

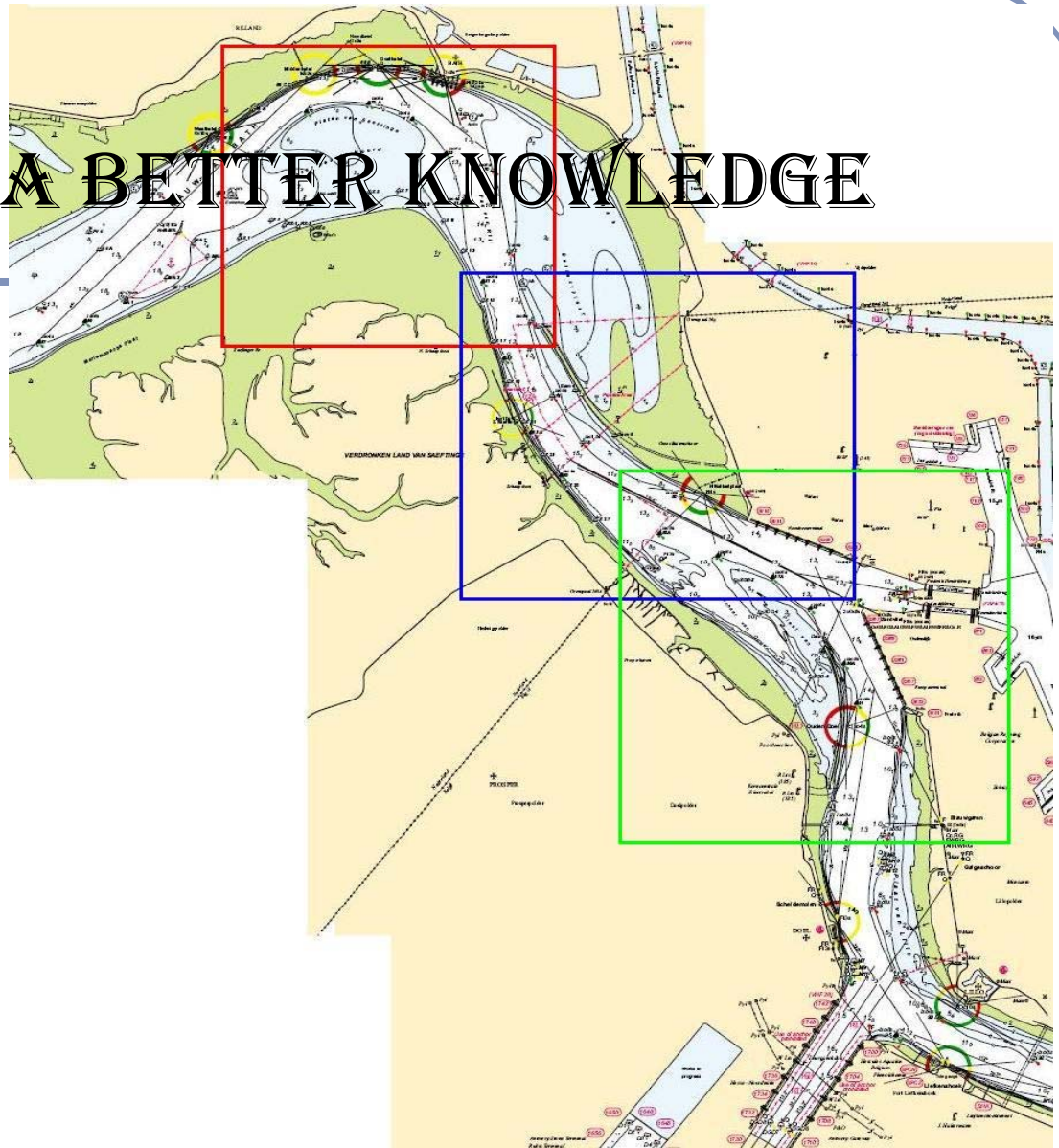
LOOKING FOR A BETTER KNOWLEDGE

8400 TEU
352 METER LOA

11400 TEU
365 METER LOA

13230 TEU
381 METER LOA

14000 TEU
397 METER LOA



*Op- en Afvaart van 8000 en meer TEU
containerschepen
van en naar de
Haven van ANTWERPEN*

OPDRACHTGEVER

Afdeling Scheepvaartbegeleiding

UITVOERDERS

Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout
Universiteit Gent – Afdeling Maritieme Techniek

Agenda

- Inleiding
- Scope van het onderzoek
- Simulaties
 - Input
 - Locaties
 - Evaluatie
- Vervolg

Agenda

- Inleiding
- Scope/onderzoek
- Simulaties
 - Input
 - Locaties
 - Evaluatie
- Vervolg

Huidige Op en Afvaart

- Kennisgeving 02-2005: Op- en afvaartregeling naar/van Antwerpen
- Voor containerschepen met lengte over alles tussen 340m en 360m en een maximale breedte gelijk aan 50m.
- Maximum toegestane diepgang:
 - Opvaart: 140dm
 - Afvaart: 130dm

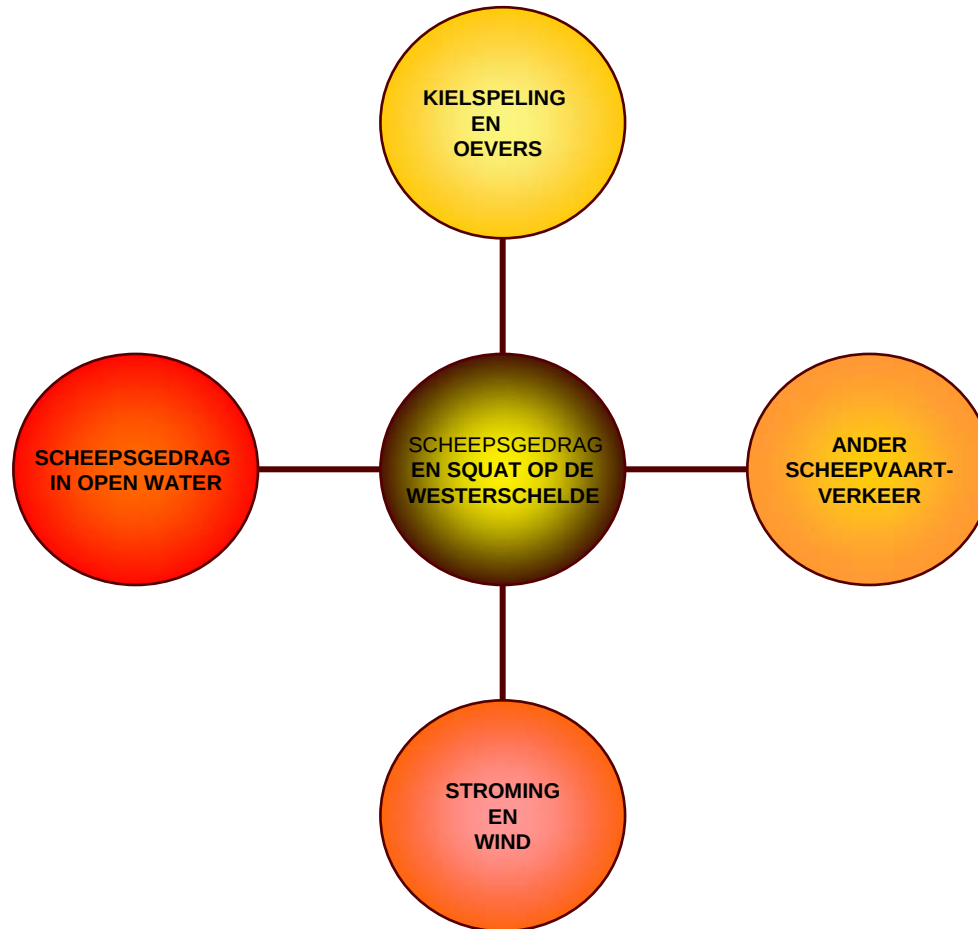
Huidige Op en Afvaart

- Momenteel aanpassingen van de op- en afvaartregeling op basis van “uitzonderingsmaatregelen”:
 - Vb. Rederij Cosco 350m: op 140 dm, af 135 dm
=> weinig consistent !
- Nood aan een wetenschappelijk onderbouwde op- en afvaartregeling voor containervaart.

Nieuwe Op en Afvaart

- Wetenschappelijke onderbouwing voor containervaart op basis van:
 - scheepslengte
 - diepgang
 - locatie op de rivier
 - tijvenster
 - waterstand
 - stromingssnelheid
 - stromingsrichting

Nieuwe Op en Afvaart



Op en Afvaart

- Beter inzicht door verschillende actoren aanwezig in de begeleidingscommissie
- Leden:
 - afdeling Scheepvaartbegeleiding (opdrachtgever)
 - DAB Loodswezen: dienstleiding en varende loodsen
 - afdeling Haven en Waterbeleid Departement MOW
 - Universiteit Gent – Afdeling Maritieme Techniek
 - Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout

Agenda

- Inleiding
- Scope/onderzoek
- Simulaties
 - Input
 - Locaties
 - Evaluatie
- Vervolg

Scope van de studie

- Manoeuvrer- en sturgedrag van containerschepen met verschillende hoofdafmetingen in beperkt water toegepast op de Westerschelde
- Invloed van beperkte waterdiepte op manoeuvreereigenschappen:
 - kleine waterdiepte/kielspeling
 - nabijheid van de oever
 - relatief kleine tussenafstanden bij scheepsontmoetingen
 - manoeuvreergedrag in bochten inclusief interactie tussen schepen en oeverzuiging
- De kleine kielspeling vereist bovendien een accurate squatvoorspelling met interactie van andere schepen en invloed van de oevers

Scope van de studie

- Studie bevat deelopdrachten:
 - Onderzoek
 - DO1: Squat
 - DO2: Manoeuvreergedrag in ondiep water
 - DO3: Oevereffecten
 - DO4: Interactiekrachten tussen schepen
 - Evaluatie
 - DO5a: Deskstudie (x2)
 - DO5b: Real-time simulaties (x2)

Scope van de studie

- Onderzochte containerschip
 - Oorspronkelijk enkel 8400 TEU schip
 - Noodzakelijke doorstart naar grotere scheepsafmetingen door opschaling in functie van klantenbehoeften

	MODEL U	MAERSK	CMA-CGM	MSC	MAERSK
Schaal	1	80.8	85.1	88.3	91.6
TEU	-	8400	11400	13230	14000
L _{OA} (m)	4.36	352.0	365.5	381.0	397.6
L _{PP} (m)	4.106	331.8	349.5	362.4	376.0
B (m)	0.53	42.8	48.4 (45.1)	51 (46.8)	56.4 (48.5)
T ₁ (m)	0.181	14.61	15.41	15.98	16.57
T ₂ (m)	0.168	13.61	14.30	14.83	15.38
T ₃ (m)	0.15	12.16	12.77	13.24	13.74

Onderzochte diepgangen:

T= 13.1m (toekomstige tijonafhankelijk)

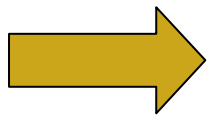
T= 14.5m

DO1: Squat

- Squat is de inzinking en vertrimming van het schip onder invloed van de verstoring die het door zijn vaarsnelheid teweegbrengt in het omringende water
- Door de beperkte kielspeling is een accurate squatberekening van belang om de reserve t.o.v. bodemraking te begroten
- Gemodelleerd in functie van
 - Voorwaartse snelheid
 - Schroefwerking
 - Dwarse snelheid
 - Giersnelheid
 - Ander scheepvaartverkeer
 - Oevers

DO1: Squat

- Invloedsfactoren:
 - Scheepstype: containerschepen varen doorgaans aan relatief hoge scheepsnelheden
 - Scheepsgedrag (drifthoek, gierhoek)
 - Omgeving (oevers, waterdiepte, ander scheepvaartverkeer)



Uitgebreid onderzoek gebaseerd op meer dan **20.000 proeven !**

DO2: Manoeuvreergedrag

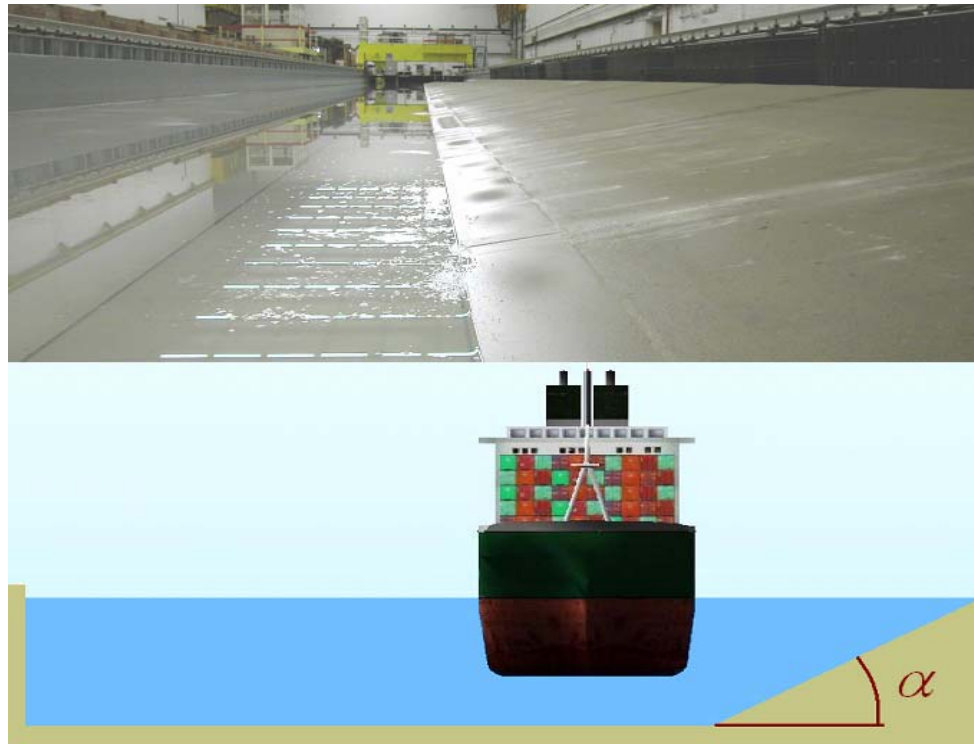
- Manoeuvreergedrag van schepen in open water:
 - Bij willekeurige diepgang binnen het onderzochte bereik ($T \in [12.0\text{m}, 14.5\text{m}]$)
 - Bij een kielspeling variërend van 10% tot 100% van de scheepsdiepgang
- Schaalvergroting tot 14000 TEU

DO3: Oevereffecten

- Belangrijkste krachten uitgeoefend door de oever:
 - Dwarskracht
 - $ukc > 15\%$: oever zuigt schip aan
 - $ukc < 15\%$: oever stoot schip af op voorwaarde dat het schroeftoerental nul is
 - Giermoment
 - Boegafstotend
- Resultaten uit parallel onderzoek Mod 778:
“Oeverzuigingeffecten op schepen veroorzaakt door taluds, randen van platen en hellende bodem”

$$ukc = \frac{h - T}{T}$$

DO3: Oevereffecten



Surface piercing oeverconfiguratie

DO3: Oevereffecten



Verdronken land oeverconfiguratie

DO4: Scheepsinteractie

- Krachten op het eigen schip opgewekt onder invloed van de aanwezigheid van een ander schip
- 3 mogelijke manoeuvres:
 - boeg-boeg ontmoeting tussen eigen schip en andere schip
 - eigen schip loopt het andere schip op
 - eigen schip wordt opgelopen door het andere schip

DO5a: Evaluatie door deskstudie

- Vergelijking tussen het **beschikbare roervermogen** en het **vereiste roervermogen** bij het uitvoeren van bochtmanoeuvres
- Begroten van de relatieve invloed van:
 - scheepsnelheid bij ingaan van de bocht
 - maximaal te hanteren schroeftoerental
 - diepgang
 - scheepsafmetingen
 - oeverafstand
 - waterdiepte (tijstand en oeverafstand)
 - bochtstraal
 - stromingsnelheid

DO5a: Evaluatie door deskstudie

- Vergelijking van bochtmanoeuvres op verschillende locaties:
 - Walsoorden: Boei 48a & Boei 48b
 - Valkenisse: Boei 64
 - Bocht van Bath: Boei 75
 - Ballastplaat: Boei 78
 - Europaterminal: Boei 91

DO5b: Evaluatie door simulaties

- real-time simulaties:

- Uitgevoerd op de scheepsmanoeuvresimulatoren van het Waterbouwkundig Labo te Borgerhout
- De door de begeleidingscommissie bestempeld als **moeilijkste scenario's** werden nagebootst
- Nadruk op ontmoetingen op **ongunstige locaties**
 - **Eerste evaluatie:** simulatorschip ontmoet vreemd schip dat bestuurd wordt aan de hand van een aardvast traject (één simulator)
 - **Tweede evaluatie:** Er werd gelijktijdig gevaren van op twee simulatoren met twee schepen in dezelfde omgeving. Hierdoor was het gedrag van zowel opvarend als afvarend schip realistisch. (koppeling van de simulatoren: zie verder)

DO5b: Evaluatie door simulaties

- Eerste real-time evaluatie:
 - November 2006
 - Schip: $L_{OA}=352\text{m}$, $B=42.8\text{m}$
 - Onderzochte scenario's:
 - Ontmoetingen ter hoogte van de bocht van Bath
 - Oploopmanoeuvre ter hoogte van Saeftinge
 - Ontmoetingen ter hoogte van de Ballastplaat (boei 78)
 - Ontmoetingen ter hoogte van de Europaterminal (boei 91)
 - Ontmoetingen ter hoogte van Hansweert bij relatief complexe verkeerssituatie

DO5: Evaluatie door simulaties

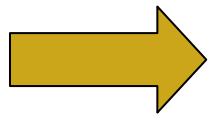
- Tweede real-time evaluatie:
 - Oktober 2007
 - Schepen:
 - $L_{OA}=366\text{m}$, $B=48.4\text{m}$
 - $L_{OA}=381\text{m}$, $B=51.6\text{m}$
 - $L_{OA}=397\text{m}$, $B=56.4\text{m}$
 - Onderzochte locaties:
 - Ontmoetingen ter hoogte van de bocht van Bath
 - Ontmoetingen ter hoogte van de Ballastplaat (boei 78)
 - Ontmoetingen ter hoogte van de Europaterminal

Agenda

- Inleiding
- Scope/onderzoek
- Simulaties
 - Input
 - Locaties
 - Evaluatie
- Vervolg

Real-time simulatie

- Reeks van 10 dagen simulatievaarten:
 - Uitgevoerd met **grotere containerschepen**
 - **Gekoppelde simulatoren !!!!:**
 - Op beide simulatoren werd er met een containerschip met grote afmetingen gevaren.
 - Eén simulatorschip (2 loodsen) in afvaart en het andere simulatorschip (2 loodsen) in opvaart
 - **Oeverzuigingsmodule** op basis van definitieve resultaten uit onderzoek 778
 - **Squat berekeningen**



Nadruk op resultaten uit de tweede reeks simulatievaarten (2007)

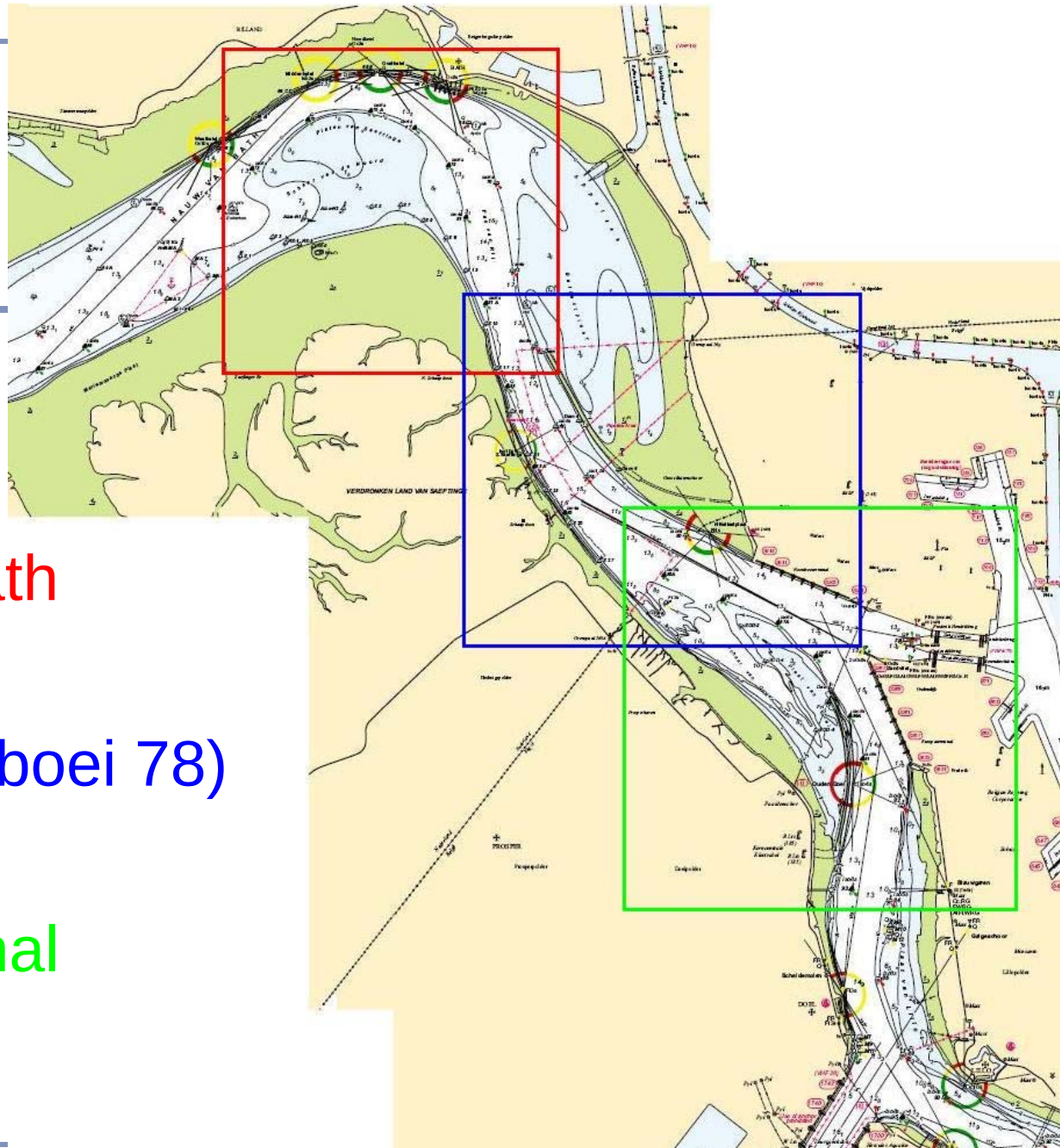
Simulatievaarten 2007

Onderzochte locaties

- Uit de eerste reeks simulatievaarten (2006) bleek:
 - Ontmoetingen ter hoogte van **Hansweert** konden **steeds zonder problemen** uitgevoerd worden. Vooral een **verkeerstechnisch probleem** (moeilijk te simuleren op simulator waarbij de loods op voorhand ingelicht werd over de gesimuleerde vaart.)
 - Oploopmanoeuvres ter hoogte van **Saeftinge** gebeuren **zonder moeilijkheden**
- Tweede reeks scenariovaarten (2007)
 - Bocht van Bath
 - Ballastplaat (boei 78)
 - Europaterminal

Locaties

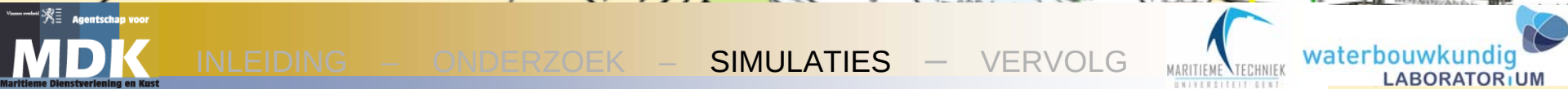
- Bocht van Bath
- Ballastplaat (boei 78)
- Europaterminal



Simulatievaarten 2007

Schepen

- Twee soorten scenario's:
 - Enkel de twee simulatorschepen waren aanwezig op de rivier:
 - Startposities ongunstig gekozen en op relatief korte afstand van elkaar
 - De loodsen konden de snelheid aanpassen zodat de ongunstige ontmoetingslocatie vermeden werd
 - Ook extra vier kleinere vreemde schepen
 - Steeds één voor en één achter het simulatorschip
 - Startposities van de simulatorschepen schepen aanwezig
 - Twee afvarende en twee opvarende lagen verder van elkaar
 - In totaal vijf ontmoetingen



Simulatievaarten 2007

Onderzochte scheepconfiguraties

	MODEL U	MAERSK	CMA-CGM	MSC	MAERSK
Schaal	1	80.8	85.1	88.3	91.6
TEU	-	8400	11400	13230	14000
L_{OA} (m)	4.36	352.0	365.5	381.0	397.6
L_{PP} (m)	4.106	331.8	349.5	362.4	376.0
B (m)	0.53	42.8	48.4 (45.1)	51 (46.8)	56.4 (48.5)
T_1 (m)	0.181	14.61	15.41	15.98	16.57
T_2 (m)	0.168	13.61	14.30	14.83	15.38
T_3 (m)	0.15	12.16	12.77	13.24	13.74

- Eerste simulatievaarten 2006
- Tweede simulatievaarten 2007

Simulatievaarten 2007

Bodemprofiel

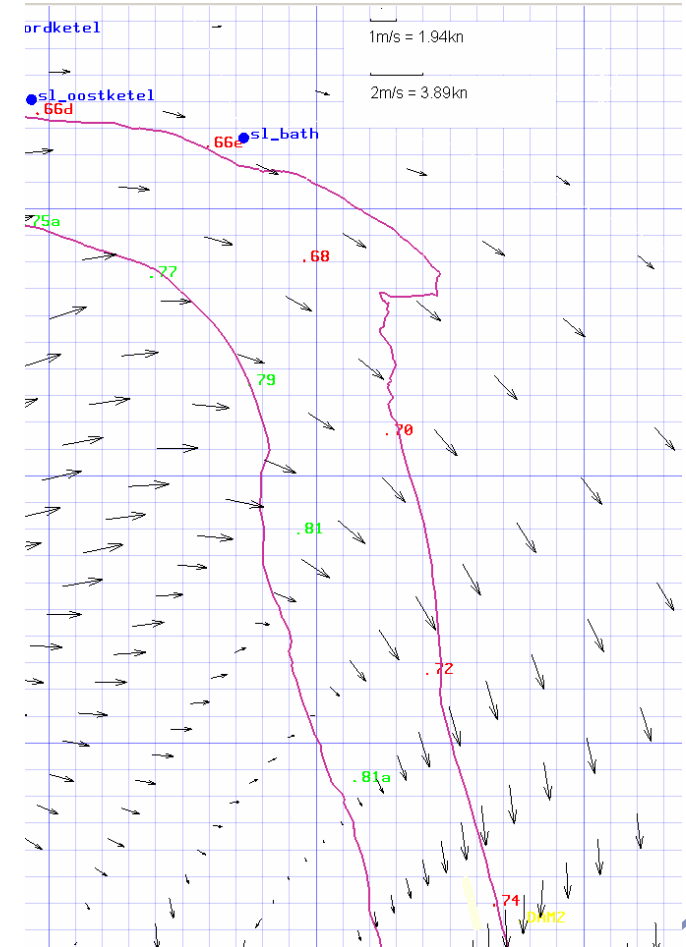
- **Bodemprofiel** op basis van de meest recente bodemgegevens voorhanden in **januari 2007**
- Het bodemprofiel werd **niet** aangepast aan de geplande **derde verdieping** van de Westerschelde



Simulatievaarten 2007

Stroming & Wind

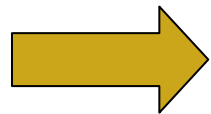
- Op elke onderzochte locatie werden er twee (extreemste) stromingscondities onderzocht:
 - Volle vloed: één uur voor hoog water
 - Volle eb: twee uur voor laag water
- De windrichting was steeds WZW
- De gemiddelde windsterkte bedroeg 5 Beaufort
- Pieken tot 7 Beaufort



Simulatievaarten 2007

Evaluatie

- 112 ontmoetingen werden uitgevoerd:
 - Twee simulatorschepen per vaart dienden onderzocht te worden (opvaart & afvaart)
 - 224 scheepstrajecten werden onderzocht



Een overzichtelijke evaluatie drong zich op !

Simulatievaarten 2007

Evaluatie

- De trajecten van beide vaarten worden gevisualiseerd
- De positie waar de **beide simulatorschepen** elkaar ontmoeten, wordt aangeduid met een **zandloper-symbool**
- Ontmoetingen tussen een **simulatorschip** en een **vreemd schip** worden aangeduid met een **ster-symbool**



Simulatievaarten 2007

Evaluatie

- Elke ontmoeting beoordeeld op basis van 2 of 3 elementen:
 - Tussenaafstand
 - Minimale afstand tot boeien die in verband gebracht kan worden met de ontmoeting
 - Gegenerateerde golf ter hoogte van de Europaterminal, berekend op basis van de gerespecteerde afstand tot de kaaimuur en de plaatselijke snelheid door het water

Simulatievaarten 2007

Evaluatie

- Tussenaafstand: **kleinste afstand** tussen de scheepsrompen

BEOORDELING VOORTUSSENAFSTANDEN

tussenaafstand $\geq 70\text{m}$	1
tussenaafstand $\in [50\text{m}, 70\text{m}[$	2
tussenaafstand $\in [30\text{m}, 50\text{m}[$	3
tussenaafstand $< 30\text{m}$	4

Simulatiewaarten 2007

Evaluatie

- Boeiafstanden: **kleinste boeiafstand** die in verband kan gebracht worden met de ontmoeting

BEOORDELING VOOR BOEIAFSTANDEN	
boeiafstand $\geq 40\text{m}$	1
boeiafstand $\in [25\text{m}, 40\text{m}[$	2
boeiafstand $\in [12\text{m}, 25\text{m}[$	3
boeiafstand $< 12\text{m}$	4

Simulatievaarten 2007

Evaluatie

- Gegeneerde golfhoogte ter hoogte van de Europaterminal (afvarende schepen)

BEOORDELING VOOR GOLFHOOGTE	
golfhoogte < 0.3m	1
golfhoogte $\in [0.3\text{m}, 0.45\text{m}[$	2
golfhoogte $\in [0.45, 0.6\text{m}[$	3
golfhoogte > 0.6m	4

Simulatiewaarten 2007

Evaluatie

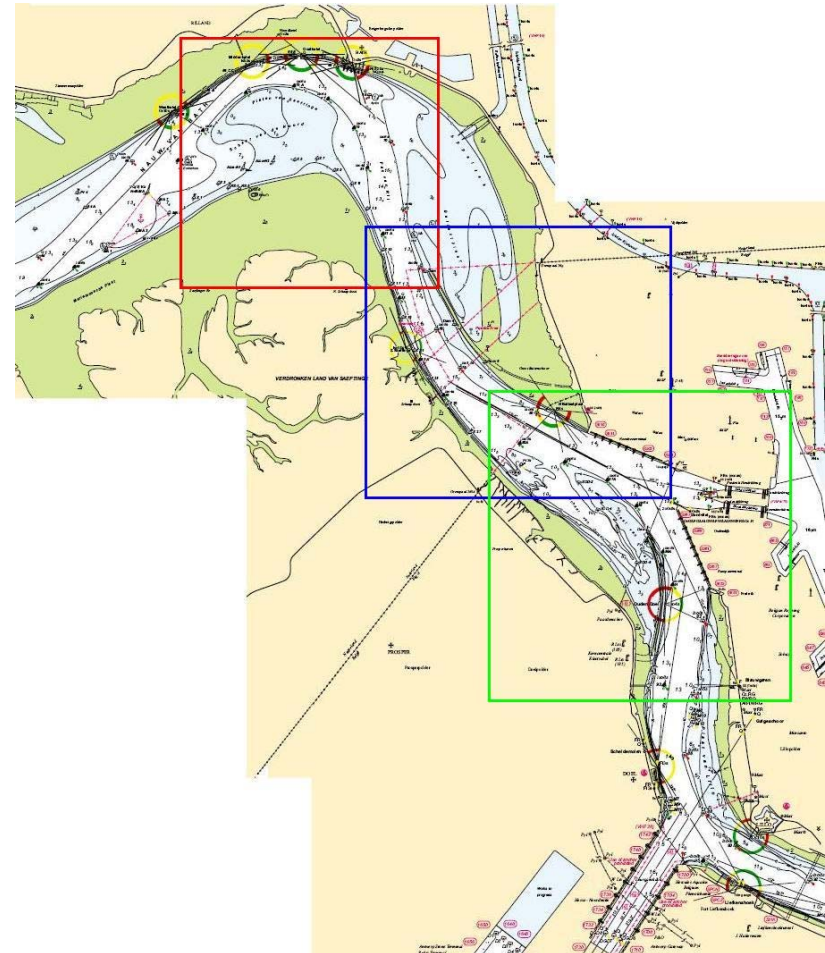
- Aan de hand van de drie beoordelingscijfers kan een **gecombineerd beoordelingscijfer** per ontmoeting berekend worden
- zie volgende slide

	BEOORDELING VOOR TUSSENAFSTANDEN	tussenaafstand $\geq 70\text{m}$	tussenaafstand $\in [50\text{m}, 70\text{m}[$	tussenaafstand $\in [30\text{m}, 50\text{m}[$	tussenaafstand $< 30\text{m}$
BEOORDELING VOOR BOEIAFSTAND & GOLFHOOGTE		1	2	3	4
boeiafstand $\geq 40\text{m}$ of golfdal $< 0.3\text{m}$	1	1.0	1.5	2.0	2.5
boeiafstand $\in [25\text{m}, 40\text{m}[$ of golfdal $\in [0.3\text{m}, 0.45\text{m}[$	2	1.5	2.0	2.5	3.0
boeiafstand $\in [12\text{m}, 25\text{m}[$ of golfdal $\in [0.45, 0.6\text{m}[$	3	2.0	2.5	3.0	3.5
boeiafstand $< 12\text{m}$ of golfdal $> 0.6\text{m}$	4	2.5	3.0	3.5	4.0

Simulatievaarten 2007

Evaluatie per locatie

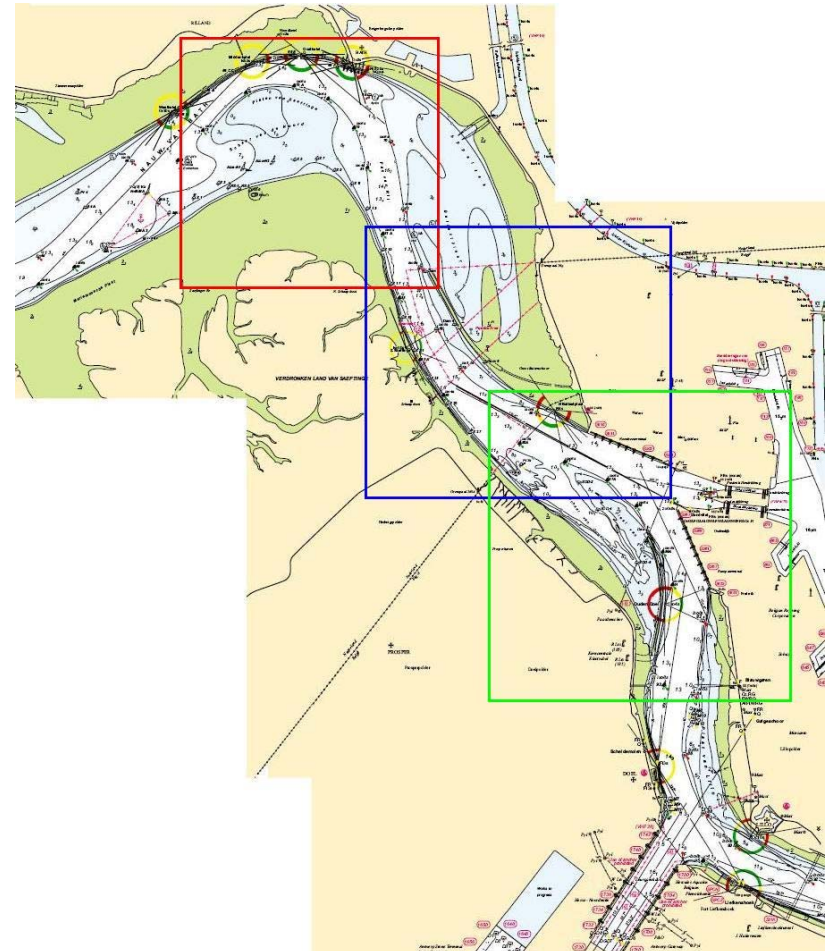
- Bocht van Bath
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Ballastplaat
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Europaterminal
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming



Simulatievaarten 2007

Evaluatie per locatie

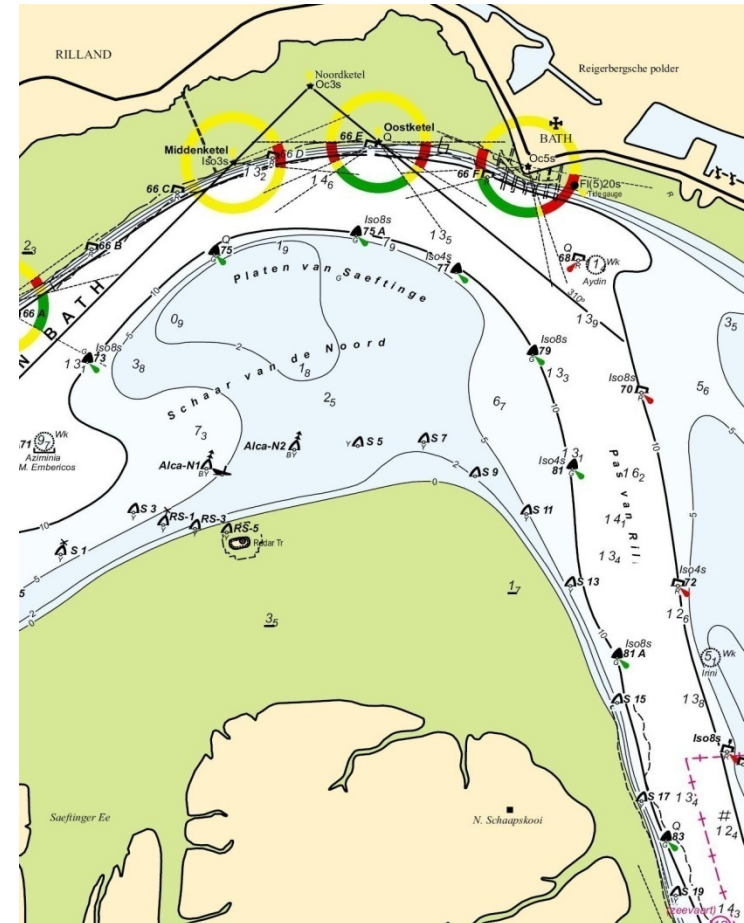
- Bocht van Bath
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Ballastplaat
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Europaterminal
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming



Simulatievaarten 2007

Bocht van Bath: volle eb

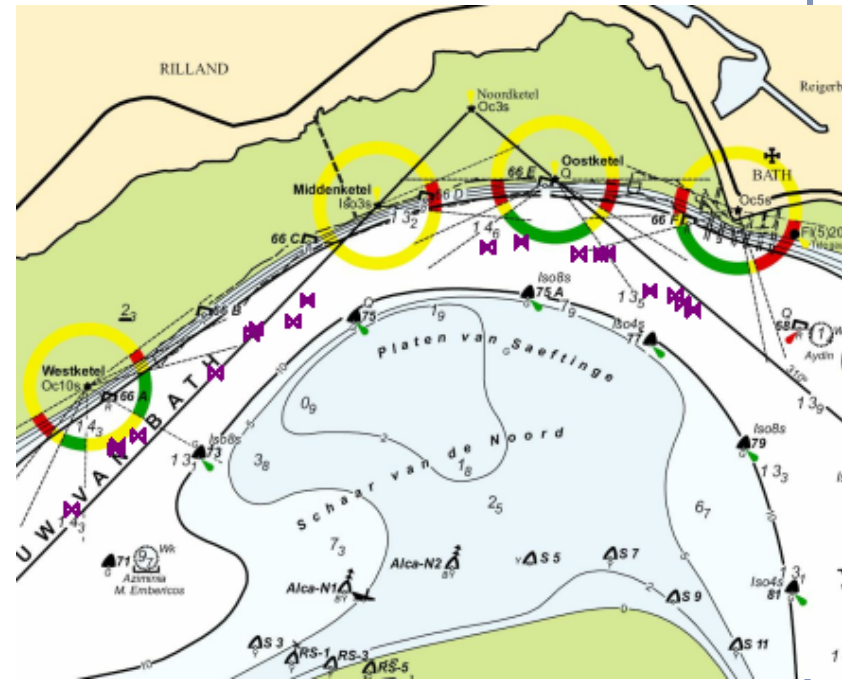
- **Situatieschets:**
 - Kleine bochtstraal : 1500m
 - Steile oevers dichtbij de boeienlijn aan de noordelijke oever.
 - Smalle vaarweg: 350m
 - Moeilijkste situatie voor het afvarende schip



Bocht van Bath: volle eb

- Resultaten:

- 18 vaarten uitgevoerd met diepg. 131 dm
- 8 ontmoetingen tussen eigenschepen vormden geen probleem
- Voor 10 ontmoetingen was minstens één van de beoordelingscijfers groter dan 1

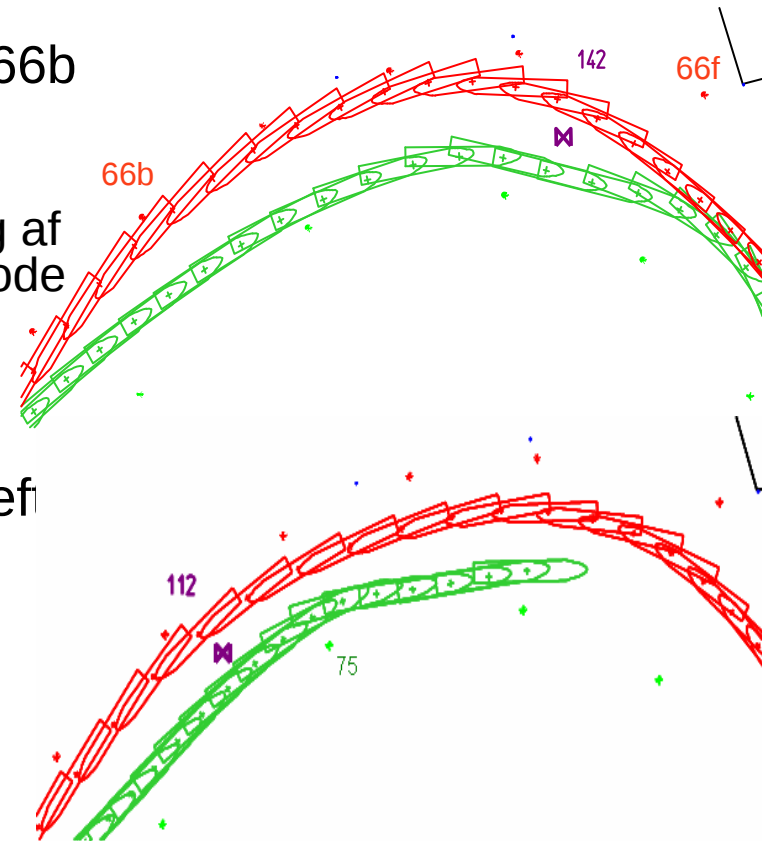


Simulatievaarten 2007

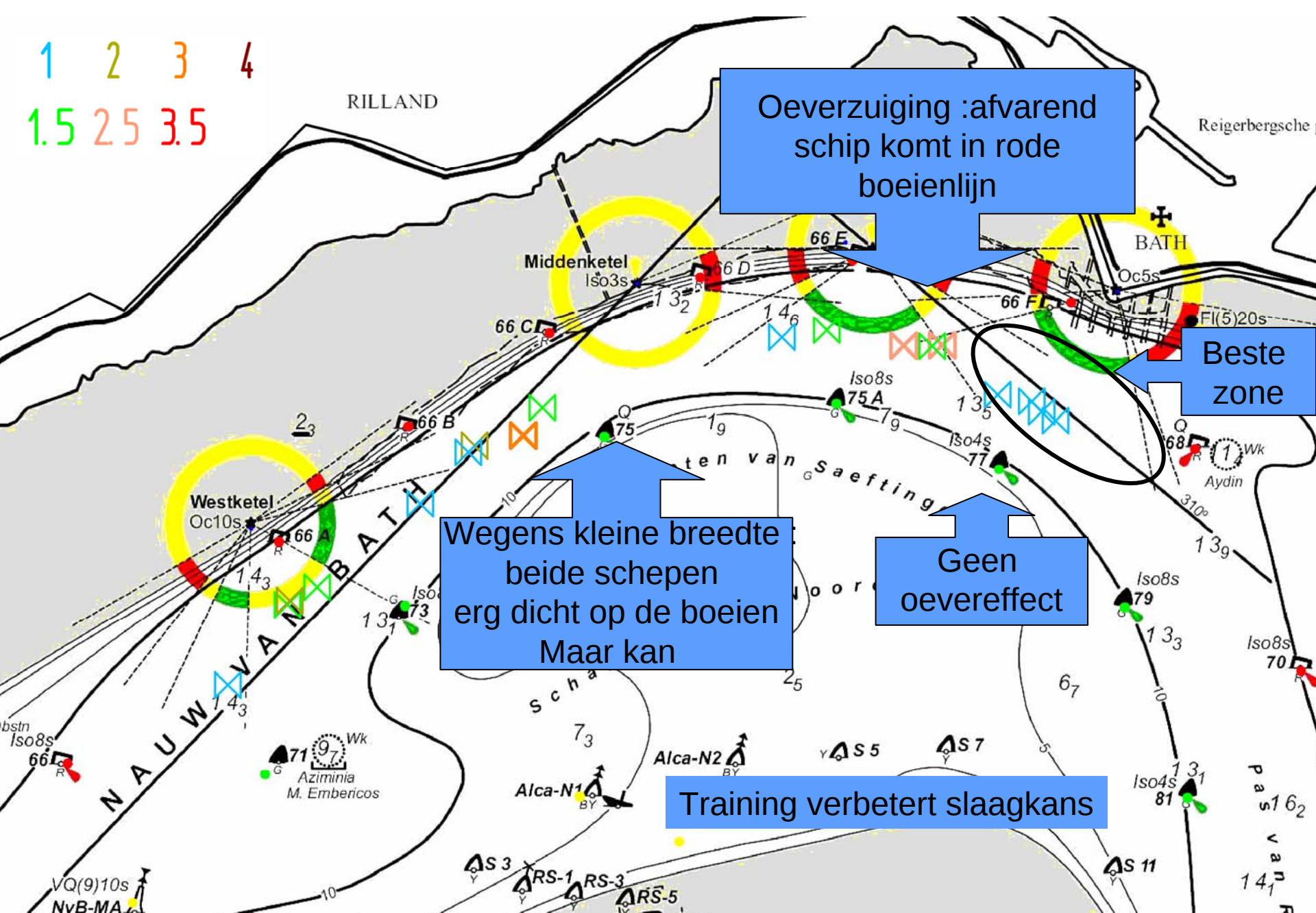
Bocht van Bath: volle eb

● Conclusie:

- Oeverzuiging tussen boei 66f en boei 66b
- Afvarend schip komt op korte afstand van rode boeienlijn
- Oever zuigt het schip aan en stoot de boeg af waardoor het schip met het hek langs de rode boeienlijn blijft scheren
- Kleine breedte van de vaarweg ter hoogte van boei 75
- Ontmoeting ter hoogte van boei 75 geeft meestal aanleiding tot een onaanvaardbare boeiafstand voor opvarend of afvarend schip



1 2 3 4
1.5 2.5 3.5



Simulatievaarten 2007

Bocht van Bath: volle eb

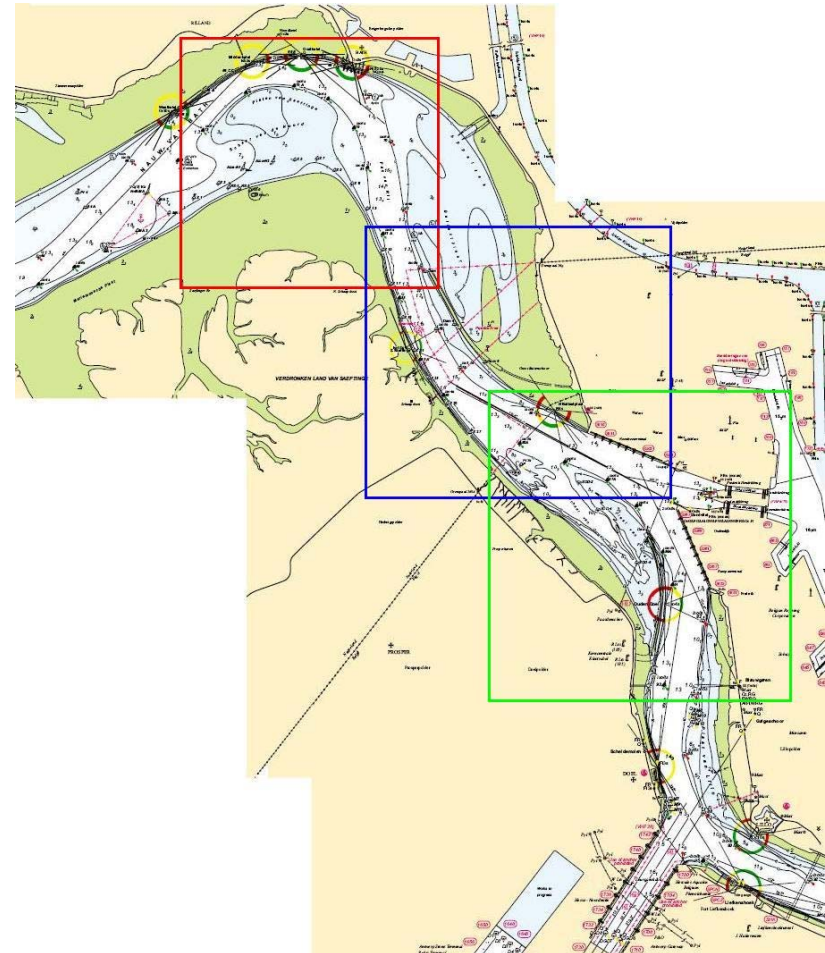
- In een groot aantal vaarten werden de vaarten wel tot een goed einde gebracht.
- Zo ook in ontmoeting nr 87 waarbij twee schepen met lengte van 397.5m elkaar ontmoetten
- Zie volgende slide



Simulatievaarten 2007

Evaluatie per locatie

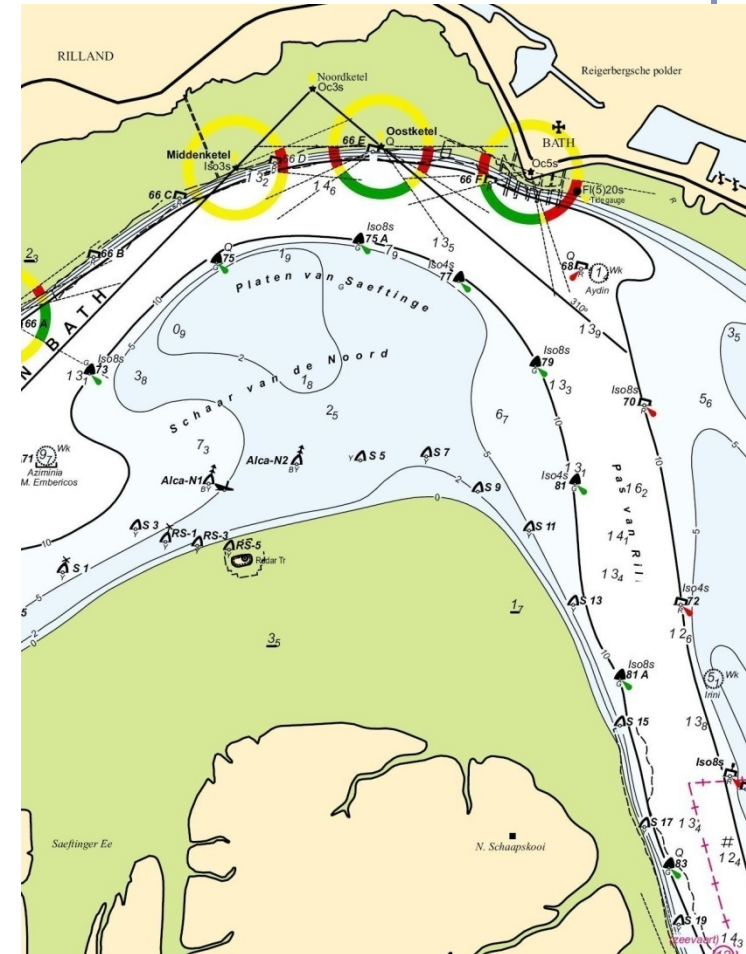
- Bocht van Bath
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Ballastplaat
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Europaterminal
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming



Simulatievaarten 2007

Bocht van Bath: volle vloed

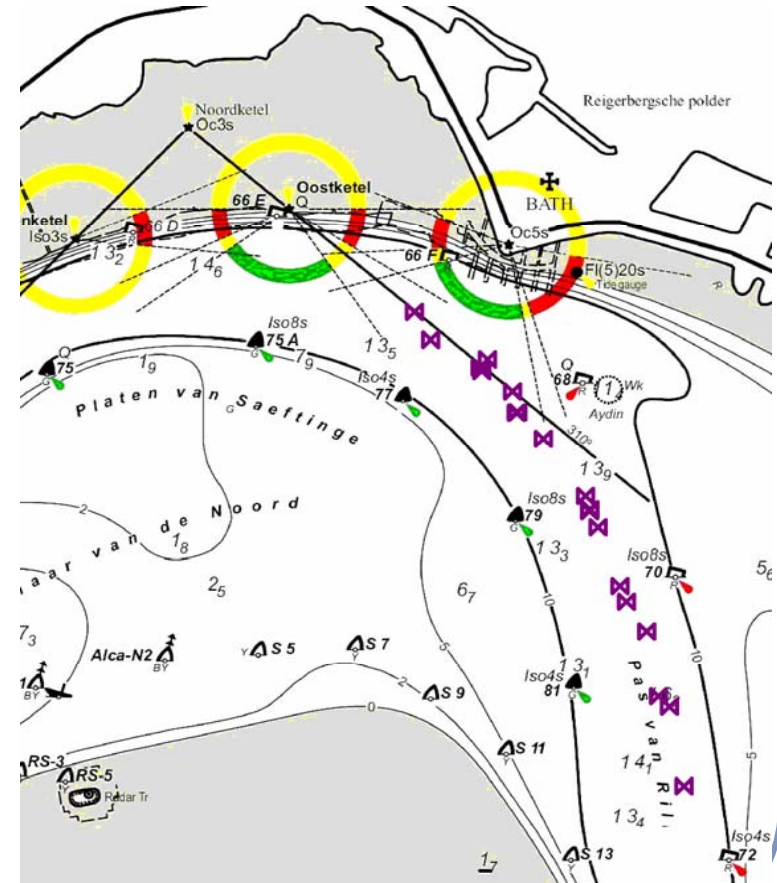
- **Situatieschets**
 - Kleine bochtstraal :1500m
 - Steile oevers dichtbij de boeienlijn aan de noordelijke oever.
 - Smalle vaarweg: 350m
 - Moeilijkste situatie onder invloed van de vloedstroming.



Bocht van Bath: volle vloed

● Resultaten

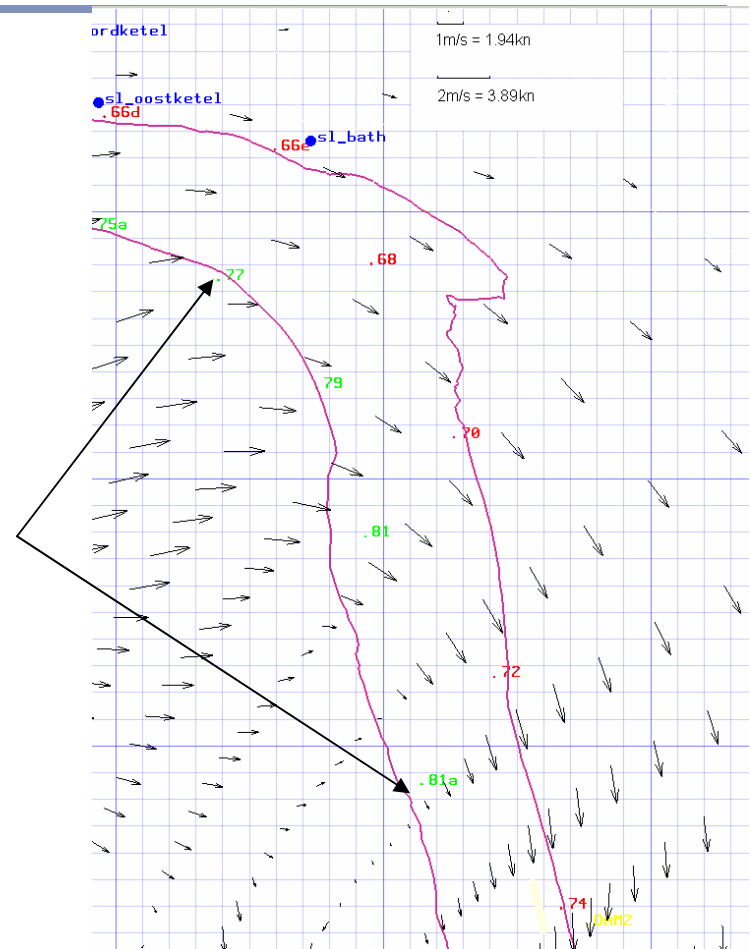
- 20 vaarten uitgevoerd
zowel 131dm als 145 dm
- 7 ontmoetingen tussen
eigenschepen vormden
geen probleem
- Voor 13 ontmoetingen was
minstens één van de
beoordelingscijfers groter
dan 1



Simulatievaarten 2007

Bocht van Bath: volle vloed

- Knelpunt
 - Vloedstroming
 - Door de hoge waterstand stroomt er water over de platen van Saeftinge
 - Belangrijke dwaarsstroming tot 1.86 kn tussen boei 77 en boei 81a



Simulatiewaarten 2007

Bocht van Bath: volle vloed

- Ontmoeting in de zone tussen boei 70 en boei 72 is moeilijk maar **niet onoverkomelijk**
- Voorbeeld van een geslaagde ontmoeting ten noorden van boei 72.
- Zeer veel parameters beïnvloeden de ontmoetingsplaats. **Training** kan ontmoetingen bij deze conditie ondersteunen.

Simulatievaarten 2007

Bocht van Bath: volle vloed

- Enkele cijfers:

20 vaarten

- Contact schip – boei: 7 vaarten contact tussen afvarend simulatorschip en een rode boei (68, 70 of 72)
- Tussenafstand simulatorschepen:
 - 16 vaarten tussenafstand $> 69\text{m}$
 - 4 vaarten tussenafstand simulatorschepen 56m tot 69m
 - geen vaarten tussenafstand simulatorschepen kleiner dan 56m

Simulatievaarten 2007

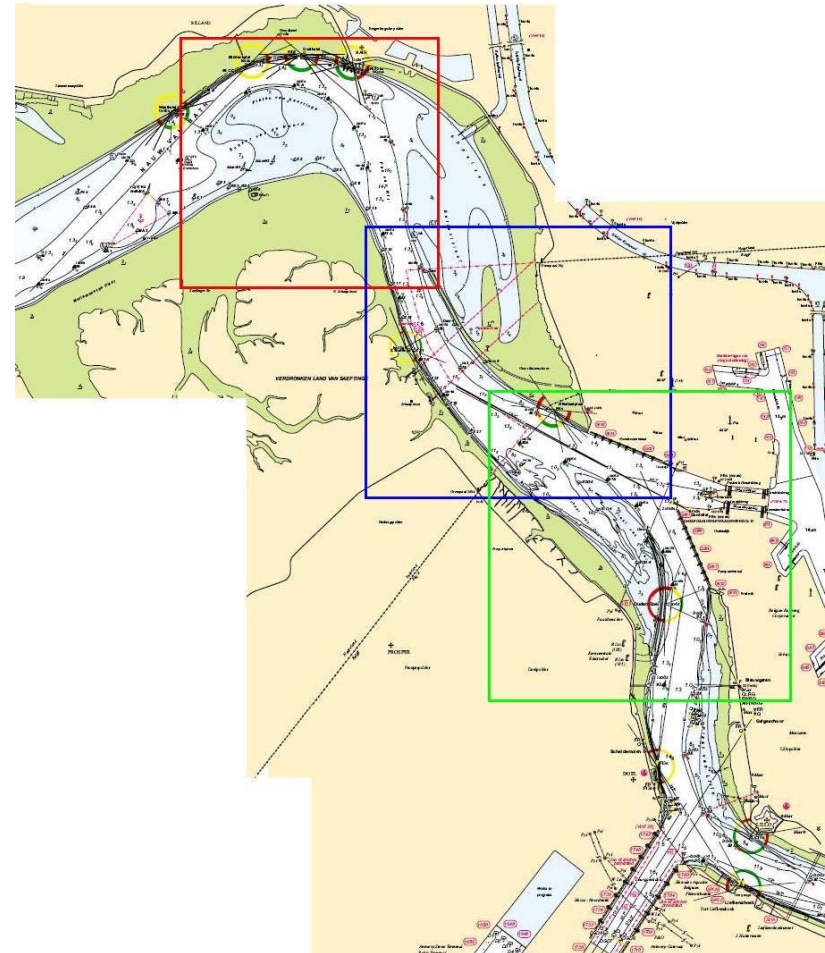
Bocht van Bath: volle vloed

- Conclusies:
 - De enige **oorzaak** van het niet slagen van een aantal vaarten was de **vloedstroming** (stroomsnelheid: 3kn - 1.8 dwars)
 - Indien een dergelijke vloedstroming optreedt lijken **ontmoetingen** in de zone tussen **boei 70 en 72 te vermijden**
 - De resultaten van deze vaarten kunnen door **training** verbeterd worden (motivatie: enkele geslaagde vaarten ondanks ongunstige ontmoetingspositie).

Simulatievaarten 2007

Evaluatie per locatie

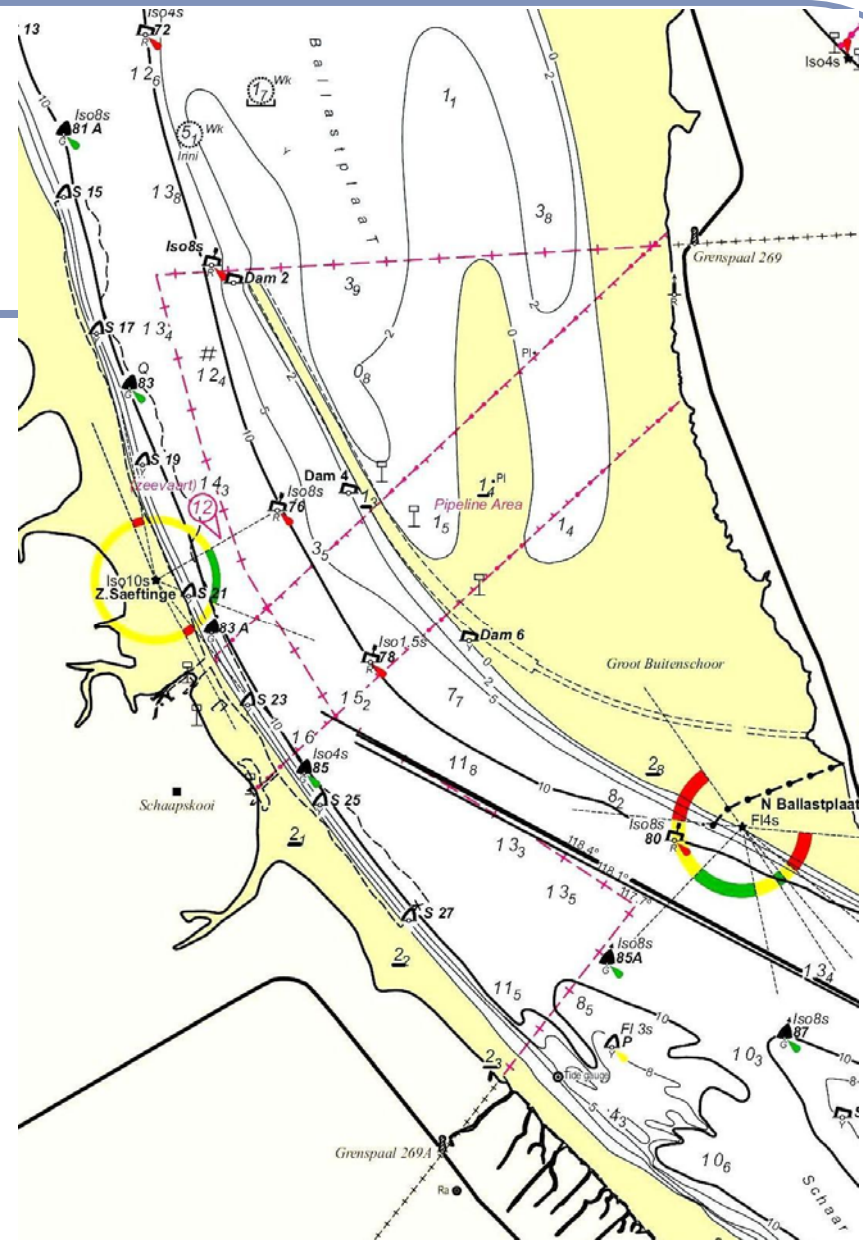
- Bocht van Bath
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Ballastplaat
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Europaterminal
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming



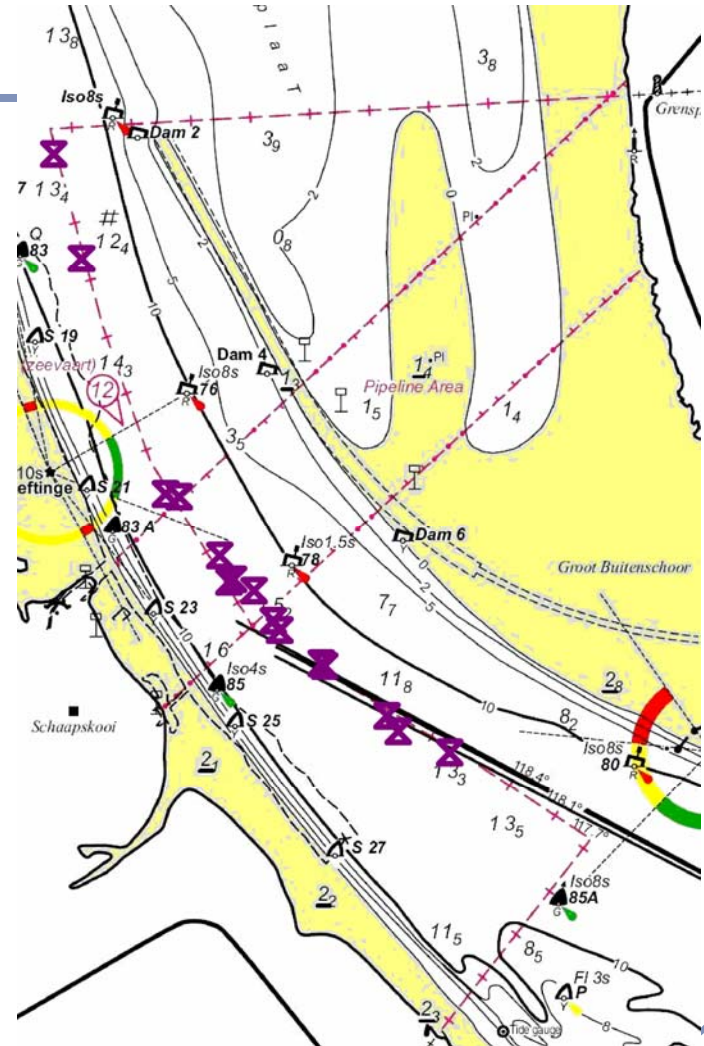
Simulatievaarten

Ballastplaat: volle eb

- Situatieschets
 - Oevereffecten tussen boei 78 en boei 80 bemoeilijken bochten naar stuurboord in afvaart
 - Kleine waterdiepte in dezelfde zone
 - Wordt door de loodsen als relatief eenvoudig bestempeld



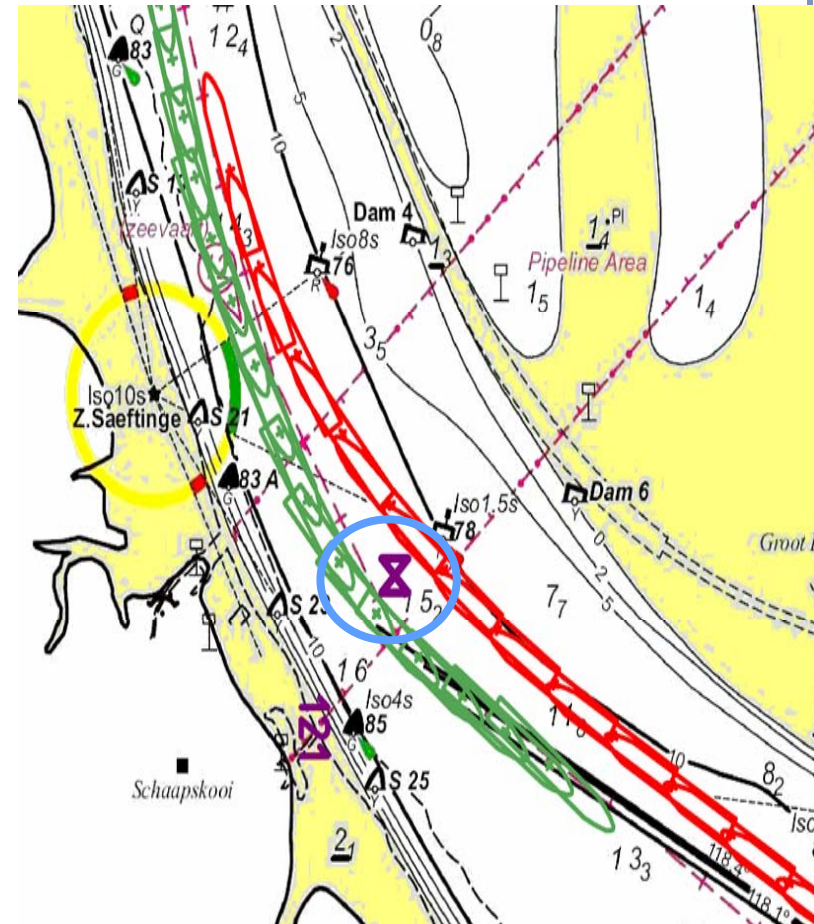
- Resultaten
 - 15 vaarten uitgevoerd met 131 dm
 - 11 ontmoetingen tussen eigenschappen vormden geen probleem
 - Voor 4 ontmoetingen was minstens één van de beoordelingscijfers groter dan 1



Simulatievaarten 2007

Ballastplaat: volle eb

- Oevereffecten
 - **Belangrijke oevereffecten** afvarend schip indien volgende voorwaarden terzelfder tijd vervuld zijn:
 - grote snelheid door het water (>12kn)
 - kleine afstand tot boei 78 (<50m)
 - De oevereffecten zorgen ervoor dat het afvarende schip minder snel kan bochten
 - In geen van de vaarten werd de afstand tussen simulatorschepen onaanvaardbaar (minstens 83m)



Simulatievaarten 2007

Ballastplaat: volle eb

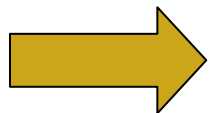
- Een ontmoeting tussen twee schepen met lengte van 397.5m werd tot een goed einde gebracht ondanks de minder gunstige ontmoetingslocatie
- Zie volgende figuur



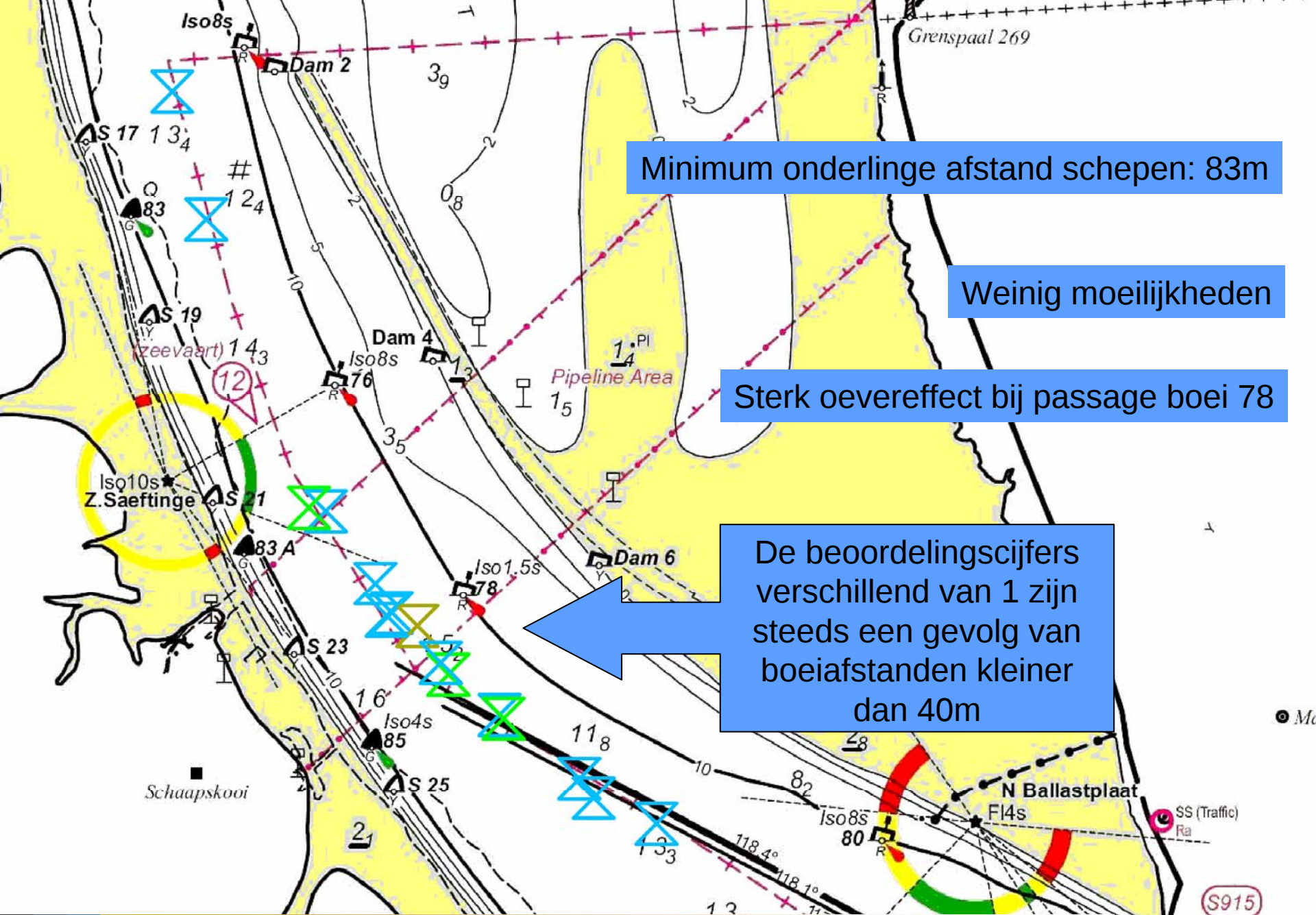
Simulatievaarten 2007

Ballastplaat: volle eb

- Enkele cijfers:
 - 15 vaarten
 - Afwijkend beoordelingscijfer steeds te wijten aan kleine boeiafstand in de buurt van de ontmoeting
 - In 1 vaart werd er gebotst met boei 78
 - Minimale afstand tussen simulatorschepen: 83m



Simulaties ter hoogte van boei 78 bij ebstroming gaan gepaard met **weinig moeilijkheden**



Minimum onderlinge afstand schepen: 83m

Weinig moeilijkheden

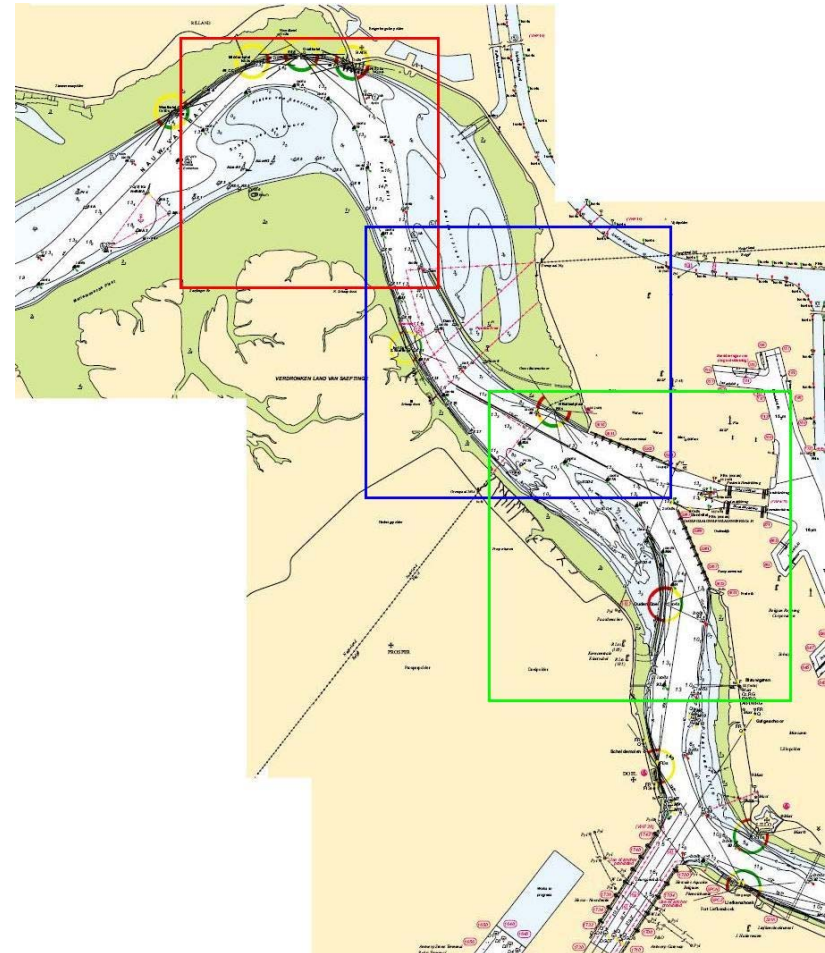
Sterk oevereffect bij passage boei 78

De beoordelingscijfers
verschillend van 1 zijn
steeds een gevolg van
boeiafstanden kleiner
dan 40m

Simulatievaarten 2007

Evaluatie per locatie

- Bocht van Bath
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Ballastplaat
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Europaterminal
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming



The map illustrates the Ballastspoor area, featuring several key locations and infrastructure:

- Dams:** Dam 2, Dam 4, and Dam 6 are marked along the central waterway.
- Pipeline Area:** A designated zone for pipeline infrastructure is shown near Dam 4.
- Isobars and Contours:** Numerous contour lines are labeled with values such as 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821

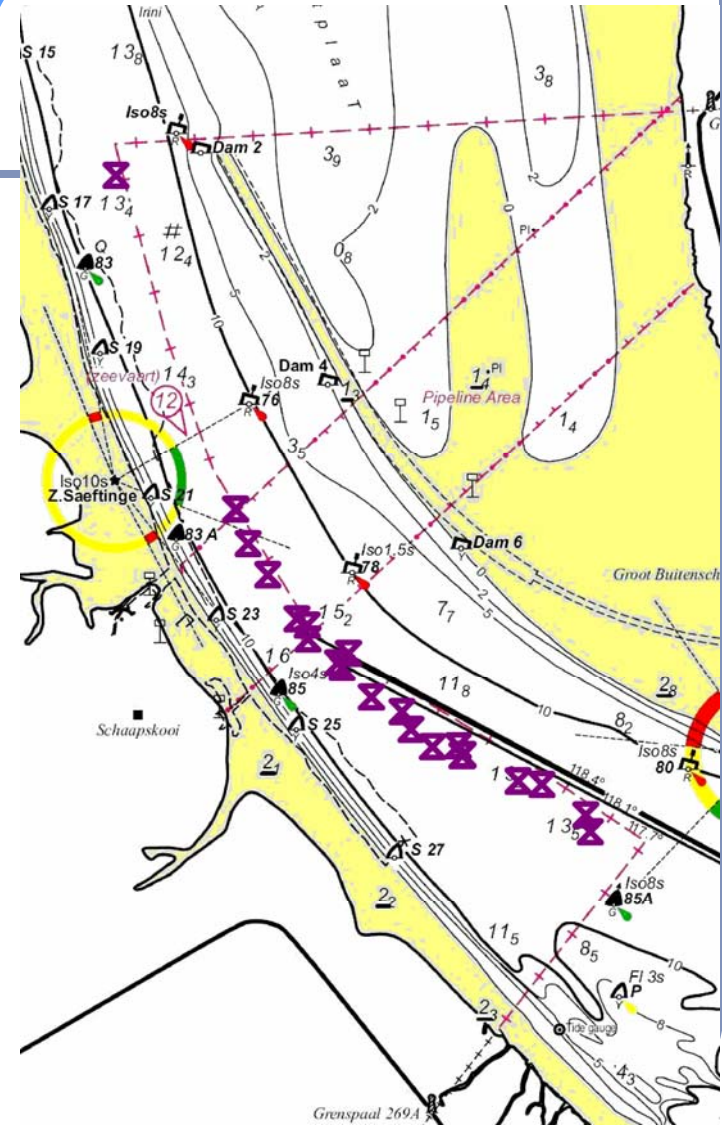
- Vloedstroming genereert dwarsstroming tussen boei 85 en boei 85a
- Grotere afstand gerespecteerd tussen afvarend schip en rode boeienlijn

Simulatievaarten 2007

Ballastplaat: volle vloed

- Resultaten

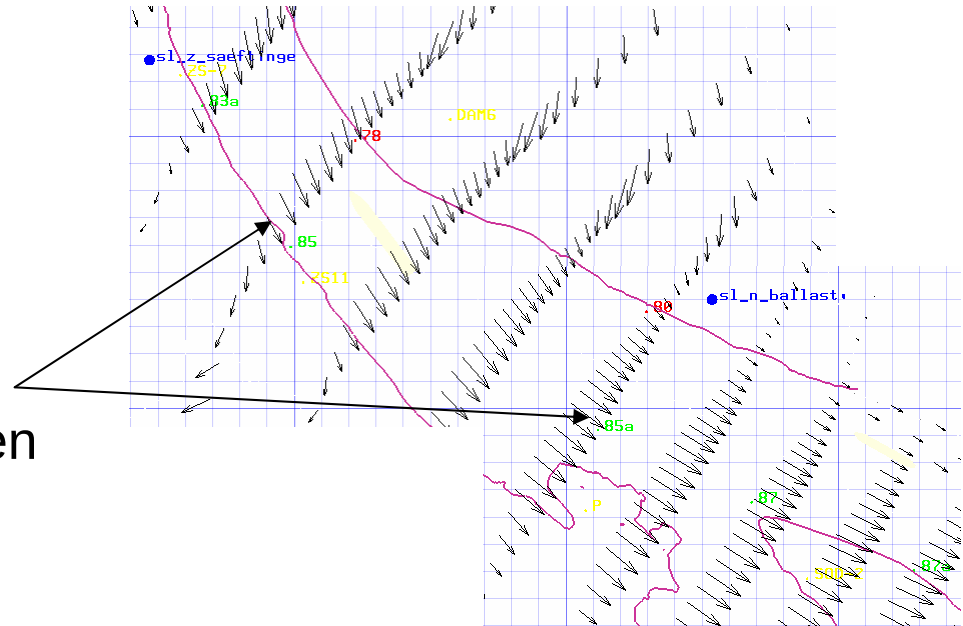
- 21 vaarten uitgevoerd met 131 dm en 145 dm
- 15 ontmoetingen tussen eigenschepen vormden geen probleem
- Voor 6 ontmoetingen was het beoordelingscijfer op basis van boeiafstanden groter dan 1

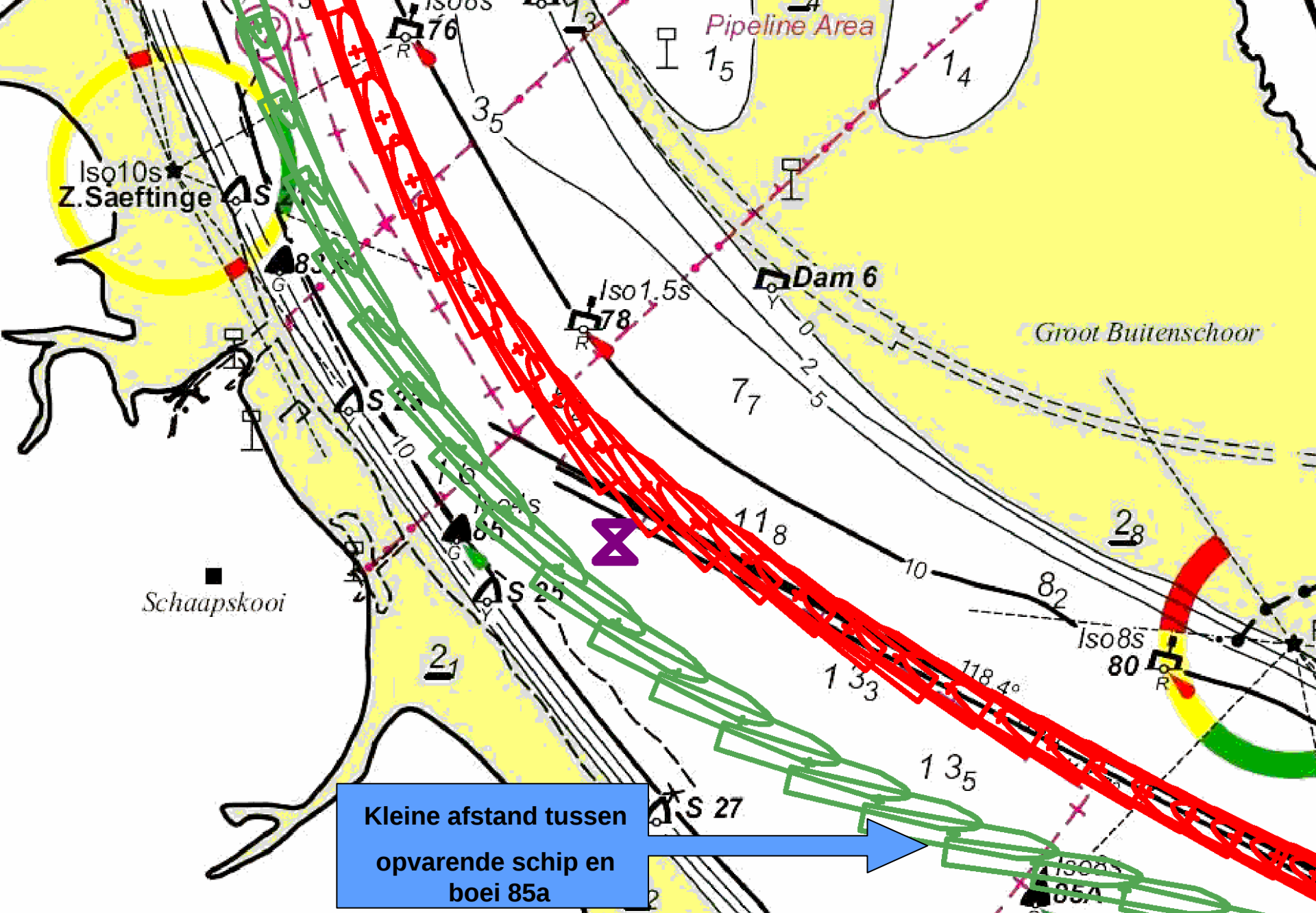


Simulatievaarten 2007

Ballastplaat: volle vloed

- Knelpunt
 - Vloedstroming
 - Belangrijke dwarsstroming tussen boei 85 en boei 85a
 - Resulteert soms in botsing met boei 85a



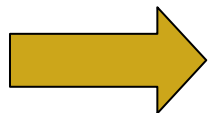


Kleine afstand tussen
opvarende schip en
boei 85a

Simulatievaarten 2007

Ballastplaat: volle vloed

- Enkele cijfers:
 - 21 vaarten
 - Afwijkend beoordelingscijfer steeds te wijten aan kleine boeiafstand in de buurt van de ontmoeting
 - In 1 vaart werd er gebotst met boei 85a
 - In 1 vaart werd er gebotst met boei 81a
 - Minimale afstand tussen simulatorschepen: 76m



weinig moeilijkheden

Weinig problemen - hoge reserve roergebruik

Moeilijkheden tijdens ontmoetingen steeds te wijten aan een onaanvaardbare afstand tussen opvarend schip en de groene boeienlijn

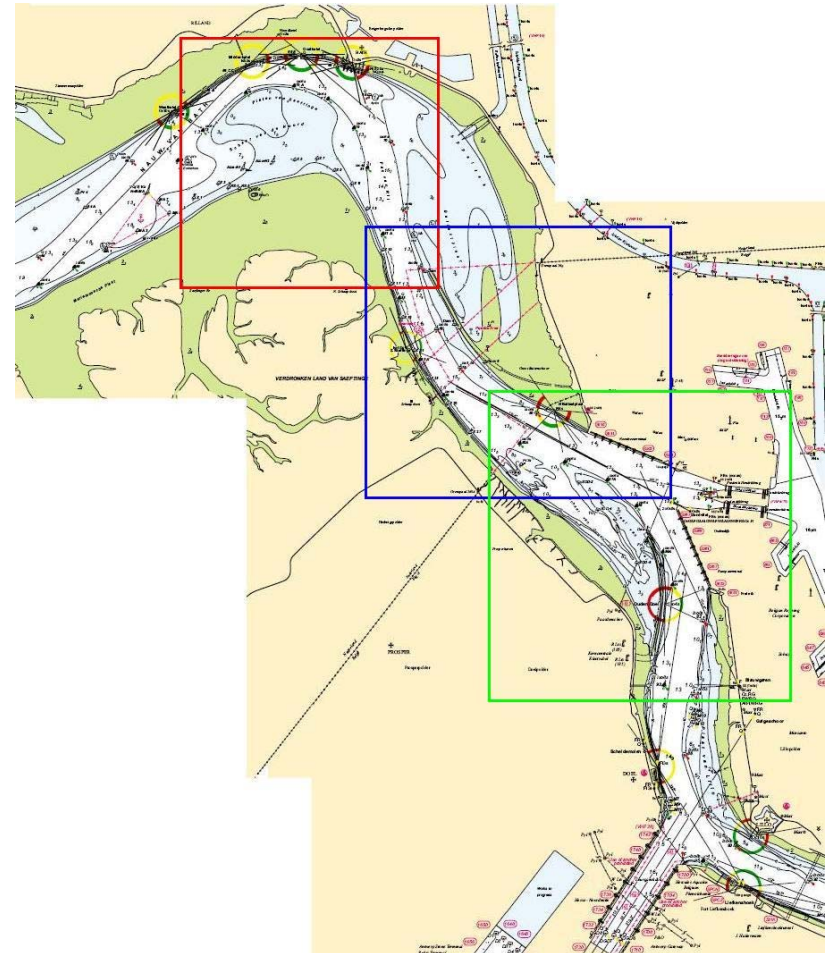
Minimum onderlinge afstand schepen: 76m

Dwarsstroom tussen 85 en 85A niet onderschatten

Simulatievaarten 2007

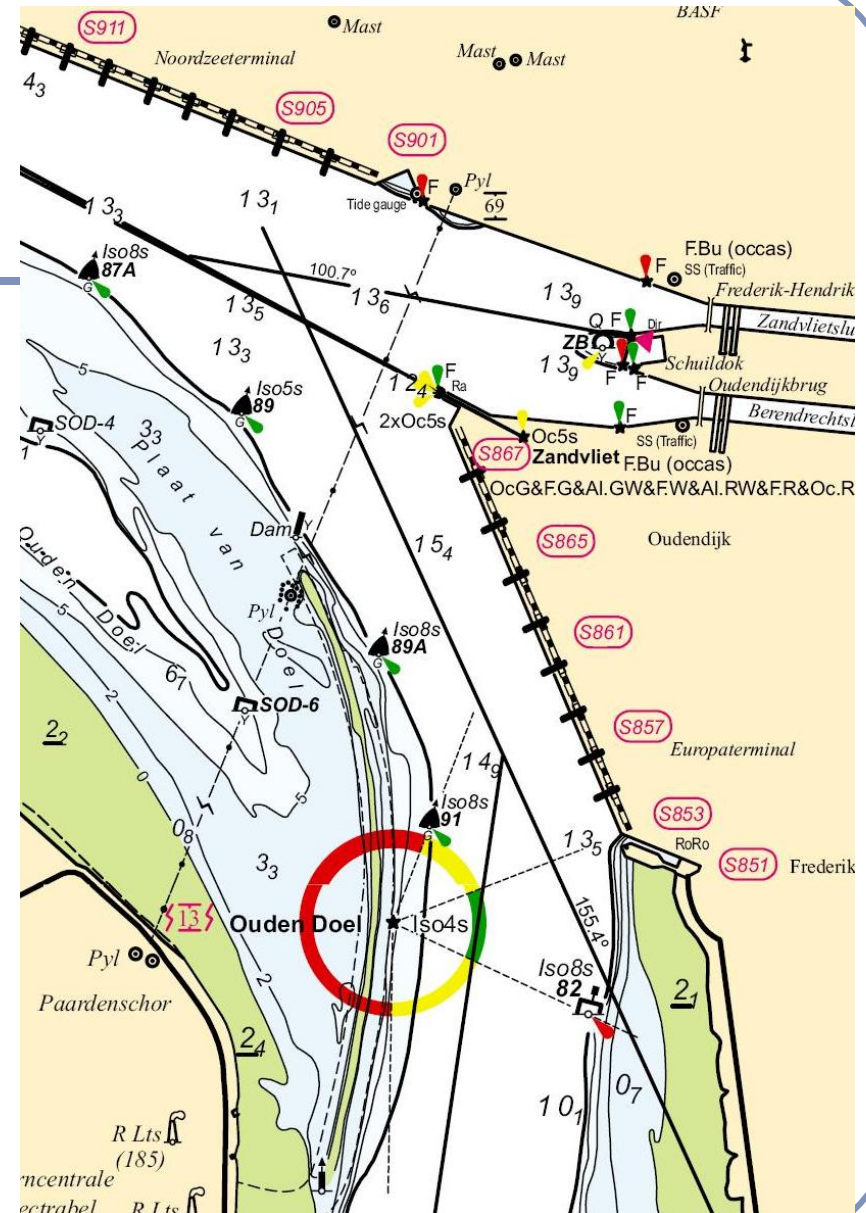
Evaluatie per locatie

- Bocht van Bath
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Ballastplaat
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Europaterminal
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming



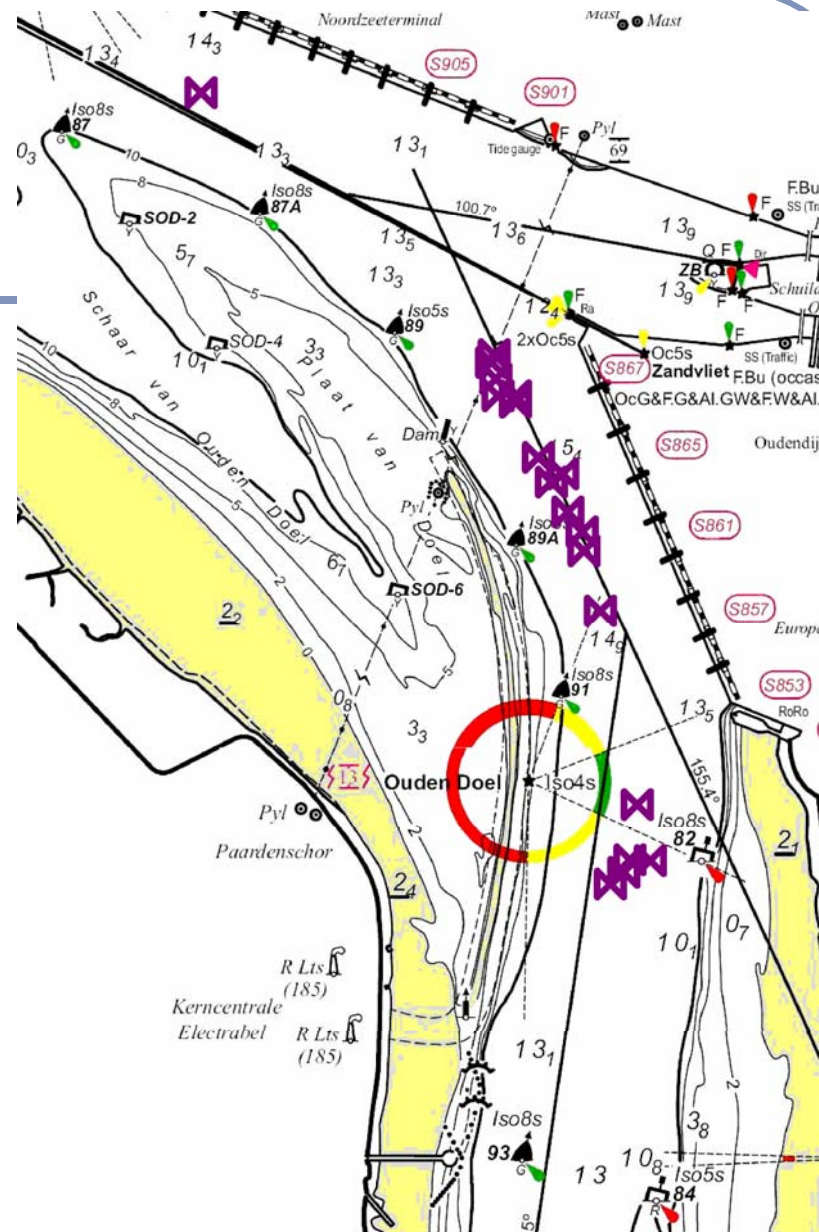
Europaterminal: volle eb

- Situatieschets
 - Steile oever (strekdam) ter hoogte van groene boeienlijn
 - Breedte vaarweg beperkt door aanwezigheid afgemeerde schepen
 - Beperking golfhoogte gegenereerd door afvarend schip.



Europaterminal: volle eb

- Resultaten
 - 19 vaarten uitgevoerd met 131 dm & 145 dm
 - 10 ontmoetingen tussen eigen schepen vormden geen probleem
 - Voor 9 ontmoetingen was minstens één van de beoordelingscijfers groter dan 1

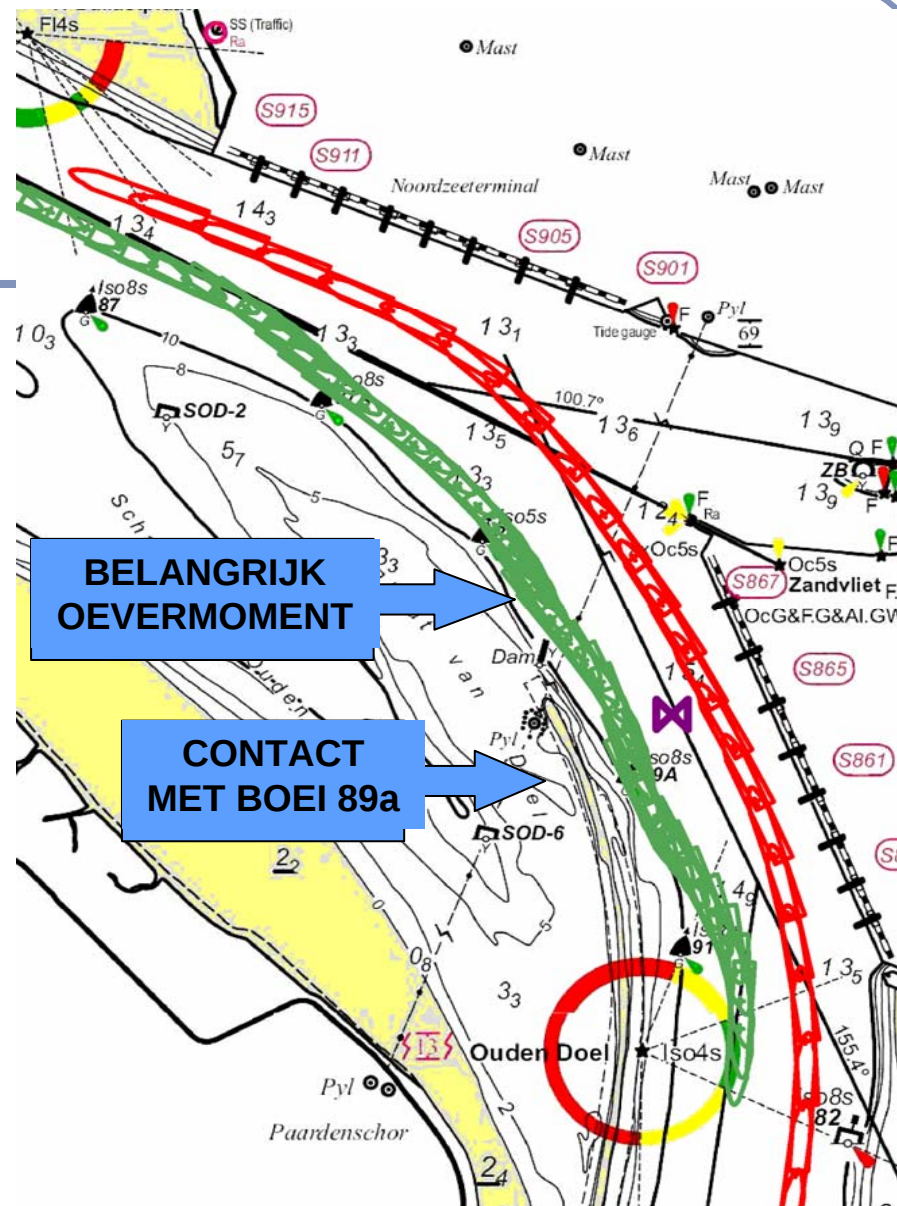


- **Knelpunten**

-

Europaterminal: volle eb

- Opvarende schepen op erg kleine afstand van groene boeienlijn
 - Oevereffecten
- 1 vaart botsing met boei 89a
- 1 vaart botsing met boei 89
- 5 vaarten afstand tot boei 89 kleiner dan 20m



[illegible]

NIET GESLAAGD

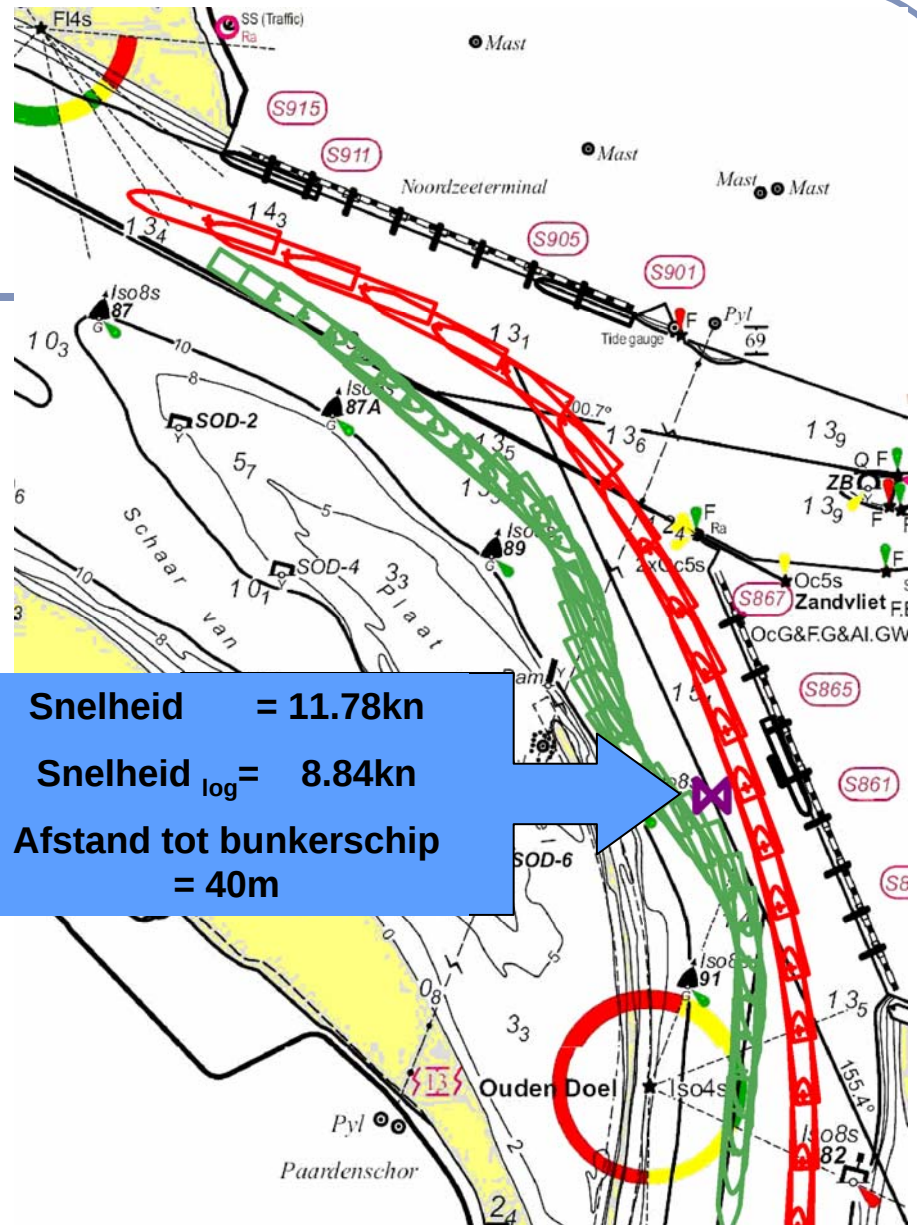
BELANGRIJK OEVERMOMENT

BOTSING MET BOEI 89a

Oude Doel

Europaterminal: volle eb

- Golfhoogte
- Europaterminal
 - Golf gegenereerd door afvarend schip kan afgemeerde schepen lostrekken van de kade
 - Beheersen van
 - Snelheid
 - Afstand tot de kaaimuur



Simulatievaarten 2007

Euroterminal: volle eb

- Enkele cijfers:
 - 19 vaarten
 - In 2 vaarten was de golfhoogte gegenereerd door het afvarende schip groter dan 0.5m
 - In 2 vaarten was er contact tussen het opvarende schip en een groene boei
 - Minimale afstand tussen simulatorschepen: 58m

Moeilijk bochten aan boei 91
Door verdieping meer kielspeling – minder oevereffect

**Ter hoogte van Europaterminal
zowel geslaagde als
niet geslaagde
ontmoetingen**

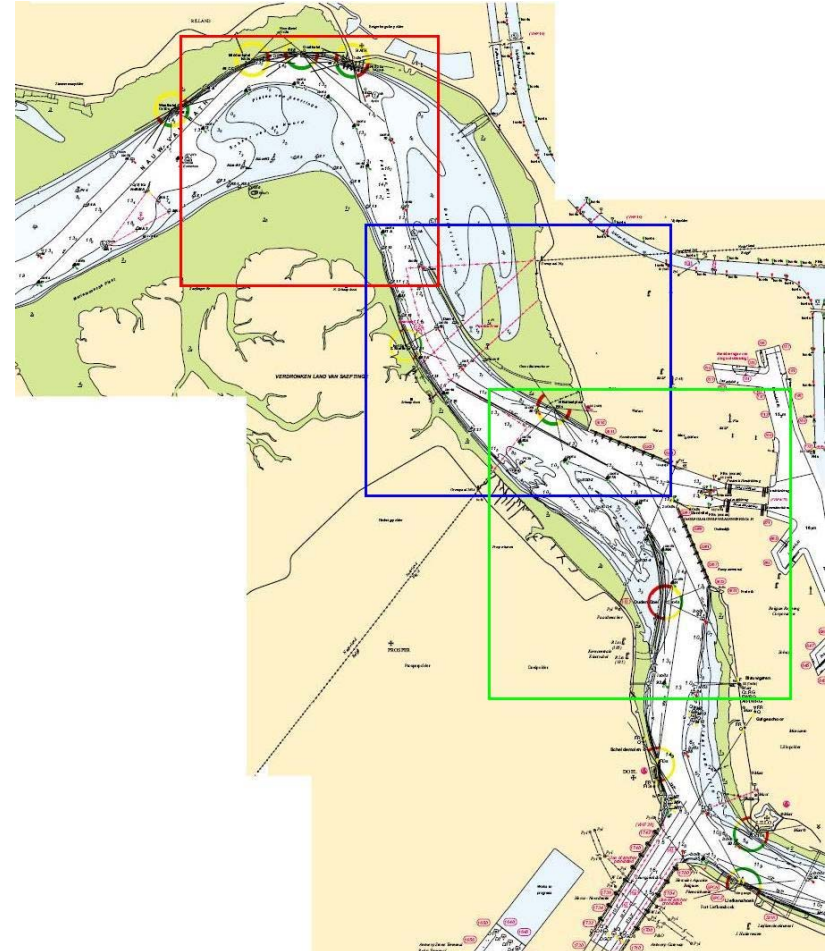
**Ontmoetingen tussen boei 89 en 82
te vermijden: botsen en/of lostrekken
afgemeerde schepen**

**Ontmoetingen ter hoogte van
boei 82 en zuidelijker werden
met goed resultaat uitgevoerd**

Simulatievaarten 2007

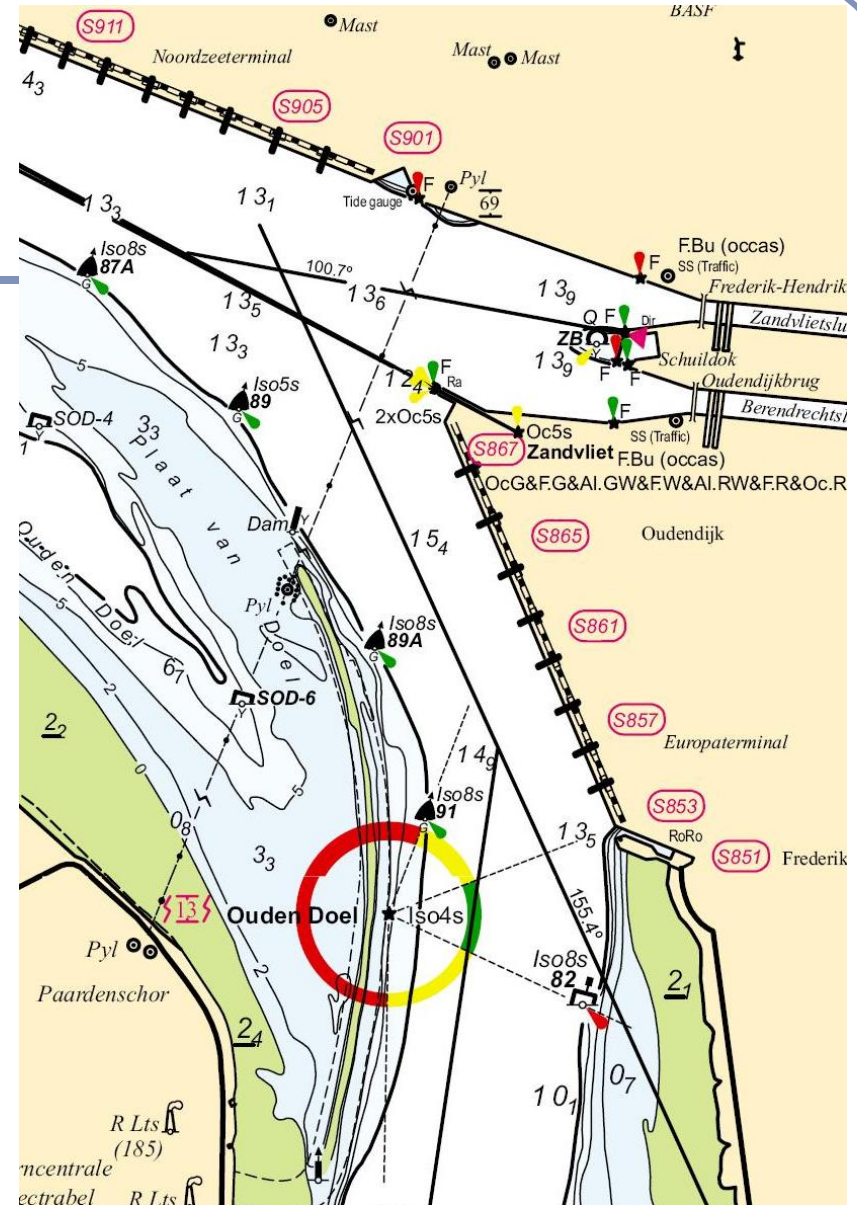
Evaluatie per locatie

- Bocht van Bath
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Ballastplaat
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming
- Europaterminal
 - Volle ebstroming
 - Volle vloedstroming



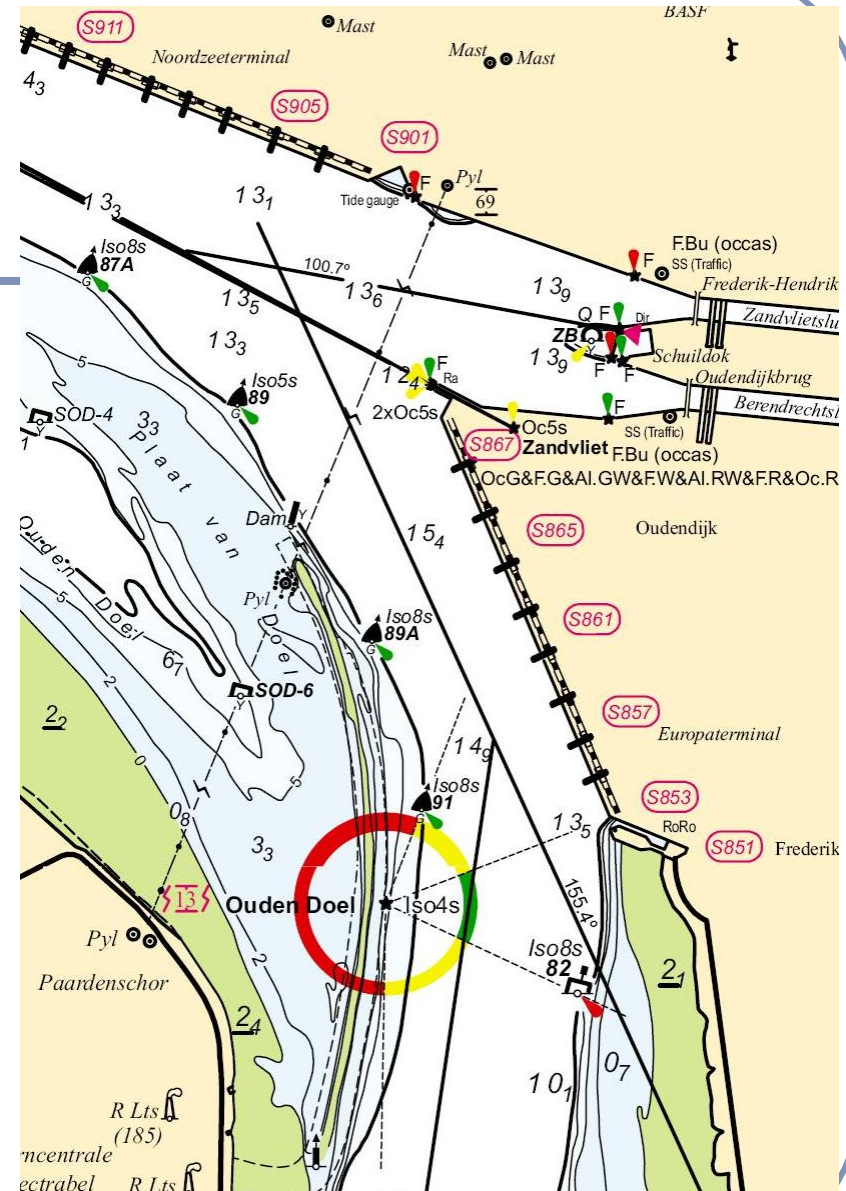
Europaterminal: volle vloed

- Situatieschets
 - Grotere afstand tussen opvarende schepen en groene boeienlijn
 - Breedte vaarweg beperkt door aanwezigheid afgemeerde schepen
 - Beperking golfhoogte gegenereerd door afvarend schip.



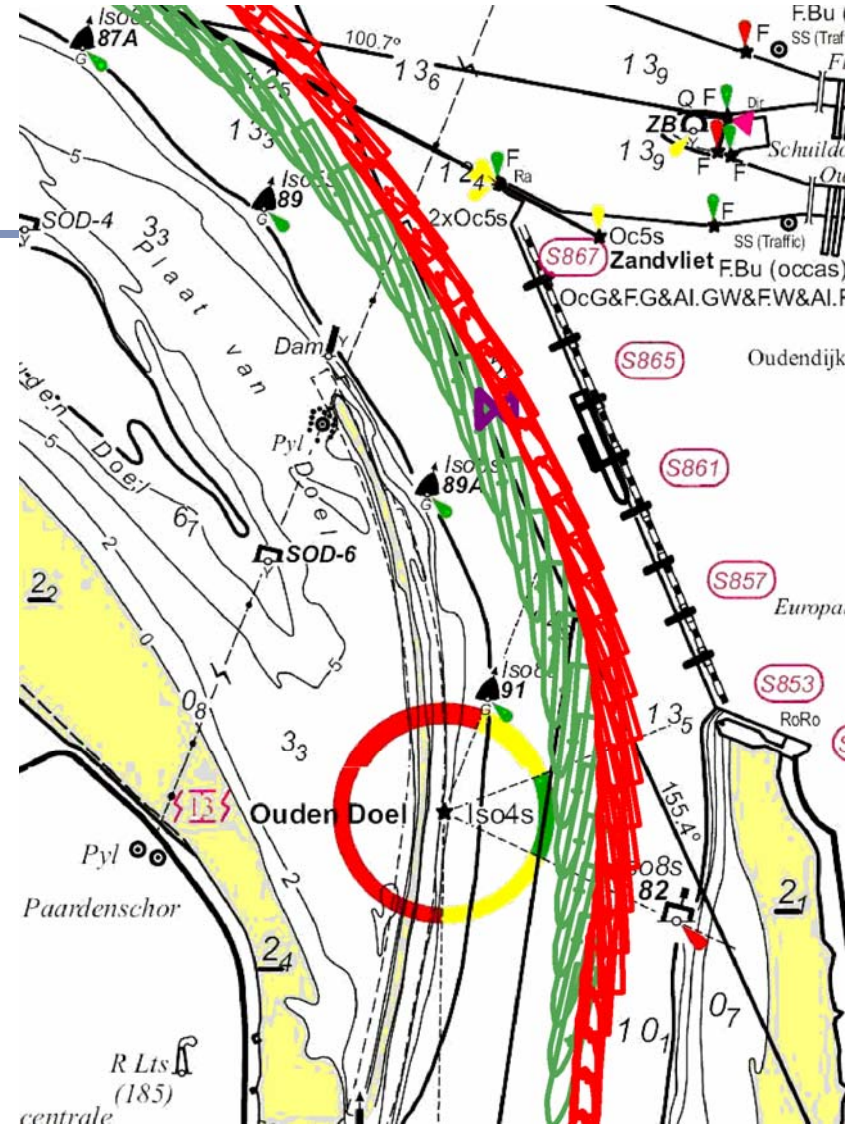
Europaterminal: volle vloed

- Knelpunten
 - Onaanvaardbare afstanden tussen opvarend en afvarend schip ter hoogte van Europaterminal
 - Afvarend schip dient:
 - Snelheid te matigen
 - Aanvaardbare afstand tot terminal te houden



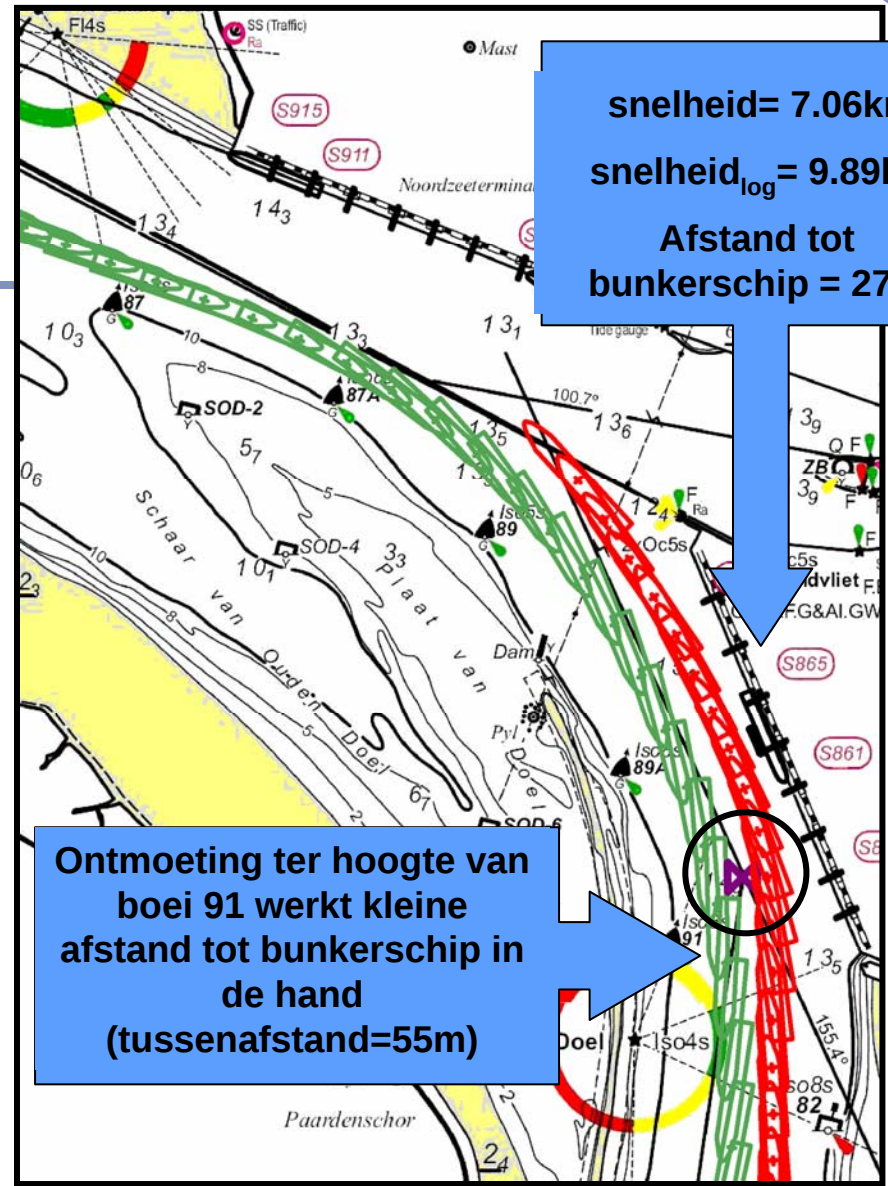
Europaterminal: volle vloed

- Onaanvaardbare afstanden tussen opvarend en afvarend schip ter hoogte van Europaterminal
 - Opvarende schepen respecteren grotere afstanden tot groene boeienlijn bij vloedstroming
 - Tussenaafstand slechts 7m



Europaterminal: volle vloed

- Golfhoogte Europaterminal
 - Golf gegenereerd door afvarend schip kan afgemeerde schepen lostrekken van de kade
 - Beheersen van
 - Snelheid
 - Afstand tot de kaaimuur





Simulatievaarten 2007

Squat

- **Inzinking ter hoogte van voor- en achterpiek onder invloed van volgende factoren:**
 - **scheepsafhankelijke parameters:**
 - diepgang
 - displacement
 - blokcoëfficiënt
 - grootspantoppervlakte
 - **omgevingsafhankelijke parameters:**
 - waterdiepte
 - afstand tot de oevers
 - **operationele parameters:**
 - langsscheepse snelheid
 - dwarse snelheid
 - giersnelheid
 - gierversnelling
 - dwarskracht
 - giermoment
 - schroeftoerental
 - **ander scheepvaartverkeer:**
 - dwarsafstand tussen eigen en ander schip
 - snelheid ander schip
 - diepgang ander schip
 - displacement ander schip
 - blokcoëfficiënt ander schip

Simulatievaarten 2007

Squat

- Maximale inzinking steeds achteraan
 - Sterk afhankelijk van de scheepssnelheid
=> verband meer dan kwadratisch
 - Maximale inzinking per scenario en snelheid:
 - Bocht van Bath bij ebstroom: 2.09 m
 - Bocht van Bath bij vloedstroom: 1.67 m
 - Ballastplaat bij ebstroom: 1.78 m
 - Ballastplaat bij vloedstroom: 1.90 m
 - Europaterminal bij ebstroom: 1.44 m
 - Europaterminal bij vloedstroom: 1.64 m

Simulatievaarten 2007

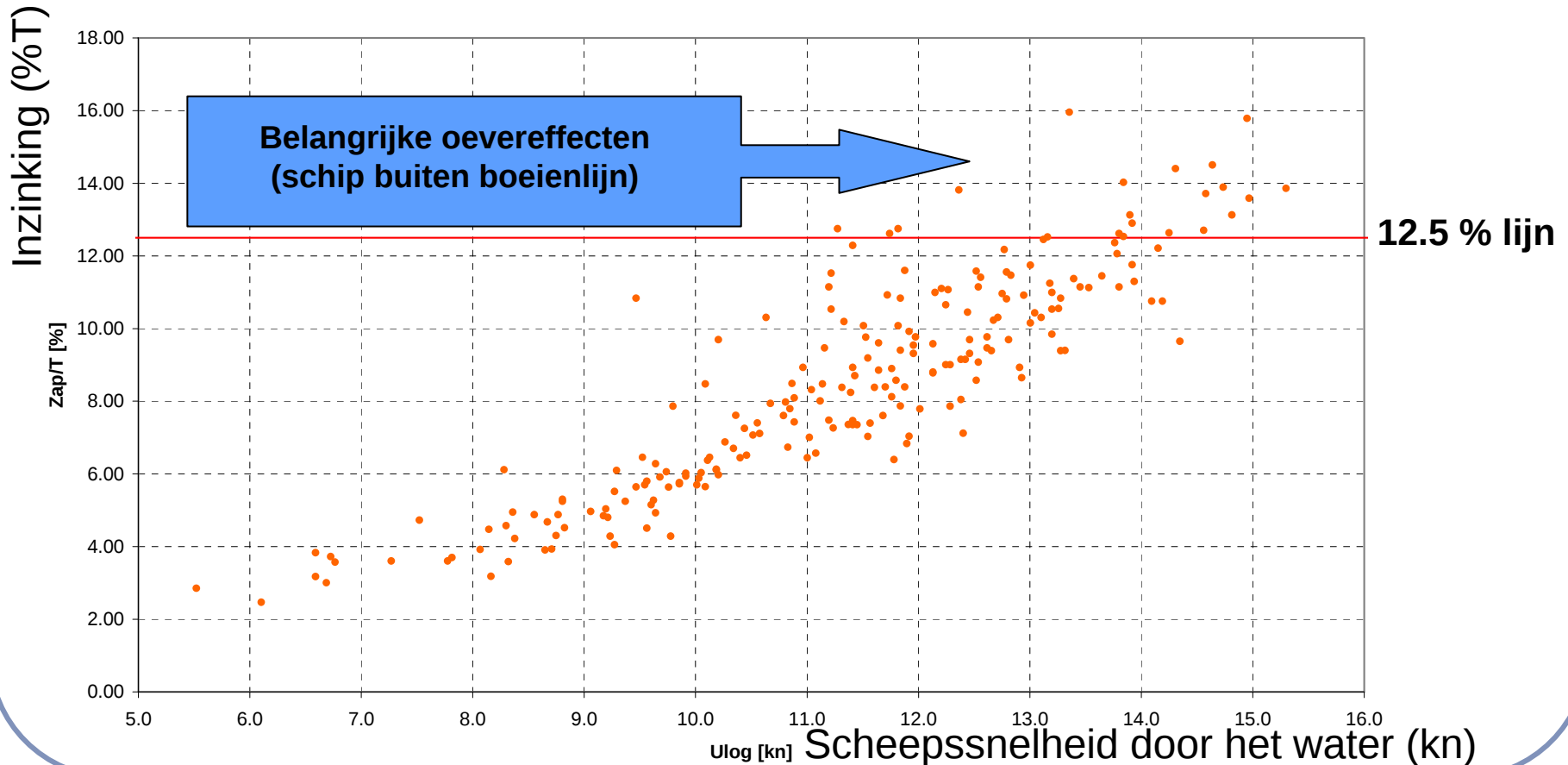
Squat

- Inzinking procentueel ten opzichte van de scheepsdiepgang
- Op- en afvaart:
 - Invloed van squat op de kielspeling, minimaal vereiste kielspeling is 12.5%.

Simulatievaarten 2007

Squat

Maximale inzinking ter hoogte van achterschip voor alle vaarten

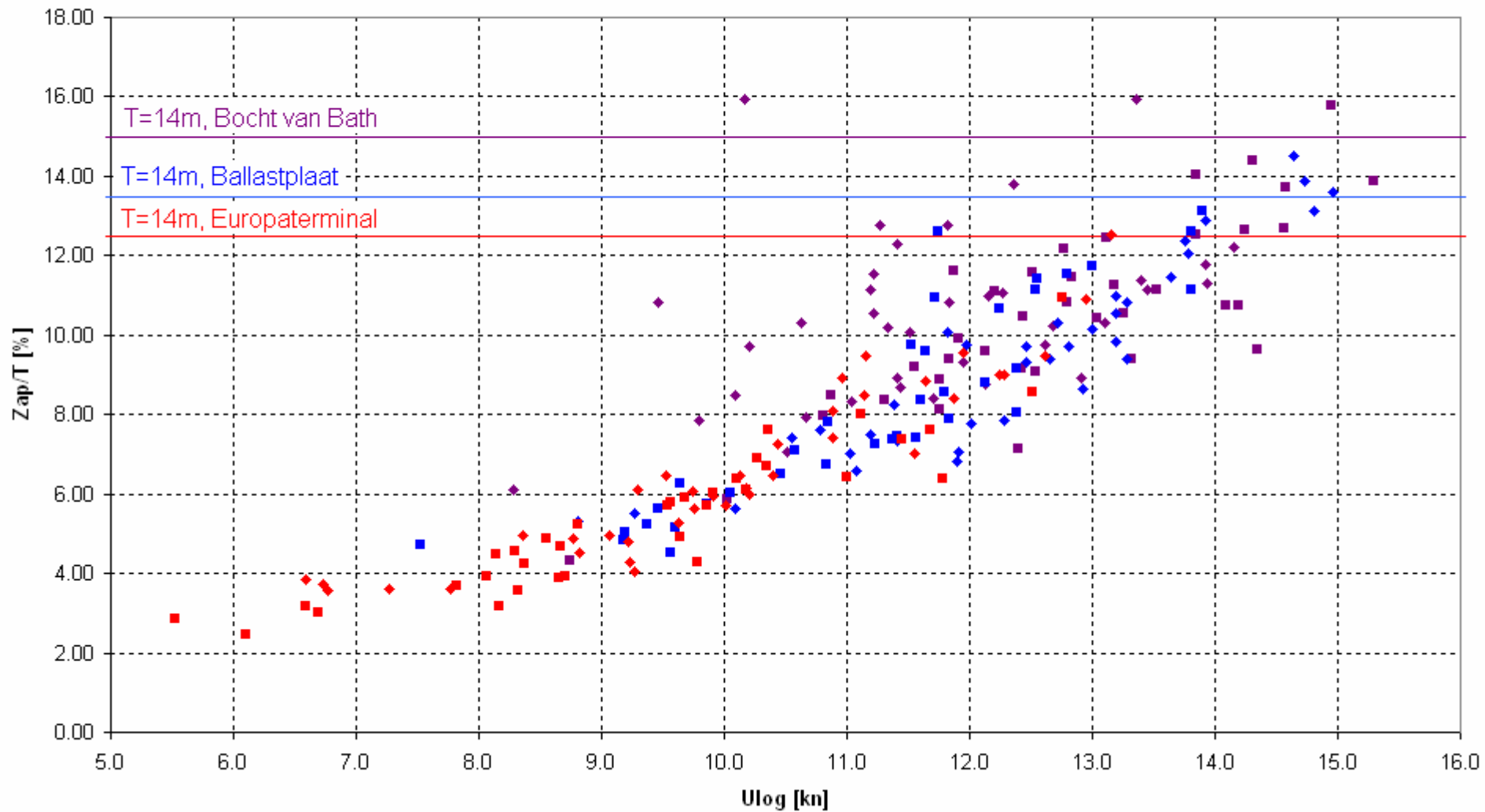


Simulatievaarten 2007

Squat

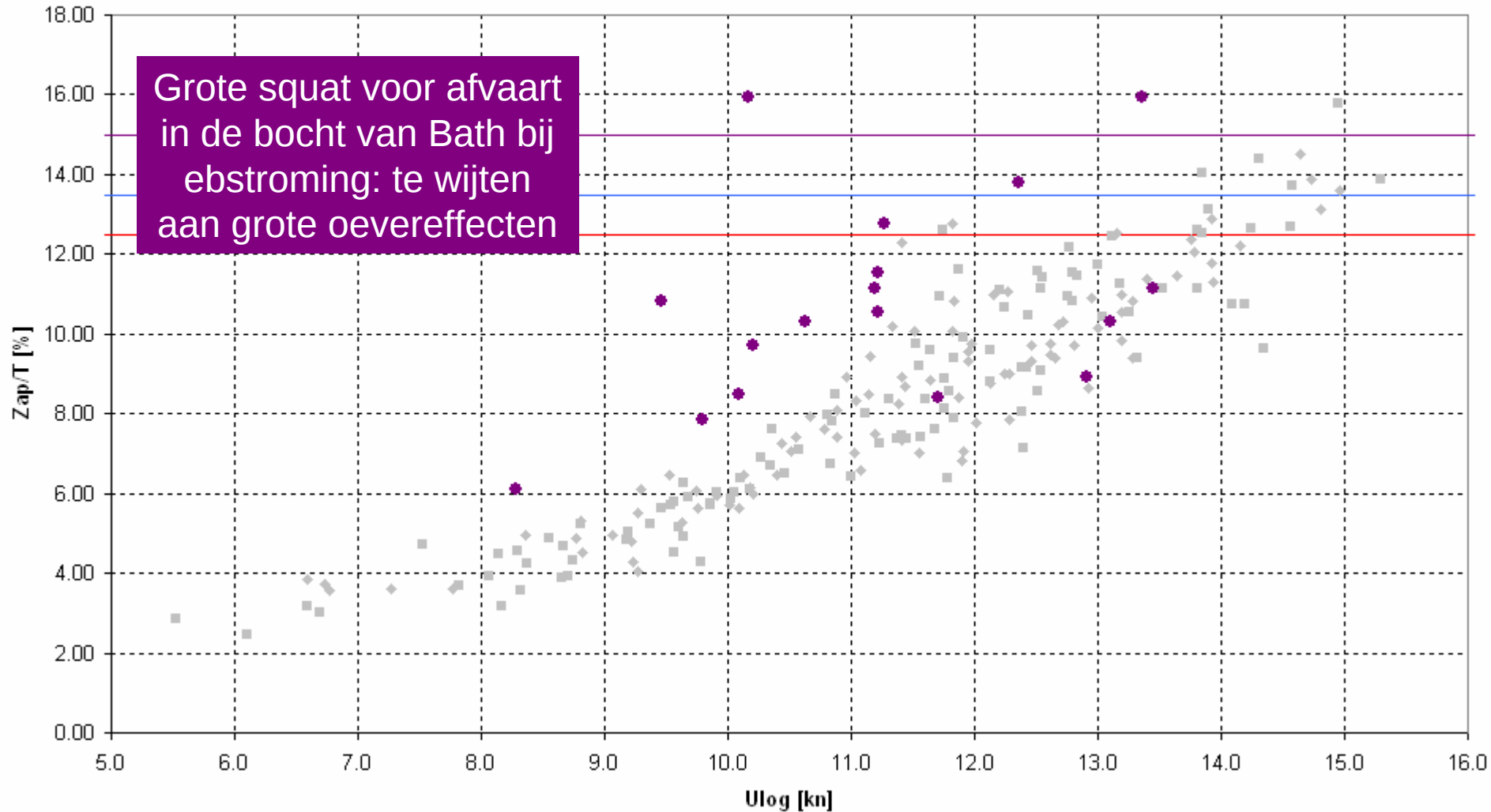
- Typereis
 - Afvaart van Deurganckdok
 - Verdieping drempels tot 14.7m
 - $T = 14\text{m}$
 - Tijvenster start als de eerste drempel (Zandvliet) met 12.5% overvaren kan worden
- Kielspeling op de onderzochte locaties
 - Europaterminal: 12.5 % T
 - Ballastplaat: 13.5 % T
 - Bocht van Bath: 15 % T

Maximale inzinking ter hoogte van achterschip voor alle vaarten



Maximale inzinking ter hoogte van achterschip voor alle vaarten

Grote squat voor afvaart
in de bocht van Bath bij
ebstroming: te wijten
aan grote oevereffecten



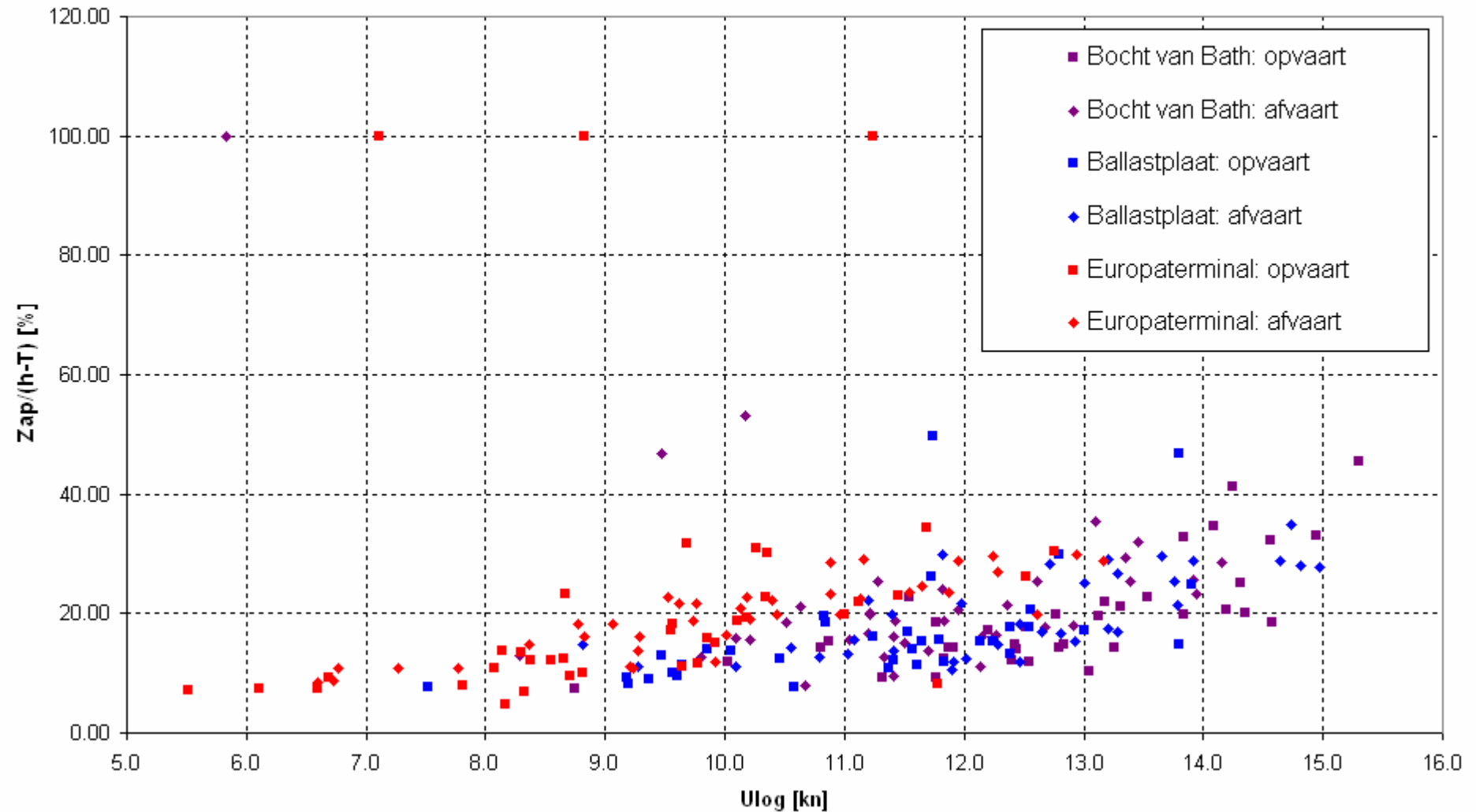
Simulatievaarten 2007

Squat

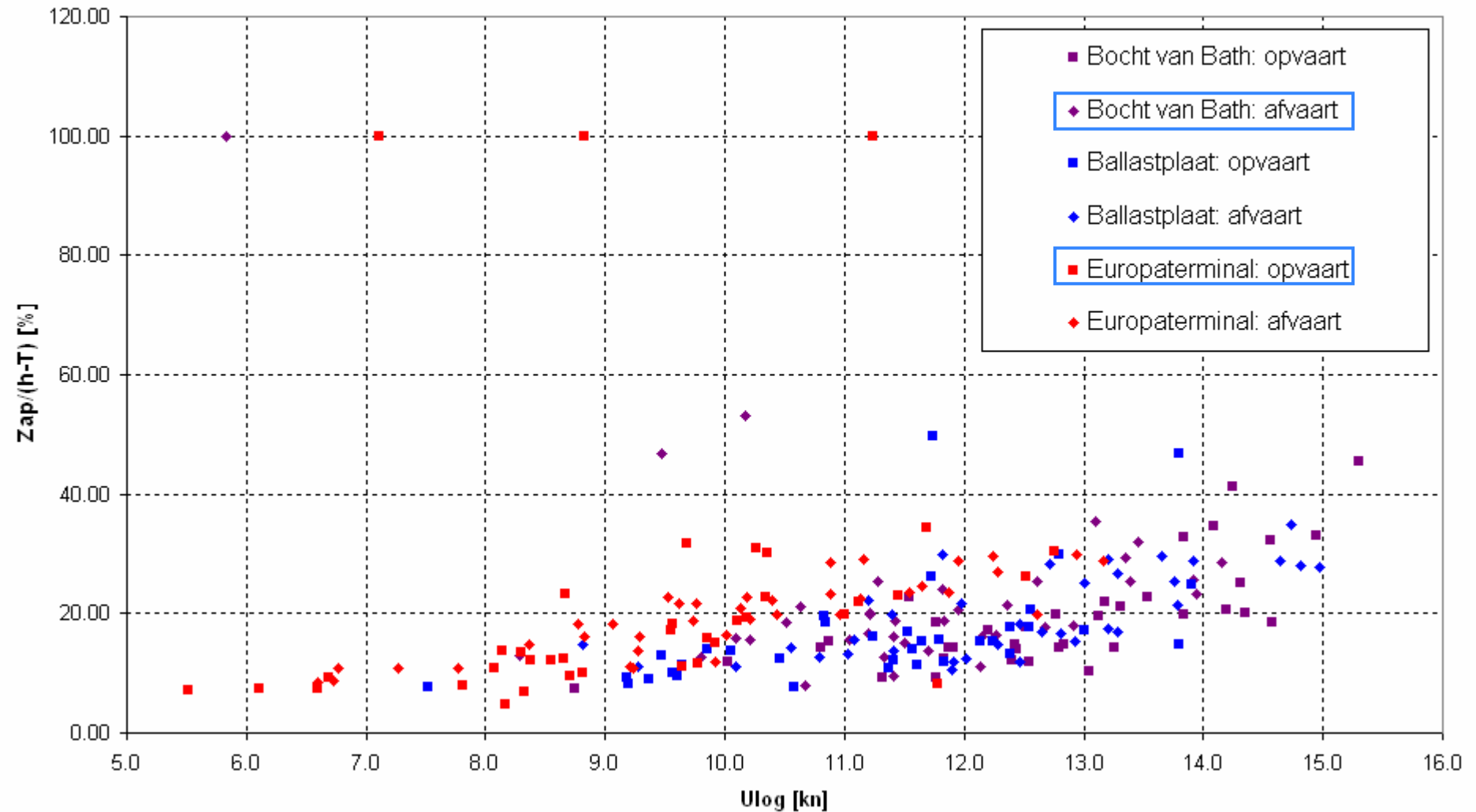
- Belangrijke opmerking: De vaarten werden uitgevoerd bij **maximale stroomsnelheden** en bij kielspelingen hoger dan 12.5%
- In de volgende grafiek wordt de verhouding van de **inzinking en de bruto kielspeling** (kielspeling zonder rekening te houden met squat) weergegeven.
- Vaarten waarin de bodem/oever proefmatig geraakt werd (4 van 224) worden aangeduid met 100%

$$\frac{z_{AP}}{h - T} [\%]$$

Maximale inzinking ter hoogte van achterschip relatief tot de bruto kielspeling



Maximale inzinking ter hoogte van achterschip relatief tot de bruto kielspeling



Simulatievaarten 2007

Squat

- Conclusies:
 - Bocht van Bath bij ebstroom:
 - Afvaart: squat is maximaal 2.09 meter (in 2 vaarten)
 - Opvaart: Squat is 1 maal groter dan 2 meter bij $u_{\log} = 14.9$ kn
 - Grotere squat bij grotere diepgang
 - grotere diepgang komt overeen met kleinere kielspeling bij gelijke waterstand
 - Geen relatie met de scheepslengte

Simulatievaarten 2007

Invloed v/d Scheepsafmetingen

- Invloed scheepsafmetingen op resultaten van de simulaties
- Beoordeling op basis van:
 - Gecombineerd beoordelingscijfer voor ontmoetingen tussen eigenschepen
 - Gemiddelde afstand tot de boeien
 - Gemiddelde afstand tussen de simulatorschepen

Simulatievaarten 2007

Invloed v/d Scheepsafmetingen

- Gecombineerd beoordelingscijfer voor ontmoetingen tussen eigenschepen;
 - L=397m: 1.45
 - L=381m: 1.42
 - L=366m: 1.52
- Gemiddelde afstand tot de boeien;
 - L=397m: 99.9m
 - L=381m: 106.8m
 - L=366m: 102.9m
- Gemiddelde afstand tussen de eigenschepen
 - L=397m: 118.9m
 - L=381m: 120.9m
 - L=366m: 118.6m

Simulatievaarten 2007

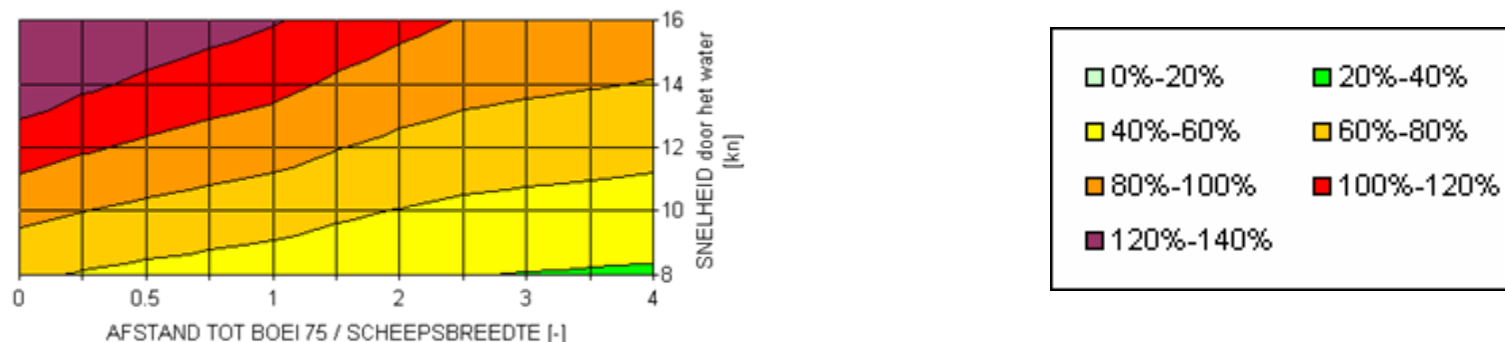
Invloed v/d Scheepsafmetingen

- Deskstudie 2007:
 - Bochtmanoeuvres:
 - Vergelijken van **BENODIGD** stuurvermogen met het **VOOR HANDEN ZIJNDE** roervermogen.
 - Voor handen zijnde roervermogen afhankelijk van:
 - Scheepssnelheid
 - Schroeftoerental
 - Onderzocht voor
 - L=352m, B=42.8m
 - L=380.5m, B=46.4m
 - L=402.9m, B=49.0m

Simulatievaarten 2007

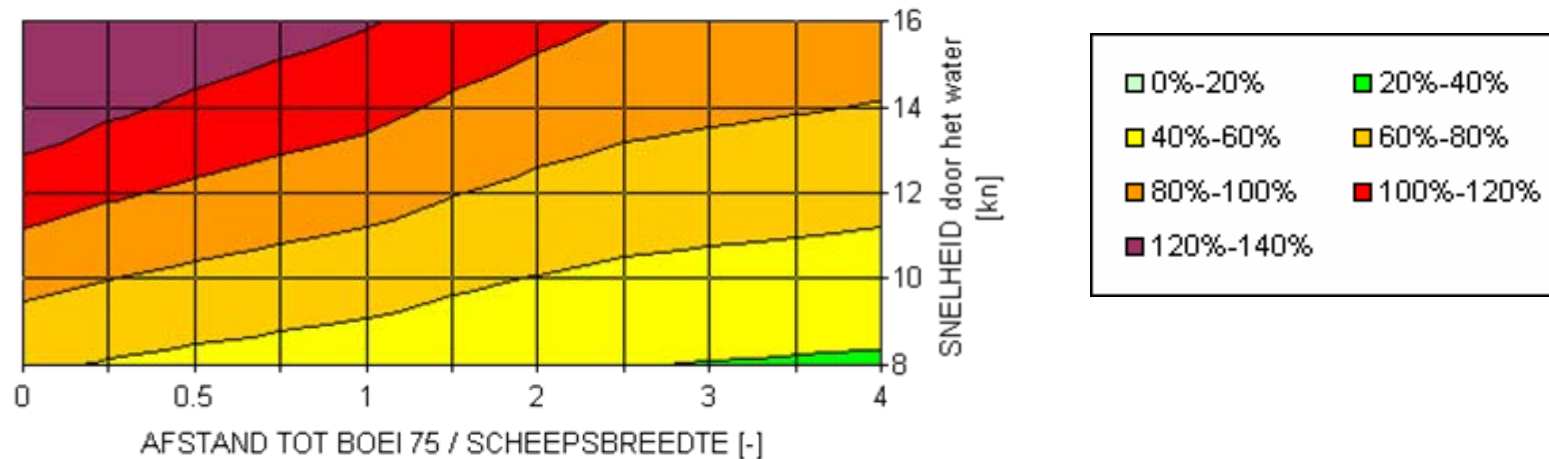
Invloed v/d Scheepsafmetingen

- Vergelijking op basis van opvaart in bocht van Bath.
 - Telegraafstand = Harbour full (66 rpm)
 - Tijstand = -0.32 m t.o.v. TAW
 - Waterdiepte ter hoogte van de boei = 15.3 m
 - Stroomsnelheid = 0.95 kn
- Berekening voor verschillende scheepsnelheden en boeiafstanden



Simulatievaarten 2007

Invloed v/d Scheepsafmetingen



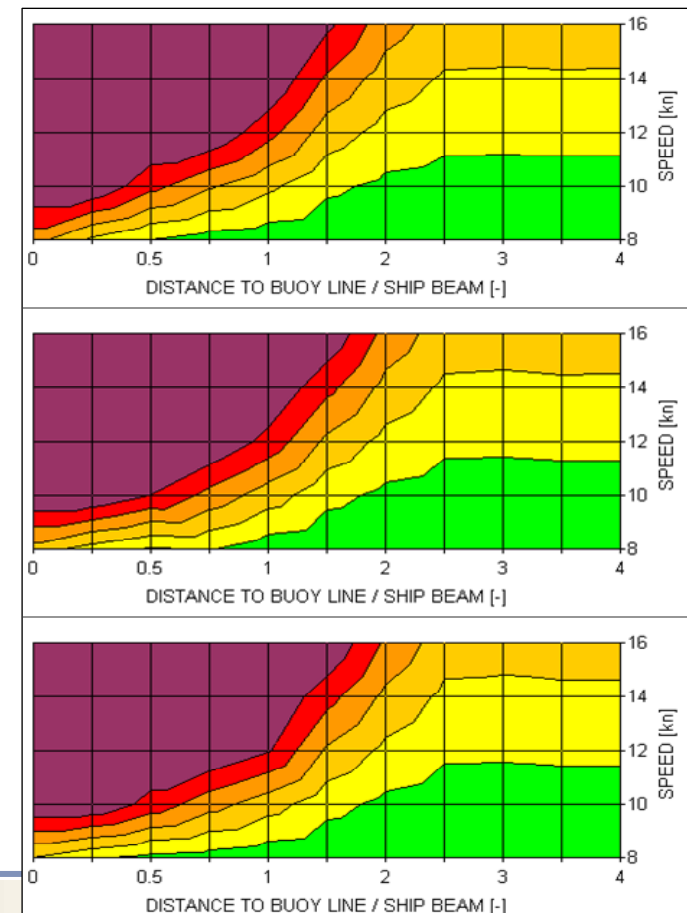
- Kleurcode duidt de verhouding aan tussen het MAXIMAAL OP TE WEKKEN ROERMOMENT en het benodigde stuurmoment (benodigde roercapaciteit).
- Maat voor de controleerbaarheid van het schip

Deskstudie

Invloed v/d Scheepsafmetingen

- $L=352\text{m}$, $B=42.8\text{m}$
 - $U_{\log}=14\text{kn}$
 - $Y_{\text{boei}}=85\text{m}$
 - Benodigde roercapaciteit: **70.8%**
- $L=380.5\text{m}$, $B=46.4\text{m}$
 - $U_{\log}=14\text{kn}$
 - $Y_{\text{boei}}=85\text{m}$
 - Benodigde roercapaciteit: **73.6%**
- $L=402.9\text{m}$, $B=49.0\text{m}$
 - $U_{\log}=14\text{kn}$
 - $Y_{\text{boei}}=85\text{m}$
 - Benodigde roercapaciteit: **75.7%**

HARBOUR FULL



Simulatievaarten 2007

Invloed v/d Scheepsafmetingen

- Conclusie:
 - De invloed van scheepsafmetingen kon **niet** achterhaald worden **uit** de resultaten van de **simulatievaarten**
 - De **invloed** van scheepsafmetingen op de **controleerbaarheid** van het schip bleek **beperkt** (Deskstudie)
- *Men kan veronderstellen dat de scheepsafmetingen weinig invloed zullen hebben op de manoeuvres.*

Agenda

- Inleiding
- Scope/onderzoek
- Simulaties
 - Input
 - Locaties
 - Evaluatie
- Vervolg

Op- en afvaartregeling

Hoe verder?

- Onderbouwde nieuwe versie op- en afvaartregeling in de huidige situatie
- Doorgedreven verkeersbegeleiding om ontmoetingen op kritieke locaties in goede banen te leiden (of te vermijden indien het tijpmoment dit vereist)
- Aanpassen op- en afvaartregeling na verdieping Westerschelde

Op- en afvaartregeling

Hoe verder?

- Training
- Ver doorgedreven verkeersbegeleiding vanuit ACC noodzakelijk
- Vervolgstudies om minder extreme situaties te evalueren => betere tijmomenten, minder wind
- Ontmoetingen wel mogelijk bij lagere stromingssnelheden: andere tijmomenten en/of lagere windsnelheden?
- Training en opbouw van “know how on the job”
- Extra randvoorwaarden: zekerheden

Op- en afvaartregeling

- De leden van de stuurgroep
 - afdeling Scheepvaartbegeleiding (opdrachtgever)
 - DAB Loodswezen: dienstleiding en varende loodsen
 - afdeling Haven- en Waterbeleid Departement MOW
 - Universiteit Gent – Afdeling Maritieme Techniek
 - Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout
- danken voor uw volgehouden aandacht
beantwoorden graag uw vragen

Op- en afvaartregeling

