, zoals die in 2007 was gewijzigd in de ontwerpfase, werd hierbij weer gebruikt. Er werden wielfenders met hun indrukarakteristieken in alle hoeken van de sluis toegevoegd, zoals aangegeven door het Gemeentelijk Havenbedrijf.

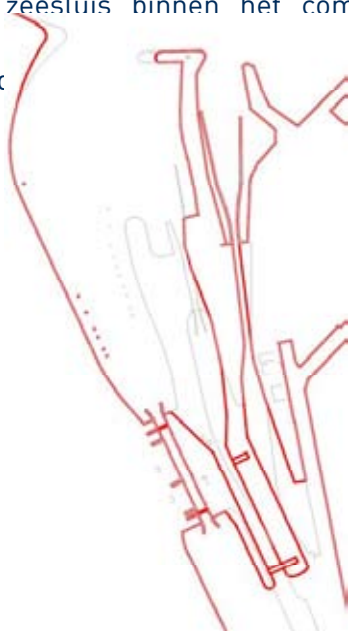
Deze real-timesimulaties werden uitgevoerd door rivierloodsen van DAB Loodswezen aan de zijde van het Deurganckdok en door de loodsen van VCBA Brabo aan de zijde van het Waaslandkanaal, waarbij assistentie werd verleend door de sleepbootkapiteins van URS en de sleepdienst van het havenbedrijf. De simulaties moesten de voorwaarden evalueren waaronder een containerschip van 400 m zich in en uit de sluis laat loodsen. Hiervoor werden windcondities opgelegd vanuit verschillende windrichtingen en met windsnelheden van 5 en 6 Bf. Er werd gezocht naar sleepbootconfiguraties waarmee de loodsen, in samenspraak met de verantwoordelijken van de sleepdiensten, de manoeuvres veilig konden uitvoeren bij een minimaal contact met de wielfenders in de sluis.



Manoeuvresimulaties voor de grootste zeesluis binnen het complex Terneuzen

In opdracht van de projectgroep KGT2008 die belast was met een kosten-batenanalyse voor de verschillende projectalternatieven werd de nautische impact van één daarvan onderzocht met een tweedimensionale real-timesimulatie.

Het projectalternatief, de grootste zeesluis binnen het complex, (zie figuur) dat het voorwerp van deze studie vormde, is toegankelijk voor schepen met een lengte tot 366 m en een breedte tot 49 m. De studie onderzocht zowel het gedrag van een bulkcarrier als van een containerschip met dergelijke afmetingen in de voorhavenconfiguratie die met dit onderzochte projectalternatief gepaard gaat. Het betrof een in- en uitvaarsimulatie die werd uitgevoerd door rivier- en kanaalloodsen aan de hand van een tweedimensionaal bovenaanzicht of bird's eye view van schip en omgeving. De studie leverde gegevens over de vereiste stopafstand van de onderzochte schepen, de optimale positie van de zeesluis binnen het complex en het vereiste lang van de windconc



Flexibel sleepbootalternatief voor beschermingspontons Westsluis, Terneuzen

In 2008 werden de wipbruggen van de Westsluis in Terneuzen vervangen door nieuwe exemplaren die zich in geopende stand verder van de sluiscolk bevinden dan hun voorgangers. Dit verkleint de kans op contact tussen de bovenbouw van autoschepen en deze wipbruggen aanzienlijk. Met deze simulatie werd onderzocht of deze nieuwe sluisconfiguratie beschermingspontons overbodig kon maken en welke sleepbootconfiguratie dit vereiste. Die beschermingspontons zijn respectievelijk de bufferbakken 3 en 4 en de Europabak.



Een zicht op de AK4 bak tijdens de invaart van een car carrier. Deze bak wenst men te verwijderen en te vervangen door het flexibel gebruik van een sleepboot.

Ook werd de invloed van het flexibel inzetten van sleepvaartuigen onderzocht. Er werden aanbevelingen geformuleerd voor de gunstigste sleepbootconfiguratie bij verschillende windcondities.



Opleiding

De simulator heeft een certificaat van de Zeevaartinspectie en kan gebruikt worden voor opleidingen en trainingen.

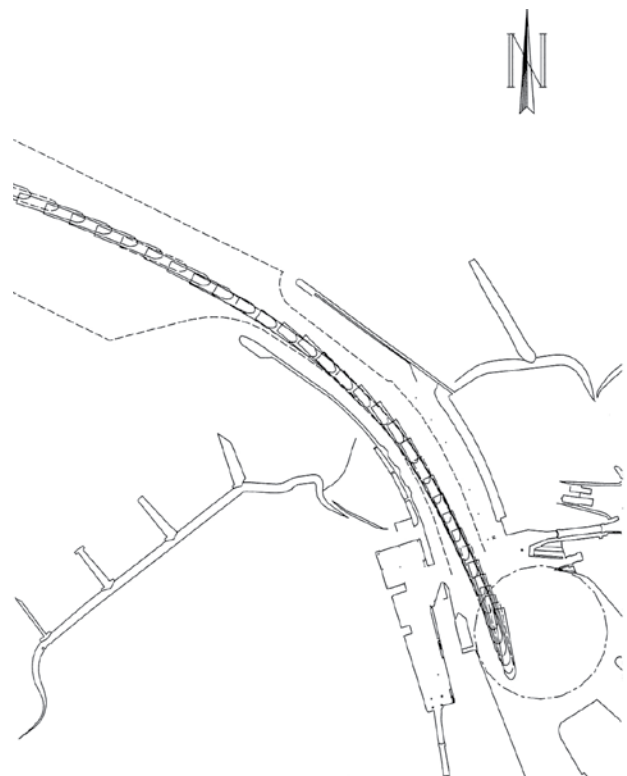
Wat doen deze stuurlieden nu op de simulator? Ze varen en manoeuvreren met kleine en grote schepen in de moeilijkst denkbare situaties:

- ze varen in sluizen en naar kaaien, op een rivier, voeren ankermanoeuvres uit,
- ze naderen diverse steigers en terminals en leggen er aan,
- ze leren veilig en efficiënt met sleepboten werken,
- ze oefenen correcte procedures en een aantal noodzakelijke automatismen in.

Positie, snelheid en krachten op het schip tijdens de simulatievaart worden opgeslagen en zijn nadien beschikbaar voor verdere analyse.



Uitvoeren van real-time simulaties op simulator SIM225.



Vaarbaanplot: schip dat de haven van Oostende invaart.



Maritieme Techniek Ugent
Technologiepark 904
9052 Gent

Tel: 09 264 55 59
Fax: 09 264 58 43

Websites

www.maritiem.ugent.be
www.bankeffects.ugent.be



Waterbouwkundig Laboratorium
Berchemlei 115
2140 Antwerpen

Tel: 03 224 60 35
Fax: 03 224 60 36

Websites

www.watlab.be
www.ondiepwat.be



Samenstelling

Waterbouwkundig Laboratorium

Verantwoordelijke uitgever

dr. Frank Mostaert
Afdelingshoofd
Berchemlei 115
2140 Antwerpen

Depotnummer

D/2010/3241/118

Uitgave

mei 2010



Website kenniscentrum varen in ondiep en beperkt water:
<http://www.ondiepwater.be>

Website Waterbouwkundig laboratorium:
<http://www.watlab.be/>



Website Universiteit Gent-Afdeling Maritieme Techniek:
<http://www.maritiem.ugent.be/>

Website Oevereffecten:
<http://www.bankeffects.ugent.be/>

