



WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM

FLANDERS HYDRAULICS  
RESEARCH

# INVLOED VAN EEN OPHOGING VAN HET STERNENSCHIEREILAND OP OEVEREFFECTEN



Vlaamse overheid  
Departement Mobiliteit en Openbare Werken  
**Waterbouwkundig Laboratorium**

## **Model 741/3**

# **INVLOED VAN EEN OPHOGING VAN HET STERNENSCHIEREILAND OP OEVEREFFECTEN**

april 2008

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Lataire, E., Vantorre, M., (2008) Invloed van een ophoging van het Sternenschiereiland op oevereffecten "WL Adviezen", 741-3. Waterbouwkundig Laboratorium & Universiteit Gent: Borgerhout, België

Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115

B-2140 Borgerhout (Antwerpen)

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: [waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

<http://www.watlab.be>

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.

## Documentidentificatie

<b>Titel:</b>	Invloed van een ophoging van het Sternenschiereiland op oevereffecten		
<b>Opdrachtgever:</b>		<b>ID:</b>	WL2008A741-3
<b>Pad bestand:</b>			
<b>Keywords (3-5):</b>	Oevereffecten Zeebrugge Sternenschiereiland		
<b>Tekst (p.)</b>		<b>Tabellen (p.)</b>	
<b>Bijlagen (p.)</b>		<b>Figuren (p.)</b>	
<b>Type:</b>	<input type="checkbox"/> Concept		<input checked="" type="checkbox"/> Eindversie
<b>Verspreiding:</b>	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever	<input type="checkbox"/> Publiek	<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
	<input type="checkbox"/> Enkel binnen het WL		
	<input type="checkbox"/> Vrijgegeven door opdrachtgever vanaf		

## Goedkeuring

Auteur	Afdelingshoofd
--------	----------------

## Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Projectleider	Revisor
1		Eindversie			

## Abstract

Invloed van de ophoging van het Sternenschiereiland op de scheepvaart
---

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b><i>Inleiding</i></b> .....	<b>2</b>
1.1	Situering van het onderzoek .....	2
1.2	Probleembeschrijving .....	3
1.3	Voorlopige conclusies uit [1] .....	3
1.4	Doelstelling van het onderzoek .....	4
<b>2</b>	<b><i>Configuratie van de oevers</i></b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b><i>Invloed van de ophoging</i></b> .....	<b>7</b>
3.1	Onderzochte grootheden .....	7
3.2	LNG-carrier .....	7
3.3	Parameters.....	7
3.3.1	Waterdiepte .....	7
3.3.2	Snelheden .....	8
3.3.3	Afstanden uit de centerlijn .....	8
3.4	Berekening van de ophoging .....	8
<b>4</b>	<b><i>Conclusie</i></b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b><i>Referenties</i></b> .....	<b>11</b>

## Overzicht van de tabellen

Tabel 1	Hoofdkenmerken LNG-carrier <i>Mathilda</i> .....	7
Tabel 2:	Verhoging van dwarskracht en giermoment door ophoging Sternenschiereiland .....	9

## Overzicht van de figuren

Figuur 1	Haven van Zeebrugge (anno 2004) .....	2
Figuur 2	Zeekaart van de haven van Zeebrugge met de vaargeul op 15m GLLWS .....	5
Figuur 3	De bathymetrie nabij het Sternenschiereiland .....	6
Figuur 4	Voorstelling van een raai door het Sternenschiereiland .....	6
Figuur 5	Het scheepsmodel <i>Mathilda</i> varend in de sleeptank .....	7

# 1 INLEIDING<sup>1</sup>

## 1.1 *Situering van het onderzoek*

Het havenbestuur van Zeebrugge wenst de westelijke voorhaven, waar door landwinnings- en havenwerken met tijdelijke braakliggende terreinen zich nu talrijke vogels hebben gevestigd, verder uit te bouwen tot een container- en roro-platform. Gezien de haven ook één van de belangrijkste broedplaatsen in Vlaanderen is geworden van vogelsoorten zoals de Grote Stern en de Dwergstern, die tevens een hoge bescherming van de Europese Unie genieten, is het belangrijk een verantwoord evenwicht te vinden tussen economie en ecologie. Daarom kan de uitbouw van de haven vandaag enkel als de natuurwaarden in stand worden gehouden, conform de Europese Vogelrichtlijn. In dit opzicht werd in 1997 een kunstmatig Sternenschiereiland aangelegd in de oostelijke voorhaven nabij de LNG-terminal, dat al is uitgebreid tot ongeveer 11 hectare, en waar reeds meer dan 3000 koppels Grote Stern, ongeveer 1000 koppels Visdieven en ongeveer 60 koppels Dwergsternen broeden (zie Figuur 1).



**Figuur 1 Haven van Zeebrugge (anno 2004)**

Om de verdere bouw van de infrastructuur in de westelijke haven mogelijk te maken wordt overwogen het Sternenschiereiland uit te breiden tot 22 hectare. Naast een morfologische benadering van deze uitbouw, die reeds werd uitgevoerd door het WL<sup>2</sup>, is een nautische studie echter onontbeerlijk. In 2007 is hiervoor reeds een studie uitgevoerd. Deze kon echter nog niet gebaseerd worden op de uitgebreide studie naar oevereffecten [2]. Om deze reden wordt dit advies nogmaals gegeven met als wetenschappelijke basis deze studie [2].

<sup>1</sup> Dit hoofdstuk is bijna integraal overgenomen uit [1]

<sup>2</sup> Nota van AWZ-WL ten behoeve van deelwerkgroep natuurwaarden Voorhaven Zeebrugge: Hydrodynamische effecten van enkele alternatieve locaties voor kustbroedvogels in of nabij de Voorhaven van Zeebrugge (Tom De Mulder, 2004)

## 1.2 Probleembeschrijving

Op 4 februari 2005 werd in een ontwerpnota van de Vlaamse Regering betreffende de voorlopige vaststelling van de speciale beschermingszone (SBZ-V) met toepassing van de Vogelrichtlijn (79/409/EEG): SBZ-V kustbroedvogels te Zeebrugge-Heist het volgende besloten:

*“De Vlaamse Regering beslist de administratie op te dragen de aanvaardbaarheid van de uitbreiding van het Sternenschiereiland op hydraulisch en nautisch vlak verder te onderzoeken: dit onderzoek is nodig om na te gaan in welke mate de negatieve effecten op de hydrodynamica, het sedimenttransport en de morfodynamica in en buiten de haven – te verwachten door de uitbreiding van het Sternenschiereiland – significant zijn.”*

In het kader van deze ontwerpnota werd een beroep gedaan op het nautische advies van de DAB Loodswezen, als volgt geformuleerd:

*“Sinds het ontstaan van het Sternenschiereiland is de aanwezigheid en de amplitude van neren (draaikolken) in de voorhaven van Zeebrugge in die mate toegenomen dat de scheepvaart er ernstige hinder van ondervindt. Vooral de grote schepen worden door deze draaikolken uit koers gebracht en moeten zodus om te compenseren grotere snelheden en zwaardere roermanoeuvres toepassen.*

*Wij stellen ook verontrust vast dat dit neergebied mettertijd meer turbulent geworden is, zodat anticiperen onmogelijk is. Wij verwijzen hierbij naar de stroomatlas Haven van Zeebrugge, derde editie. De huidige toestand hypothekeert mogelijks ook reeds de ingebruikname van de FCT terminal in het Albert II-dok voor de containerschepen van de Maersk S klasse (8000 TEU) met een diepgang van ca. 15m.*

*Oevereffecten is thans reeds verontrustend en dan vooral voor de LNG tankers type Methania/Mourad Didouche die een koers volgen die logischerwijze relatief dicht langs het huidige Sternenschiereiland scheert. Een uitbreiding van het Sternenschiereiland naar de CDNB<sup>3</sup> toe lijkt ons dan ook uit den boze, een opspuiting daarentegen lijkt aanvaardbaar voor zover helling en uitloop nabij het vaarwater de huidige grens niet overschrijden.*

*Zolang wij niet over de nauwkeurige gegevens beschikken om ons een idee te kunnen vormen over het effect op vaarwater en schepen, is een sluitend advies aangaande de uitbreiding van het Sternenschiereiland van onzentwege onmogelijk.”*

Vooraleer over te gaan tot de verdere uitbouw is het dan ook noodzakelijk om de nautische eindsituatie van het eiland te onderzoeken.

## 1.3 Voorlopige conclusies uit [1]

Het besluit uit [1] wordt hier herhaald:

*“Aan de hand van theoretische benaderingen werden de belangrijkste invloeden op de beweging van een schip bestudeerd (wind, stroming en oevereffecten). Uit een krachtenvergelijking, waar gekeken werd naar de verhouding tussen de controleerbare en niet-controleerbare krachten, was het mogelijk de invloed van deze krachten te onderzoeken, alsook hun samenwerking. Invloedrijke parameters op het succes van een doorvaart zijn onder meer:*

- voor de controle krachten: telegraafstand, sleepbootassistentie*
- voor de niet-controleerbare krachten: dwarspositie van het schip in de vaargeul, snelheid, bodemprofiel, windrichting, bepaling van het tij- en stromingsvenster*

---

<sup>3</sup> Centrale Deel van de Nieuwe Buitenhaven

De volgende besluiten konden genomen worden:

1. Een vaarstrategie ter plaatse van het Sternenschiereiland is noodzakelijk gezien het roer onder een aantal condities de niet-controleerbare krachten en momenten niet kan opvangen. Dit is vooral het geval voor de combinatie van:
  - o een hoogwaterstand, waar de negatieve invloed van de stroming op de manoeuvreerbaarheid van het schip veel sterker is dan tijdens een laagwaterstand;
  - o een krachtige zuid-westenwind;
  - o een vaart dichtbij de vaargeulgrens.

*Door het toerental plaatselijk te verhogen (een toerentalstoot) of door sleepbootassistentie kan men alsnog een gecontroleerde opvaart bekomen.*

2. Er wordt een toename van het oevereffect waargenomen indien de verzonken oever van het Sternenschiereiland verder wordt opgespoten. Een ophoging van 1 meter geeft volgende resultaten:
  - o voor de Methania werd een toename tot ongeveer 13% van het giermoment en dwarskracht ten gevolge van oevereffecten waargenomen;
  - o voor een 8000 TEU containerschip werd een toename van 20% waargenomen.

*Het nadelige effect van de ophoging op de gierbeweging kan men compenseren door de afstand met de vaargeulgrens te vergroten en dus het schip verder van de vaargeulgrens te laten varen.”*

#### **1.4 Doelstelling van het onderzoek**

Na een eventuele verdere ophoging van het Sternenschiereiland tot 22 hectare, kan verwacht worden dat de invloed van de oevereffecten op het schip zal vergroten. De nautische implicaties hiervan op het schip zullen in dit onderzoek grondig bekeken worden.

In de loop van 2006 zijn verschillende oevers in de sleeptank van het Waterbouwkundig Laboratorium ingebouwd. Enkele van deze oevers hebben dezelfde helling als het huidige Sternenschiereiland en dit met verschillende hoogtes van het vlakke (ondergelopen) deel. Op deze manier kan de invloed van de ophoging van het Sternenschiereiland geëvalueerd worden. Meer informatie over dit uitgebreide onderzoek [2] i.v.m. oevereffecten vindt men op:

[www.Bankeffects.UGent.be](http://www.Bankeffects.UGent.be)

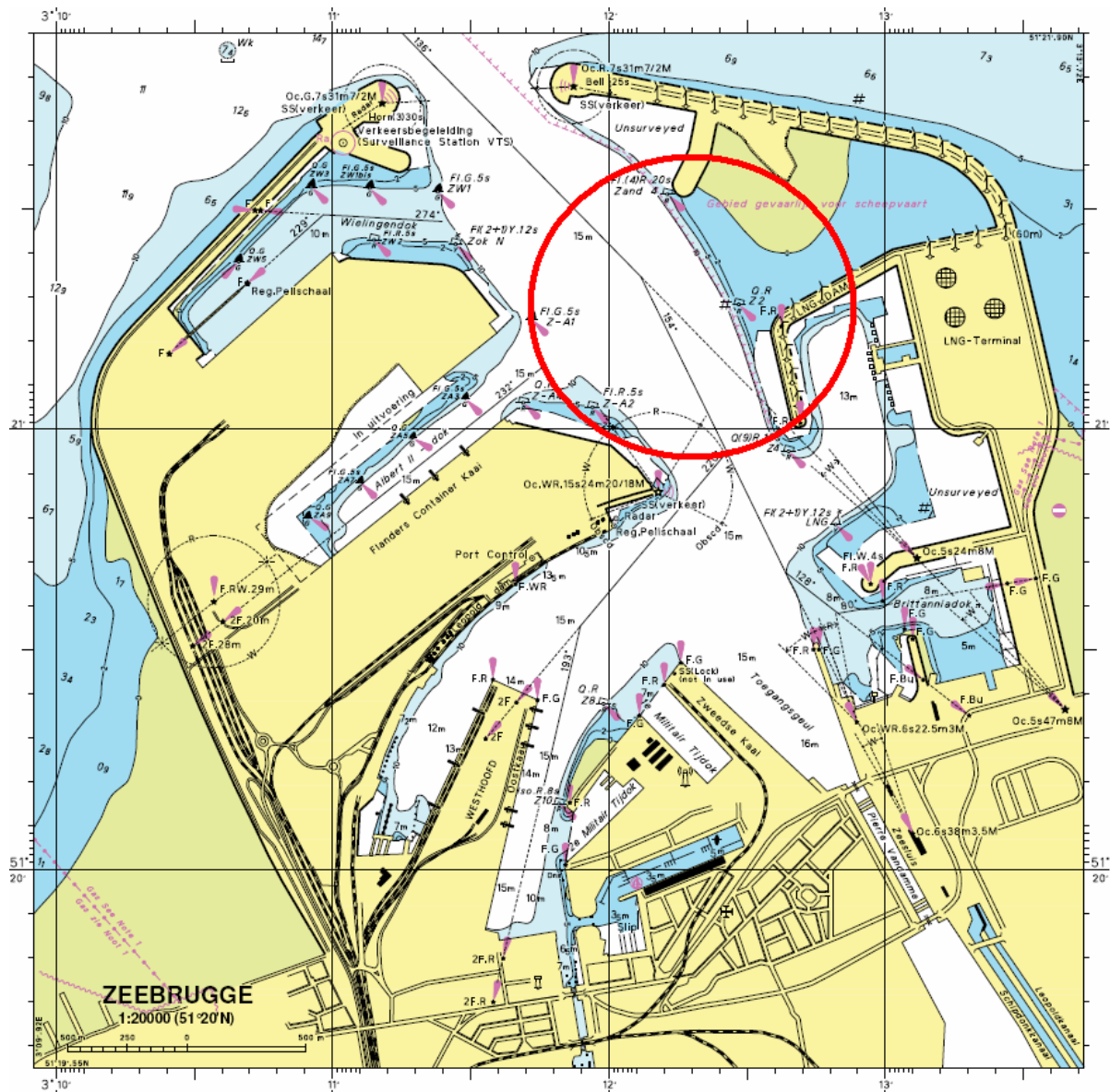
Aan de hand van het mathematisch model gebaseerd op deze modelproeven worden de belangrijkste invloeden op de krachtwerking op het schip bestudeerd. Vervolgens wordt er gekeken naar de verhouding tussen de krachten die optreden bij het huidige Sternenschiereiland en het opgespoten Sternenschiereiland. Het doel van deze analyse is bijgevolg het in kaart brengen van de invloed van de ophogingen op de oevereffecten en nagaan of paragraaf 2. uit de conclusie van [1] nog steeds geldt.



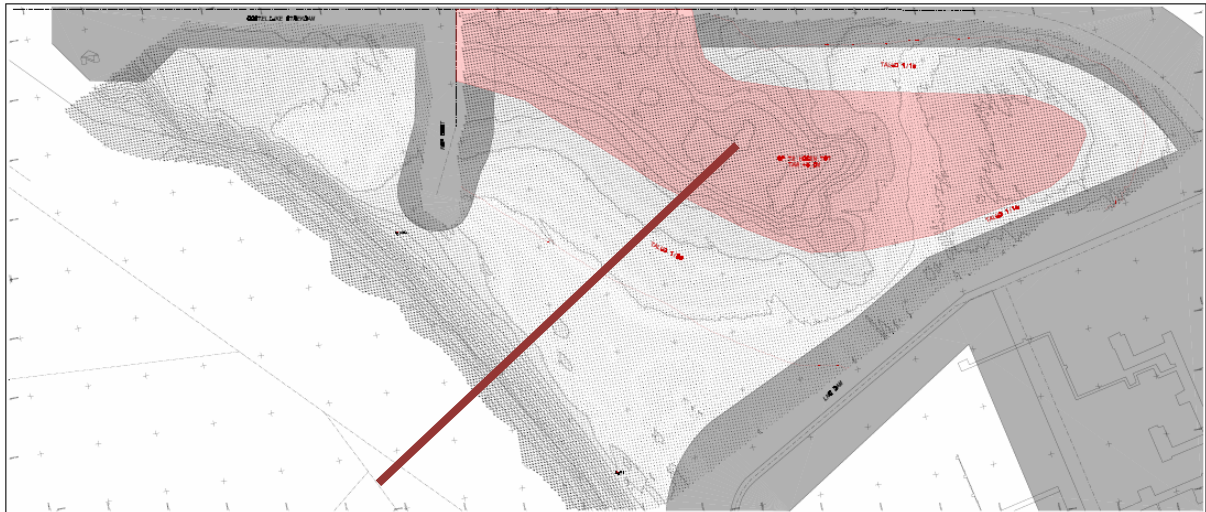
## 2 CONFIGURATIE VAN DE OEVERS

In het najaar van 2007 is een uitgebreide studie naar oevereffecten afgerond. Hier wordt een beperkt deel van dit onderzoek belicht, meer informatie is te vinden in [2].

In Figuur 2 is een zeekaart weergegeven van de haven van Zeebrugge.

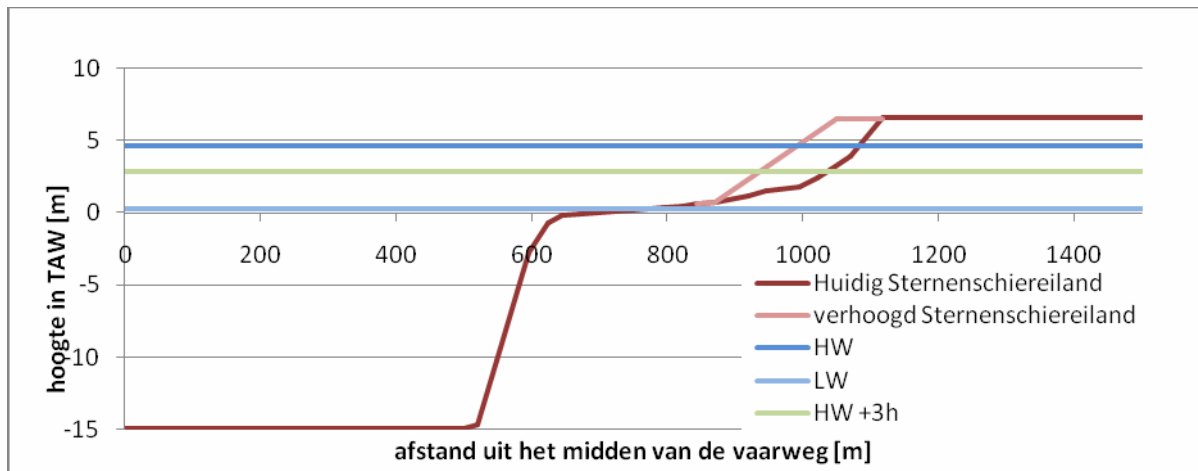


Figuur 2 Zeekaart van de haven van Zeebrugge met de vaargeul op 15m GLLWS



**Figuur 3 De bathymetrie nabij het Sternenschiereiland**

De dwarsdoorsnede volgens de rode lijn in Figuur 3 wordt vereenvoudigd zoals weergegeven in Figuur 4.



**Figuur 4 Voorstelling van een raai door het Sternenschiereiland**

## 3 INVLOED VAN DE OPHOGING

### 3.1 Onderzochte grootheden

De invloed van de ophoging van het Sternenschiereiland op de volgende grootheden werd onderzocht:

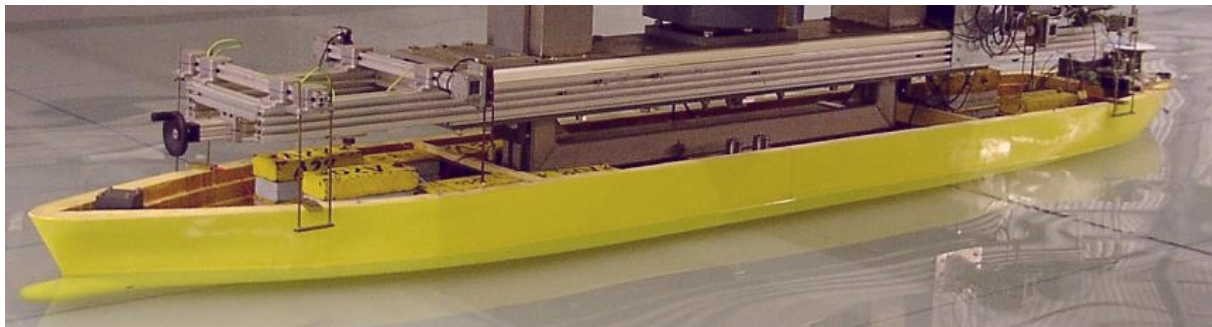
- Dwarskracht  $Y$
- Giermoment  $N$

### 3.2 LNG-carrier

In het licht van de LNG-trafiëk naar de haven van Zeebrugge werd er voor gekozen om met een LNG-carrier de berekening uit te voeren. Dit model, *Mathilda* genaamd, is sterk gebaseerd op de LNG-carrier Methania, die representatief is voor schepen die de haven van Zeebrugge aanlopen. De belangrijkste kenmerken van het model van deze LNG-carrier zijn in Tabel 1 weergegeven.

Tabel 1 Hoofdkenmerken LNG-carrier *Mathilda*

LNG carrier		
$L_{OA}$	[m]	280.0
B	[m]	41.6
$T_F$	[m]	11.0
$T_A$	[m]	11.0
$C_B$	[-]	0.77
Schaal	[-]	1/70



Figuur 5 Het scheepsmodel *Mathilda* varend in de sleeptank

### 3.3 Parameters

De invloed van de ophoging van het Sternenschiereiland is berekend voor verschillende waterstanden, scheepssnelheden en dwarse posities in de vaargeul.

#### 3.3.1 Waterdiepte

De waterdieptes waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd, komen overeen met de waterstand bij hoog water (HW) en drie uur na hoog water (HW +3h) bij springtij. Dit is +4.58m TAW voor HW en +2.84m TAW voor HW+3h. Bij laag water is er geen verschil tussen het huidige en het opgehoogde Sternenschiereiland (zie Figuur 4). Er dient opgemerkt te worden dat de LNG-carrier in normale omstandigheden niet bij hoog water in de haven vaart daar er beperkingen zijn met betrekking tot de maximale stroming. Op deze manier is echter de meest extreme invloed van de ophoging onderzocht.

### 3.3.2 Snelheden

De berekening is uitgevoerd voor vier snelheden: 8, 10, 12 en 14 knoop. Dit is reeds meer dan wat men kan verwachten van een LNG-carrier op die locatie.

### 3.3.3 Afstanden uit de centerlijn

Drie dwarsafstanden tot de centerlijn van de vaarweg zijn onderzocht: 250m, 400m en 450m. Deze afstanden komen overeen met de abscis in Figuur 4.

## 3.4 Berekening van de ophoging

Uit [2] volgt dat het giermoment  $N_{bank}$  en de dwarskracht  $Y_{bank}$  veroorzaakt door oevereffecten als volgt berekend kunnen worden:

$$N_{bank} = \frac{1}{2} \rho V_{effN}^2 L_{pp}^2 T \frac{1}{d2b} \frac{T}{h_{eff} - T} (\zeta_{N1} + \zeta_{N2} F n_{effN} + \zeta_{N3} F n_{effN}^2) \quad 1$$

$$Y_{bank} = \frac{1}{2} \rho V_{effY}^2 L_{pp}^2 T \frac{1}{d2b} \left( (\zeta_{Y1} F n_{VT} + \zeta_{Y2}) \frac{T}{h_{eff} - T} + (\zeta_{Y3} F n_{VT} + \zeta_{Y4}) \right) \quad 2$$

Waarbij:

$d2b$	[]	<i>dimensieloze afstand tot de oever (distance to bank)</i>
$F n_{VT}$	[]	<i>getal van Froude gebaseerd op de snelheid in de schroefstraal</i>
$F n_{effN}$	[]	<i>getal van Froude gebaseerd op de effectieve snelheid</i>
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	<i>valversnelling</i>
$h_{eff}$	[m]	<i>effectieve waterdiepte rekening houdend met squat</i>
$L_{PP}$	[m]	<i>lengte tussen de loodlijnen</i>
$N$	[Nm]	<i>giermoment</i>
$T$	[m]	<i>(maximale) diepgang</i>
$V_{eff}$	[m/s]	<i>snelheid van het schip verhoogt met een deel van de snelheid in de schroefstraal</i>
$Y$	[Nm]	<i>dwarskracht</i>
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	<i>massadichtheid van water</i>
$\zeta_{Y1}, \zeta_{Y2}, \zeta_{Y3}, \zeta_{Y4}, \zeta_{Y5}$		<i>coëfficiënten van het grondige model voor de dwarskracht</i>
$\zeta_{N1}, \zeta_{N2}, \zeta_{N3}, \zeta_{N4}$		<i>coëfficiënten van het grondige model voor het giermoment</i>

Indien men nu  $N_{bank}$  en  $Y_{bank}$  enerzijds uitrekent met de huidige bathymetrie van het Sternenschiereiland en anderzijds met de geplande ophoging van het Sternenschiereiland dan zal enkel de factor  $d2b$  wijzigen. Men kan dus stellen dat de verhouding  $\frac{d2b_{huidig}}{d2b_{opgehoogd}}$  de toename van het

giermoment en dwarskracht veroorzaakt door de ophoging van het Sternenschiereiland weergeeft. In Tabel 2 wordt deze verhouding weergegeven.

**Tabel 2: Verhoging van dwarskracht en giermoment door ophoging Sternenschiereiland**

Waterstand	schip	kielspeling	Snelheid	dwarsafstand	drifthoek	$\frac{d2b_{\text{huidig}}}{d2b_{\text{opgehoogd}}}$
[ ]	[ ]	[%]	[knoop]	[m]	[deg]	[ ]
HW-3h	LNG	39	8	250	0	100.9%
HW-3h	LNG	39	10	250	0	101.1%
HW-3h	LNG	39	12	250	0	101.3%
HW-3h	LNG	39	14	250	0	101.5%
HW-3h	LNG	39	8	400	0	101.1%
HW-3h	LNG	39	10	400	0	101.4%
HW-3h	LNG	39	12	400	0	101.6%
HW-3h	LNG	39	14	400	0	101.8%
HW-3h	LNG	39	8	450	0	101.3%
HW-3h	LNG	39	10	450	0	101.6%
HW-3h	LNG	39	12	450	0	101.9%
HW-3h	LNG	39	14	450	0	102.2%
HW	LNG	78	8	250	0	101.5%
HW	LNG	78	8	400	0	101.7%
HW	LNG	78	10	250	0	101.9%
HW	LNG	78	8	450	0	102.0%
HW	LNG	78	10	400	0	102.2%
HW	LNG	78	12	250	0	102.3%
HW	LNG	78	10	450	0	102.5%
HW	LNG	78	12	400	0	102.6%
HW	LNG	78	14	250	0	102.6%
HW	LNG	78	14	400	0	103.0%
HW	LNG	78	12	450	0	103.0%
<b>HW</b>	<b>LNG</b>	<b>78</b>	<b>14</b>	<b>450</b>	<b>0</b>	<b>103.5%</b>

Indien er – hypothetisch – met 14 knoop, bij hoog water, 450m uit de centerlijn van de vaarweg gevaren wordt dan zal zowel het giermoment als de dwarskracht veroorzaakt door de ophoging met 3.5% stijgen. Deze stijging kan uitgedrukt worden als een afstand dat men verder van de oever moet varen om de oevereffecten met 3.5% te doen dalen. In het hier besproken geval kan men berekenen dat men 3.8m verder van de oever moet varen. Indien men vaart op een dwarsafstand van 446.2 uit de centerlijn langs het vergrootte Sternenschiereiland dan zal men dezelfde effecten ondervinden (op giermoment en dwarskracht) dan als men vaart op een dwarsafstand van 450m langs het huidige Sternenschiereiland.

Dit besproken geval is reeds een extreem geval zonder extreme gevolgen. Men kan dus besluiten dat de ophoging van het Strenenschiereiland zoals hier voorgesteld slechts een erg beperkte invloed zal hebben op de manoeuvreereigenschappen van het voorbijvarende schip.

## 4 CONCLUSIE

Men kan besluiten dat door een ophoging van het Sternenschiereiland zoals in hoofdstuk 2 voorgesteld het giermoment en dwarskracht geïnduceerd door oevereffecten met niet meer dan 3.5% zal toenemen in vergelijking met de huidige toestand. Er is aangetoond dat deze stijging van 3.5% kan gecompenseerd worden door slechts 3.8m verder van het Sternenschiereiland te varen.

Antwerpen, april 2008

De projectleider,

ir. Evert Lataire

De coördinator,

ir. Erik Laforce

De promotor,

Prof. Marc Vantorre


Het afdelingshoofd,

dr. Frank Mostaert

## 5 REFERENTIES

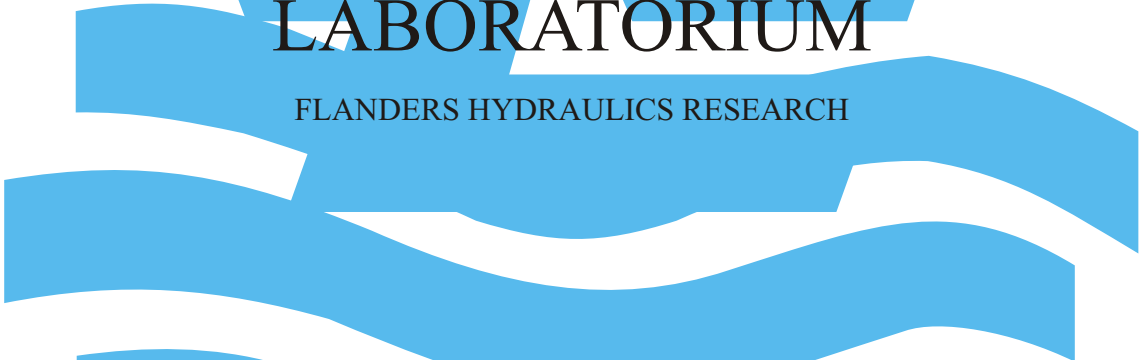
[1] Vantorre Marc., Baeck Pieter-Jan "Sternenschiereiland Zeebrugge: Nautisch onderzoek", Mod 741\_3, Antwerpen, 2005

[2] Lataire, E., Vantorre, M., Laforce, E., (2007). Oeverzuigingeffecten op schepen veroorzaakt door taluds, randen van platen en hellende bodem. WL Rapporten, 778. Waterbouwkundig Laboratorium & Universiteit Gent: België



**WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM**

FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH



Berchemlei 115  
B- 2140 ANTWERPEN  
tel. 32(0)3/224 60 35  
fax 32(0)3/224 60 36

e-mail: [waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

<http://www.watlab.be>



# FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH

## WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

### FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH



Vlaamse overheid  
Departement Mobiliteit en Openbare Werken  
afdeling Waterbouwkundig Laboratorium  
Berchemlei 115 - B-2140 Antwerpen