

Vlaamse Overheid
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium

MODEL 803/3

MANOEUVREERSIMULATIES ZEESLUIS BINNEN
COMPLEX TERNEUZEN

EINDRAPPORT

Opdrachtgever: kgt 2008

maart 2008

Documentidentificatie

Titel:	Tweede zeesluis binnen sluizencomplex Terneuzen		
Opdrachtgever:	KGT2008	ID:	M803/3
Keywords (3-5):	Zeesluis binnen complex, manoeuvreer studie, stopafstand, havenmond.		
Tekst (p.):		Tabellen (p.):	
Bijlagen (p.):		Figuren (p.):	
Type:	<input checked="" type="checkbox"/> Concept		<input type="checkbox"/> Eindversie
Verspreiding:	<input checked="" 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 & Projectleider	Coördinator nautica	Afdelingshoofd
ir Jeroen Verwilligen	ir Erik Laforce	dr Frank Mostaert

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur	Projectleider	Revisor
1	21/03/2008	Concept	JVN	JVN	

Abstract

Ter optimalisatie van de technische studie van het projectalternatief zeesluis binnen complex werd een onderzoek naar de nautische (manoeuvreer)aspecten uitgevoerd.

De onderzochte zeesluis binnen het bestaande sluizencomplex te Terneuzen laat toe om schepen te versassen met maximale lengte 366m en breedte 49m. In de studie werd het gedrag onderzocht van zowel een containerschip als een bulkcarrier met dergelijke afmetingen.

De simulaties werden uitgevoerd door rivierloodsen en kanaalloodsen aan de hand van een tweedimensionaal bovenaanzicht van schip en omgeving. Er werden drie scenario's onderzocht:

- Invaren van de buitenhaven komende uit westelijke richting;
- Invaren van de buitenhaven komende uit oostelijke richting;
- Uitvaren van de sluis.

De resultaten van deze studie leveren informatie over:

- de vereiste stopafstand voor de onderzochte schepen;
- de optimale positie zeesluis binnen complex;
- de optimale configuratie havenmond;
- het benodigde sleepbootgebruik in functie van windconditie.

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Verwilligen, J.; Laforce, E.; Mostaert, F. (2008). Manoeuvresimulaties zeesluis binnen complex Terneuzen. WL Rapporten, 803/3. Waterbouwkundig Laboratorium: 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

<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.

INHOUDSOPGAVE

INHOUDSOPGAVE.....	i
LIJST VAN DE BIJLAGEN	iii
LIJST VAN DE FIGUREN.....	iv
LIJST VAN DE TABELLEN	v
1 Situering.....	1
2 Organisatie.....	2
2.1 Oriëntatie.....	2
2.1.1 Oriëntatievergadering met opdrachtgever	2
2.1.2 Overleg met kanaalloosden	2
2.2 Definitie simulatievaarten	3
2.3 Uitvoeren simulatievaarten.....	3
3 Input.....	4
3.1 Configuratie sluisencomplex	4
3.2 Schepen	4
3.3 Bodemprofiel	4
3.4 Stroming en tijstand	5
3.5 Windcondities	6
3.6 Sleepboothulp	6
4 Evaluatie	7
4.1 Beschrijving.....	7
4.2 Plots	7
4.3 Grafieken.....	8
5 Vaarten Met Containerschip	10
5.1 Afvaarten (C3).....	10
5.1.1 Vaart 1: eb - zw5.....	10
5.1.2 Vaart 2: vloed - zw5	11
5.1.3 Vaart 3: vloed - zw5	11
5.1.4 Vaart 4: vloed - zw5	12
5.1.5 Vaart 5: vloed - zw5	12
5.1.6 Vaart 14: gematigde vloed – zw6	12
5.1.7 Samenvatting.....	13
5.2 Invaarten uit westelijke richting (C1)	13
5.2.1 Vaart 6: vloed – ZW5.....	13
5.2.2 Vaart 7: vloed – ZW5.....	14

5.2.3	Vaart 8: vloed – ZW5.....	14
5.2.4	Vaart 9: gematigde vloed – ZW5.....	14
5.2.5	Vaart 10: eb – ZW5.....	15
5.2.6	Vaart 11: eb – ZW5.....	15
5.2.7	Vaart 12: eb – ZW6.....	16
5.2.8	Vaart 13: gematigde vloed – ZW6.....	16
5.2.9	Samenvatting.....	16
5.3	Invaarten uit oostelijke richting (C2).....	17
5.3.1	Vaart 15: eb – ZW6.....	17
5.3.2	Vaart 16: gematigde vloed – ZW6.....	17
5.3.3	Samenvatting.....	18
6	Vaarten Met Bulkcarrier.....	19
6.1	Afvaarten (C3).....	19
6.1.1	Vaart 17: eb – ZW5.....	19
6.1.2	Vaart 18: eb – ZW5.....	19
6.1.3	Vaart 19: gematigde vloed – ZW5.....	19
6.1.4	Vaart 32: gematigde vloed – ZW6.....	20
6.1.5	Vaart 33: gematigde vloed – ZW6.....	20
6.1.6	Samenvatting.....	20
6.2	Invaarten uit westelijke richting (C1).....	20
6.2.1	Vaart 20: gematigde vloed – ZW5.....	20
6.2.2	Vaart 21: gematigde vloed – ZW5.....	21
6.2.3	Vaart 22: eb – ZW5.....	21
6.2.4	Vaart 23: eb – ZW5.....	21
6.2.5	Vaart 24: eb – ZW5.....	21
6.2.6	Vaart 25: eb – ZW5.....	22
6.2.7	Vaart 30: eb – ZW6.....	22
6.2.8	Vaart 31: gematigde vloed – ZW6.....	22
6.2.9	Vaart 34: eb – ZW6.....	22
6.2.10	Samenvatting.....	23
6.3	Invaarten uit oostelijke richting (C2).....	23
6.3.1	Vaart 26: gematigde vloed – ZW5.....	23
6.3.2	Vaart 27: eb – ZW5.....	23
6.3.3	Vaart 28: eb – ZW6.....	23
6.3.4	Vaart 29: gematigde vloed – ZW6.....	23
6.3.5	Samenvatting.....	24
7	Conclusie.....	25
8	Referenties.....	26

LIJST VAN DE BIJLAGEN

- Bijlage A: Vaarbaanplots
- Bijlage B: Overzichtsgrafieken (Cd-rom)

LIJST VAN DE FIGUREN

Figuur 1: Vergelijking tussen de huidige configuratie van het sluizencomplex te Terneuzen en de mogelijk toekomstige configuratie zeesluis binnen complex.....	2
Figuur 2: Vergelijking tussen projectalternatieven zeesluis binnen en buiten het sluizencomplex.....	3
Figuur 3: Waterstanden ter hoogte van Borssele.....	3
Figuur 4: Stromingsprofiel overeenkomstig met volle vloed (west).....	4
Figuur 5: Stromingsprofiel overeenkomstig met volle vloed (oost)	4
Figuur 6: Stromingsprofiel overeenkomstig met volle eb (west)	5
Figuur 7: Stromingsprofiel overeenkomstig met volle eb (oost)	5
Figuur 8: Windcondities gemeten ter hoogte van de Westsluis in 2007.	6
Figuur 9: Locaties van de kluizen/koppelpunten bij de bulkcarrier (boven) en het containerschip (onder)	6

LIJST VAN DE TABELLEN

Tabel 1: Hoofdafmetingen van de onderzochte schepen.....	1
Tabel 2: Resultaten versnellingsproeven	1
Tabel 3: Resultaten stopproeven	2
Tabel 4: Resultaten Draaicirkels	3
Tabel 5: Overzicht van de real-time simulatievaarten uitgevoerd in het kader van M803/3	4

1 SITUERING

Om de groei van de economische activiteit in Terneuzen en de Gentse kanaalzone te waarborgen dient de capaciteit van het huidige sluizencomplex te Terneuzen aangepast te worden. De verschillende manieren (projectalternatieven) waarop deze uitbreiding gerealiseerd kan worden, werden besproken en onderzocht in een studie uitgevoerd door Arcadis [1].

Eén van de aanpassingen die de capaciteit van het sluizencomplex verhogen bestaat erin om de huidige middensluis te vervangen door een nieuwe zeesluis. Dit projectalternatief kreeg de naam “grootste sluis binnen complex” en vormt het onderwerp van het onderzoek in deze studie. De aanpassingen aan de huidige sluisinfrastructuur die hiermee gepaard gaan worden in Figuur 1 in een rode kleur weergegeven.

De huidige middensluis heeft afmetingen 140m x 18m x 8,63m en kan schepen met afmetingen tot 115m x 16m x 7.25m ontvangen. De zeesluis (grootste sluis) die de middensluis zou vervangen heeft afmetingen in overeenstemming met de te verwachten afmetingen van de nieuwe Panamasluizen (427m x 55m x 16m). Dergelijk sluisafmetingen laten toe om schepen met lengte gelijk aan 366m en breedte gelijk aan 49m te ontvangen.

Een grootste sluis kan alternatief ook ingebouwd worden ten westen van de huidige Westsluis. De voor- en nadelen van het projectalternatief “grootste sluis buiten complex” ten opzichte van het projectalternatief “grootste sluis binnen complex” worden uitgebreid overlopen in [1].

Het inbouwen van een zeesluis binnen het bestaande sluizencomplex vereist een meer noordelijke positionering van de sluis dan wanneer de zeesluis ten westen van de huidige Westsluis ingepland zou worden. De sluisconfiguraties in overeenstemming met het inplanten van een zeesluis binnen of buiten complex worden weergegeven in Figuur 2.

Voor het projectalternatief “grootste sluis binnen complex” bestaan er twijfels in verband met de nautische en technische haalbaarheid van deze optie. Een manoeuvreerstudie dient meer informatie te leveren over het gedrag van een maatgevend containerschip en bulkcarrier in de buitenhaven indien de configuratie aangepast wordt volgens het projectalternatief “grootste sluis binnen complex”. Meer bepaald dient nagegaan te worden of de noordelijke positie van de sluis in het projectalternatief “grootste sluis binnen complex” een voldoende grote stopafstand garandeert voor de te verwachten schepen.

2 ORGANISATIE

2.1 Oriëntatie

Om informatie in te winnen rond de randvoorwaarden van deze studie werd achtereenvolgens rond de te tafel gezeten met de opdrachtgevers en de deelnemende loodsen van deze studie.

2.1.1 Oriëntatievergadering met opdrachtgever

Op 07/02/2008 vond een oriëntatievergadering plaats tussen opdrachtgever KGT 2008 en het Waterbouwkundig Laboratorium (WLB in het Havenbedrijf Gent. De vergadering werd bijgewoond door:

- Wouter Freeling (KGT 2008);
- Ir. PJ Pieter Jonker (KGT 2008);
- Drs Leo Bus (KGT 2008);
- Mark Meersman (KGT 2008);
- Erik Laforce (WLB);
- Jeroen Verwilligen (WLB).

De afspraken die tijdens deze vergadering gemaakt werden vormden de aanleiding tot het onderzoeksplan [2]. In dit onderzoeksplan, dat op 28 februari verstuurd werd aan de opdrachtgever, wordt een uitgebreide beschrijving gegeven van de vergadering.

2.1.2 Overleg met kanaalloodsen

Om een beter inzicht te verkrijgen in de huidige knelpunten bij manoeuvres in de buitenhaven vond op 12/02/2008 in de gebouwen van het WLB te Borgerhout overleg plaats tussen het WLB en ervaren kanaalloodsen (DABL). De opmerkingen van deze loodsen werden reeds opgelijst in het onderzoeksplan [2]. Hieronder worden de voornaamste opmerkingen herhaald:

- Het invaren van de havenmond bij belangrijke stroming gebeurt bij een minimale snelheid gelijk aan 6kn.
- Momenteel zijn er geen stromingsbeperkingen om de haven binnen te varen. Het wordt aan de mening van de loodsen overgelaten of het bij een bepaalde stromingsconditie aanvaardbaar is de haven binnen te varen.
- De loodsen verwachten geen problemen bij het uitvaren van de sluis door een bulkschip met afmetingen 366m x 49m x 15m. De snelheid kan in de buitenhaven opgebouwd worden waardoor het schip een snelheid van ca. 9kn bereikt bij het uitvaren van de havenmond. Deze snelheid geeft aanleiding tot een erg manoeuvreerbaar schip dat onmiddellijk de rode boeienlijn kan opzoeken.
- Momenteel wordt het invaren van de haven uitgevoerd met 3 sleepboten (2 vooraan en 1 achteraan). Sommige loodsen verkiezen bij deze manoeuvres 4 sleepboten.
- Bij het uitvaren van de haven kunnen de sleepboten eerder een last dan een zegen zijn. De hoge scheepsnelheid bij het uitvaren van de havenmond geeft aanleiding tot goede manoeuvreereigenschappen waardoor geen sleepbootassistentie vereist is.
- De verbreding van de havenmond kan zowel aan de west- als de oostkant. Met het oog op het vereenvoudigen van de invaartmanoeuvres prefereren de loodsen een gelijkaardige verbreding van oost en westkant van de havenmond. Volledig wegnemen van de westkant van de havenmond is uitgesloten aangezien deze zodanig ontworpen is dat dichtslibben van de buitenhaven vermeden wordt.
- Er dient nagegaan te worden bij welke tijstanden een schip met diepgang 14.5m de havenmond kan bereiken rekening houdend met de beperkte kielspeling ter hoogte van drempel van Borssele voor schepen die uit westelijke richting komen.
- De kanaalloodsen merken op dat zij weinig ervaring hebben met containerschepen met afmetingen gelijkaardig aan deze die onderzocht worden in de studie.

2.2 Definitie simulatievaarten

De manoeuvres die een containerschip of bulkcarrier uitvoert bij het invaren of uitvaren van de sluis zijn erg complex. Met behulp van geschikte schroef-, roer- en sleepbootcommando's dient het schip een gunstig traject en snelheidsverloop te bewerkstelligen. Een dergelijk complex manoeuvre leent zich niet goed tot een fast-time evaluatie uitgevoerd aan de hand van een auto pilot. Bovendien is het gedrag van auto pilot volledig afhankelijk van de gekozen input (zoals een referentietraject en referentie snelheidsverloop). Om deze reden werd beslist om de simulaties uit te voeren aan de hand van real-time simulaties. Een real-time simulatie wordt uitgevoerd door loodsen die hun beslissingen baseren op ervaringen die zij uit de praktijk opgedaan hebben. Bovendien kan bij een real-time simulatie de beoordeling van de loods meegenomen worden in de evaluatie.

De studie maakt deel uit van het voorontwerp van het onderzochte projectalternatief. Bijgevolg dient met een minimaal aan middelen een maximaal aan resultaat bereikt te worden. Om deze reden bleek het niet realistisch om een driedimensionaal buitenbeeld te ontwikkelen van de mogelijks toekomstige situatie in overeenstemming met het projectalternatief grootste sluis binnen complex. Wel werd een tweedimensionaal bovenaanzicht van de havenconfiguratie opgesteld op basis waarvan de loodsen het schip konden besturen.

De manoeuvres die het onderwerp vormen van deze studies worden gedefinieerd in het onderzoeksplan. Er zullen drie manoeuvres uitgevoerd worden bij twee maximale stromingscondities en twee verschillende windkrachten. De manoeuvres worden uitgevoerd met zowel een containerschip als een bulkcarrier met afmetingen maatgevend voor de sluis.

De drie manoeuvres die uitgevoerd zullen worden hieronder weergegeven samen met een codering die de drie manoeuvres beschrijft.

- Invaren van de sluis komende vanuit westelijke richting (C1);
- Invaren van de sluis komende vanuit oostelijke richting (C2);
- Uitvaren van de sluis (C3).

Containerschepen worden verondersteld steeds vanaf de zee naar de sluisen te varen en enkel de haven binnen te varen vanuit westelijke richting. Toch werden op advies van de loodsen ook enkele manoeuvres uitgevoerd waarbij een containerschip de sluis vanuit oostelijke richting diende te bereiken.

In het volgende hoofdstuk "3 Input" worden aan de hand van de input in de simulator het onderzoek en de aanpassingen vereist om de simulatiestudie uit te voeren, besproken.

2.3 Uitvoeren simulatievaarten

De simulatievaarten vonden plaats op maandag 10 maart en dinsdag 11 maart. Tijdens de eerste vaardag lag de nadruk op manoeuvres uitgevoerd met een containerschip. Aangezien de kanaalloodsen opmerkten dat zij weinig ervaring hadden met dergelijke containerschepen werden op deze eerste vaardag zowel een kanaalloods (die vertrouwd is met de omgeving en de manoeuvres) als een rivierloods (die vertrouwd is met het containerschip) uitgenodigd. Tijdens de tweede vaardag werden vaarten met het bulkschip uitgevoerd. Op deze vaardag voerde één kanaalloods alle manoeuvres uit.

3 INPUT

3.1 Configuratie sluizencomplex

Zoals in paragraaf 2.2 beschreven staat konden de loodsen zich oriënteren aan de hand van een tweedimensionaal bovenaanzicht waarop schip en omgeving voorgesteld worden. De omgeving wordt voorgesteld aan de hand van een lijnentekening die de contouren van de haven weergeeft. Deze tekening wordt weergegeven in een rode kleur in Figuur 1. De aanpassingen in de contouren van de haven worden gebaseerd op de resultaten uit een voorafgaande studie uitgevoerd door Arcadis-Alkyon [1]. In [1] wordt de zeesluis halverwege de Westsluis geplaatst. Bovendien wordt in [1] aangeraden om de havenmond te verbreden met 130m. De aanpassing van de havenmond werd in samenspraak met de kanaalloodsen gelijkmatig verdeeld over de oostkant en westkant van de havenmond. Door de westkant 70m naar het westen te verplaatsen en de oostkant 60m naar het oosten werd de oorspronkelijke breedte van de havenmond (300m) opgevoerd tot 430m.

3.2 Schepen

De sluis heeft afmetingen gelijk aan deze van de toekomstige panamasluizen (427m x 55m). Het maatgevende schip voor een dergelijke sluis heeft een lengte gelijk aan 366m en een breedte gelijk aan 49m.

Hoewel anno 2008 de containervaart op het kanaal Gent-Terneuzen beperkt is dient er rekening gehouden te worden met de toekomstige ontwikkeling van een belangrijke containertrafiek op het kanaal Gent-Terneuzen. Om deze reden zal er naast een bulkschip met maatgevende afmetingen ook een containerschip met gelijkaardige afmetingen onderzocht worden. De diepgang van het bulkschip werd aangepast aan de vaarrichting van het schip.

In opvaart werden onderzocht:

- bulkcarrier met $L_{OA}=366m$, $B=49m$ & $T=14.5m$;
- containerschip met $L_{OA}=366m$, $B=48.8m$ & $T=14.5m$.

In afvaart werden onderzocht:

- bulkcarrier met $L_{OA}=366m$, $B=49m$ & $T=9m$;

De hoofdafmetingen van de schepen die het onderwerp vormen van deze studie worden weergegeven in Tabel 1.

Het containerschip met afmetingen zoals hierboven weergegeven werd reeds ontwikkeld in het kader van Mod 804/2 [3] en kon zonder problemen toegepast worden in deze studie. Een bulkcarrier met afmetingen 366m x 49m was nog niet voorhanden. Bijgevolg diende voor de twee te onderzoeken diepgangen een bulkcarrier die wel in de schipdatabase van het WLB zat, opgeschaald te worden tot de gewenste afmetingen.

Het manoeuvreergedrag van deze opgeschaalde bulkcarriers werd geëvalueerd aan de hand van fast-time versnellingsproeven, draaicirkelproeven en stopafstanden. Aangezien het schip in ballast steeds veel water onder de kiel zal hebben, werden de proeven voor het schip in ballast enkel uitgevoerd bij 100% kielspeling. De bulkcarrier bij diepgang 14.5m werd onderzocht bij kielspeling variërend tussen 10% en 100% van de diepgang. De manoeuvreereigenschappen van de bulkcarrier werd bij beide diepgangen aanvaardbaar geacht. De resultaten van fast-time proeven worden weergegeven in Tabel 2, Tabel 3 en Tabel 4.

3.3 Bodemprofiel

De waterdiepte heersend binnen de havenmonding werd ontleend aan [1]:

- diepte sluis: -17.18m (NAP);
- diepte buitenhaven: -18.44m (NAP).

Het bodemprofiel van de rivier was in overeenstemming met de meest recente metingen voorhanden in januari 2007. De gegevens van dit bodemprofiel werden verkregen van RWS. De waterdiepte die het schip ervoer was afhankelijk van de tijstand die op zijn beurt afhankelijk was van de onderzochte stromingscondities.

3.4 Stroming en tijstand

Het invaren van de havenmond en het naderen van de sluis diende uitgevoerd te worden bij de meest extreme stromingscondities (hoogste stroomsnelheden) die het schip kan bereiken omdat de snelheid waarbij het schip de buitenhaven binnenvaart hoger dient te zijn naarmate de stromingssnelheid hoger is.

De bereikbaarheid van het sluisencomplex voor schepen met diepgangen groter dan 13.1m is tijafhankelijk¹. Een schip met diepgang 14.5m zal met andere woorden niet op elk moment van het getij het sluisencomplex in Terneuzen kunnen bereiken. Hieronder wordt onderzocht of een schip met diepgang 14.5m de buitenhaven kan bereiken bij de meest extreme stromingscondities.

De tijmomenten die overeenkomen met de grootste stroomsnelheden gelden enerzijds 40 min vóór hoog water (volle vloed) en anderzijds 4 uur na hoog water (volle eb).

Een schip met diepgang 14.5m zal steeds voldoende water onder de kiel ($ukc=12.5\%$) hebben wanneer het het sluisencomplex bereikt bij volle vloed. Wanneer een schip met dergelijke diepgang echter het sluisencomplex wil bereiken bij volle eb dient gecontroleerd te worden of dit schip voldoende kielspeling heeft boven de drempels die het voorafgaand overvaart.

De laatste drempel die een schip komende uit westelijke richting overvaart voor ze het sluisencomplex bereikt is de drempel van Borssele. Deze bevindt zich op 20min varen voor de havenmond.

Opdat de kielspeling ter hoogte van deze drempel minstens 0.125 maal de diepgang van het schip zou bedragen, dient een schip met diepgang 14.5m ter hoogte van deze drempel een waterdiepte gelijk aan -16.42m ten opzicht van TAW ervaren. Een dergelijke waterstand komt overeen met een minimale tijstand gelijk aan +1.6m t.o.v. TAW. Rekening houdend met de geplande verdieping van de Schelde zou er immers een waterdiepte gelijk aan -14.7m gegarandeerd worden. Een dergelijke waterdiepte komt overeen met een gegarandeerde waterdiepte gelijk aan -14.81m t.o.v. TAW.

De evolutie van de tijstanden ter hoogte van Borssele worden weergegeven in Figuur 3. Hieruit blijkt dat een schip met diepgang 14.5m de drempel van Borssele kan overvaren tussen 2 uur voor hoog water en 4 uur na hoog water.

Een schip met diepgang 14.5 dat bij volle eb (4 uur na HW) de havenmond wil binnenvaren zal om 3 uur en 40 min na hoog water de drempel van Borssele overvaren. Op dat moment is de waterdiepte ter hoogte van de drempel voldoende om een dergelijk schip te ontvangen.

Hieruit volgt dat ook bij volle ebstroom een schip met diepgang 14.5m de havenmond kan bereiken.

De twee stromingscondities die het onderwerp van deze studie vormen komen overeen met onderstaande tijstanden:

- Volle eb (4 uur na HW): Tijstand t.o.v. TAW = 1.7m;
- Volle vloed (40 min voor HW): Tijstand t.o.v. TAW = 4.5m.

Het stromingsprofiel in de buurt van het sluisencomplex overeenkomstig met volle vloed en volle eb worden weergegeven in Figuur 4 tot Figuur 7. De stroomsnelheden bij volle eb bedragen 2.8kn terwijl deze bij volle vloed 3.5 kn bedragen².

¹ Hierbij wordt uitgegaan van de geplande verdieping van de drempels in de Westerschelde tot een waterdiepte gelijk aan 14.74m t.o.v. GLLWS.

² Na opmerkingen van de loodsen zal de maximale stromingssnelheid bij volle vloed verminderd worden tot 2.1kn door de stromingsvectoren te vermenigvuldigen met een factor 0.6.

3.5 Windcondities

De windrichtingen gemeten ter hoogte van de Westsluis gedurende het jaar 2007 worden weergegeven in Figuur 8. De dominante windrichting is ZW (een conclusie die zeker geldt wanneer enkel de grote windsterktes onderzocht worden). De simulaties werden uitgevoerd bij deze windrichting en bij windsterktes die overeenkomen met 5 tot 7 Beaufort³ en 6 tot 8 Beaufort.

De windsnelheden die overeenkomen met de twee onderzochte condities hebben volgende randwaarden:

Vijf Beaufort:

- Synoptische gemiddelde: 9.4m/s
- Maximale waarde: 16.5m/s
- Minimale waarde: 5m/s

Zes Beaufort

- Synoptische gemiddelde: 12.3 m/s
- Maximale waarde: 19.5m/s
- Minimale waarde: 7m/s

3.6 Sleepboothulp

De sleepboothulp werd besproken in samenspraak met de loodsen. Deze achttien sleepboten met trekkracht 75ton noodzakelijk. Verdere details betreffende de sleepbootassistentie wordt gegeven in hoofdstuk 5 en 6 waar de vaarten apart besproken worden.

³ De windsterkte in de simulator worden gedefinieerd aan de hand van het synoptische gemiddelde van de windsnelheden en een vlagerigheid. Deze vlagerigheid gaf aanleiding tot pieken die oplopen in de windsnelheid tot windcondities overeenkomend met twee Beaufort eenheden hoger. Zo zal een windsterkte ZW5 in de simulator pieken tot 7 Beaufort genereren.

4 EVALUATIE

De evaluatie van de vaarten gebeurt op basis van drie verschillende media:

- beschrijving per vaart;
- vaarbaanplot per vaart;
- grafieken met de belangrijkste parameters per vaart.

4.1 Beschrijving

Tijdens het uitvoeren van de vaarten bevonden de loodsen zich in dezelfde ruimte als de projectleider wat toeliet om de vaart te bespreken terwijl deze aan de gang was. De opmerkingen die de loodsen uitten tijdens de vaart werden na de vaart door de projectleider herhaald om te controleren of deze niet genuanceerd waren door het deel van de vaart dat volgde op de uitspraak.

De beschrijving van de vaart werd gebaseerd op een aantal parameters specifiek van toepassing op deze studie. Parameters die voornamelijk van belang waren voor deze studie waren, worden om de gedachten te vestigen hieronder overlopen.

- Sleepbootassistentie: Een beoordeling van de aanwezige sleepbootassistentie waarbij vooral de trekkracht van de sleepboten geëvalueerd werd.
- Stopafstand: De ruimte tussen de havenmond en de sluiscolk is beperkt waardoor de vraag rijst of de snelheid van de schepen voldoende snel verminderd kan worden. Bovendien zouden de kosten die gepaard gaan met het projectalternatief zeesluis binnen complex gereduceerd kunnen worden door de sluismond nog iets noordelijker te positioneren. Hierdoor zou de mond van de nieuwe zeesluis op dezelfde hoogte komen te liggen als de mond van de Westsluis wat de beschikbare stopafstand nog zou verkleinen. De loodsen werd hun mening gevraagd over de impact van een dergelijke verandering op de moeilijkheid van de manoeuvres.
- Omgeving: Het uitzicht van de buitenhaven werd geëvalueerd aan de hand van de benodigde breedte van de havenmond. In geval van problemen werd de loodsen gevraagd of aanpassingen aan de omgeving de problemen had kunnen vermijden.
- Schip: De verschillen tussen een containerschip en een bulkcarrier zullen aanleiding geven tot verschillende noden voor beide schepen. Deze verschillen komen mede tot uiting in de bespreking van stopafstand, sleepbootassistentie en wind.
- Wind: De windkracht werd gevarieerd wat een invloed zal hebben op de gekozen sleepbootassistentie en de afstand nodig om het schip te alligneren voor de sluis.
- Strooming: De strooming op de rivier bezorgen sommige manoeuvres een hoge moeilijkheidsgraad. In sommige gevallen bleken de stromingssnelheden te groot om een veilige vaart te verwezenlijken. De invloed van de strooming werd met de loodsen besproken en bovendien werd getoets bij welke stromingscondities de invarmanoeuvres momenteel uitgevoerd worden.

De beschrijving van de vaart en de daarbij horende opmerkingen van de loodsen worden per vaart in een doorlopende tekst gegoten waarin bovenstaande onderwerpen besproken worden.

4.2 Plots

Elke vaart wordt voorzien van een overzichtsfiguur waarop om de 60s de scheepspositie weergegeven wordt. De eerste positie die weergegeven wordt is de startpositie van het schip in de bewuste vaart. Vervolgens worden in dezelfde kleur de posities na één, twee en drie minuten weergegeven. De volgende afbeelding wordt in een verschillende kleur weergegeven en komt overeen met de scheeps-

positie na vier minuten. De kleurvolgorde wordt herhaald zodat er steeds vier opeenvolgende posities weergegeven worden in de oorspronkelijke kleur (blauw) en de vijfde afbeelding in een andere kleur (oranje). De afbeeldingen in een oranje kleur komen bijgevolg overeen met de situatie na 4min, 9min, 14 min, 19min, 24min etc.

De plots van de verschillende vaarten werden verzameld in BIJLAGE A.

4.3 Grafieken

Het verloop van de belangrijkste parameters tijdens de vaart wordt weergegeven aan de hand van grafieken. In deze grafieken worden de parameters voorgesteld in functie van de tijd uitgedrukt in minuten. De verticale rasterlijnen worden om de minuut weergegeven en stemmen bijgevolg overeen met de scheepsposities op de plots beschreven in paragraaf 4.2.

Onderstaande parameters worden in de grafieken voorgesteld:

- schroeftoerental [rpm];
- stand hoofdruer [°];
- koers [°];
- langsscheepse snelheid van het schip gemeten over de grond [kn];
- langsscheepse stromingsnelheid [kn];
- dwarsscheepse snelheid van het schip gemeten over de grond [kn];
- dwarsscheepse stromingsnelheid [kn];
- giersnelheid van het schip gemeten over de grond [%/s];
- waterdiepte [m];
- windkarakteristieken;
 - relatieve windsnelheid [m/s];
 - windrichting t.o.v. schip [°];
 - langskracht uitgeoefend door de wind [ton];
 - dwarskracht uitgeoefend door de wind [ton];
 - giermoment uitgeoefend door de wind [tonm];
- sleepbootgebruik (per sleepboot);
 - troskracht sleepboot [ton];
 - stuwkracht sleepboot [ton];
 - koppelpunt sleepboot [-];
 - hoek sleeplijn [°].

De informatie wordt gespreid over drie pagina's waarvan op één het sleepbootgebruik, op een tweede de windkarakteristieken en op een derde de andere parameters weergegeven worden.

Sommige grafieken behoeven iets meer uitleg.

- Op de grafieken die de langse en dwarse snelheid bevatten worden zowel de snelheid over de grond als de snelheid van de stroming weergegeven. De snelheid van het schip door het water kan uit deze grafiek afgeleid worden door het verschil te nemen van beide waarden.
- De weergegeven windsnelheden worden relatief ten opzichte van het schip weergegeven. Hieronder verstaat men dat de scheepsnelheid en koers in rekening gebracht werden om de effectieve windsnelheid zoals ervaren op het schip te berekenen. Een analoge opmerking geldt voor de windrichting.

- De windsnelheid vertoont een grillig verloop dat veroorzaakt wordt door een vlagerigheid die in de simulator toegekend wordt aan zowel windsnelheid als windrichting. Deze vlagerigheid werd ook al besproken in paragraaf 3.5.
- De sleepboten hadden de keuze uit verschillende kluizen om zich vast te maken aan het zeeschip. In de simulator worden deze kluizen koppelpunten genoemd die genummerd werden van 0 tot 16. De locaties van de kluizen op de onderzochte schepen worden weergegeven in Figuur 9. In deze figuur wordt aan de hand van een 1 of 2 aangeduid of de koppelpunten bedoeld zijn om een sleeplijn te bevestigen (1) of om sleepboot te laten duwen in de flank (2).
- De troskracht van een sleepboot is de kracht die een sleepboot uitoefent op de lijn. Deze kracht is afhankelijk van zowel het gedrag van de sleepboot als het gedrag van het zeeschip. De stuwkracht is de kracht gegenereerd door de sleepboot en is bijgevolg enkel afhankelijk van het gedrag van de sleepboot.

De grafieken nemen 102 bladzijden in beslag en worden digitaal toegevoegd aan dit rapport (Bijlage B: Cd-rom).

5 VAARTEN MET CONTAINERSCHIP

Op de eerste vaardag (10/03/2008) werd het gedrag van een containerschip met afmetingen zoals weergegeven in Tabel 1, onderzocht. Omdat de kanaalloodsen opmerkten (zie paragraaf 2.1.2) dat zij weinig tot geen ervaring hadden met containerschepen met dergelijke afmetingen werd ervoor geopteerd op deze dag zowel een rivierloods (Dion Van Iersel) als een kanaalloods (Ronny Tratsaert) uit te nodigen. De vaarten werden afwisselend door beide loodsen uitgevoerd.

Oorspronkelijk werd vooropgesteld om met een containerschip enerzijds invaarten komende uit westelijke richting (C1) en anderzijds uitvaarten (C3) te onderzoeken. Omdat er op het einde van de vaardag nog ruimte was voor enkele vaarten, werd ook het derde manoeuvre (C2) uitgevoerd met een containerschip. Manoeuvre C2 betreft de invaart van de haven voor een schip komende uit oostelijke richting. Een overzicht van de vaarten uitgevoerd op de eerste vaardag worden weergegeven in Tabel 5.

Zoals uitgebreid besproken werd in paragraaf 3.4 werden de vaarten uitgevoerd bij stromingscondities die overeenstemmen met volle vloed ($V_c=3.5\text{kn}$) en volle eb ($V_c=2.8\text{kn}$). Al na enkele vaarten bleek dat de hoge stromingssnelheden die optraden bij volle vloed het invaarmanoeuvre van de havenmond erg bemoeilijkten. Op de vraag of de manoeuvres bij dergelijke stroming veilig uitvoerbaar zijn op de rivier werd door de loodsen steeds negatief geantwoord. Om deze reden werd er na zeven vaarten uitgevoerd te hebben bij de volle vloedstroming besloten om de stromingssnelheden af te zwakken. Dit gebeurde door alle stromingsvectoren weergegeven in Figuur 4 en Figuur 5 te vermenigvuldigen met een factor 0.6. Dit had tot gevolg dat de stromingssnelheden bij vloedstroming gereduceerd werden van 3.5kn tot 2.1kn. Deze stromingsconditie wordt in Tabel 5 aangeduid met stroming VLm.

Achtereenvolgens zullen in dit hoofdstuk de vaarten per manoeuvre besproken worden. Eerst worden de uitvaarten uit de sluis (C3) onder het licht gehouden. Vervolgens worden invaarten komende vanuit westelijke richting (C1) en de enkele invaarten komende uit oostelijk richting besproken.

5.1 Afvaarten (C3)

Hieronder worden de afvaarten besproken uitgevoerd met een containerschip. De schepen dienden vanaf de sluis de rivier op te varen in westelijke richting.

De tweedimensionale weergave op basis waarvan de loodsen informatie over het schip en de omgeving kregen is geen geschikte weergave om het in- en uitvaren van de sluis te simuleren. Hierdoor had het geen zin om de afvaarten te starten op een positie in de sluis. Om deze reden werden de vaarten aangevat op een startpositie net buiten de sluis. Men veronderstelt dat het schip op dat ogenblik een snelheid had gelijk aan 1.9kn en dat het op deze positie losgelaten werd door de sleepboten.

In realiteit zal men een voorste sleepboot vasthouden om deze eventueel te gebruiken wanneer er door andere schepen op de rivier niet onmiddellijk uitgevaren kan worden. Tijdens de simulatievaarten gaat men ervan uit dat het schip niet gestoord wordt door andere scheepvaart op de rivier en bijgevolg onmiddellijk snelheid kon maken in de buitenhaven. Enkel bij het uitvaren van de buitenhaven zou sleepboothulp wenselijk zijn. De scheepssnelheid ligt op dat moment echter te hoog voor sleepboot-assistentie. In sommige vaarten werd in de buitenhaven een voorste sleepboot vastgemaakt maar deze werd nooit gebruikt. Het gebruik van sleepboten bij afvaarten zal om de reden niet verder besproken worden.

5.1.1 Vaart 1: eb - zw5

De eerste simulatievaart werd uitgevoerd door rivierloods Dion Van Iersel. Deze vaart werd uitgevoerd bij ebstroming en bij windconditie ZW5. De combinatie van deze stroming en wind kan als meest eenvoudig beschouwd worden. Bij het uitvaren van de buitenhaven komt de boeg immers als eerste in aanraking met de ebstroming waardoor het voorschip naar bakboord verzet wordt. Hierdoor krijgt het

schip een gierbeweging naar bakboord (westelijke richting) die het schip helpt bij het uitvoeren van het manoeuvre.

De eerste vaart werd erg vlot uitgevoerd. De loods merkte op dat bij dergelijke manoeuvres enkel de dwarse wind voor problemen zou kunnen zorgen. Het containerschip reageert immers erg loefgierig op de wind. Hierdoor waren bij het begin van de vaart (toen de scheepssnelheid eerder beperkt was) grote roerhoeken nodig om de gierbeweging naar stuurboord in de buitenhaven te verwezenlijken. Wel dient opgemerkt te worden dat de grote roerhoeken gepaard gingen met telegraafstand “dead slow” (zie overzichtsgrafieken in Bijlage B). Hierdoor kan men gerust stellen dat het manoeuvre gepaard ging met grote manoeuvreerreserves. Een opmerking die de loods trouwens bevestigde.

Uit de plot in Bijlage A kan men aflezen dat de boeg van het schip de havenmond bereikte na 10 tot 11 minuten. Uit Bijlage B kan men aflezen dat op dat moment de telegraafstand opgevoerd werd tot “half ahead” en het roergebruik na dit moment eerder beperkt was.

Hoewel dit uit deze vaart niet tot uiting komt merkte de loods op dat de verbreding van de havenmond zoals voorzien in [1] noodzakelijk was om schepen met lengte gelijk aan 366m te ontvangen.

5.1.2 Vaart 2: vloed - zw5

Aangezien de eerste vaart uitgevoerd bij ebstroming niet tot problemen leidde werd tijdens de tweede vaart de stroming aangepast. De vloedstroming zal in tegenstelling tot de ebstroming de gierbeweging naar het westen tegenwerken. Wanneer de boeg van het schip uit de havenmond steekt wordt deze door de vloedstroming verzet naar stuurboord. Hierdoor wordt een gierbeweging naar stuurboord gegenereerd terwijl het schip een gierbeweging naar bakboord nodig heeft om in westelijke richting te varen.

De rivierloods die ook deze vaart uitvoerde koos ervoor met een westelijkere koers door de havenmond te varen. Hierdoor viel de stroming niet loodrecht in op de boeg en was haar invloed op de gierbeweging meer gematigd. Bovendien had deze initiële westelijke koers als gevolg dat de benodigde koersverandering op de rivier minder groot diende te zijn.

Het manoeuvre werd opnieuw tot een goed einde gebracht. Het gedrag van het schip in de buitenhaven was opvallend gelijkaardig (bekijk hiervoor de grafieken met roerhoek en schroeftoerental uit Bijlage B). Zoals te verwachten was het roergebruik naar bakboord na negen minuten nu echter veel groter. Op de plot in Bijlage A kan afgelezen worden dat het voorschip zich na 11 minuten op de rivier bevond terwijl het achterschip toen nog in de buitenhaven lag. De loods gooide na 9.5 minuten het roer naar bakboord waardoor de giersnelheid reeds in de buitenhaven begon op te lopen. Eenmaal de stroming zich manifesteerde op het voorschip (na 11min), viel de giersnelheid terug. Wanneer ook het achterschip zich in de stroming (na 12min) bevond nam de giersnelheid opnieuw toe.

Op het einde van de vaart werd er opnieuw roer naar stuurboord gegeven om de gierbeweging te stutten.

Uit de grafieken van schroeftoerental en roerhoek blijkt dat gedurende 2 minuten een maximale roeruitslag gecombineerd werd met telegraafstand “harbour full”. Dit illustreert de kleine reserves die gepaard gaan met afvaarten bij vloedstroming.

Na deze vaart achtte de loods dat het manoeuvre gunstiger uitgevoerd zou worden indien er een halve scheepslengte vroeger gebocht zou worden. Om dit te verifiëren werd de volgende vaart bij dezelfde condities uitgevoerd.

5.1.3 Vaart 3: vloed - zw5

De rivierloods Dion Van Iersel wenste vaart 2 te herhalen om te controleren of vroeger bochten betere resultaten oplevert. Doordat in deze vaart vroeger gebocht (zie giersnelheidsverloop in Bijlage B) werd in de buitenhaven, was de koers van het schip bij het uitvaren van de buitenhaven 10° meer westelijk dan het geval was bij vaart 2.

De reserves waren bij deze vaart groter dan bij de vorige. Zo blijkt uit Bijlage B dat een maximale roeruitslag slechts gedurende 35 seconden gecombineerd wordt met telegraafstand “harbour full”.

De loods achtte deze vaart vlot uitgevoerd maar merkte op dat dit manoeuvre hoe dan ook grote moeilijkheden kan inhouden.

5.1.4 Vaart 4: vloed - zw5

De vierde vaart werd uitgevoerd door de kanaalloods Ronny Tratsaert. Zoals reeds aangehaald hebben de kanaalloods geen ervaring met containerschepen zoals het containerschip dat het onderwerp vormde van deze studie. Om deze reden kan deze vaart beschouwd worden als een gewenningsvaart.

De grote verschillen in de vaarstrategie komen tot uiting door de grafieken uit bijlage B voor vaart 3 en vaart 4 te vergelijken. Uit deze grafieken blijkt dat het roer- en schroefgebruik gedurende de eerste vijf minuten van de vaarten sterk verschillen. Terwijl in de eerste vaarten de telegraafstand “dead slow” gecombineerd werd met grote roerhoeken naar stuurboord, was in vaart 4 de telegraafstand gedurende de eerste vijf minuten “slow” en was het roergebruik erg beperkt.

Door de beperkte ervaring van de kanaalloods met deze schepen had deze de loefgierigheid van het schip onderschat. De loods compenseerde de gierbeweging onder invloed van wind naar bakboord onvoldoende waardoor het schip te hoog (westelijk) komt te zitten ter hoogte van de havenmond.

De vaart werd vroegtijdig afgebroken zodat de kanaalloods dezelfde vaart opnieuw kon uitvoeren.

5.1.5 Vaart 5: vloed - zw5

In deze vaart werden dezelfde condities onderzocht als in vaart 4. De kanaalloods die eerder Vaart 4 uitvoerde was nu beducht op het loefgierige gedrag van het schip. De kanaalloods anticipeerde op het loefgierige gedrag door in de buitenhaven herhaaldelijk roerhoeken naar stuurboord te geven. Tijdens de eerste vier minuten van de vaart is het roergebruik echter opnieuw erg beperkt. Bovendien vroeg de kanaalloods in de buitenhaven minimaal telegraafstand “half” terwijl de rivierloods in de buitenhaven bij een telegraafstand “dead slow” voer.

Het schip bevond zich bij het uitvaren van de buitenhaven (na 8 à 9 minuten) in de westelijke helft van de havenmond. Hierdoor kon het schip de giersnelheid pas opbouwen wanneer het voorschip zich op de rivier bevond en al onderhevig was aan dwarsstroming. Uit het verloop van de giersnelheid (Bijlage B) volgt dat na 8 min de giersnelheid 0%/min bedraagt en dat deze, ondanks een maximale roeruitslag naar bakboord, naar stuurboord begon te gieren onder invloed van de stroming. Pas na 9 minuten wanneer ook het achterschip uit de buitenhaven kwam, begon de giersnelheid naar bakboord op te bouwen. De scheepssnelheid bedroeg op dat moment 10kn waardoor de giersnelheid onvoldoende snel opliep om te vermijden dat het schip aan de grond liep voorbij de rode boeienlijn.

Sleepbootassistentie konden de reserves bij het opvaren van de rivier niet vergroten aangezien de scheepssnelheid op dat ogenblik meer dan 9kn bedroeg.

5.1.6 Vaart 14: gematigde vloed – zw6

Een van de laatste vaarten die uitgevoerd werden op de eerste vaardag betrof opnieuw een afvaart. Na enkele invaartmanoeuvres bij vloedstroming hadden de loods opgemerkt dat stroomsnelheden tot 3.5kn te groot waren om het in- en uitvaren van de havenmond veilig uit te voeren. Hierdoor werd het stromingsprofiel horende bij volle vloed gematigd tot stromingsnelheid 2.1kn.

De afvaart in vaart 14 werd uitgevoerd bij een gematigde vloedstroming en bij windconditie ZW6. De vaart werd opnieuw uitgevoerd door de kanaalloods Ronny Tratsaert en vertoont opvallend veel gelijkenissen met vaart 5. Tijdens de eerste zes minuten van het manoeuvre werd er geen gierbeweging naar stuurboord opgebouwd waardoor het schip opnieuw de buitenhaven verliet in de westerhelft van de havenmond. Hierdoor kon er niet vroeg genoeg begonnen worden met bochten naar bakboord. De vloedstroming op de boeg bij het uitvaren van de buitenhaven werkt de gierbeweging naar bakboord tegen. Hoewel er na 10 minuten (wanneer het voorschip de stroming begint te ervaren) gedurende 4 minuten een maximale roeruitslag naar bakboord gecombineerd werd met een telegraafstand “harbour full” bereikte het schip op de rivier pas een geschikte koers wanneer het zich buiten de rode boeienlijn bevond. Door de hoge waterstand bij vloedstroming was de minimale waterdiepte 15m. Deze waarde is onvoldoende voor een schip met diepgang 14.5m.

5.1.7 Samenvatting

De loodsen concludeerden dat het uitvaren van de buitenhaven vooral bij de oorspronkelijke maar ook bij de gematigde vloedstroming een erg moeilijk manoeuvre bleek. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de moeilijkheidsgraad van het manoeuvre niet vergroot wordt door de gekozen locatie van de zeesluis. Het alternatief waarbij de sluis ten westen van de Westsluis gepositioneerd zou worden achten de loodsen niet gunstiger voor dit manoeuvre.

De twee eerste vaarten die bij vloedstroming uitgevoerd werden, werden wel tot een goed einde gebracht. De strategie die hierbij gebruikt werd, verschilde van deze die in de latere vaarten toegepast werd. Het belangrijkste verschil is dat bij de vaart 2 en vaart 3 ervoor gezorgd werd dat het schip niet te veel oploefde onder invloed van de zuidwesten wind. Hierdoor slaagde men er in deze vaarten in om het schip in de oostelijke helft van de havenmond de buitenhaven uit te varen. Deze positie liet toe om de gierbeweging reeds in de buitenhaven op te bouwen en leidde tot een westelijkere koers van het schip wanneer de boeg op de rivier kwam. Hierdoor viel de stroom minder dwars op de boeg en was de giersnelheid opgewekt door de stroming gematigder.

De kanaalloods had geen ervaring met het containerschip en liet zich herhaaldelijk verrassen door de loefgierigheid van het schip. Hierdoor verliet het schip de buitenhaven niet in de oostelijke maar in de westelijke helft van de havenmond.

De opvallende verschillen in vaarstrategie doen vermoeden dat de resultaten van de vaarten aanzienlijk verbeterd kunnen worden indien de kanaalloodsen getraind worden op deze manoeuvres.

5.2 Invaarten uit westelijke richting (C1)

In dit hoofdstuk wordt de aanloop naar de sluis onderzocht voor schepen komende uit westelijke richting. Dergelijke manoeuvres werden onderzocht bij vloed- en ebstroming en bij windcondities ZW5 en ZW6.

Voor de sleepboothulp werd er geopteerd voor één sleepboot vooraan en één sleepboot achteraan. Deze sleepbootconfiguratie vereiste grote trekkrachten van de sleepboten waardoor de loodsen sleepboten met trekkracht 75ton noodzakelijk achtten.

Ter vergelijking merkte rivierloods Dion Van Iersel op dat in de haven van Antwerpen een schip met vergelijkbare afmetingen achteraan momenteel over twee sleepboten met trekkracht 65ton beschikt. Deze grote trekkracht is nodig om te vermijden dat de snelheid van het containerschip groter wordt dan 2 kn wanneer het schip bij telegraafstand "dead slow" vaart.

In overleg met de loodsen werd bij het begin van elke vaart een geschikte startpositie en startsnelheid van het schip gekozen.

5.2.1 Vaart 6: vloed – ZW5

De eerste invaart uitgevoerd met een containerschip vond plaats bij vloedstroming en bij een windconditie ZW5. Verkeerdelijk werden in plaats van sleepboten met trekkracht 75ton sleepboten met trekkracht 60ton vastgemaakt. Deze fout achtten de loodsen niet verantwoordelijk voor het niet slagen van deze vaart.

Bij vloedstroming zal het schip bij het invaren van de buitenhaven gebruik maken van de stroming om de gierbeweging op te bouwen. Wanneer de boeg immers in de havenmond gebracht wordt zal de stroming op de boeg wegvallen. De stroming blijft zich enkel nog manifesteren op het achterschip waardoor de gierbeweging naar stuurboord versterkt wordt. Om deze reden worden invaartmanoeuvres voor schepen komende uit westelijke richting gemakkelijker geacht bij vloedstroming dan bij ebstroming.

Bij de eerste invaart uitgevoerd door de rivierloods bij vloedstroming werd er te laat begonnen met bochten. Hierdoor kwam de boeg te oostelijk in de havenmond. Door de vloedstroming werd het schip verder verzet tegen de oostkant van de havenmond en werd de vaart afgebroken.

De loodsen haalden aan dat de resultaten van deze vaart verbeterd konden worden door enerzijds vroeger te beginnen bochten en anderzijds het bochten te starten op kortere afstand van de groene boeienlijn.

De vaart werd herhaald door dezelfde loods

5.2.2 Vaart 7: vloed – ZW5

De vorige vaart werd een tweede maal uitgevoerd onder identieke omstandigheden. Om tijd te besparen werd de startpositie nu iets dichterbij de havenmond gekozen. In deze vaart werden zowel vooraan als achteraan een sleepboot met trekkracht 75ton vastgemaakt.

De loodsen oordeelden dat het manoeuvre met erg weinig reserves uitgevoerd werd. Dit kan ook afgeleid worden uit de vaarbaanplot die weergegeven wordt in bijlage B. Zowel de afstand tussen het achterschip en de oostkant van de havenmond als de afstand tussen de boeg en de westkant van de buitenhaven is relatief klein. De loodsen merkten op dat bij stroomsnelheden gelijk aan 3.5kn de havenmond ondanks een verbreding van 130m nog steeds te klein was om veilige manoeuvres uit te voeren.

Het schip heeft bij het binnenvaren van de buitenhaven een snelheid gelijk aan 6kn. Deze snelheid kon met behulp van schroef en sleepboten binnen de 2.5 minuten op nul gebracht worden. Gedurende deze periode werden de middelen (schroef en sleepboot) bijna maximaal ingezet. Op de plot komt tot uiting dat de boeg op korte afstand van de westkant van de buitenhaven tot stilstand wordt gebracht. Van op deze positie werd het schip opgelijnd naar de sluis. Hiervoor werd het schip bijna ter plekke gedraaid en kon het schip vervolgens in een rechte lijn de sluis naderen. Bij dit laatste rechtlijnige manoeuvre viel op dat de achterste sleepboot niet kon beletten dat de snelheid van het schip opliep tot 4.3kn hoewel de telegraaf slechts op "dead slow" stond. Hoewel de loodsen opmerkten dat er beter meer trekkracht voorhanden zou zijn achteraan opdat de snelheid van het schip constant op 2kn gehouden kan worden, konden de loodsen ook met de toegepaste sleepbootconfiguratie op een veilige manier naar de sluis gaan. De vaart werd beëindigd wanneer het schip zich met snelheid 1kn op korte afstand van de sluisingang bevond en perfect opgelijnd was.

De rivierloods achtte de gekozen locatie van de zeesluis erg gunstig en de stopafstand hoegenaamd geen probleem. Hij merkte bovendien op dat in deze configuratie de afstand om op te lijnen groter is dan momenteel het geval is voor gelijkaardige schepen aan de Berendrechtsluis.

Anderzijds achtten de loodsen het invaren van de havenmond bij stromingssnelheden tot 3.5kn niet veilig uitvoerbaar op de rivier.

5.2.3 Vaart 8: vloed – ZW5

Dezelfde vaart werd nu uitgevoerd door de kanaalloods Ronny Tratsaert. Deze ervoer dezelfde problemen als de rivierloods in de vorige vaart. Bij het binnenvaren van de havenmond deed de stroming op het achterschip het schip te ver doordraaien waardoor de voorligging van het schip te westelijk werd. Het schip kan de westkant van de buitenhaven niet vermijden en de vaart wordt afgebroken.

Na de drie invaarten uitgevoerd bij vloedstroming concludeerden de loodsen dat manoeuvres bij stroomsnelheden tot 3.5kn niet realistisch zijn bij schepen met afmetingen zoals onderzocht in deze studie. Voor het vervolg van deze studie wordt de vloedstroming steeds gematigd tot stroomsnelheden 2.1kn door alle stromingsvectoren te vermenigvuldigen met een factor 0.6. De loodsen achtten het bij een stromingssnelheid gelijk aan 2kn immers wel veilig om de manoeuvres uit te voeren.

5.2.4 Vaart 9: gematigde vloed – ZW5

Vaart 8 werd herhaald met een gematigde vloedstroming.

De gematigde vloedstroming gaf aanleiding tot veel gunstigere resultaten. Het schip draaide bij het binnenvaren van de havenmond minder door onder invloed van de stroming op het achterschip. In tegenstelling tot de drie voorgaande vaarten, voer het schip de buitenhaven binnen (na 9min) met een erg gunstige koers (194°) en bij een snelheid gelijk aan 6.7kn. Wanneer na 10min het schip zich volledig in de buitenhaven bevond, werd door een combinatie van schroef (half astern) en achterste sleepboot, de snelheid van het schip in 2.5min teruggebracht tot 1.3kn. Ondertussen werd met behulp van de voorste sleepboot het schip gealigneerd met de sluis.

De aanloop naar de sluis (na 15min) werd uitgevoerd bij telegraafstand “dead slow”. Deze telegraafstand komt overeen met het laagste toerental waarop de motor continu kan draaien. Het schroeftoerental wordt niet gestopt omdat in dat geval het roer veel van zijn effectiviteit verliest.

Er werd opgemerkt dat bij deze telegraafstand de snelheid van het schip blijft oplopen ondanks het volle gebruik van een sleepboot met trekkracht 75ton achteraan. Tussen de 13^{de} en 22^{ste} minuut van de vaart loopt de snelheid van het schip op van 1.3kn tot 2.6kn.

Wanneer de boeg zich na 22min op 200m van de sluismond bevond, werd er herhaaldelijk achteruitgeslagen met de schroef om de snelheid terug te brengen op 0.4kn. Deze lage snelheid laat toe om het schip door middel van de sleepboten perfect te aligneren voor de sluis. Eenmaal het schip perfect gepositioneerd was om de sluis binnen te varen vroeg de loods opnieuw telegraafstand “dead slow”. Omdat het invaren van de sluis zelf niet meegenomen wordt in de studie werd deze vaart op dat ogenblik beëindigd. Het deel van de vaart in de buitenhaven besloeg 18min.

De loodsen merkten op dat de onderzochte combinatie van schip en sleepboten voldoende reserves inhoudt voor manoeuvres in de buitenhaven en voor het oplijnen naar de sluis. De gematigde vloedstroming leidt tot veel gunstigere resultaten dan in de vorige vaarten.

Bovendien werd door de loodsen opgemerkt dat bij de uitvoering van het onderzochte manoeuvre met het onderzochte containerschip de buitenhaven (en zeker de westkant van de buitenhaven) volledig vrij moet zijn. Uit de plot in Bijlage A blijkt inderdaad dat er weinig ruimte overblijft voor andere scheepvaart in de buitenhaven.

Deze vaart werd uitgevoerd met hoge snelheid bij het binnenvaren van de buitenhaven (6.7kn). Ook bij deze invaarsnelheid is er in de buitenhaven voldoende ruimte om het schip gestopt te krijgen, te aligneren en met aanvaardbare snelheid naar de sluis te brengen.

5.2.5 Vaart 10: eb – ZW5

De eerste invaart bij ebstroming werd uitgevoerd door de rivierloods Dion Van Iersel. Deze wenste het manoeuvre op een naar zijn mening erg gecontroleerde wijze uit te voeren. Hiervoor paste hij een vaarstrategie toe die in het verleden ook toegepast werd bij het binnenvaren van het Deurganckdok. De bewuste strategie hield in dat het schip voor de havenmond stilgelegd wordt ten opzichte van de grond. Aangezien bij ebstroming het schip tegen de stroom in vaart, dient het schip hiervoor een snelheid gelijk aan de stromingssnelheid aan te houden. Wanneer het schip geen snelheid meer heeft ten opzicht van de grond wordt het schip door middel van de sleepboten gedraaid naar de havenmond toe. De loods dient dan op het geschikte moment machine vooruit te geven om bij de geschikte koers de havenmond binnen te varen. Het voordeel van deze strategie is dat het schip de gierbeweging op de rivier opbouwt waar de stroming op voor- en achterschip gelijk is en niet in de havenmond.

Door toepassing van de beschreven vaartstrategie voer het schip de buitenhaven binnen bij een snelheid gelijk aan 4.6kn wat als erg gunstig omschreven kan worden.

Het oplijnen naar de sluis geschiedde met relatief hoge snelheid (3kn) maar wanneer de boeg zich op 120m van de sluismond bevond, werd er met de machine achteruitgeslagen tot de scheepsnelheid 0.4kn bedroeg. Bij deze lage scheepsnelheid kon het schip perfect opgelijnd worden met behulp van de sleepboten waarna het schip de sluis binnen kon varen.

Na deze vaart merkten de rivierloods op dat door het toepassen van deze vaarstrategie, de positie van de zeesluis gerust iets noordelijker gepositioneerd kan worden. Het stoppen van het schip is immers geen probleem en bij zeer lage snelheid (en gestopte schroef) kunnen de sleepboten het schip perfect aligneren. Wel dient opgemerkt te worden dat het oplijnen door middel van sleepboten een erg tijdrovend manoeuvre kan zijn. Bovendien vereist het invaren van de buitenhaven aan de hand van de methode toegepast in deze vaart een langdurig manoeuvre op de rivier waarbij veel ruimte in beslag genomen wordt (zie Bijlage A). Mogelijks geeft dit aanleiding tot belangrijke hinder voor het scheepvaartverkeer op de rivier.

5.2.6 Vaart 11: eb – ZW5

Teneinde de toegepaste strategie uit vaart 10 te vergelijken met deze die momenteel toegepast wordt door de kanaalloodsen, werd vaart 10 herhaald door de kanaalloods Ronny Tratsaert.

De kanaalloodsen verkiezen om het invaren van de buitenhaven op een vlottere manier uit te voeren. De snelheid van het schip wordt niet op nul gebracht en men tracht de gierbeweging op te wekken met het roer. Deze vlotte invaart van de buitenhaven heeft bij ebstroom het nadeel dat wanneer het schip zich in de havenmond bevindt, de stroming op het achterschip de giersnelheid naar stuurboord zal tegenwerken. Hierdoor vereist dit manoeuvre dat de gierbeweging al voor een groot stuk op de rivier opgebouwd wordt en dat bovendien de koers waarbij de buitenhaven binnengevaren wordt voldoende westelijk is.

In Vaart 11 werd niet voldaan aan deze beide eisen en ging het schip in de oostkant van de buitenhaven. Aangezien de loodsen vermoedden dat voor het binnenvaren van de haven de windkracht weinig belang had, werd de volgende vaart uitgevoerd bij dezelfde stromingsconditie maar bij een hogere windsnelheid.

5.2.7 Vaart 12: eb – ZW6

Ook in deze vaart komt het schip erg dicht tegen de oostkant van de buitenhaven. Hierdoor was een grotere afstand nodig om het schip te aligneren voor de sluis. In vergelijking met Vaart 10 was de snelheid waarmee het schip de buitenhaven binnen voer veel hoger. In deze vaart bedroeg de snelheid bij het binnenvaren van de buitenhaven immers meer dan 7kn.

Ondanks de ongunstige invaart in de buitenhaven kon het schip toch goed opgelijnd worden voor de sluis en kon de snelheid van het schip goed gecontroleerd worden. Om bij de windconditie ZW6 het schip op te lijnen voor de sluis achtten de loodsen een derde sleepboot noodzakelijk. Deze derde sleepboot duwde in het achterschip aan bakboordzijde van het schip (lijzijde) duwen om de windinvloed (verlijeren en loefgierigheid) te compenseren. Als duwboot werd een boot met kracht 60ton gebruikt maar uit Bijlage B blijkt dat maximaal 30ton gevraagd werd. Mits het toevoegen van een duwboot achtten de loodsen de manoeuvres bij windconditie ZW6 niet moeilijker dan bij ZW5.

Bij deze vaart kan men veronderstellen dat een noordelijkere positie van de zeesluis het manoeuvre wel zou bemoeilijken. Na 23 minuten wordt de snelheid van het schip op 0.3kn gebracht. Bij deze lage snelheid hadden de sleepboten ook bij een noordelijkere positie van de zeesluis het schip hebben kunnen aligneren maar zou dit een erg tijdrovend manoeuvre geweest zijn.

De loods vond dat het manoeuvre zoals uitgevoerd op de simulator ook veilig uit te voeren is op de rivier.

5.2.8 Vaart 13: gematigde vloed – ZW6

De laatste invaart die uitgevoerd werd met een containerschip uit westelijke richting werd uitgevoerd door rivierloods Dion Van Iersel. Voor de invaart koos de loods opnieuw voor een afwijkende vaarstrategie waarbij het schip achterwaarts de buitenhaven binnenvoer. Eenmaal in de buitenhaven diende het schip dan nog 180° gedraaid te worden.

Voor dit manoeuvre werd de duwboot zowel aan bakboord als stuurboord gebruikt. De door de loods gevraagde duwkracht bedroeg in deze vaart 52.6ton.

Na het draaimanoeuvre bevond het schip zich iets te laag ten opzichte van de sluis. Bijgevolg diende het schip opgewerkt te worden tegen de wind. Om dit te verwezenlijken trokken beide sleepboten het schip naar stuurboord. Het schip kon voldoende snel opgewerkt te worden tegen de wind in wat volgens de loodsen op grote reserves wijst.

Bij de vaarstrategie dient opgemerkt te worden dat deze erg tijdrovend is. In de eerste plaats dient op de rivier de voorwaartse snelheid afgebouwd te worden en een achterwaartse snelheid opgebouwd te worden terwijl het schip een groot deel van de rivier blokkeert. Vervolgens dient in de buitenhaven het schip 180° gedraaid te worden wat eveneens overeenstemt met een tijdrovend manoeuvre. De vaart duurde in totaal 44min terwijl Vaart 9 uitgevoerd onder gelijkaardige condities maar uitgevoerd met een meer conventionele vaarstrategie slechts 27min in beslag nam.

5.2.9 Samenvatting

De problemen die gepaard gaan met het invaren van de sluis met het maatgevende containerschip manifesteren zich steeds bij het binnenvaren van de buitenhaven. De ongelijkmatige verdeling van de

stroomsnelheid over de lengte van het schip bij het binnenvaren van de havenmond heeft een grote invloed op het giersnelheidsverloop en op de koers waarbij het schip de buitenhaven invaart.

Bij de eerste vaarten uitgevoerd bij vloedstroming viel op dat bij stroomsnelheden gelijk aan 3.5kn de invloed van deze stroming te groot werd om de buitenhaven op een veilige manier in te varen. Bij een gematigde vloedstroming die gepaard gaat met stroomsnelheden tot 2.1kn waren de invaarten wel aanvaardbaar.

De loodsen waren erg enthousiast over de locatie van de zeesluis binnen complex. Ook wanneer zoals in Vaart 7 en Vaart 12 de invaart in de sluis op een niet ideale manier gebeurde, kon het oplijnen van het schip naar de sluis en het controleren van de snelheid steeds met voldoende reserves uitgevoerd worden.

Bij windconditie ZW5 volstond een sleepbootconfiguratie met één sleepboot vooraan en één sleepboot achteraan die beide een trekkracht gelijk aan 75ton konden verwezenlijken. Windconditie ZW6 vereiste een extra duwboot van 60ton in de buitenhaven. Deze duwboot duwde aan de lijkant van het schip in de achterste helft van het schip. Bij invaarten bij zuidwestenwind duwde de duwboot op het containerschip ter hoogte van koppelpunt 12 (zie Figuur 9).

De rivierloods maakte enkele vergelijkingen met gelijkaardige manoeuvres die met gelijkaardige schepen uitgevoerd worden in de Westerschelde. Zo merkte Dion Van Iersel op dat een schip voor de Berendrechtsluis slechts over 500m beschikt om zich op te lijnen, terwijl voor de onderzochte sluisconfiguratie deze afstand 1200m bedraagt. In verband met de breedte van de havenmond die tijdens de simulaties 430m bedroeg merkte deze loods op dat de breedte van het Deurganckdok 450m bedraagt. Een invaart van het Deurganckdok is te vergelijken met een invaart van de buitenhaven. Bij het invaren van het Deurganckdok dient een koersverandering van 53° verwezenlijkt te worden terwijl de koersverandering bij het binnenvaren van de buitenhaven voor schepen komende uit westelijke richting 60° bedraagt. Desalniettemin vonden de loodsen de breedte van de havenmond (430m) voldoende voor de vaarten uitgevoerd bij de ebstroming en gematigde vloedstroming.

5.3 Invaarten uit oostelijke richting (C2)

Hoewel invaarten met een containerschip komende uit oostelijke richting niet gepland waren, werden op aangeven van de loodsen toch twee zulke manoeuvres uitgevoerd. Beide vaarten werden uitgevoerd bij windconditie ZW6. De problemen bij vaart uit oostelijke richting zijn analoog als bij de vaarten uit westelijke richting.

5.3.1 Vaart 15: eb – ZW6

Net zoals voor de vaart uit westelijke richting vloedstroming tot eenvoudigere manoeuvres leidt dan ebstroming, zo leidt voor vaart uit oostelijke richting ebstroming tot eenvoudigere manoeuvres bij ebstroming. Bij het binnenvaren van de buitenhaven dient een schip komende uit oostelijke richting een giersnelheid naar bakboord op te bouwen. Bij het binnenvaren van de havenmond zal de ebstroming zich enkel nog manifesteren op het achterschip waardoor de gierbeweging naar bakboord versterkt wordt.

Vaart 15 werd uitgevoerd door de rivierloods Dion Van Iersel en kon zonder problemen uitgevoerd worden. Het gunstige verloop van de invaart kan snel afgeleid worden uit de vaarbaanplot in Bijlage A.

Opnieuw werd gebruik gemaakt van twee sleepboten met trekkracht 75ton en één duwboot met kracht 60ton. De loods vroeg van de duwboot echter nooit meer dan 30ton te duwen.

Bij het manoeuvreren in de buitenhaven kwam het schip ter hoogte van de mond van de Westsluis te hoog uit. Om het schip op een gunstige positie naar de middensluis te brengen diende het schip een weinig achteruit te deinzen om zich vervolgens door de twee sleepboten dwars te laten verzetten. Wanneer het schip zich op een gunstige positie bevond, werd de snelheid opnieuw positief. Een weinig later werd de vaart beëindigd.

5.3.2 Vaart 16: gematigde vloed – ZW6

De laatste vaart met een containerschip werd uitgevoerd door kanaalloods Ronny Tratsaert bij gematigde vloedstroming.

De vaart kon zonder problemen uitgevoerd worden. De buitenhaven werd binnengevaren met snelheid 6.4kn maar werd snel teruggebracht tot 2.3kn. Het schip lag erg vroeg gestrekt (koers=154°) waardoor de loods in het laatste deel van de vaart nog maar weinig stuurvermogen nodig had. Hierdoor kon in de aanloop naar de sluis de schroef meermaals gestopt worden waardoor de snelheid van het schip steeds rond 2kn bleef schommelen. De koers werd tot aan de sluis onveranderd gehouden en de sleepboten voor en achter verzetten het schip in dwarse richting om het schip perfect uit te lijnen.

In deze vaart werd kortstondig het volle vermogen van de duwboot gevraagd.

5.3.3 Samenvatting

De reacties van de loodsen na deze twee laatste vaarten bevestigden het oordeel na de invaarten uit westelijke richting. De ruimte in de buitenhaven is voldoende en de gebruikte sleepbootconfiguraties volstaan om een veilige invaart te garanderen. De sleepboot achteraan dient minimaal over een trekkracht gelijk aan 75ton te beschikken.

6 VAARTEN MET BULKCARRIER

Op de tweede vaardag (11/03/2008) werd een bulkcarrier onderzocht met afmetingen zoals weergegeven in Tabel 1. Voor het uitvoeren van deze manoeuvres werd kanaalloods Christian De Grootte uitgenodigd. De vaarten uitgevoerd door deze loods worden in dit hoofdstuk besproken.

6.1 Afvaarten (C3)

Analoog als bij de simulaties met een containerschip werden eerst afvaarten onderzocht. Afvaarten werden uitgevoerd met een bulkcarrier in ballast. De diepgang ter hoogte van de voorpiek van het schip in ballast bedroeg 8.38m terwijl de diepgang ter hoogte van de achterpiek van het schip 9.57m bedroeg. Doordat het schip zo hoog op het water ligt is het zeer windgevoelig.

6.1.1 Vaart 17: eb – ZW5

De eerste vaart van de tweede vaardag betrof een uitvaart bij windconditie ZW5 en bij ebstroming.

De vaart kan beschouwd worden als gewenningsvaart. De loods liet zich verrassen door de loefgierigheid van het schip in ballast en draaide onvoldoende snel naar stuurboord om de buitenhaven centraal in de havenmond uit te varen. Wanneer men de overzichtsgrafieken in Bijlage B onder de loep houdt, merkt men dat erg vroeg in de vaart hoge schroeftoerentallen gebruikt werden. Het roergebruik in de eerste vijf minuten van de vaart was echter zeer beperkt waardoor het schip teveel in de westkant van de buitenhaven terecht kwam. Pas na vijf minuten werd een maximale roeruitslag gecombineerd met een telegraafstand "harbour full" om alsnog de westkant van de havenmond te vermijden. De loods slaagde in zijn opzet en een botsing kon vermeden worden. Het aanwenden van het maximale schroeftoerental en een maximale roeruitslag wijst echter op de kleine reserves in deze vaart.

De vaart werd onder dezelfde omstandigheden herhaald.

6.1.2 Vaart 18: eb – ZW5

Na de eerste vaart was de loods beducht van de problemen die gepaard gingen met het bulkschip in ballast en de configuratie van de buitenhaven. De gierbeweging naar stuurboord werd vroeger opgebouwd (belangrijke roerhoeken na anderhalve minuut). De loods merkte op dat hij beter nog vroeger een meer oostelijke koers had gevaren waardoor het schip zich minder in de westkant van de buitenhaven zou bevinden.

Het schip verlaat de buitenhaven centraal in de havenmond met een snelheid gelijk aan 8kn. Bij het buitenvaren helpt de ebstroming op de boeg van het schip om de benodigde giersnelheid naar bakboord op te wekken. De vaart kan als geslaagd beschouwd worden.

6.1.3 Vaart 19: gematigde vloed – ZW5

In de derde vaart van deze vaardag werden al vroeg roerhoeken naar stuurboord gegeven waardoor het schip in de oostelijke helft van de buitenhaven blijft. Door deze oostelijke positie in de buitenhaven kan het schip tijdig beginnen bochten naar bakboord. Na zeven minuten (op het moment dat de boeg in de havenmond ligt) geeft de loods vol bakboord (combinatie van maximale roeruitslag naar bakboord en telegraafstand "harbour full"). De giersnelheid loopt ondanks de vloedstroming op de boeg vlot op en het schip komt ter hoogte van de rode boeienlijn gestrekt op de rivier te liggen.

De loods merkte op dat bij de kleine snelheden in het begin van de vaart er normaal nog sleepboten vastgemaakt zijn die het schip uit de sluis geëscorteerd hebben. Om die reden werd er bij deze vaart ook een voorste sleepboot vastgemaakt die echter niet gebruikt werd.

Na de drie uitvaarten bij windconditie ZW5 achtte de loods de configuratie van sluis en buitenhaven geschikt voor uitvaarten.

6.1.4 Vaart 32: gematigde vloed – ZW6

In de namiddag werden nog twee afvaarten georganiseerd bij de moeilijkste stromingsconditie (vloed) en windconditie ZW6.

Het schip kwam net als in Vaart 19 centraal in de havenmond uit de buitenhaven. De giersnelheid werd in deze vaart echter iets later opgebouwd. In beide vaarten werd er vol bakboord gegeven na 7 minuten. Door de grotere snelheid in de buitenhaven bevond in Vaart 32 het schip zich na 7 minuten iets verder uit de buitenhaven dan het geval was in Vaart 19.. Bovendien was de koers bij het uitkomen van de buitenhaven in Vaart 32 oostelijker gericht dan bij Vaart 19. Door deze verschillen kon de giersnelheid in vaart 32 onvoldoende snel opgebouwd worden en kwam het schip buiten de rode boeienlijn terecht.

De loods beweerde dat de slechtere resultaten uit deze vaart niet te wijten waren aan de aangepaste windcondities.

6.1.5 Vaart 33: gematigde vloed – ZW6

Vaart 32 wordt met succes herhaald. De giersnelheid werd in deze vaart vroeger opgebouwd en de koers bij het uitvaren van de buitenhaven was westelijker gericht dan in de vorige vaart. De vaart wordt geslaagd geacht.

6.1.6 Samenvatting

De afvaarten met een bulkschip in ballast kenden niet allemaal een gunstig verloop. Toch merkte kanaalloods Christian De Grootte op dat het niet slagen van de eerste vaarten te wijten was aan de nodige aanpassingen aan de bediening, de omgeving en het schip. Eenmaal de loods vertrouwd was met deze drie factoren slaagden de vaarten wel. Bij elk van de afvaarten gaf de loods vroeg in de vaart een hoog toerental in. Hierdoor was er een grote druk op het roer voorhanden waardoor het schip voldoende controleerbaar was. Door het instellen van dergelijke hoge schroeftoerentallen heeft het schip bij het uitvaren van de havenmond een snelheid van ca. 9kn.

In de eerste vaart werd de loods verrast door de windgevoeligheid van het schip in ballast. Eenmaal de loods beducht was van de windgevoeligheid van het schip stelde de wind niet voor problemen. Ook in Vaart 32 achtte de loods de problemen niet veroorzaakt door de hogere windsnelheid maar door het laattijdig opbouwen van de giersnelheid.

6.2 Invaarten uit westelijke richting (C1)

De kanaalloods Christian De Grootte wenste de buitenhaven steeds op een vlotte manier in te varen (d.w.z. met een relatief hoge snelheid). Om dit te bereiken schatte hij op basis van ervaring met ander schepen en de heersende stromingsconditie de afstand tussen de scheepsbrug en de havenmond in waarbij hij het roer hard over⁴ diende te leggen. Doordat de loods geen ervaring had met schepen van deze lengte gingen de invaarten in het begin enkele keren in de mist. Een nadeel van deze strategie was immers dat er geen reserves (schroef of roer) waren indien bleek dat het schip toch niet uitkwam waar het verwacht werd. Eenmaal de loods echter enige ervaring opgebouwd had met het schip werden de resultaten van de vaart opvallend beter.

Het bulkschip dat gebruikt werd bij invaarten beschikte over een diepgang gelijk aan 14.5m. De sleepbootassistentie bestond wederom uit één sleepboot vooraan en één sleepboot achteraan. Beide sleepboten hadden een trekkracht gelijk aan 75ton. Bij het oplijnen naar de sluis bij windconditie ZW6 werd anders dan bij het containerschip bij het bulkschip geen duwboot toegevoegd.

6.2.1 Vaart 20: gematigde vloed – ZW5

Doordat de loods geen ervaring had met bulkcarriers met lengte 366m, schatte de loods de afstand tot de havenmond waarbij hij diende te starten met bochten verkeerd in. Het roer werd te laat hard over

⁴ Met het roer hard over leggen wordt bedoeld: een maximale roerhoek combineren met een maximaal schroeftoerental (harbour full)

gelegd (na 3.8min) waardoor het schip voorbij de havenmond zou uitkomen. Toen het mislukken van de vaart niet meer te vermijden viel werd de vaart afgebroken.

6.2.2 Vaart 21: gematigde vloed – ZW5

Door de ervaring opgedaan in de vorige vaart worden de resultaten van deze vaart, uitgevoerd bij dezelfde omstandigheden, veel gunstiger. Het vroegere bochten in deze vaart (na 2.8min) zorgde ervoor dat het schip centraal in de havenmond de buitenhaven invoer (zie Bijlage A). De koers (176°) waarbij dit gebeurde kan ideaal genoemd worden. Bij het binnenvaren van de buitenhaven had het schip bovendien een snelheid gelijk aan 7.4kn wat een erg hoge waarde genoemd kan worden. De hoge snelheid bij het binnenvaren van de buitenhaven had bovendien tot gevolg dat het schip de sleepboten niet kon gebruiken op de rivier.

Eenmaal het schip zich volledig in de buitenhaven bevond werd de scheepssnelheid teruggebracht tot 3kn door een combinatie van telegraafstand “full astern” en het maximaal aanwenden van de achterste sleepboot. De loods achtte de gekozen sleepboot voldoende krachtig om een aanvaardbare stopafstand te verwezenlijken.

Het naderen van de sluis werd uitgevoerd bij een constante snelheid gelijk aan 3kn. Tijdens dit manoeuvre werd de achterste sleepboot bijna continu maximaal gebruikt. Het schroeftoerental varieerde hierbij tussen gestopt en “dead slow”. De voorste sleepboot werd aangewend om het schip in een gunstige positie naar de sluis te brengen. Regelmatig werd het volle vermogen van de voorste sleepboot gevraagd.

Na het uitvoeren van deze vaart merkte de loods op dat de stopafstand in de buitenhaven hoegenaamd geen probleem vormt. Met de gekozen positie van de zeesluis binnen complex beschikt het schip bovendien over voldoende afstand om het schip op te lijnen.

6.2.3 Vaart 22: eb – ZW5

Voor schepen komende uit westelijke richting is het binnenvaren van de buitenhaven moeilijker bij ebstroming dan bij vloedstroming. Net als bij de eerste invaart bij vloedstroming werd ook in deze vaart te laat gestart met bochten. De loods zag zijn vergissing vroeg in en de vaart werd afgebroken.

6.2.4 Vaart 23: eb – ZW5

Vaart 22 werd opnieuw opgestart. Hoewel de loods opmerkte dat hij beter nog vroeger was begonnen met bochten was de invaart van de buitenhaven dit keer aanvaardbaar.

Het gedrag van het schip in de buitenhaven was analoog als in Vaart 21. De snelheid bij het binnenvaren (6kn) werd gemakkelijk teruggebracht tot 3kn. Deze snelheid kon constant gehouden worden door de telegraafstand dead slow te combineren met de achterste sleepboot die vol trok. In de laatste aanloop naar de sluis werd de schroef gedurende korte periodes gestopt waardoor de scheepssnelheid onder invloed van de achterste sleepboot terugliep tot 2kn. Deze lage snelheid bij het binnenvaren van de sluis liet toe om het schip perfect te controleren met de sleepboten.

Tijdens het naderen van de sluis werden de sleepboten meermaals maximaal benut.

6.2.5 Vaart 24: eb – ZW5

Omdat de invaart van de buitenhaven bij ebstroming als het moeilijkste manoeuvre beschouwd wordt, werd nogmaals onder dezelfde omstandigheden gevaren. In deze vaart werd de beginsnelheid over de grond ingesteld op 4kn terwijl in Vaart 22 en Vaart 23 de beginsnelheid van het schip 6kn bedroeg.

Net als bij Vaart 20 en Vaart 22 werd er te lang gewacht met bochten waardoor de vaart vroegtijdig afgebroken werd.

6.2.6 Vaart 25: eb – ZW5

In Vaart 25 werden de condities uit Vaart 24 herhaald. De loods wou aan de hand van deze vaart aantonen dat het manoeuvre ook kan slagen wanneer de havenmond ingevaren wordt bij een lage snelheid.

De snelheid bij het binnenvaren van de havenmond bedroeg echter maar 0.5kn minder dan het geval was in Vaart 23. Het gedrag van het schip in de buitenhaven was dan ook volledig gelijkaardig. Wanneer de snelheid van het schip teruggebracht werd tot 3kn en het schip kon beginnen aan het oplijnen naar de sluis werd de vaart afgebroken. Uit de resultaten van Vaart 23 bleek immers dat het oplijnen van het schip van op een gelijkaardige positie zonder problemen uitgevoerd kan worden.

6.2.7 Vaart 30: eb – ZW6

In Vaart 30 werd het invaren van de buitenhaven bij ebstroming getest bij windconditie ZW6.

Ondanks de sterke wind die het schip sneller naar de wind toe doet draaien (loefgierig) werd de giersnelheid onvoldoende snel opgebouwd. De loods was iets te laat beginnen bochten waardoor het schip op korte afstand van de oostkant van de havenmond de buitenhaven binnenvoer. Wanneer het schip zich in de havenmond bevond, bouwde de stroming op het achterschip de giersnelheid naar stuurboord af.

Door de ongunstige invaart in de buitenhaven had het schip een langdurig manoeuvre nodig om het schip opgelijnd te krijgen. De loods merkte op dat onder invloed van de wind de gierbeweging naar bakboord in de buitenhaven te traag opgebouwd kon worden. Hierdoor kwam het schip op een te westelijke positie ten opzichte van de sluis te liggen. Om het schip tijdig op te lijnen diende het aan zeer lage snelheid te varen (1kn). Het manoeuvre zal uiteindelijk slagen maar de loods merkte op dat een meer noordelijke positie van het schip ervoor zou zorgen dat het manoeuvre veel meer tijd in beslag zou nemen. Bij de onderzochte locatie van de zeesluis kon het schip een snelheid van 1kn behouden waardoor het schip opgelijnd kon worden door een combinatie van roer en sleepboten. Indien de sluis meer noordelijk geplaatst zou worden zou de loods de snelheid volledig uit het schip moeten halen waardoor het schip enkel door middel van de sleepboten opgelijnd diende te worden aan de hand van een zuivere verzetbeweging. Het dwars verzetten van een schip door middel van sleepboten is een tijdrovend manoeuvre.

6.2.8 Vaart 31: gematigde vloed – ZW6

Het invaren van de buitenhaven werd erg succesvol uitgevoerd. In de buitenhaven kon het schip onder invloed van de grote windsnelheden de gierbeweging naar bakboord niet voldoende snel opwekken. Net als in de Vaart 30 kwam het schip hierdoor te westelijk van de zeesluis te liggen. In tegenstelling tot in Vaart 30 was de invaart van de buitenhaven veel gunstiger waardoor de ruimte die gebruikt kon worden om het schip op te lijnen groter was. Rekening houdend met het geslaagde invaarmanoeuvre bij Vaart 30 kan men veronderstellen dat ook bij Vaart 31 het invaren van de sluis tot een goed einde gebracht zou worden.

Om tijd te sparen wordt de vaart vroegtijdig afgebroken.

6.2.9 Vaart 34: eb – ZW6

In vaart 30 wordt de buitenhaven ongunstig binnengevaren doordat de gierbeweging, nodig om de haven bij een gunstige koers binnen te varen, verzwakt werd door de ebstroming op het achterschip bij het binnenvaren van de havenmond.

Om de problemen die hiermee gepaard gaan te counteren paste de rivierloods Dion Van Iersel op de eerste vaardag een aparte strategie toe (zie Vaart 10). Bij deze strategie werd de koersverandering gerealiseerd op de rivier waardoor er geen giersnelheid meer opgebouwd diende te worden bij het binnenvaren van de havenmond.

In Vaart 34 paste de kanaalloods Christian De Grootte dezelfde strategie toe met erg gunstig resultaat. Een vergelijking tussen de twee invaarstrategieën voor schepen die tegen de stroming in varen worden gegeven in paragraaf 5.2.5 en paragraaf 5.2.6.

6.2.10 Samenvatting

De invaarten voor schepen komende uit westelijke richting werden over het algemeen goed uitgevoerd. In tegenstelling tot de mening van de loods en op de eerste vaardag, achtte loods Christian De Grootte een noordelijkere positie van de zeesluis een belangrijke aanpassing die van het oplijnen van de schepen een tijdrovend manoeuvre kan maken.

Bij de windconditie ZW6 werd er op deze vaardag geen gebruik gemaakt van bijkomende sleepboot-assistentie zoals het geval bij de vaarten met het containerschip. De loods merkte wel op dat door het loefgierige karakter van het schip de gierbeweging naar bakboord in de buitenhaven moeilijk opgebouwd kan worden.

De onderzochte configuratie van de sluis en buitenhaven biedt volgens de loods voldoende reserves om de snelheid uit het schip te halen en het schip op te lijnen naar de sluis.

6.3 Invaarten uit oostelijke richting (C2)

Deze vaarten volgden op de invaarten uit westelijke richting bij windconditie ZW5. Hierdoor had de kanaalloods al enige ervaring met invaarmanoeuvres. Deze ervaring leidde tot betere resultaten voor de invaarten voor schepen komende uit oostelijke richting.

6.3.1 Vaart 26: gematigde vloed – ZW5

Bij het invaren van de buitenhaven bij vloedstroming door een schip komende uit oostelijke richting treden dezelfde problemen op als voor een schip uit westelijke richting bij ebstroming.

De resultaten van Vaart 26 zijn dan ook symmetrisch aan deze van Vaart 30. De gierbeweging werd bij het binnenvaren van de havenmond gestut door de vloedstroming op het achterschip. Hierdoor werd de giersnelheid onvoldoende snel opgebouwd en kwam het schip in de westelijke kant van de buitenhaven terecht.

Een botsing met de westkant kon wel vermeden worden maar het schip diende zich van op een ongunstige positie op te lijnen naar de sluis. Uit voorgaande vaarten bleek reeks dat het invaren van de sluis van op gelijkaardige posities mogelijk is maar aanleiding geeft tot langdurige manoeuvres. De vaart wordt daarom vroegtijdig stopgezet.

6.3.2 Vaart 27: eb – ZW5

De ebstroming in deze vaart is een gunstigere conditie dan de vloedstroming in de vorige vaart. Het invaren van de buitenhaven geschiedde zonder problemen. Het schip kan op een erg gunstige positie het oplijnen naar de sluis aanvangen. Een dergelijk manoeuvre werd al meermaals uitgevoerd in andere vaarten waardoor besloten werd om de vaart vroegtijdig af te breken.

6.3.3 Vaart 28: eb – ZW6

Het betrof de eerste vaart uitgevoerd met een bulkcarrier en bij windconditie ZW6. Zoals duidelijk blijkt uit de vaarbaanplot in Bijlage A kan deze vaart kan als erg geslaagd beoordeeld worden. Het schip is al zeer vroeg opgelijnd met de sluis en dient vervolgens enkel nog kleine aanpassingen door te voeren om het schip naar de sluis te brengen.

6.3.4 Vaart 29: gematigde vloed – ZW6

Hoewel de loods beducht was op de problemen die gepaard gingen met vloedstroming, waren de resultaten van deze vaart gelijkaardig als in Vaart 26. De vaart slaagde maar de reserves waren erg klein. Een botsing met de westkant van de buitenhaven kon net vermeden te worden. Het oplijnen van het schip naar de sluis diende hierdoor aan te vangen op een zeer ongunstige positie.

Men kan veronderstellen dat het oplijnen naar de sluis op een aanvaardbare manier uitgevoerd zou worden (vergelijk hiervoor met het manoeuvre in Vaart 30).

6.3.5 Samenvatting

Beide manoeuvres uitgevoerd bij vloedstroming gingen gepaard met een ongunstige invaart van de buitenhaven. De ongunstige positie van waarop het schip zich dient op te lijnen naar de sluis is in beide vaarten te westelijk. Het manoeuvre nodig om het schip op te lijnen zou lang duren en werd daarom niet uitgevoerd. De stopafstand was in beide vaarten wel voldoende.

Bij ebstroming traden er geen problemen op. Bij de vaart bij windconditie ZW6 kon de sluis zeer gecontroleerd binnengevaren worden.

7 CONCLUSIE

De onderzochte locatie van de zeesluis binnen het bestaande complex werd door de loodsen enthousiast onthaald. Alle loodsen achtten de ruimte in de buitenhaven voldoende om het schip (zowel containerschip als bulkcarrier) te stoppen en om het schip gecontroleerd naar de sluis te brengen. Als het onderzochte schip het enige schip in de buitenhaven is achtten de loodsen de voorgestelde configuratie van sluis en buitenhaven als zeer aanvaardbaar. Wel merkten zij op dat indien zich tezelfdertijd meerdere schepen in de buitenhaven bevinden, de scheiding van de verkeersstromen die verkregen wordt door het projectalternatief "grootste sluis buiten complex" een belangrijk argument voor dat projectalternatief is.

Een verbreding van de havenmond tot 430m bleek onvoldoende indien stroomsnelheden gelijk aan 3.5kn optraden. Voor de onderzochte stromingssnelheden gelijk aan 2.1kn (gematigde vloedstroming) en 2.8kn (ebstroming) was de breedte van de havenmond wel aanvaardbaar. Kanaalloods Christian De Grootte beweerde dat er momenteel nooit grote bulkcarriers⁵ bij volle vloedstroming de buitenhaven te Terneuzen binnenvaren. Indien men ook bij stromingssnelheden groter dan 2.8kn invaarten wil uitvoeren dient niet alleen de havenmond maar ook de buitenhaven verbreed te worden. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van de problemen in Vaart 7 en Vaart 8.

De moeilijkste invaarmanoeuvres van de buitenhaven manifesteren zich wanneer het schip op de rivier tegen de stroming in vaart. Dit kan ervoor zorgen dat het schip op kleine afstand van de begrenzing van de buitenhaven terecht komt. In deze gevallen diende het schip van op een ongunstige positie het oplijnen naar de sluis aan te vangen.

De rivierloods Dion Van Iersel die op de eerste vaardag een deel van de vaarten met het containerschip voor zijn rekening nam, achtte de manoeuvres ook uitvoerbaar indien de mond van de sluis iets noordelijker gepositioneerd wordt (op gelijke hoogte met de mond van de Westsluis). Dit wordt beaamd door de kanaalloods Christian De Grootte die op de tweede dag de vaarten met de bulkcarrier uitvoerde. Deze laatste maakte hierbij wel een belangrijke kanttekening. Aangezien de stopafstand in de buitenhaven meer dan voldoende is kan de zeesluis binnen het complex noordelijker geïllustreerd worden maar dit zal het oplijnen van het schip naar de sluis een tijdrovend manoeuvre maken. Een noordelijkere positie van de zeesluis binnen complex zal vereisen dat het schip met een lagere snelheid de sluis zal naderen waardoor het aligneren van het schip met de sluis meer door de sleepboten dan met behulp van het roer verwezenlijkt dient te worden. Het dwars verzetten van het schip door middel van sleepboten is een zeer tijdrovend manoeuvre en kan een belangrijke impact hebben op het andere scheepvaartverkeer in de buitenhaven. In- en uitvaart van de Westsluis tijdens dergelijke manoeuvres lijken moeilijk.

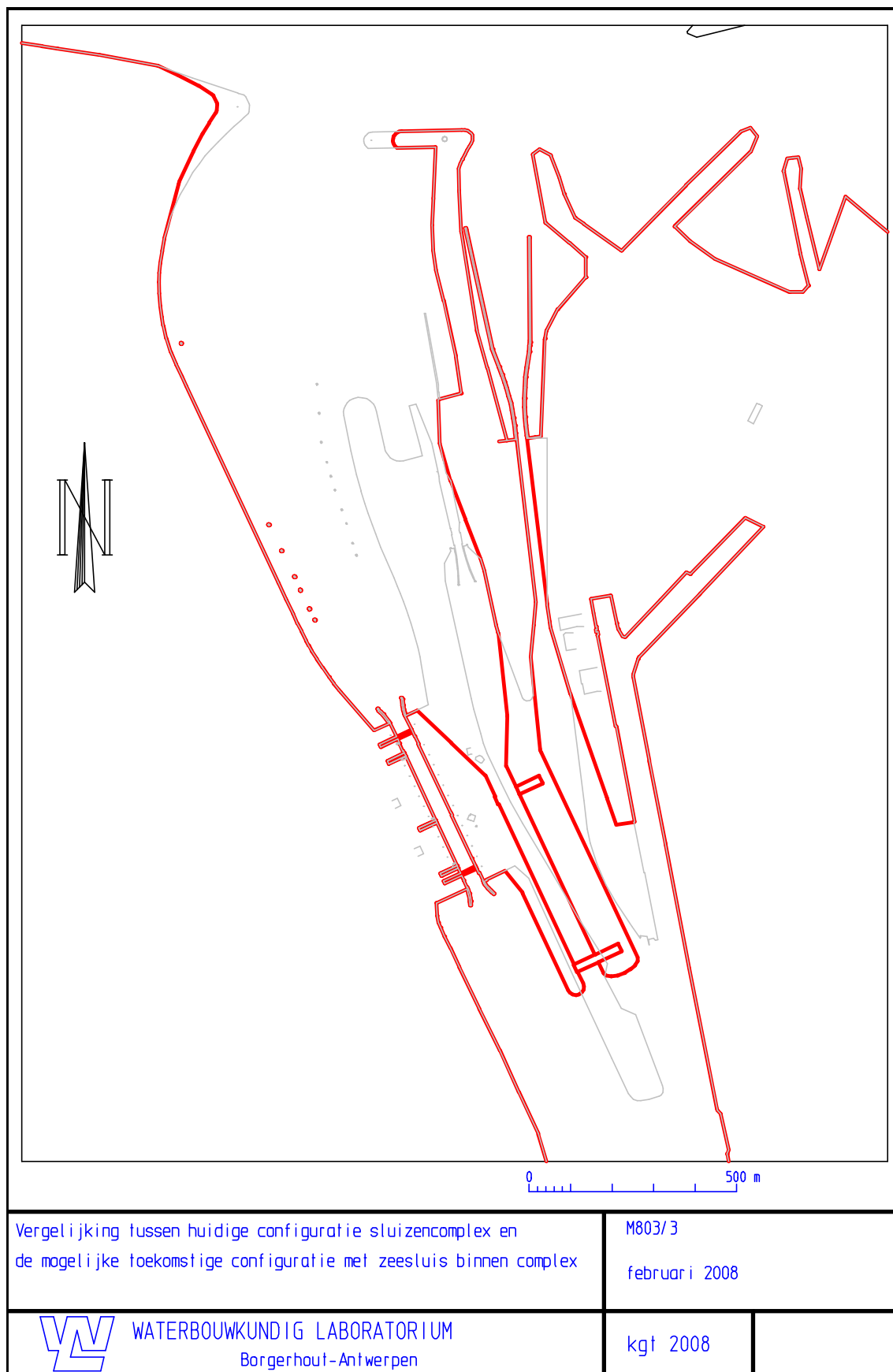
Bij windconditie ZW5 waarbij de windsnelheid pieken bereikte tot 7 Beaufort (zie paragraaf 3.5) volstonden twee sleepboten met trekkracht gelijk aan 75ton. Waarvan er één vooraan en één achteraan vastgemaakt werd. Wanneer de windconditie verzwaaard werd tot ZW6 achtten de loodsen die het containerschip bestuurden het noodzakelijk om een duwboot toe te voegen. Deze duwboot werd gebruikt aan de lijszijde van het schip achter het centrum van het schip (koppelpunt 12) en had als functie om enerzijds het verzetten en anderzijds het oploeven van het schip onder invloed van de wind tegen te gaan. De duwboot die kon een kracht gelijk aan 60ton ontwikkelen. In de meeste vaarten uitgevoerd met containerschip bij ZW6 werd er echter geen vol vermogen gevraagd van de duwboot. De kanaalloods die de vaarten uitvoerde met een bulkcarrier achtte een duwboot niet noodzakelijk.

⁵ Momenteel komen zware bulkcarriers rechtstreeks van op zee en dus uit westelijke richting.

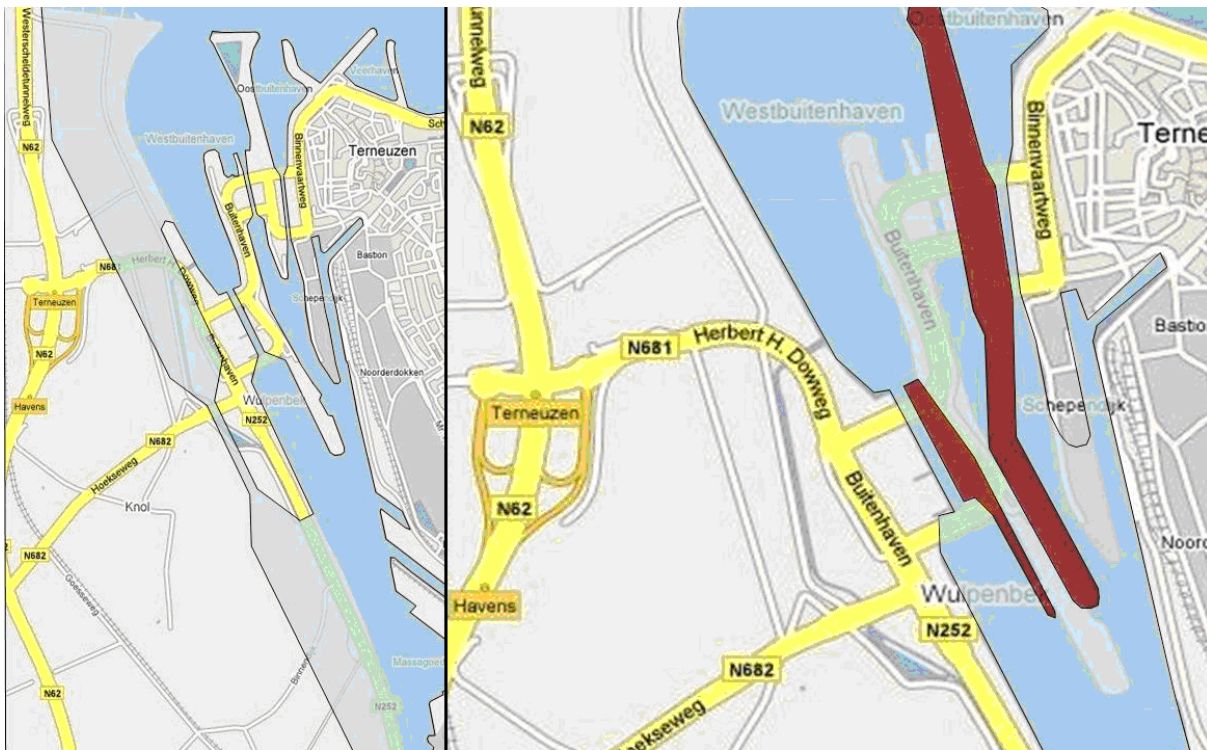
8 REFERENTIES

- [1] Arcadis, Kanaal Gent - Terneuzen: Technische en kostenstudie (met nautische toets) Fase 4, november 2007.
- [2] Verwilligen, J.; Laforce, E.; Mostaert, F. (2008). Manoeuvresimulaties zeesluis binnen complex Terneuzen (Onderzoeksplan). WL Rapporten, 803/3. Waterbouwkundig Laboratorium: Borgerhout, België
- [3] Eloot, K.; Laforce, E. (2007). Haven van Antwerpen: toegankelijkheid 366, 380 en 400 m containerschepen: opstellen van wiskundige manoeuvreermodellen. WL Rapporten, 804/2. Waterbouwkundig Laboratorium: Borgerhout, België

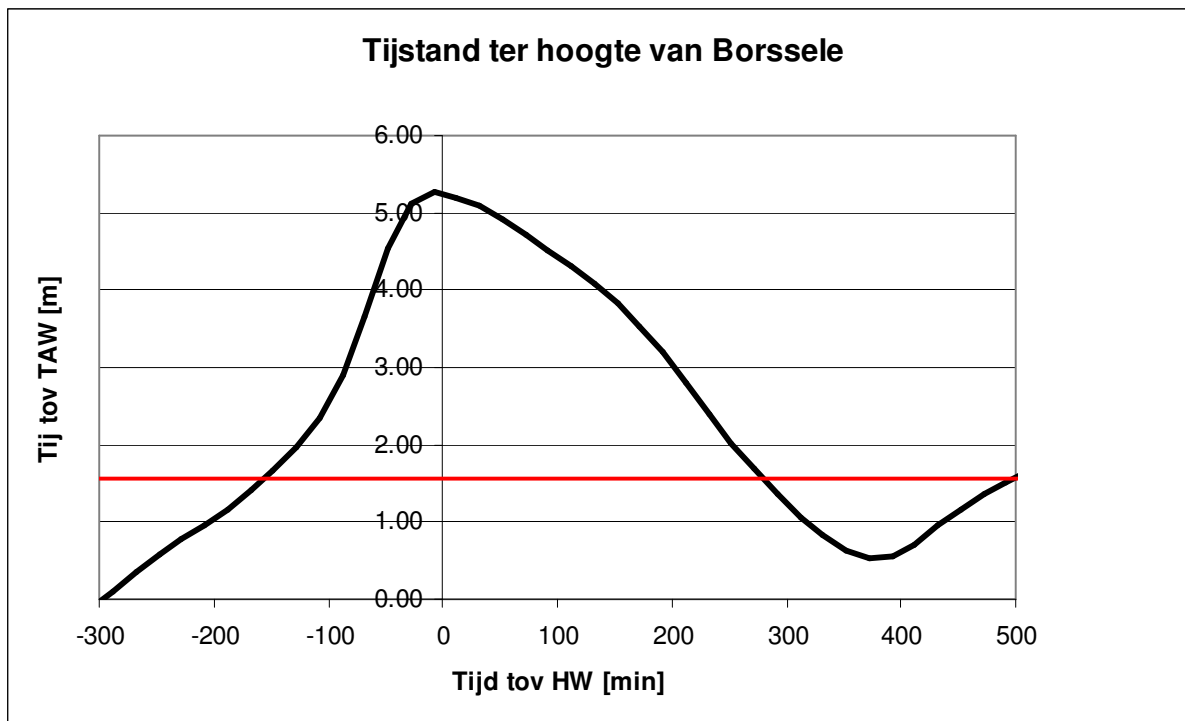
FIGUREN



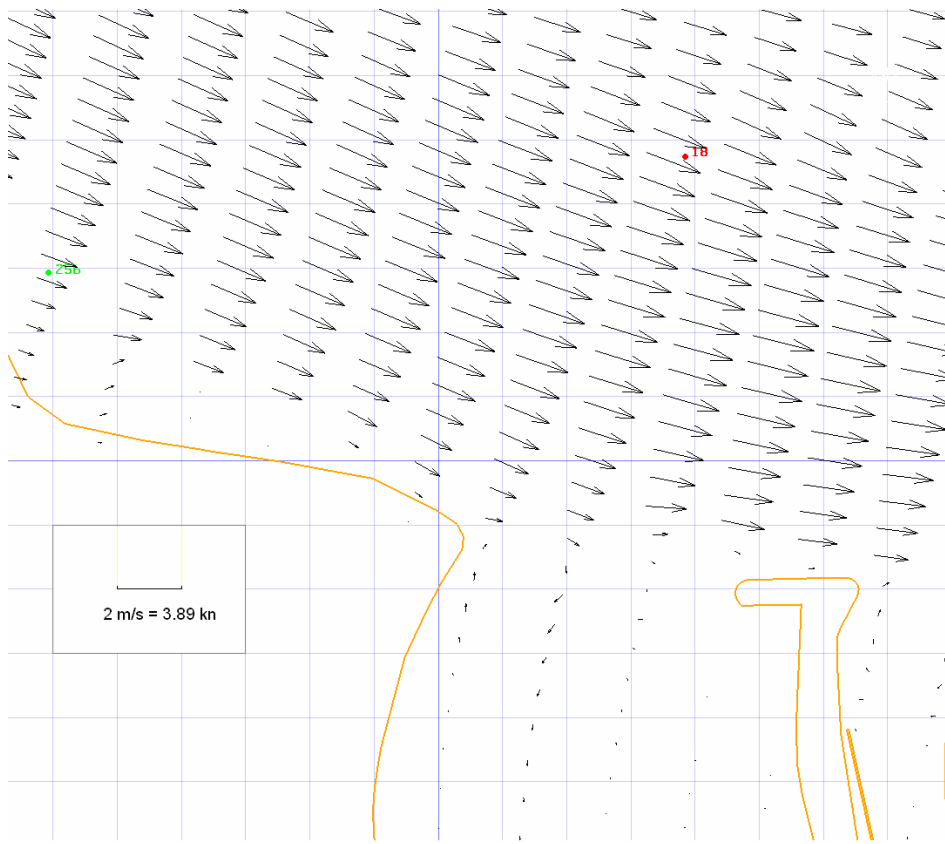
Figuur 1: Vergelijking tussen de huidige configuratie van het sluizencomplex te Terneuzen en de mogelijke toekomstige configuratie zeesluis binnen complex.



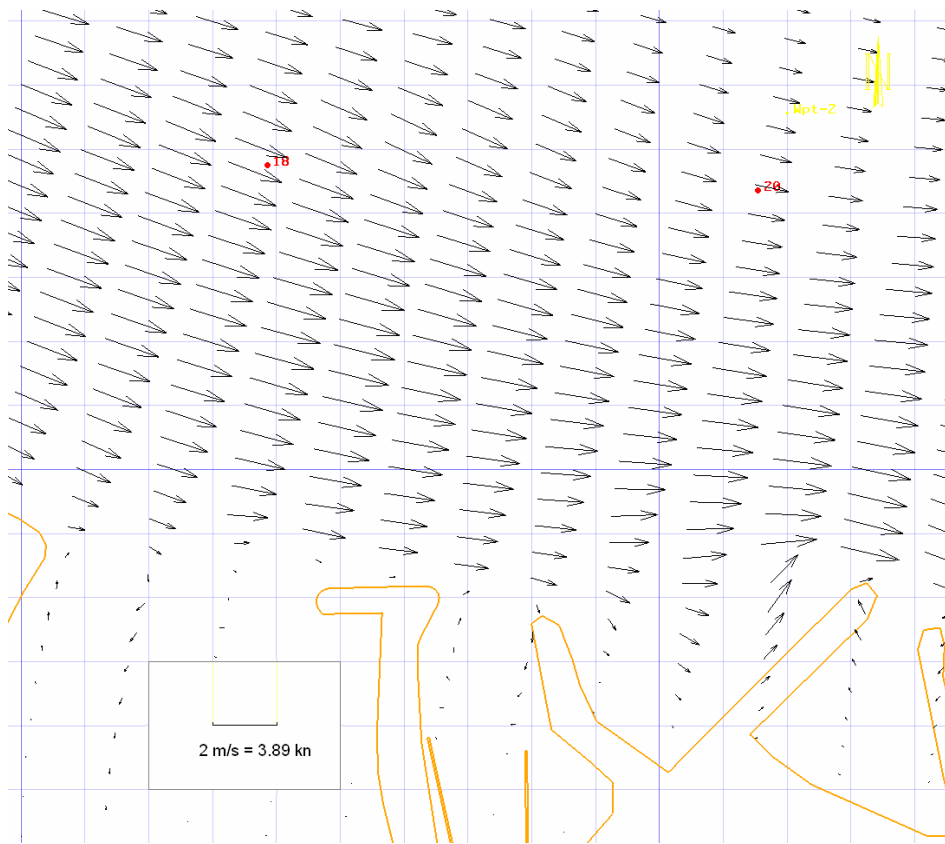
Figuur 2: Vergelijking tussen projectalternatieven zeesluis binnen en buiten het sluisencomplex.



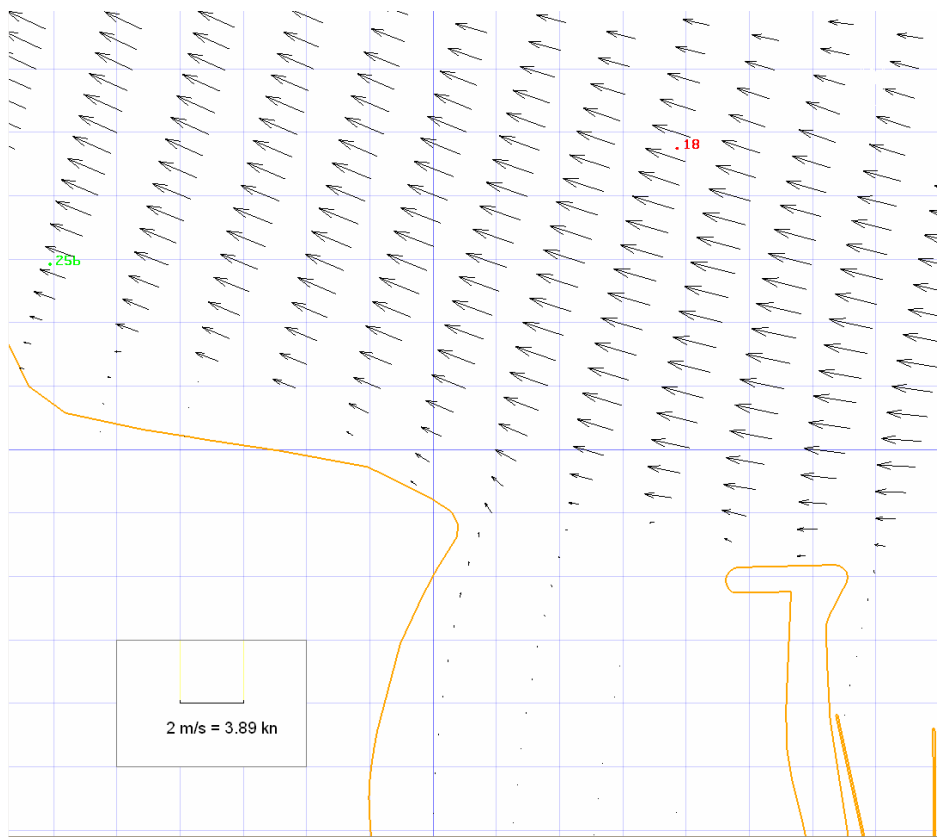
Figuur 3: Waterstanden ter hoogte van Borssele



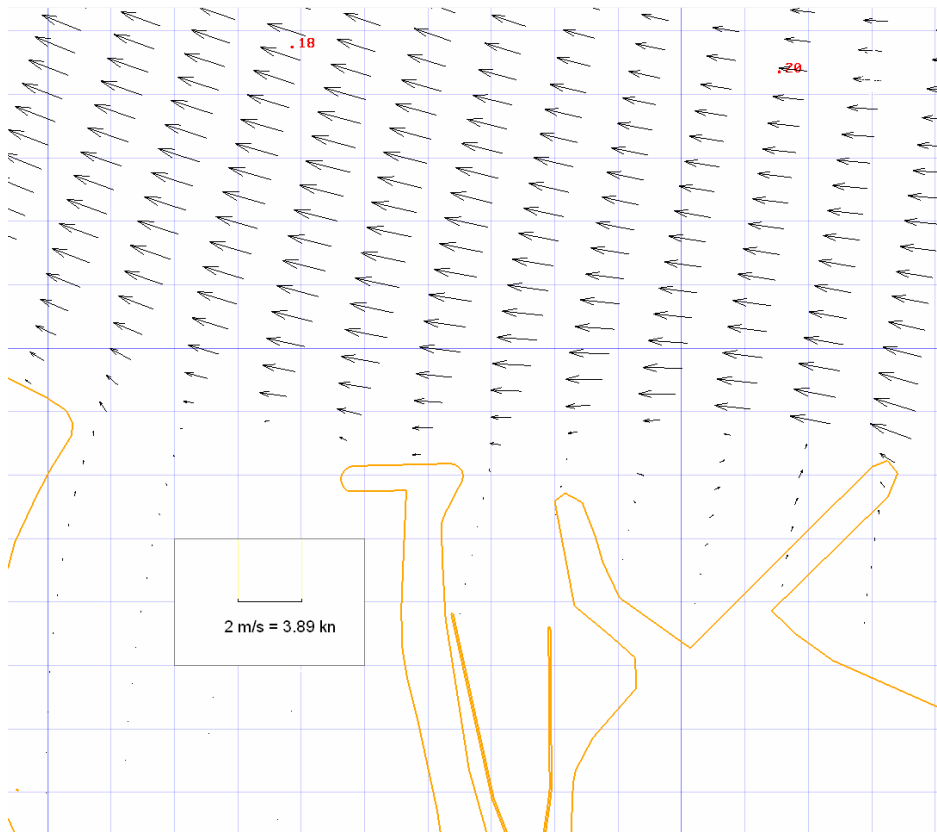
Figuur 4: Stromingsprofiel overeenkomstig met volle vloed (west)



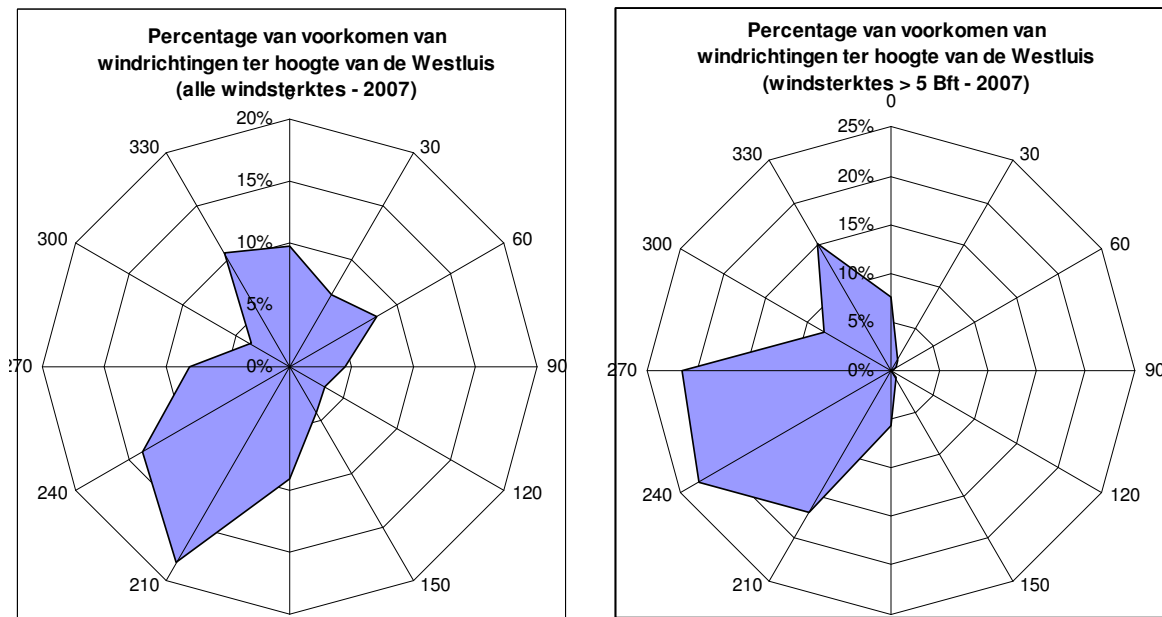
Figuur 5: Stromingsprofiel overeenkomstig met volle vloed (oost)



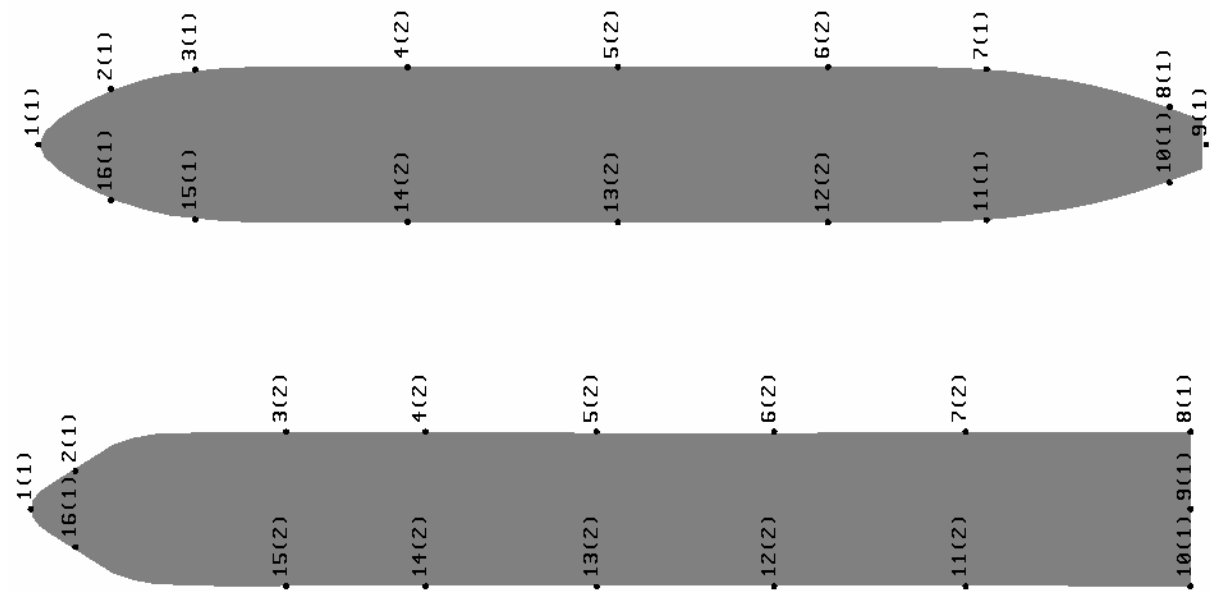
Figuur 6: Stromingsprofiel overeenkomstig met volle eb (west)



Figuur 7: Stromingsprofiel overeenkomstig met volle eb (oost)



Figuur 8: Windcondities gemeten ter hoogte van de Westsluis in 2007.



Figuur 9: Locaties van de kluisen/koppelpunten bij de bulkcarrier (boven) en het containerschip (onder)

TABELLEN

Tabel 1: Hoofdafmetingen van de onderzochte schepen.

		CON366	BULK366	BULK366
L_{OA}	[m]	366	366	366
L_{PP}	[m]	348.07	353.84	353.84
B	[m]	48.8	49.0	49.0
T_{voor}	[m]	14.50	14.50	8.38
T_{achter}	[m]	14.50	14.50	9.57
C_B	[-]	0.650	0.867	0.841
Massa	[ton]	162480	221200	132800

Tabel 2: Resultaten versnellingsproeven

INPUT		CON366 T=14.5m	BULK366 T=14.5m	BULK366 T=9m
ukc [%]	Telegraaf [-]	V [kn]	V [kn]	V [kn]
100	Harbour Full	17.98	11.53	11.68
50	Harbour Full	17.67	11.25	-
30	Harbour Full	17.32	10.92	-
20	Harbour Full	16.99	10.57	-
10	Harbour Full	16.66	10.48	-

INPUT			CON366 T=14.5m		BULK366 T=14.5m		BULK366 T=9m	
ukc [%]	V [kn]	Telegraaf [-]	stoptijd [s]	stopafstand [m]	stoptijd [s]	stopafstand [m]	stoptijd [s]	stopafstand [m]
100	6	Full astern	132	228	254	411	168	280
50	6	Full astern	126	220	252	406		
30	6	Full astern	120	211	250	399		
20	6	Full astern	114	202	246	392		
10	6	Full astern	108	192	248	393		
100	10	Full astern	192	513	374	945	244	627
50	10	Full astern	184	492	368	922		
30	10	Full astern	174	468	362	894		
20	10	Full astern	164	443	352	861		
10	10	Full astern	154	418	356	864		
100	6	Half Astern	194	310	346	538	226	358
50	6	Half Astern	186	298	342	530		
30	6	Half Astern	176	283	336	519		
20	6	Half Astern	166	268	332	506		
10	6	Half Astern	156	253	334	509		
100	10	Half Astern	286	715	502	1224	324	799
50	10	Half Astern	274	683	494	1188		
30	10	Half Astern	258	645	482	1143		
20	10	Half Astern	244	607	468	1092		
10	10	Half Astern	226	566	474	1096		

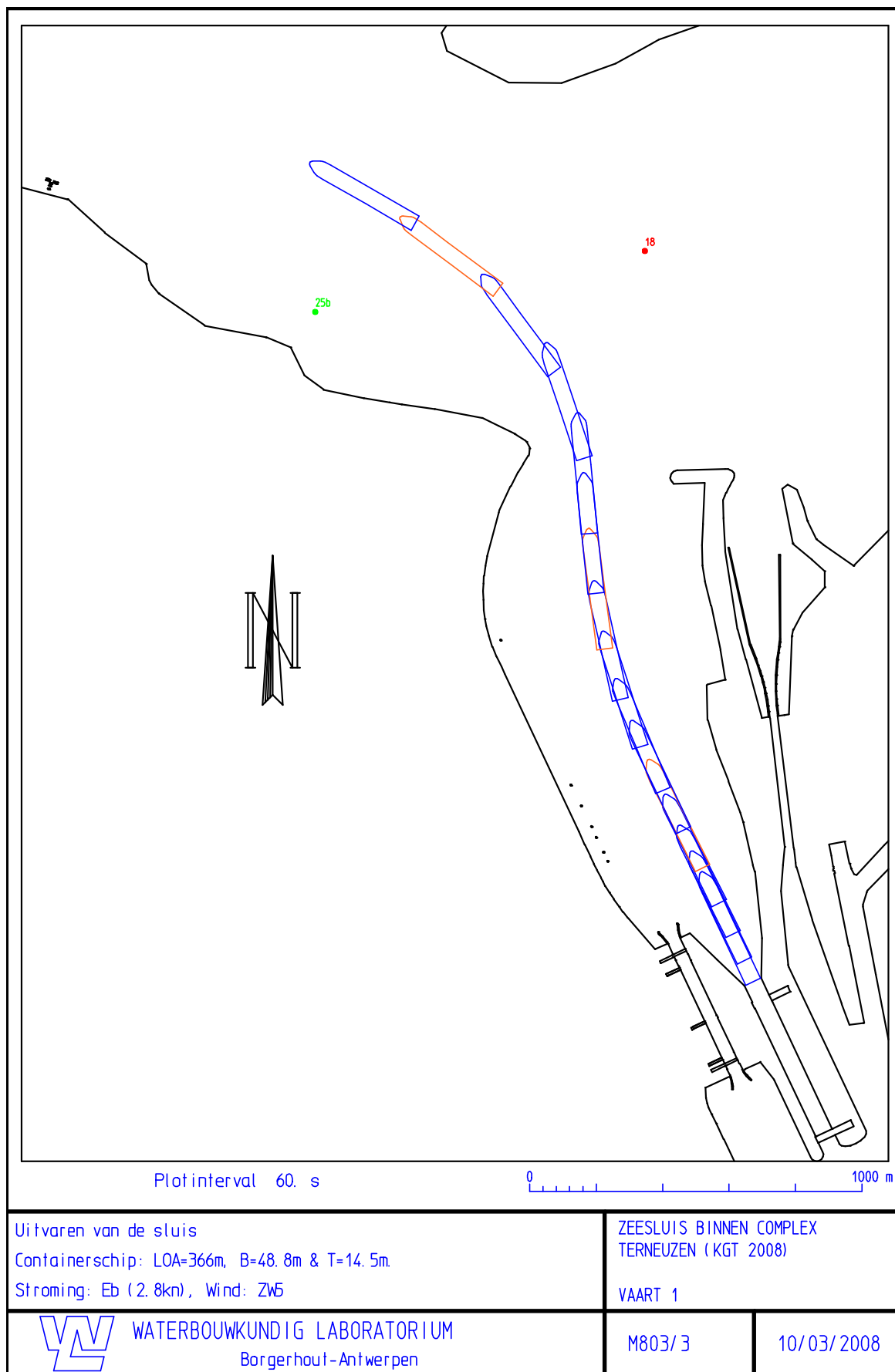
SCHIP	T [m]	ukc [%]	h [m]	Telegraaf stand	n [rps]	V [kn]	roerhoek [°]	DRAAICIRKEL					
								Advance [m]	Transfer [m]	Tact diam [m]	u_final [m/s]	v_final [m/s]	r_final [°/min]
bulk366	9	100	18.00	Harbour Full	1.00	11.68	35	985	494	1055	2.94	0.780	-25.8
bulk366	14.5	100	29.00	Harbour Full	1.00	11.53	35	1231	693	1398	2.63	0.510	-18.5
bulk366	14.5	50	21.75	Harbour Full	1.00	11.25	35	1196	714	1420	2.62	0.450	-17.5
bulk366	14.5	30	18.85	Harbour Full	1.00	10.92	35	1163	719	1439	2.59	0.390	-16.5
bulk366	14.5	20	17.40	Harbour Full	1.00	10.57	35	1136	724	1447	2.53	0.350	-15.5
bulk366	14.5	10	15.95	Harbour Full	1.00	10.48	35	1259	814	1596	2.13	0.350	-13.3
con366	14.5	100	29.00	Harbour Full	1.07	17.98	35	1165	602	1188	3.29	0.870	-30.2
con366	14.5	50	21.75	Harbour Full	1.07	17.67	35	1318	794	1556	4.42	0.690	-25.7
con366	14.5	30	18.85	Harbour Full	1.07	17.32	35	1512	1020	2009	5.31	0.490	-21.2
con366	14.5	20	17.40	Harbour Full	1.07	16.99	35	1739	1269	2518	5.86	0.360	-17.5
con366	14.5	10	15.95	Harbour Full	1.07	16.66	35	1996	1536	3079	6.19	0.280	-14.5

Tabel 4: Resultaten Draaicirkels

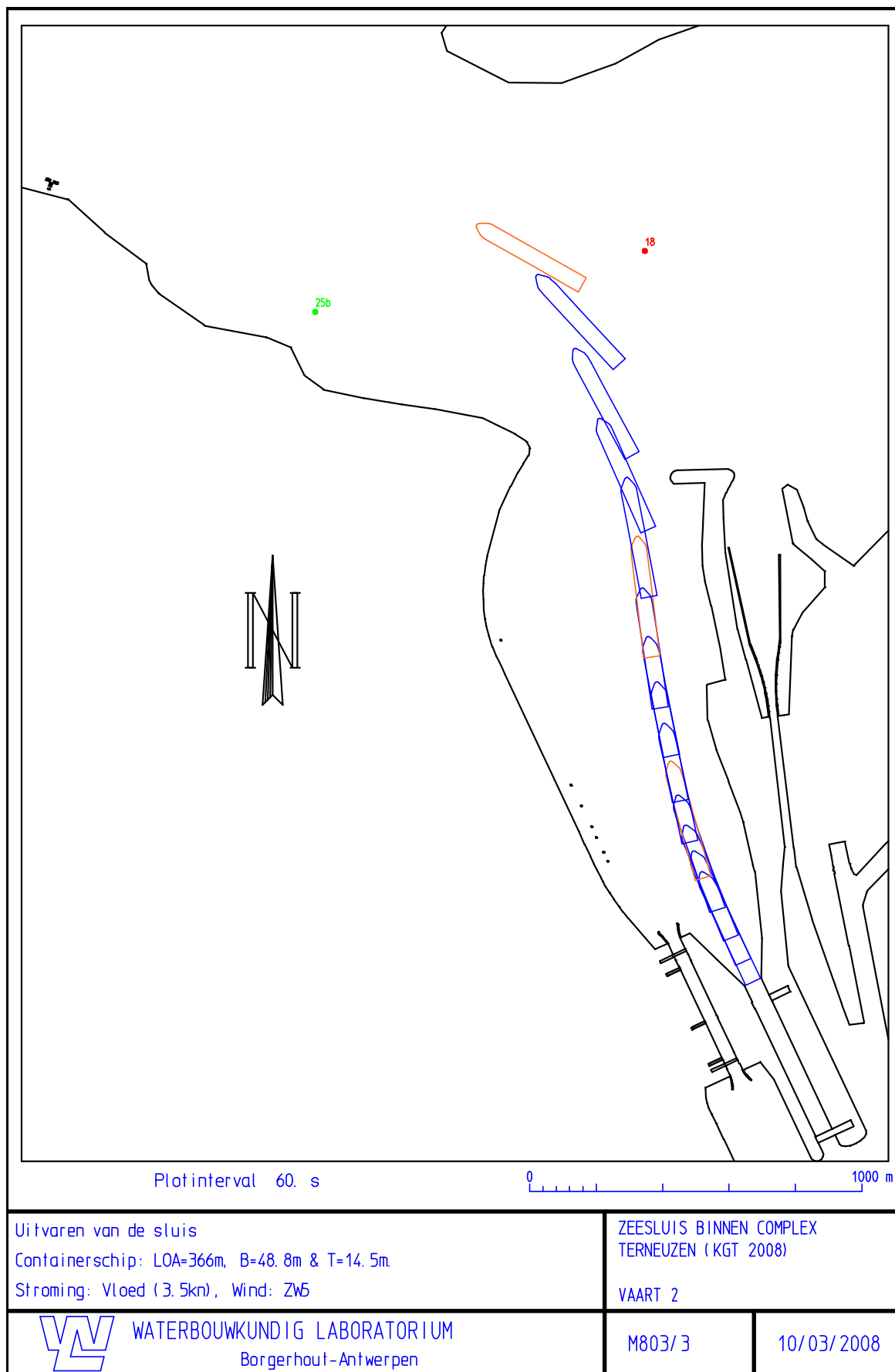
Tabel 5: Overzicht van de real-time simulatievaarten uitgevoerd in het kader van M803/3

Vaarten M803/3: 10 & 11 maart 2008							
nr	datum	loods	scenario	stroming	wind	schip	diepgang [m]
1	10/03/2008	Dion Van Iersel	C3	EB	ZW5	CON	14.5
2	10/03/2008	Dion Van Iersel	C3	VL	ZW5	CON	14.5
3	10/03/2008	Dion Van Iersel	C3	VL	ZW5	CON	14.5
4	10/03/2008	Ronny Tratsaert	C3	VL	ZW5	CON	14.5
5	10/03/2008	Ronny Tratsaert	C3	VL	ZW5	CON	14.5
6	10/03/2008	Dion Van Iersel	C1	VL	ZW5	CON	14.5
7	10/03/2008	Dion Van Iersel	C1	VL	ZW5	CON	14.5
8	10/03/2008	Ronny Tratsaert	C1	VL	ZW5	CON	14.5
9	10/03/2008	Ronny Tratsaert	C1	VLm	ZW5	CON	14.5
10	10/03/2008	Dion Van Iersel	C1	EB	ZW5	CON	14.5
11	10/03/2008	Ronny Tratsaert	C1	EB	ZW5	CON	14.5
12	10/03/2008	Ronny Tratsaert	C1	EB	ZW6	CON	14.5
13	10/03/2008	Dion Van Iersel	C1	VLm	ZW6	CON	14.5
14	10/03/2008	Ronny Tratsaert	C3	VLm	ZW6	CON	14.5
15	10/03/2008	Dion Van Iersel	C2	EB	ZW6	CON	14.5
16	10/03/2008	Ronny Tratsaert	C2	VLm	ZW6	CON	14.5
17	11/03/2008	Christian De Grootte	C3	EB	ZW5	BULK	9
18	11/03/2008	Christian De Grootte	C3	EB	ZW5	BULK	9
19	11/03/2008	Christian De Grootte	C3	VLm	ZW5	BULK	9
20	11/03/2008	Christian De Grootte	C1	VLm	ZW5	BULK	14.5
21	11/03/2008	Christian De Grootte	C1	VLm	ZW5	BULK	14.5
22	11/03/2008	Christian De Grootte	C1	EB	ZW5	BULK	14.5
23	11/03/2008	Christian De Grootte	C1	EB	ZW5	BULK	14.5
24	11/03/2008	Christian De Grootte	C1	EB	ZW5	BULK	14.5
25	11/03/2008	Christian De Grootte	C1	EB	ZW5	BULK	14.5
26	11/03/2008	Christian De Grootte	C2	VLm	ZW5	BULK	14.5
27	11/03/2008	Christian De Grootte	C2	EB	ZW5	BULK	14.5
28	11/03/2008	Christian De Grootte	C2	EB	ZW6	BULK	14.5
29	11/03/2008	Christian De Grootte	C2	VLm	ZW6	BULK	14.5
30	11/03/2008	Christian De Grootte	C1	EB	ZW6	BULK	14.5
31	11/03/2008	Christian De Grootte	C1	VLm	ZW6	BULK	14.5
32	11/03/2008	Christian De Grootte	C3	VLm	ZW6	BULK	9
33	11/03/2008	Christian De Grootte	C3	VLm	ZW6	BULK	9
34	11/03/2008	Christian De Grootte	C1	EB	ZW6	BULK	14.5

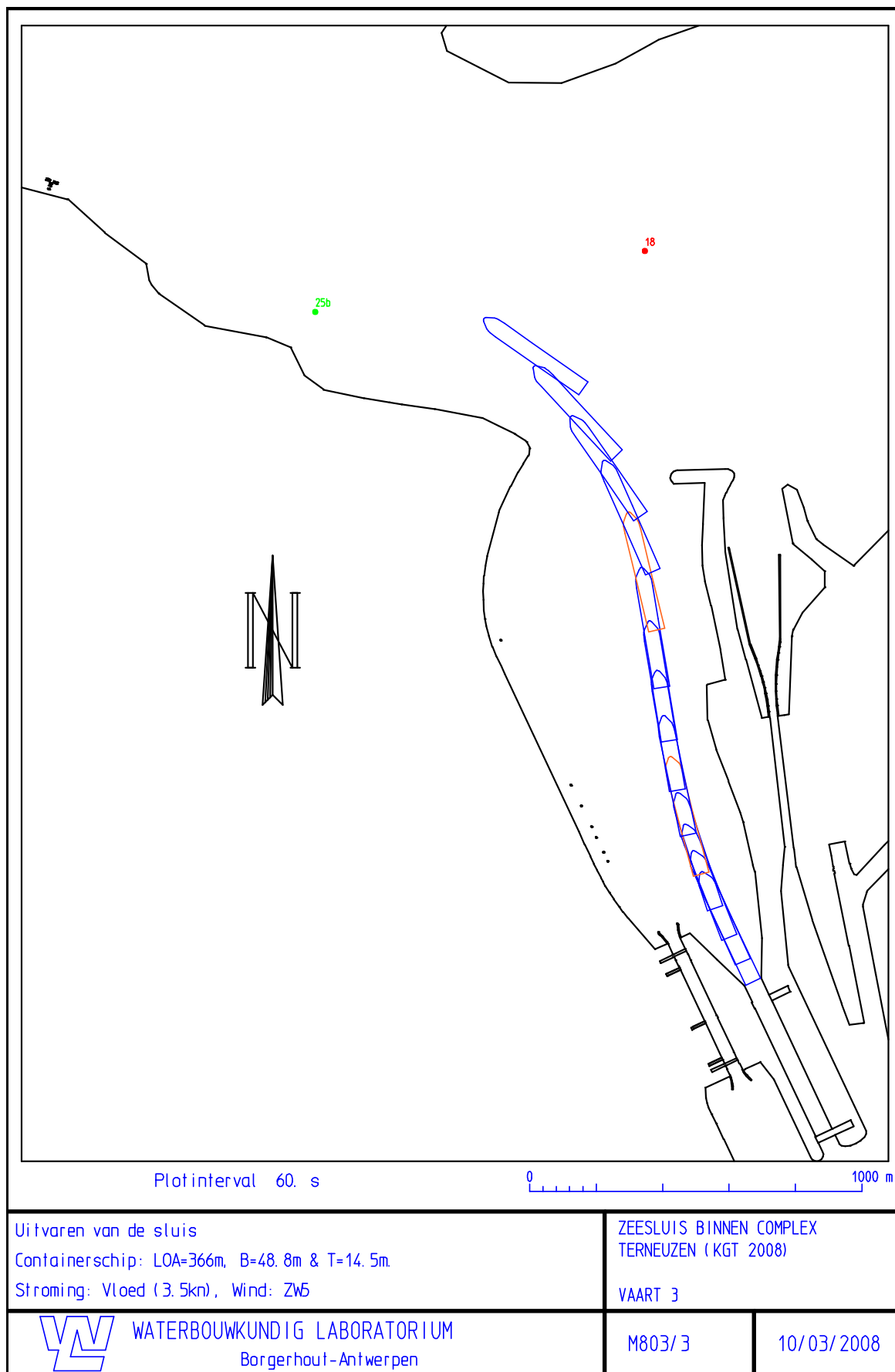
BIJLAGE A



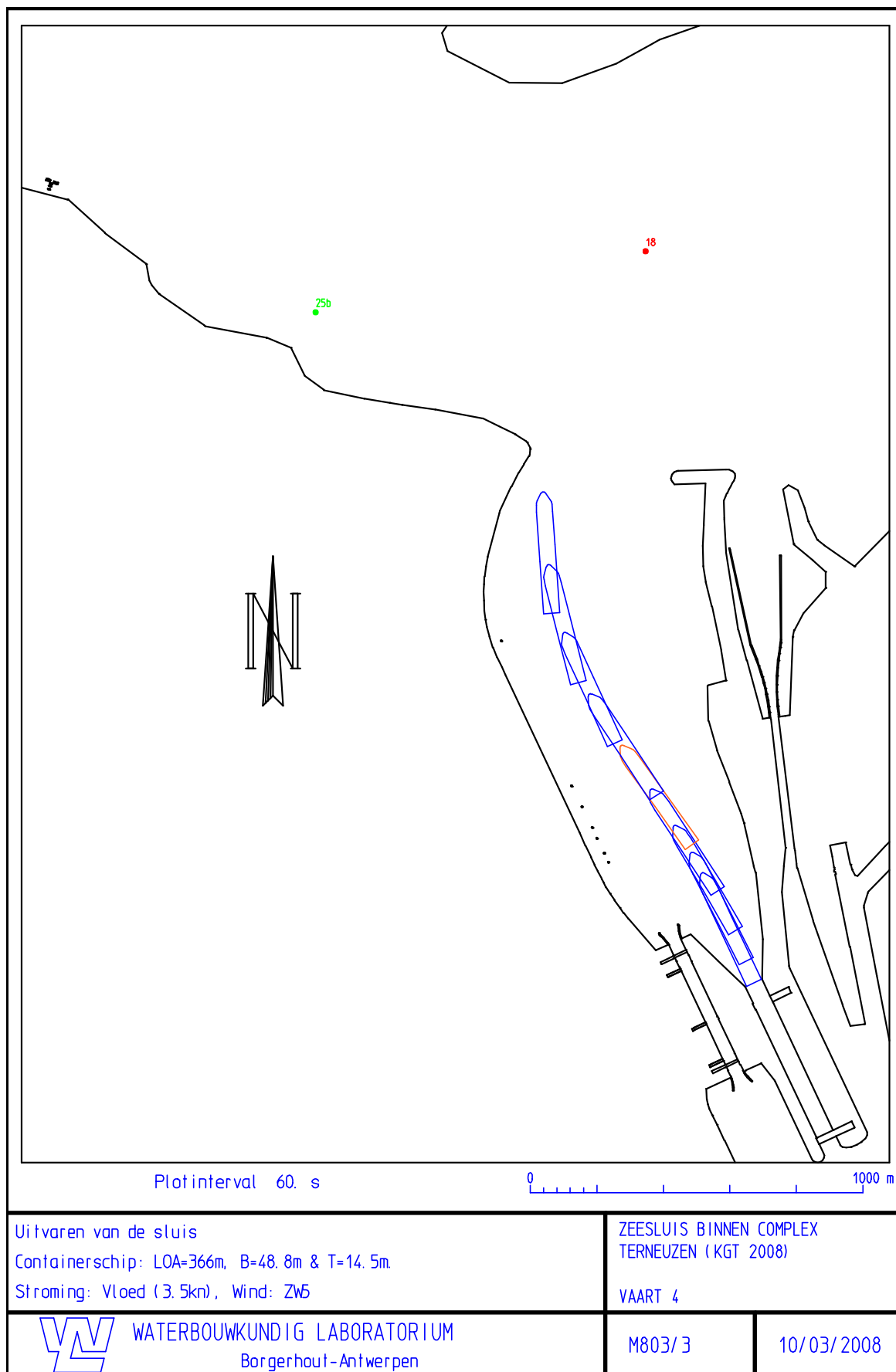
Bijlage A 1: Plot vaart 1.



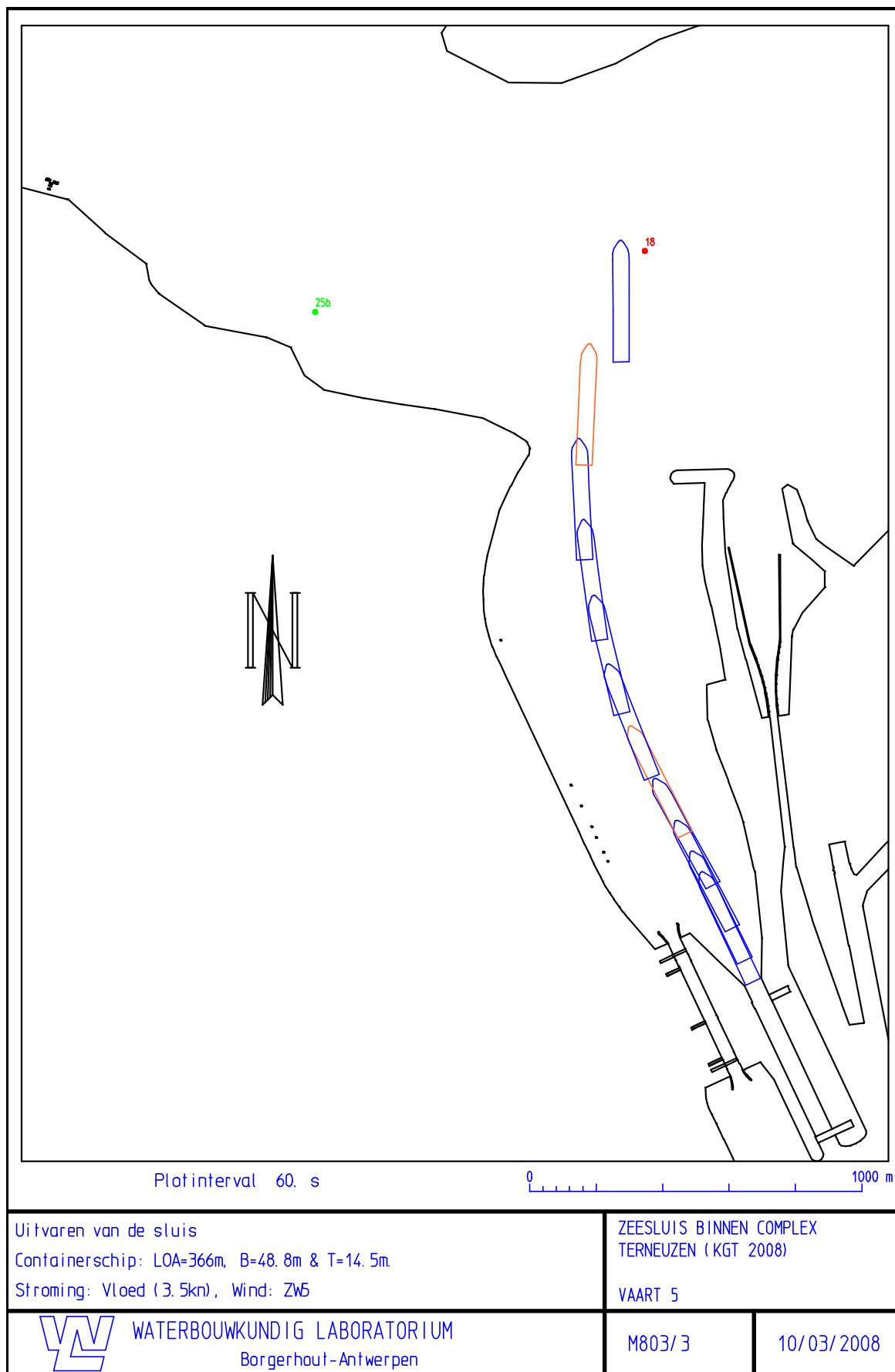
Bijlage A 2: Plot vaart 2.



Bijlage A 3: Plot vaart 3.



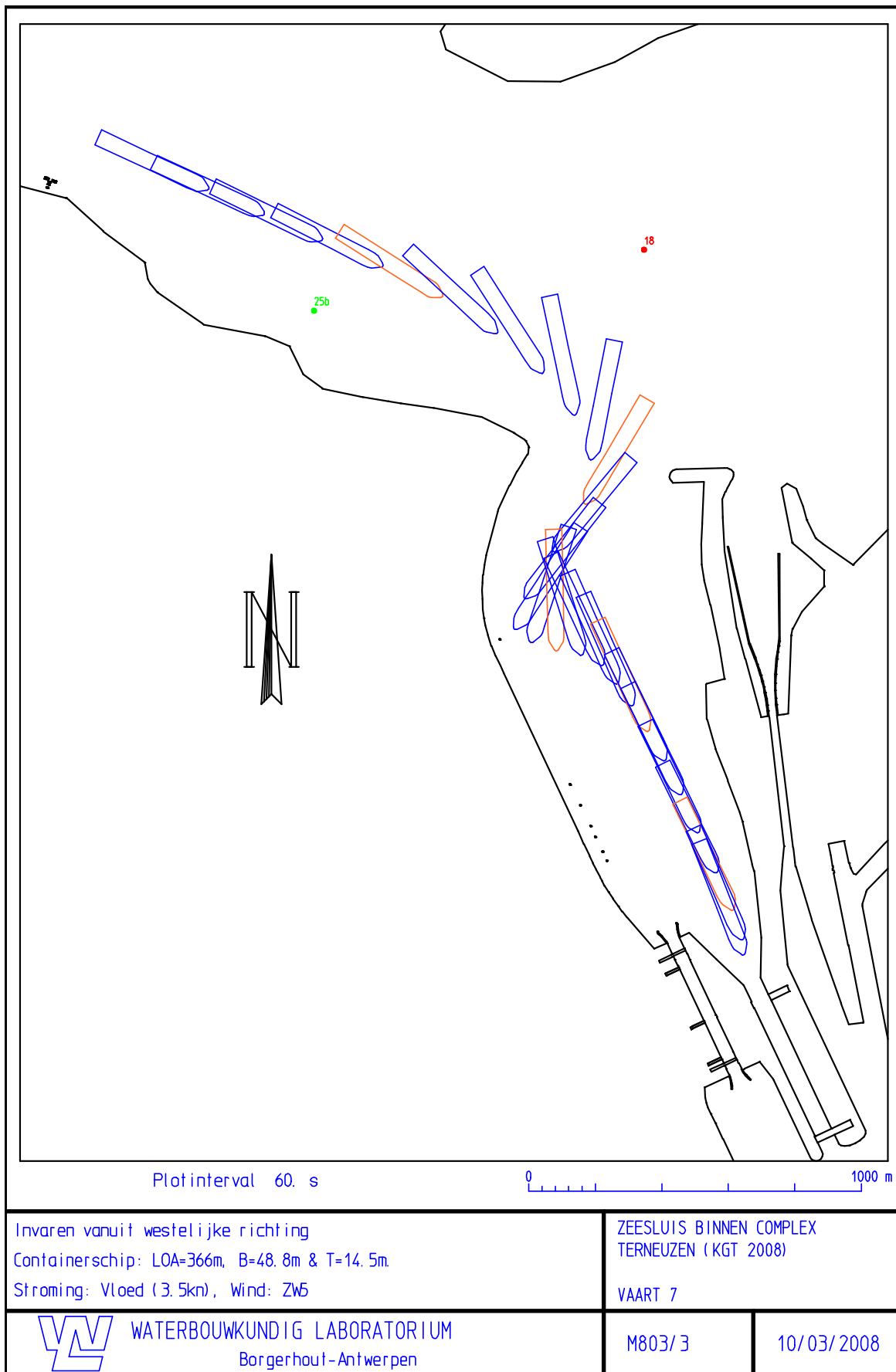
Bijlage A 4: Plot vaart 4.



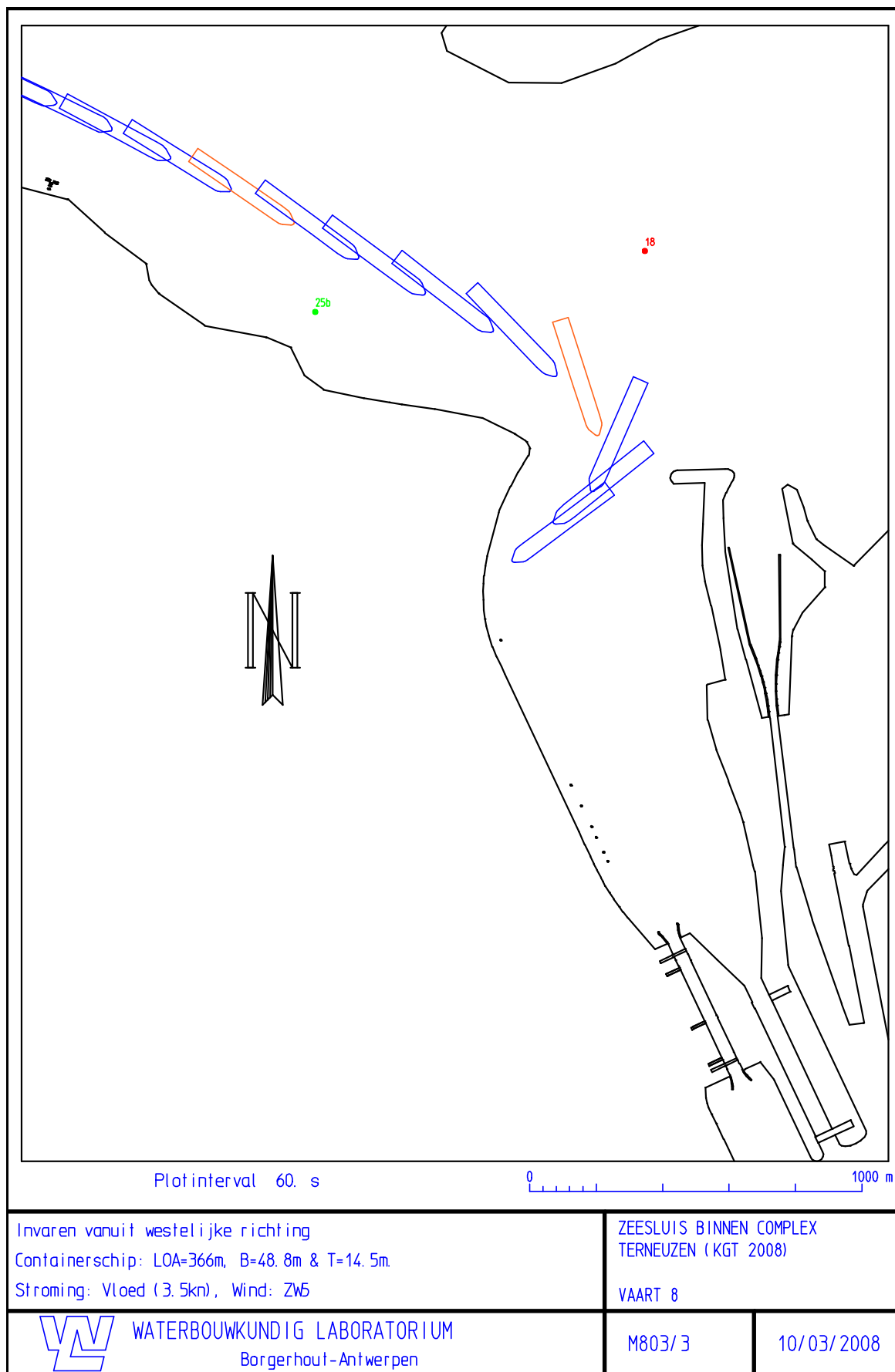
Bijlage A 5: Plot vaart 5.



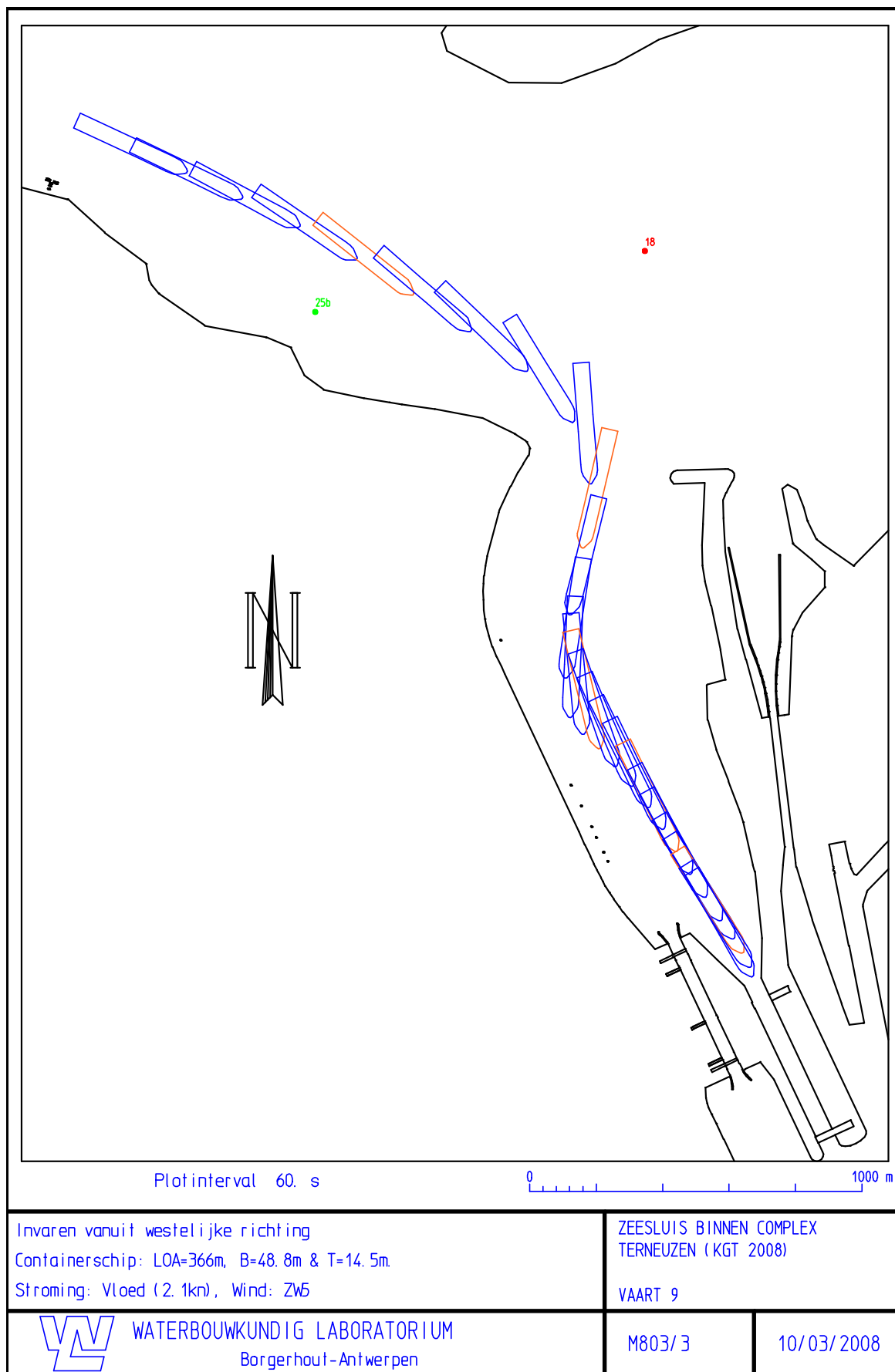
Bijlage A 6: Plot vaart 6.



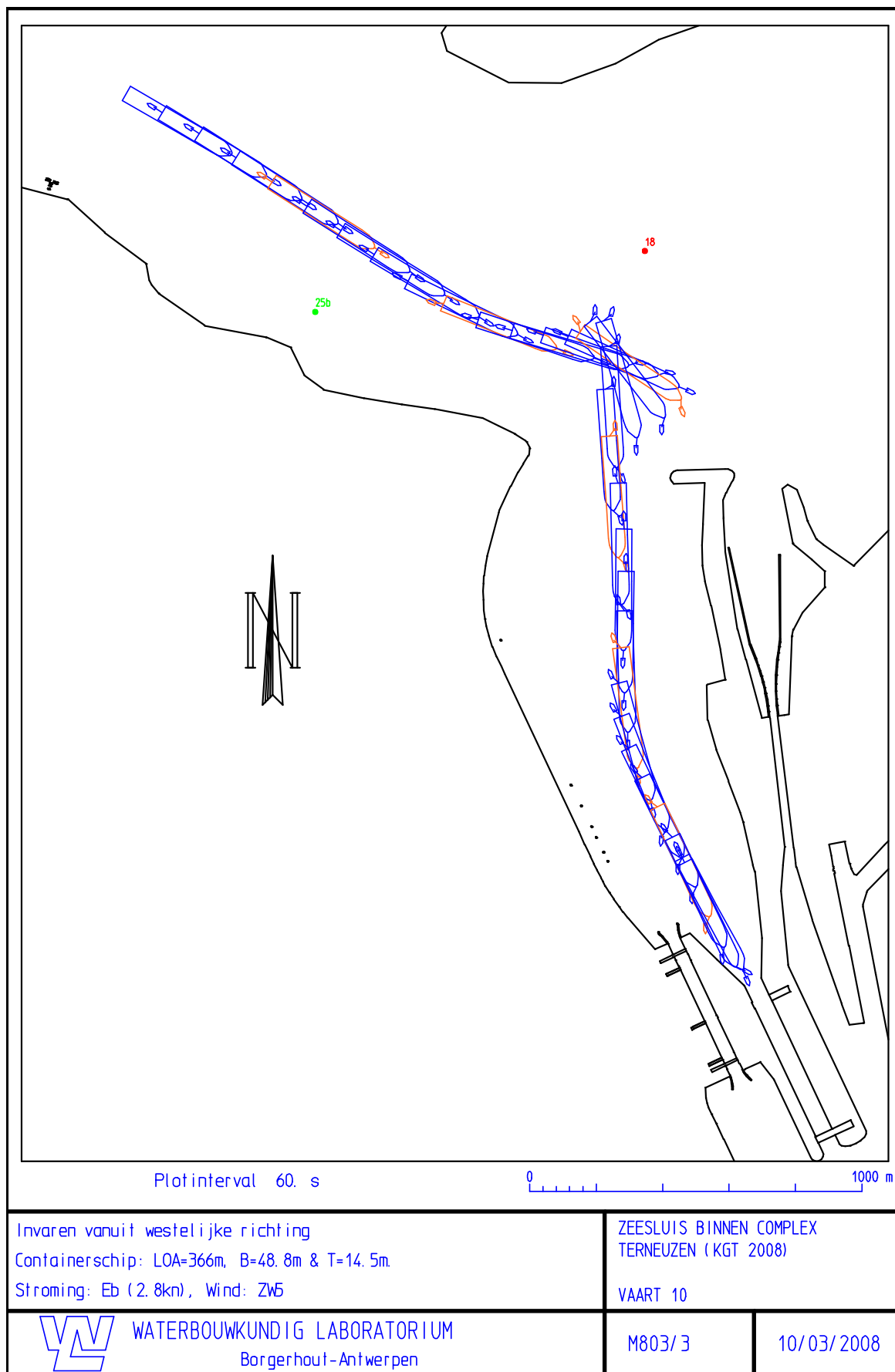
Bijlage A 7: Plot vaart 7.



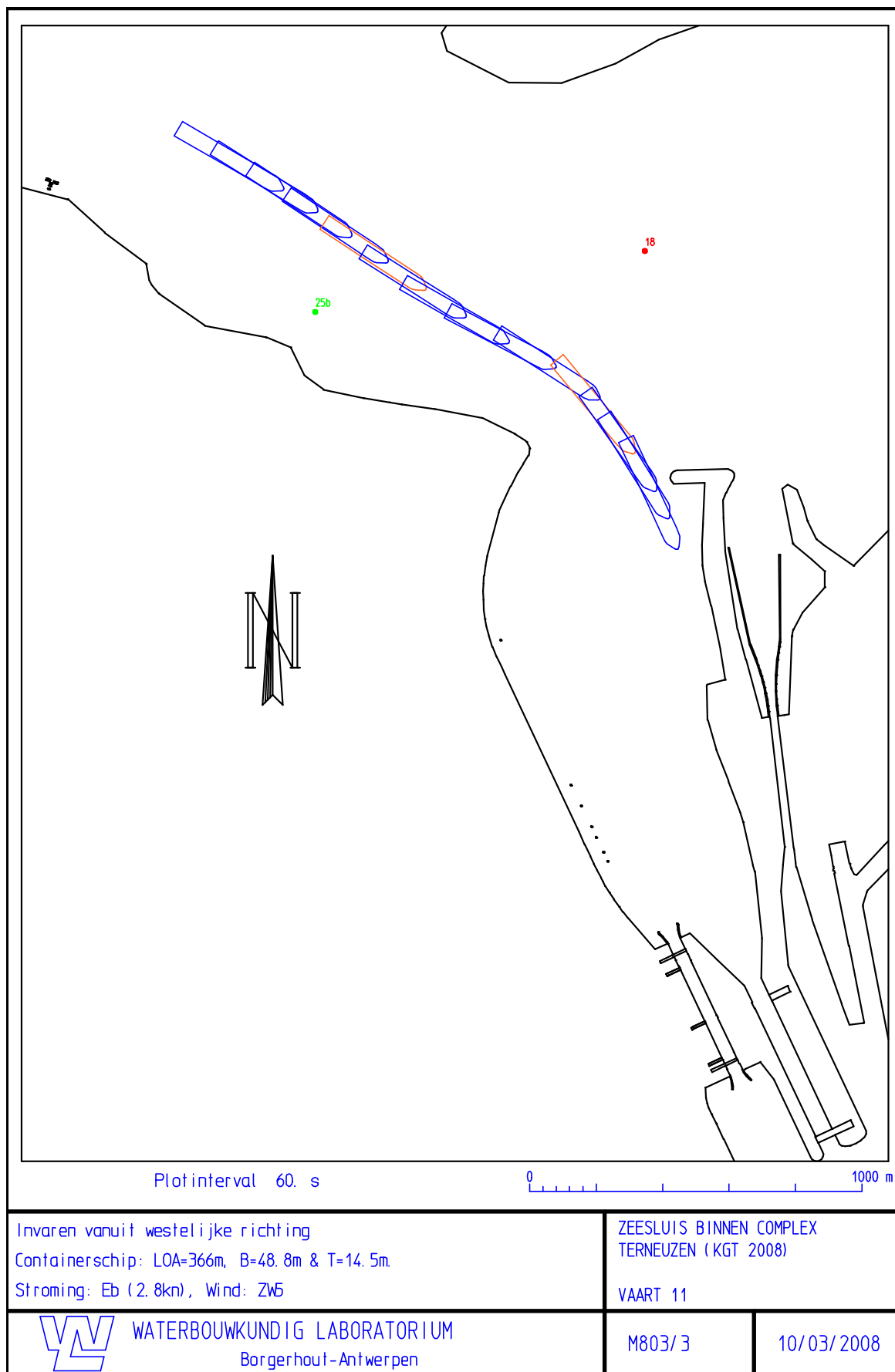
Bijlage A 8: Plot vaart 8.



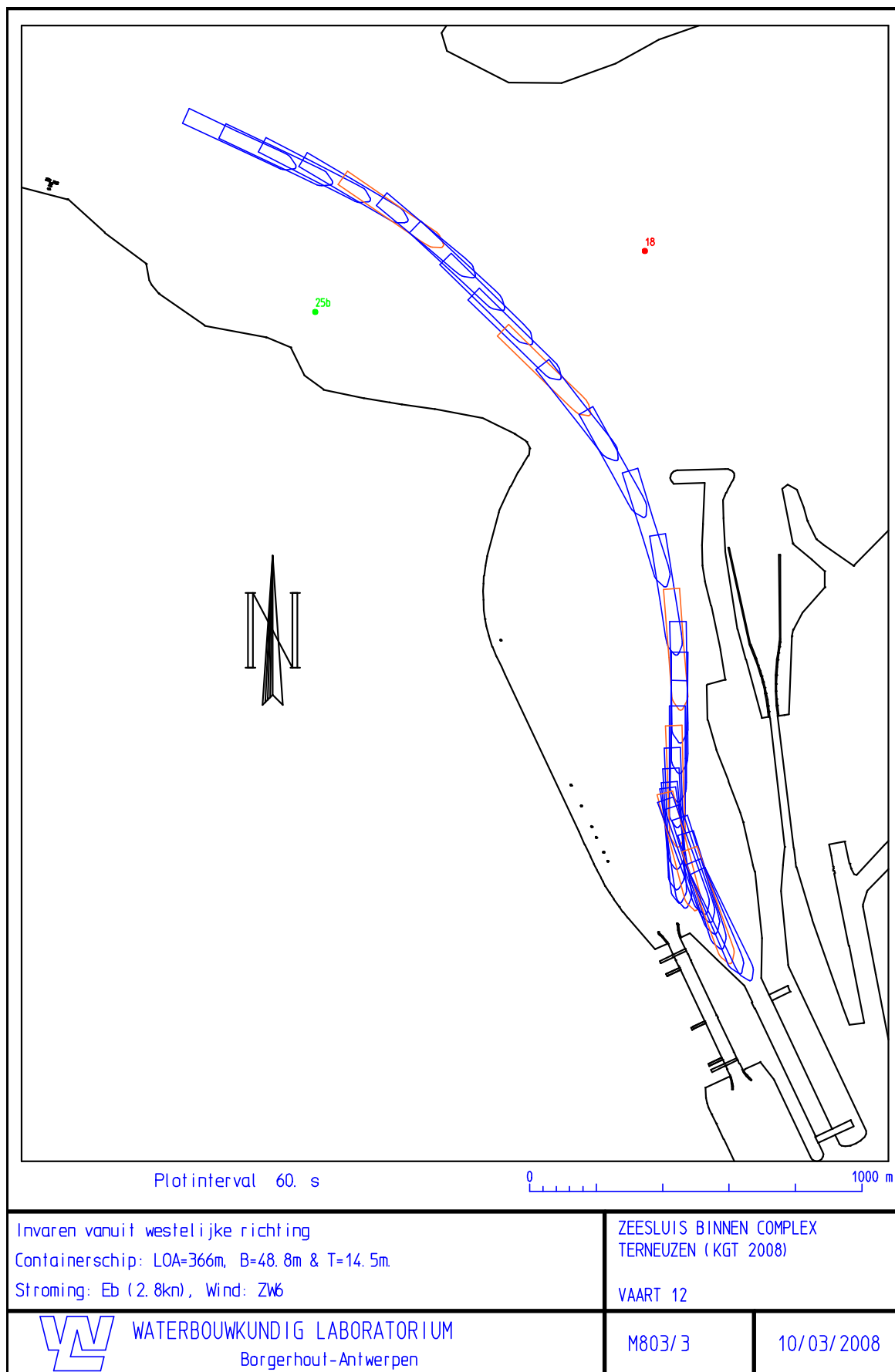
Bijlage A 9: Plot vaart 9.



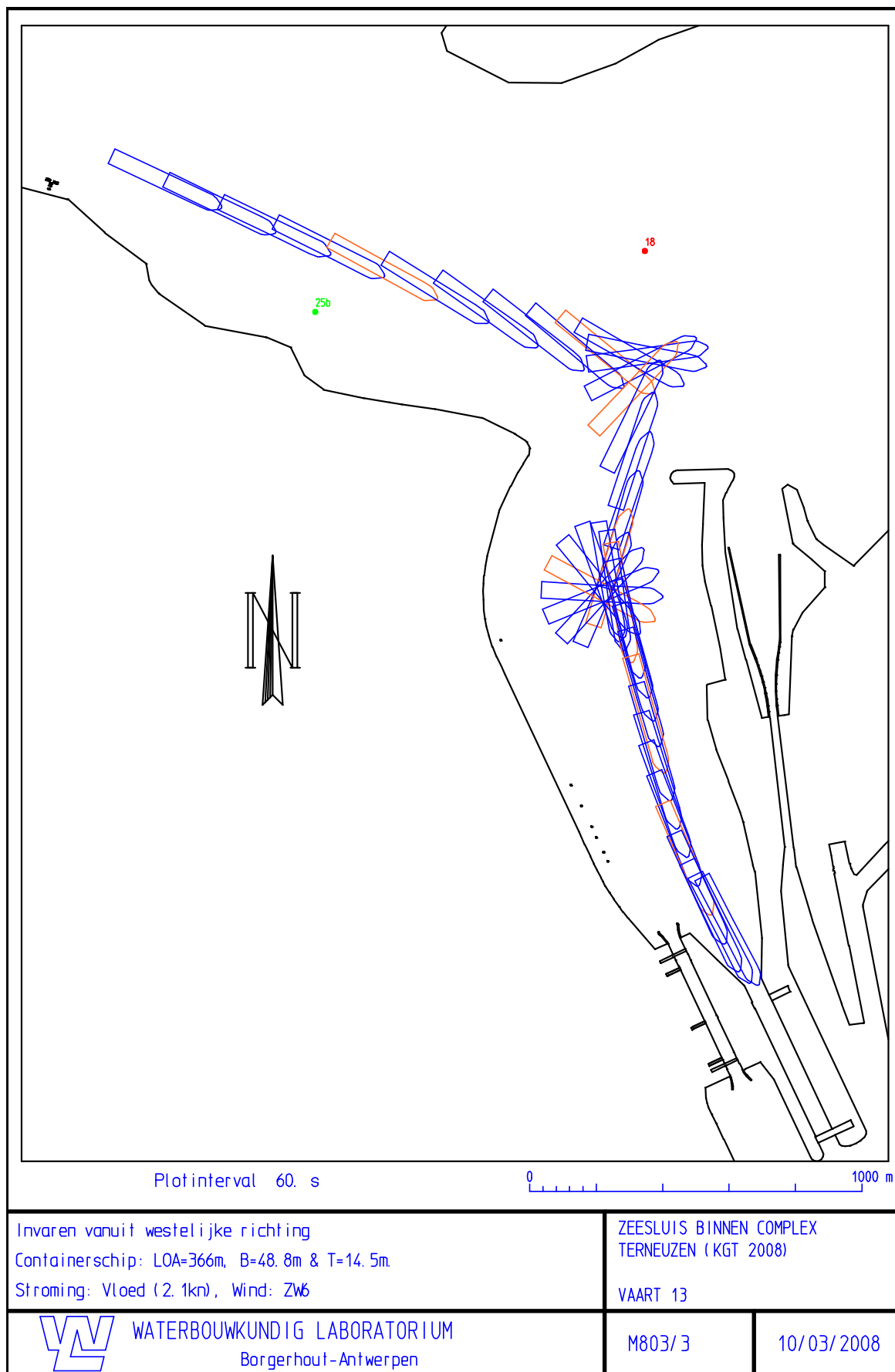
Bijlage A 10: Plot vaart 10.



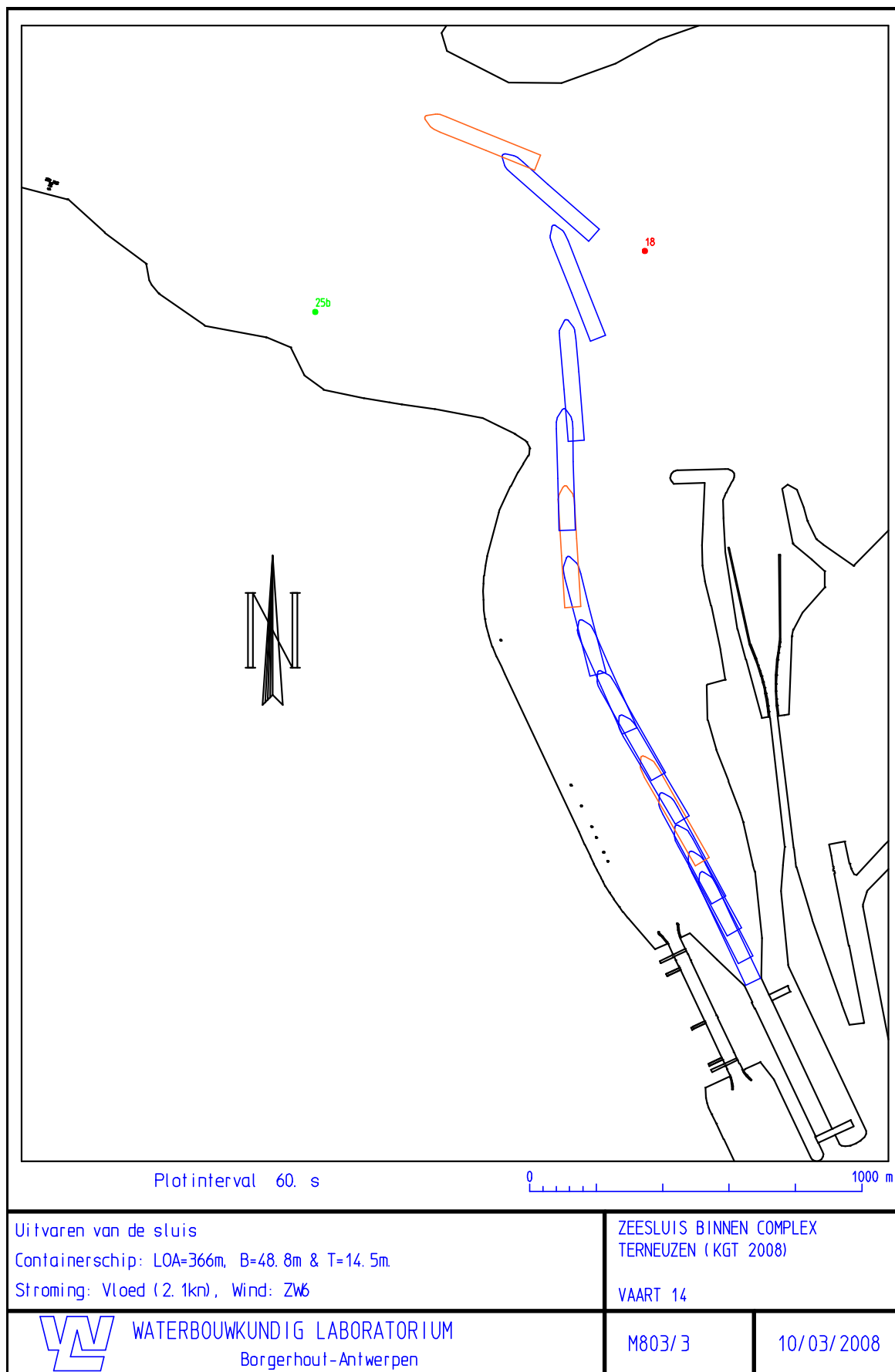
Bijlage A 11: Plot vaart 11.



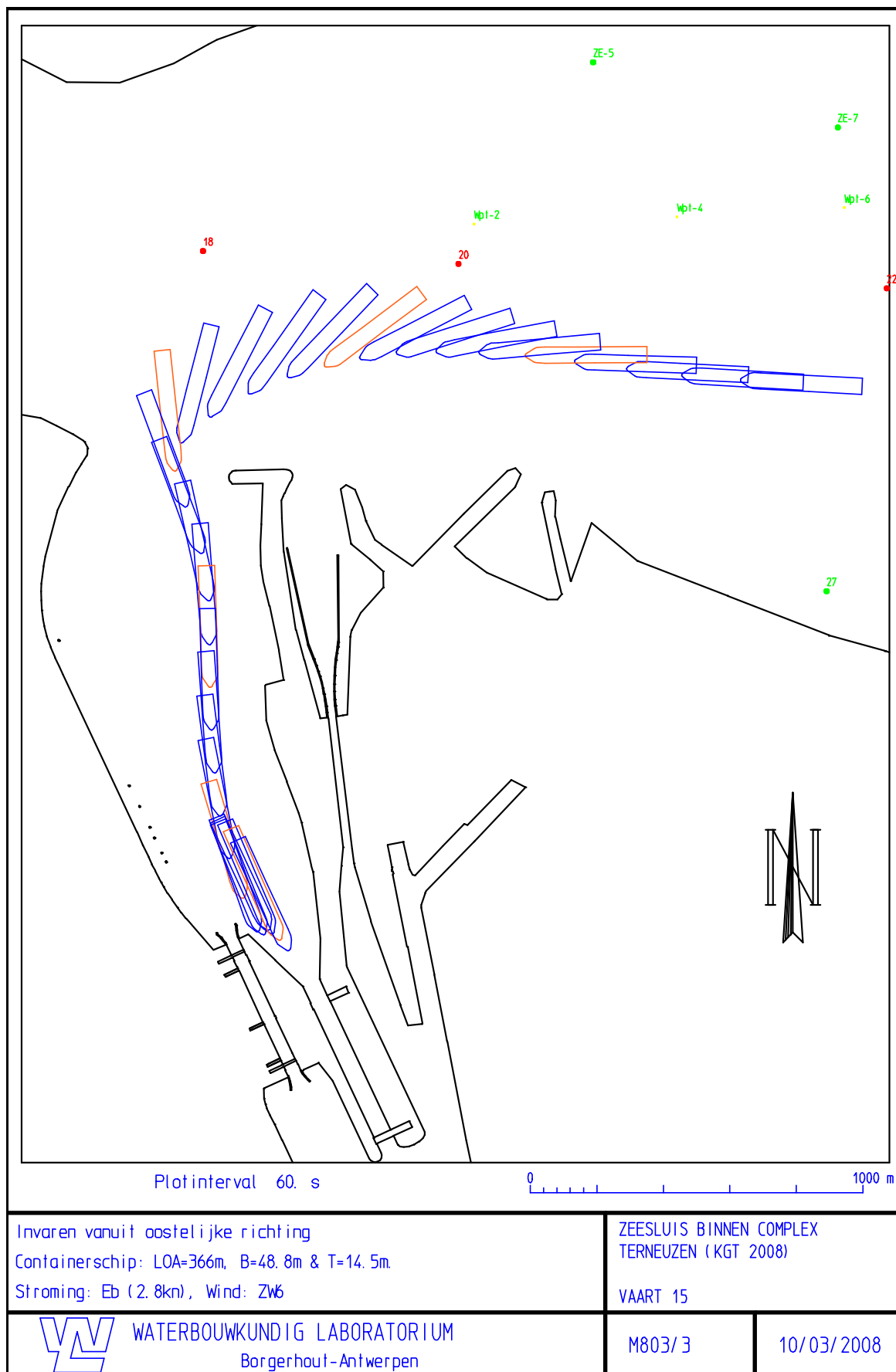
Bijlage A 12: Plot vaart 12.



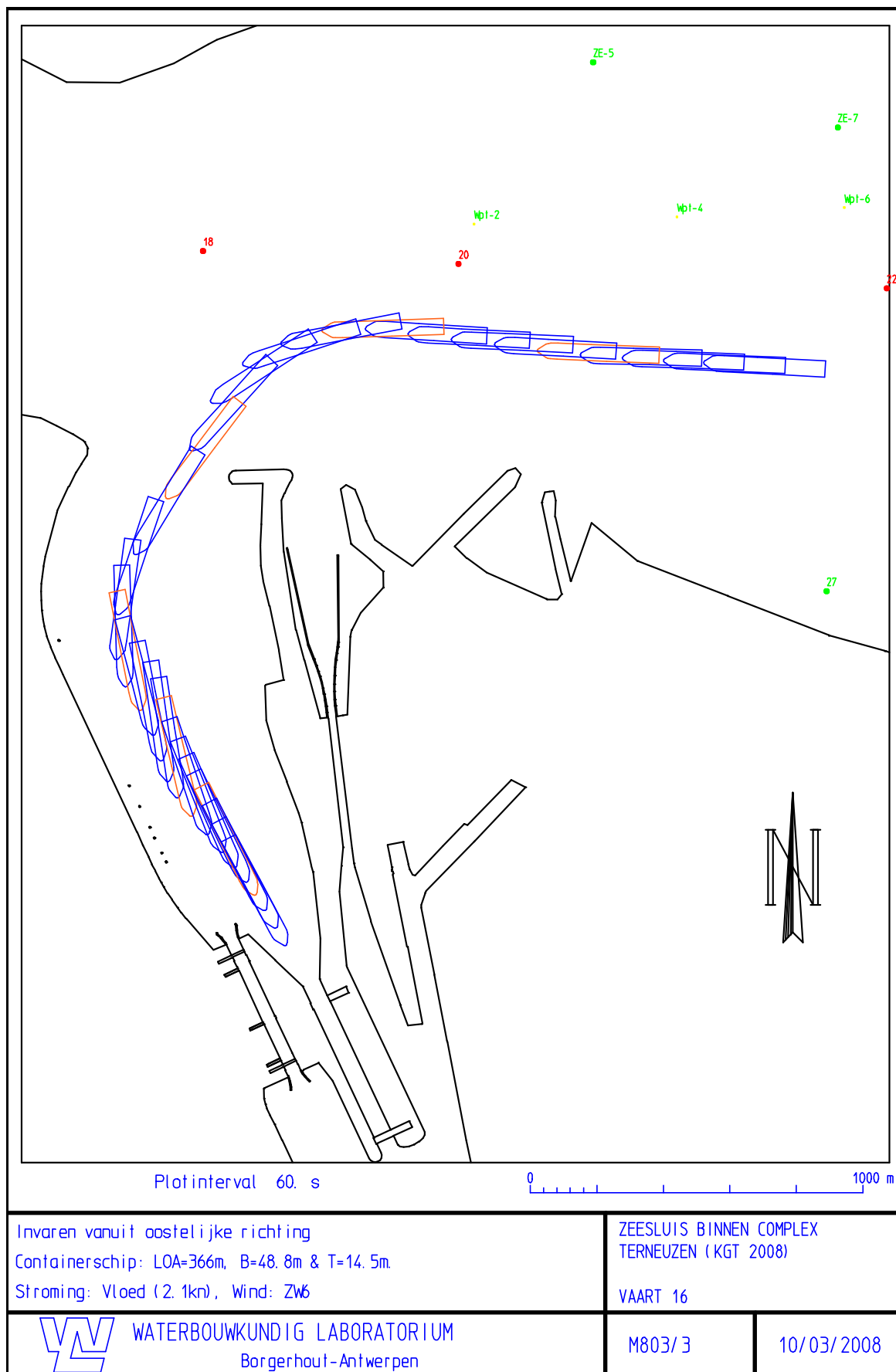
Bijlage A 13: Plot vaart 13.



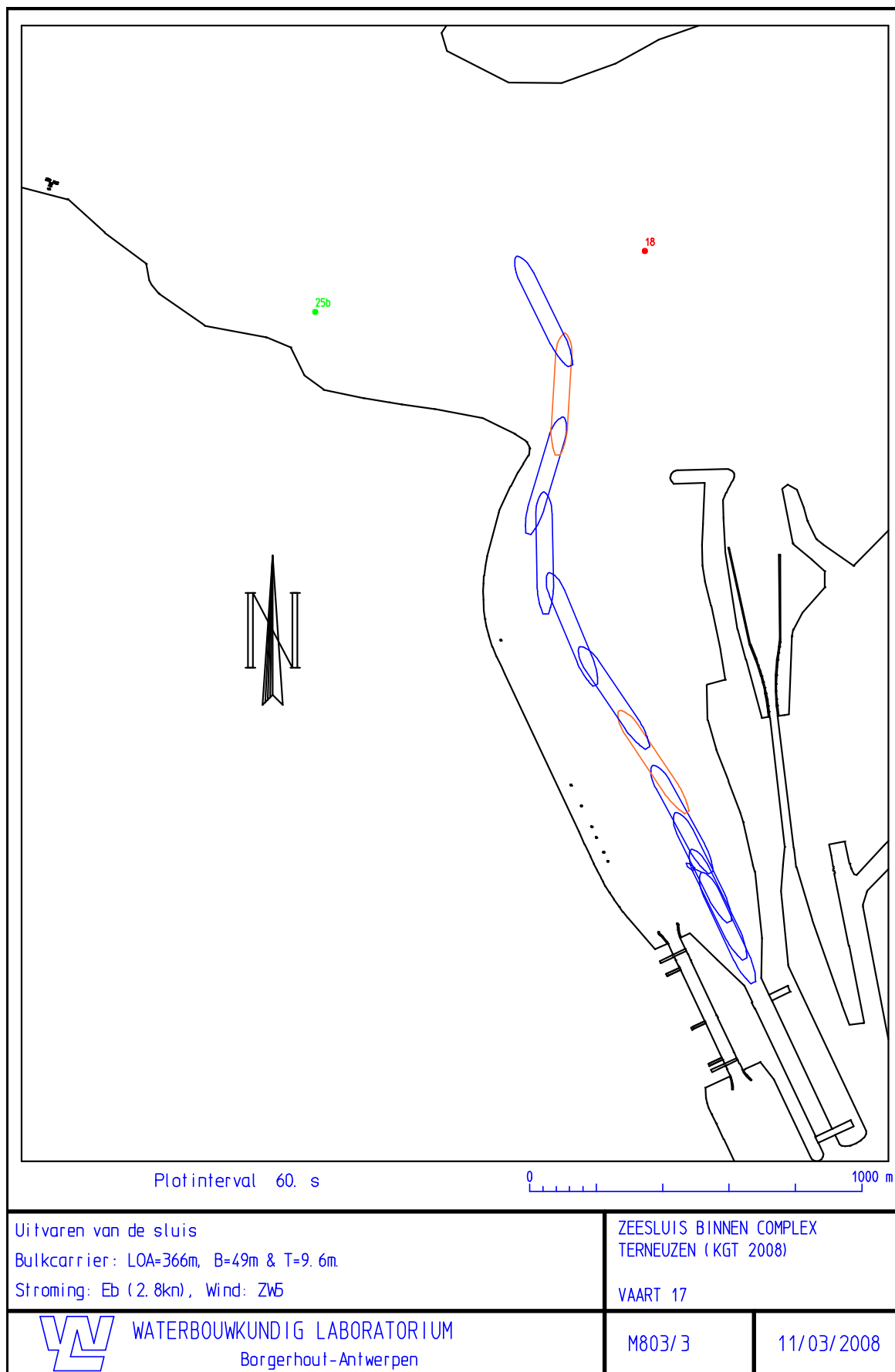
Bijlage A 14: Plot vaart 14.



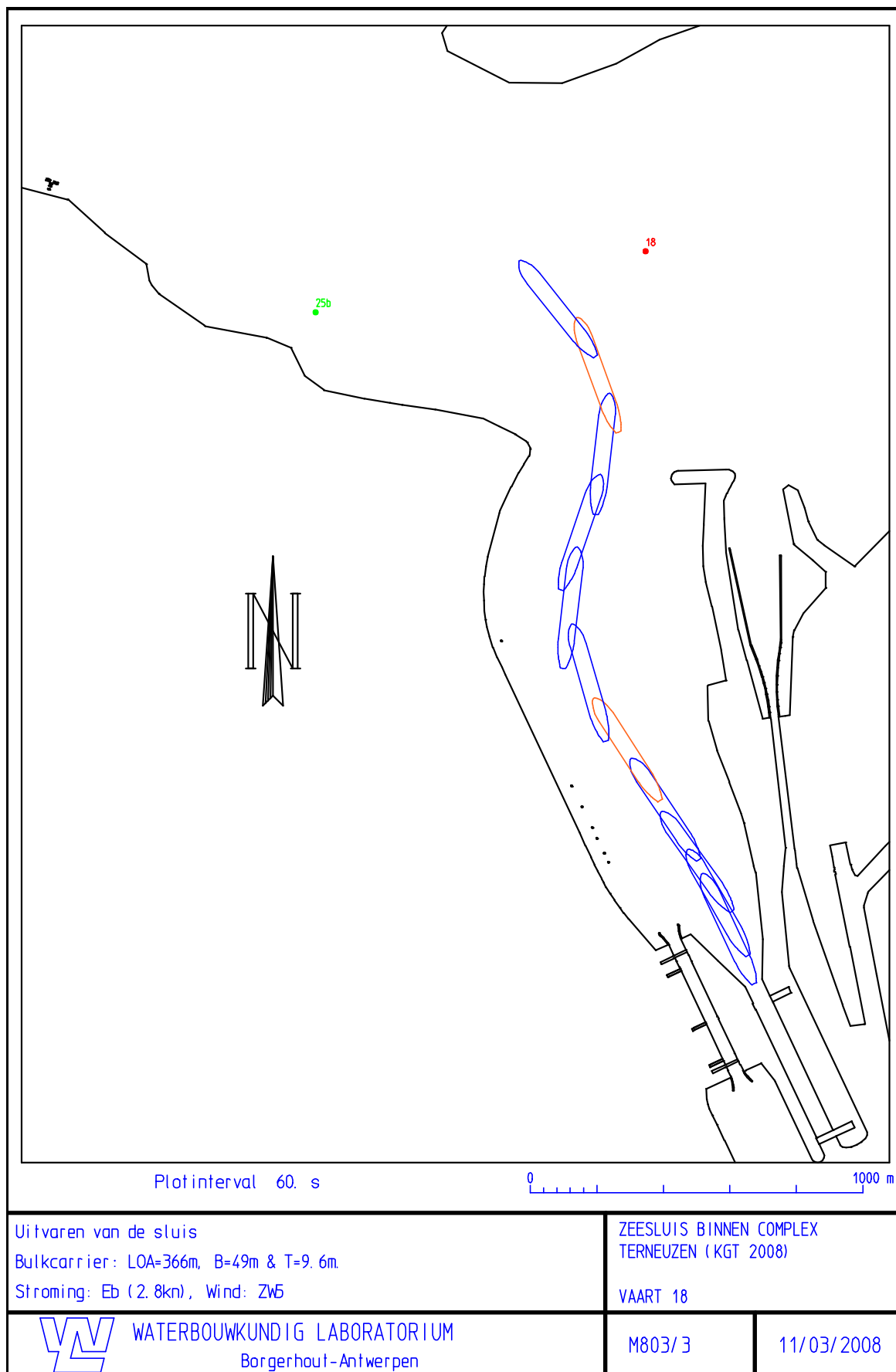
Bijlage A 15: Plot vaart 15.



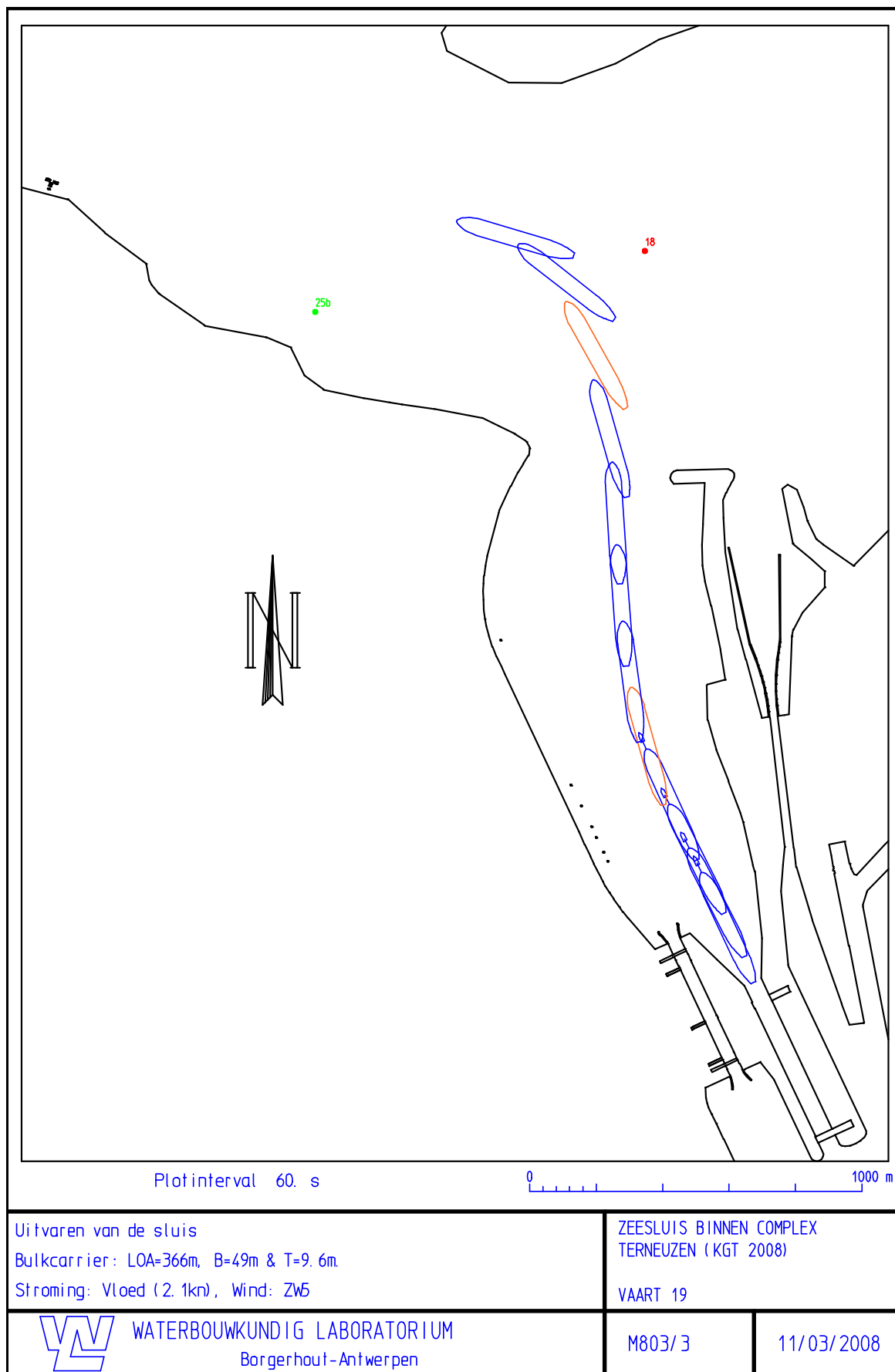
Bijlage A 16: Plot vaart 16.



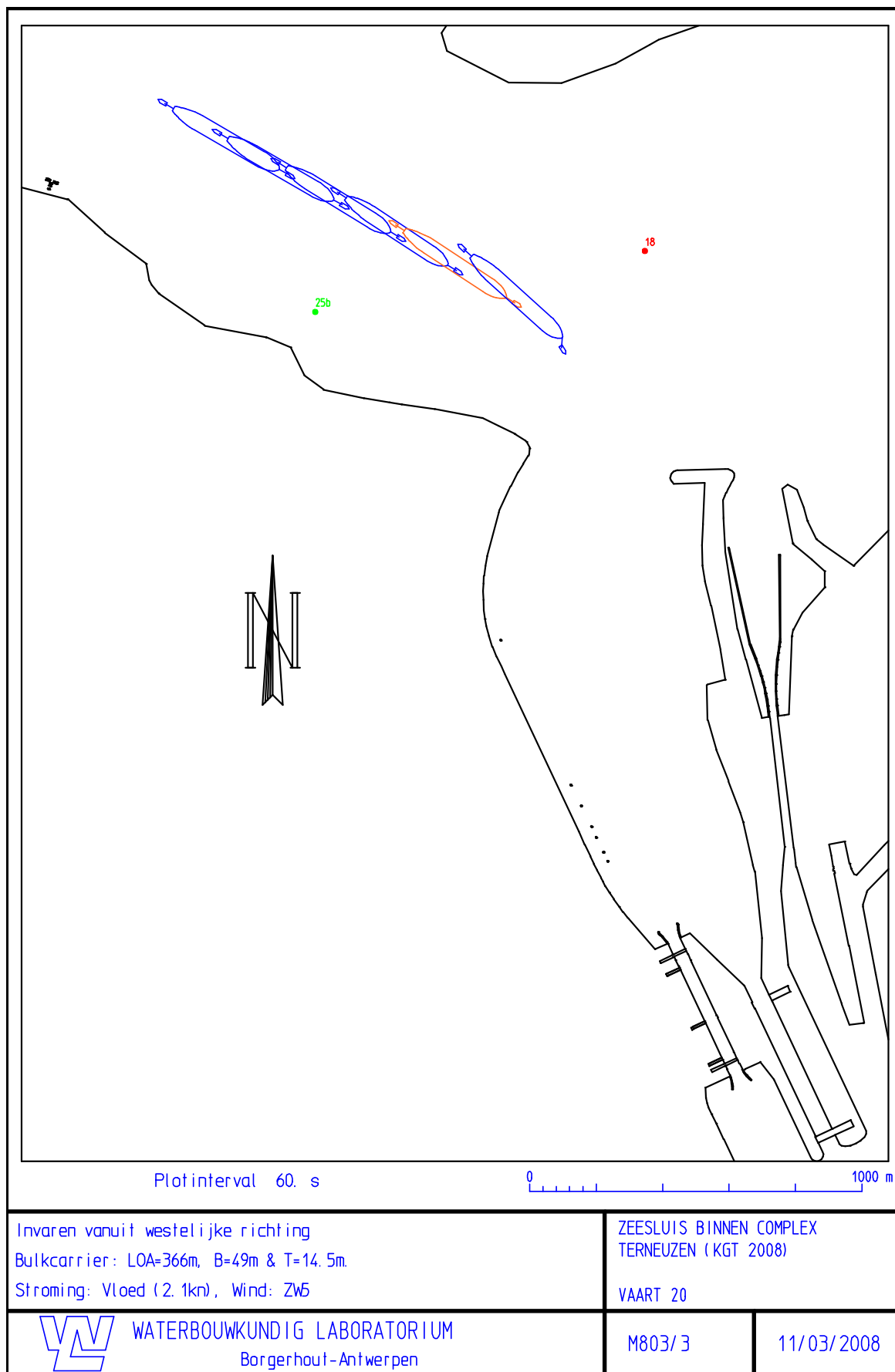
Bijlage A 17: Plot vaart 17.



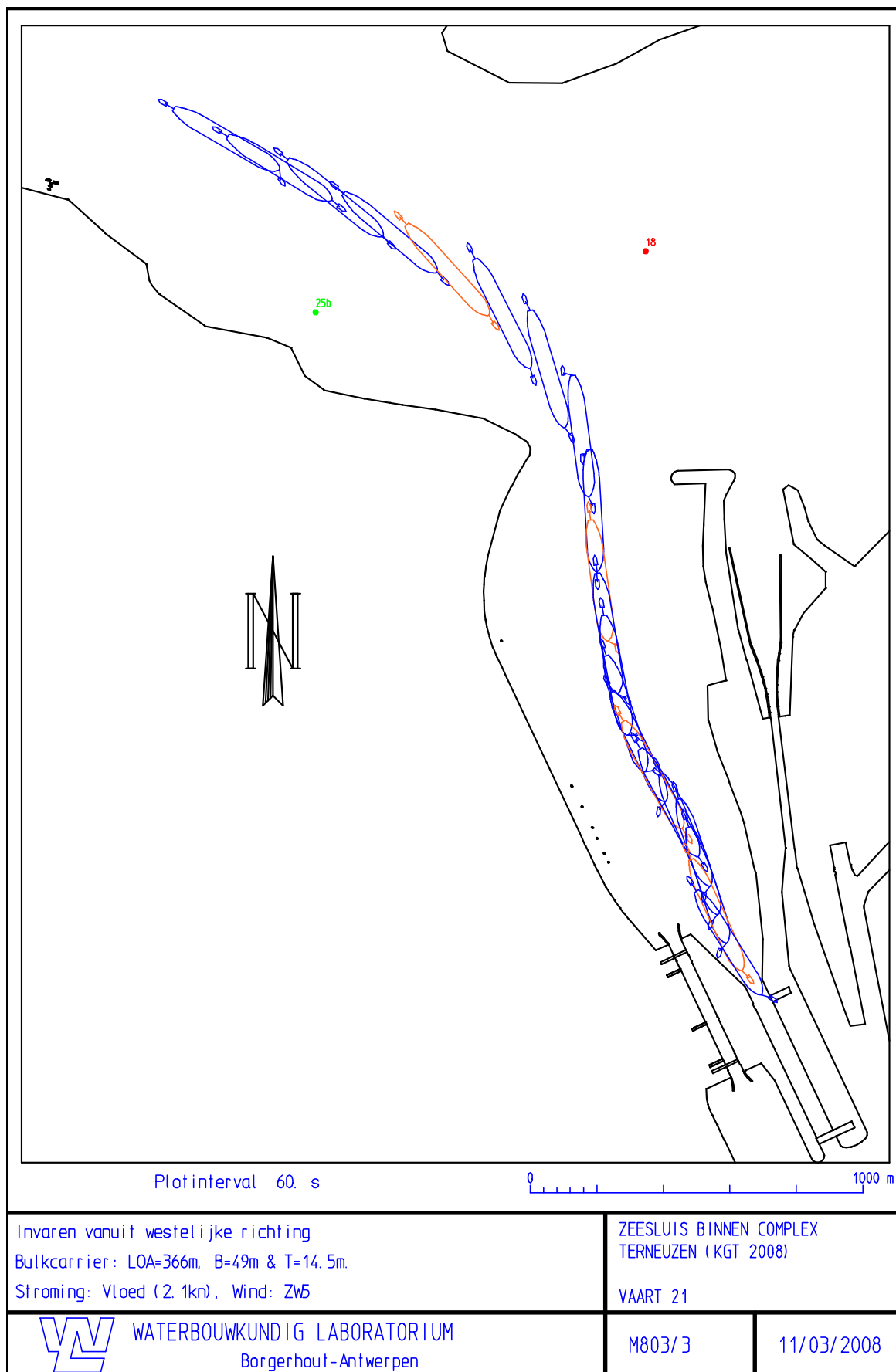
Bijlage A 18: Plot vaart 18.



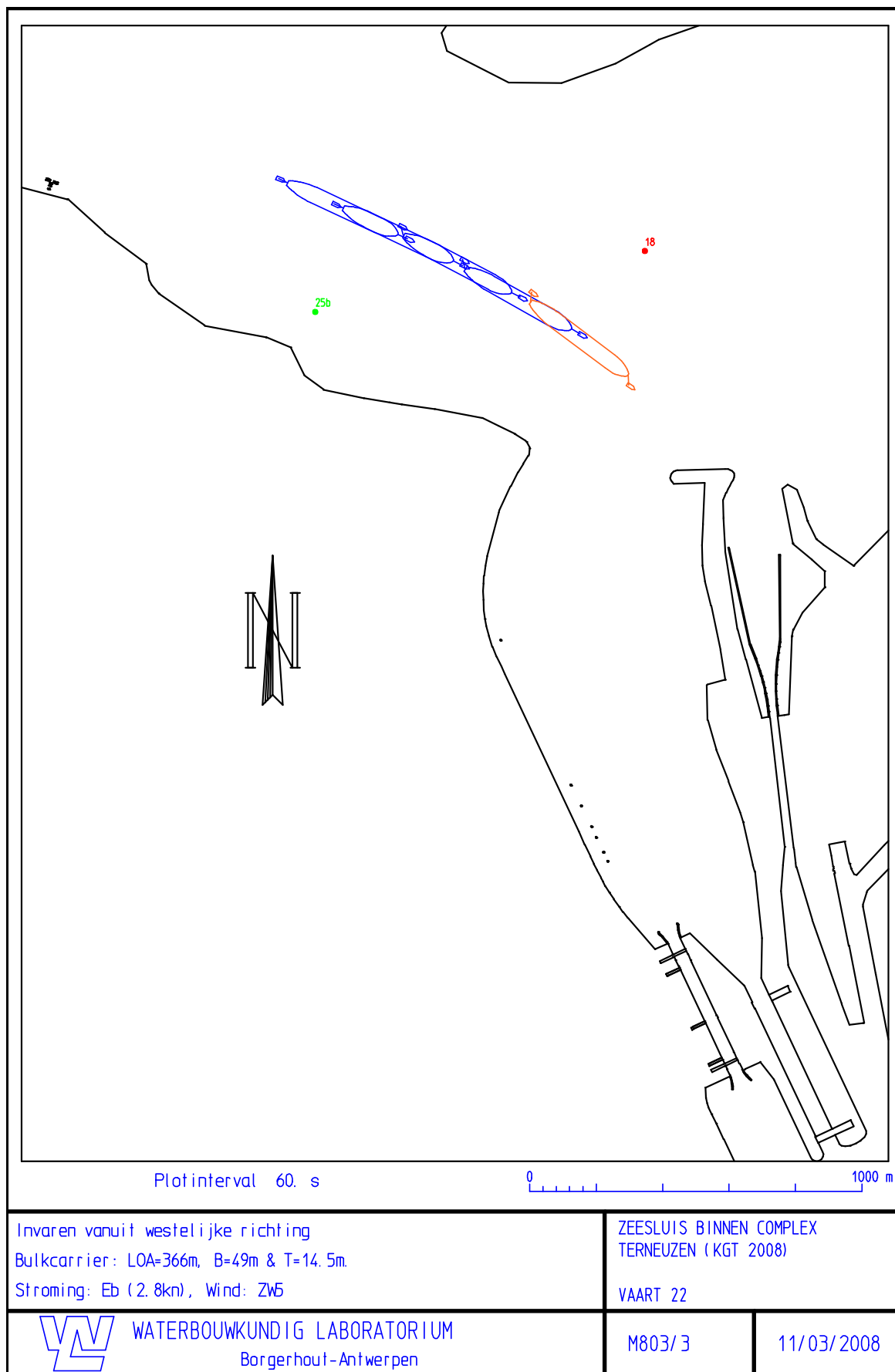
Bijlage A 19: Plot vaart 19.



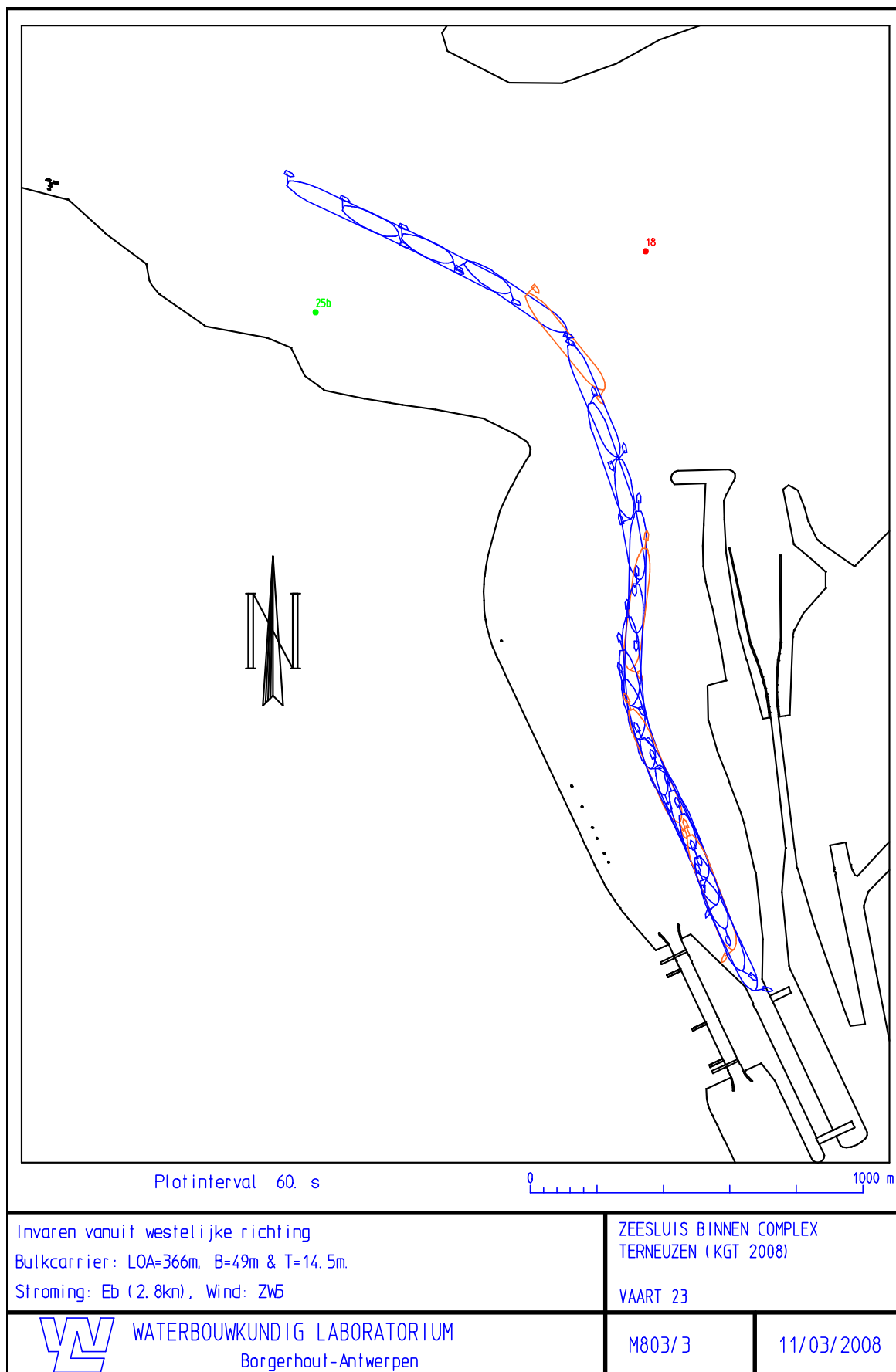
Bijlage A 20: Plot vaart 20.



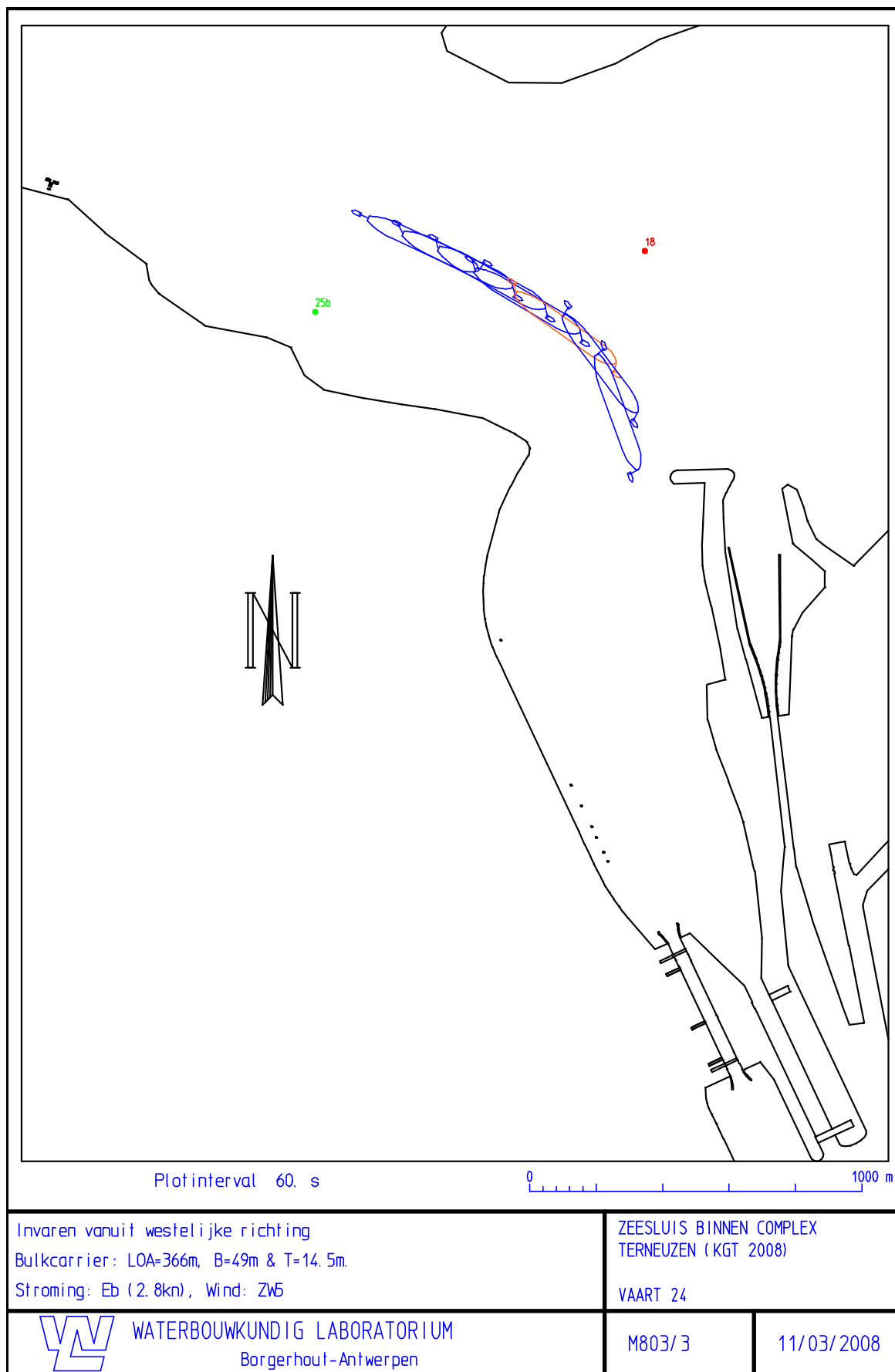
Bijlage A 21: Plot vaart 21.



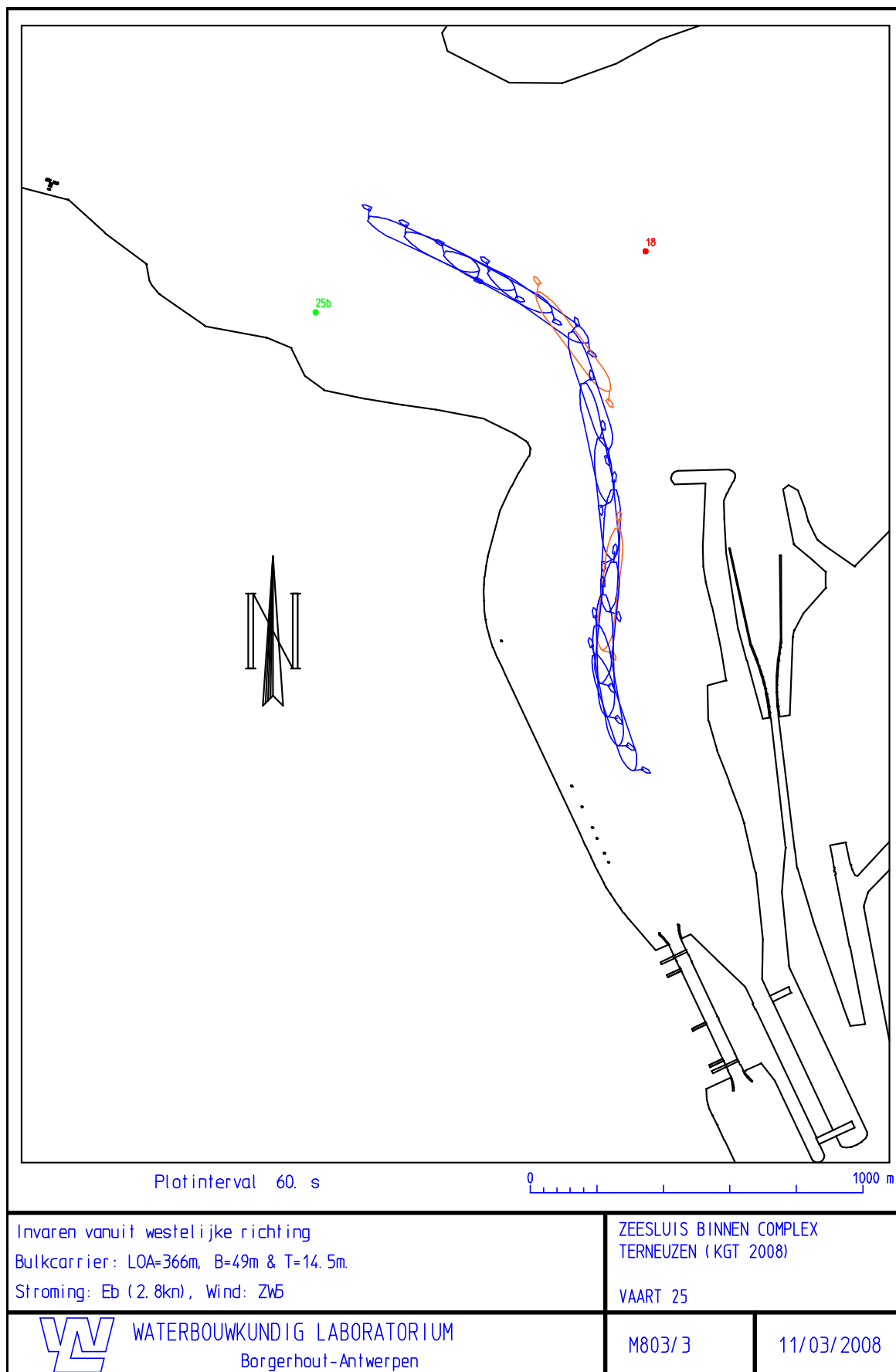
Bijlage A 22: Plot vaart 22.



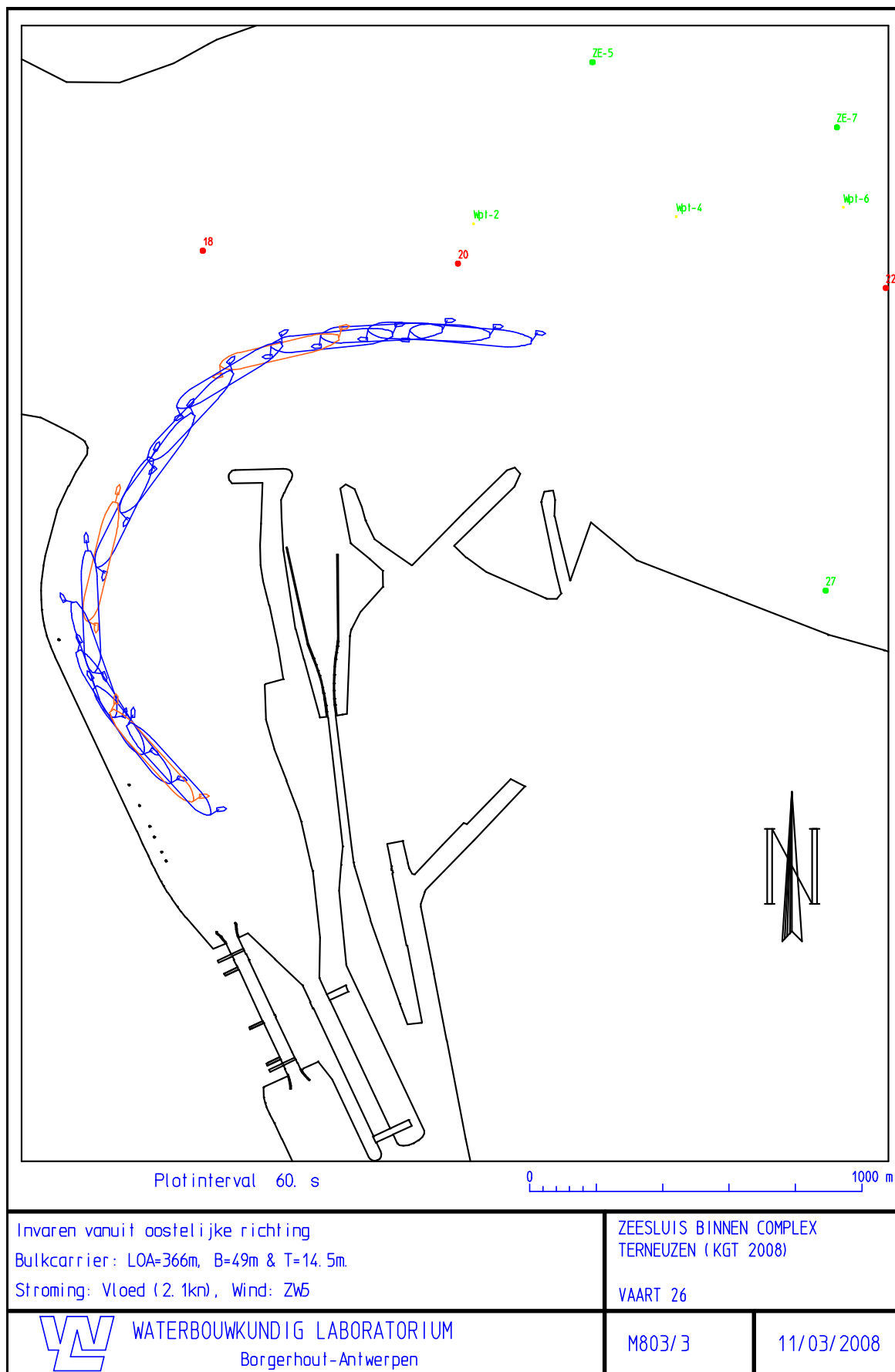
Bijlage A 23: Plot vaart 23.



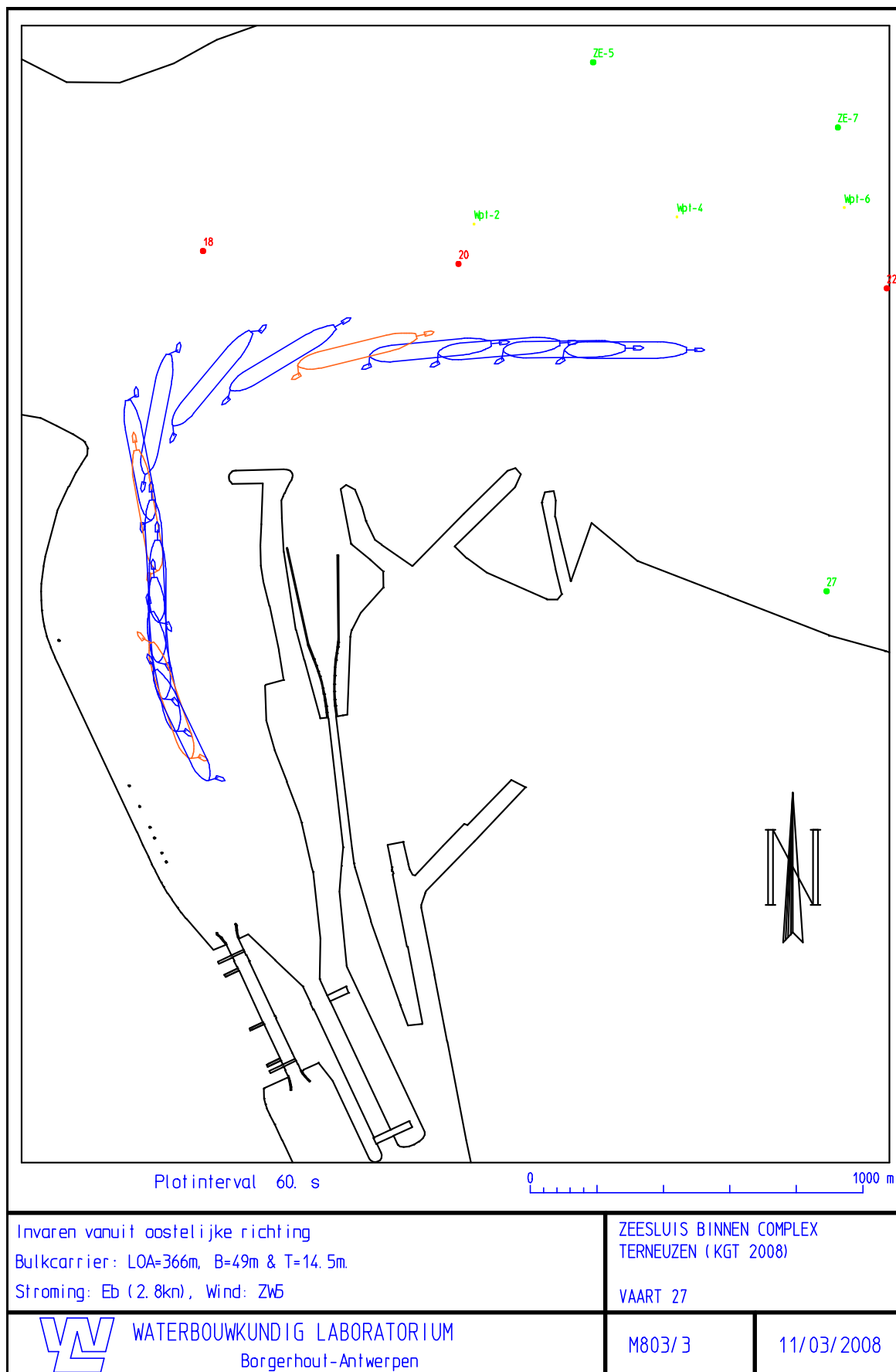
Bijlage A 24: Plot vaart 24.



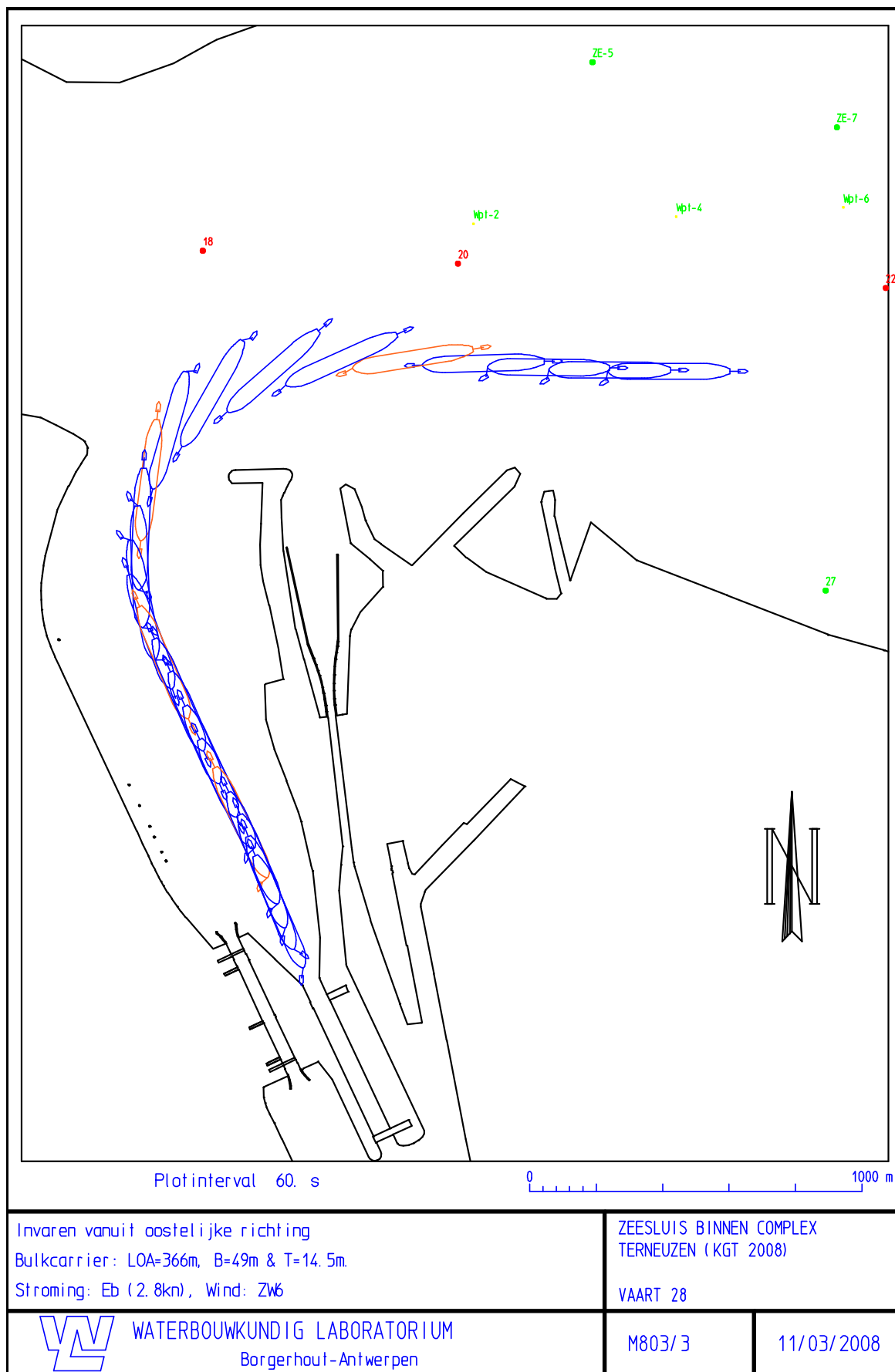
Bijlage A 25: Plot vaart 25.



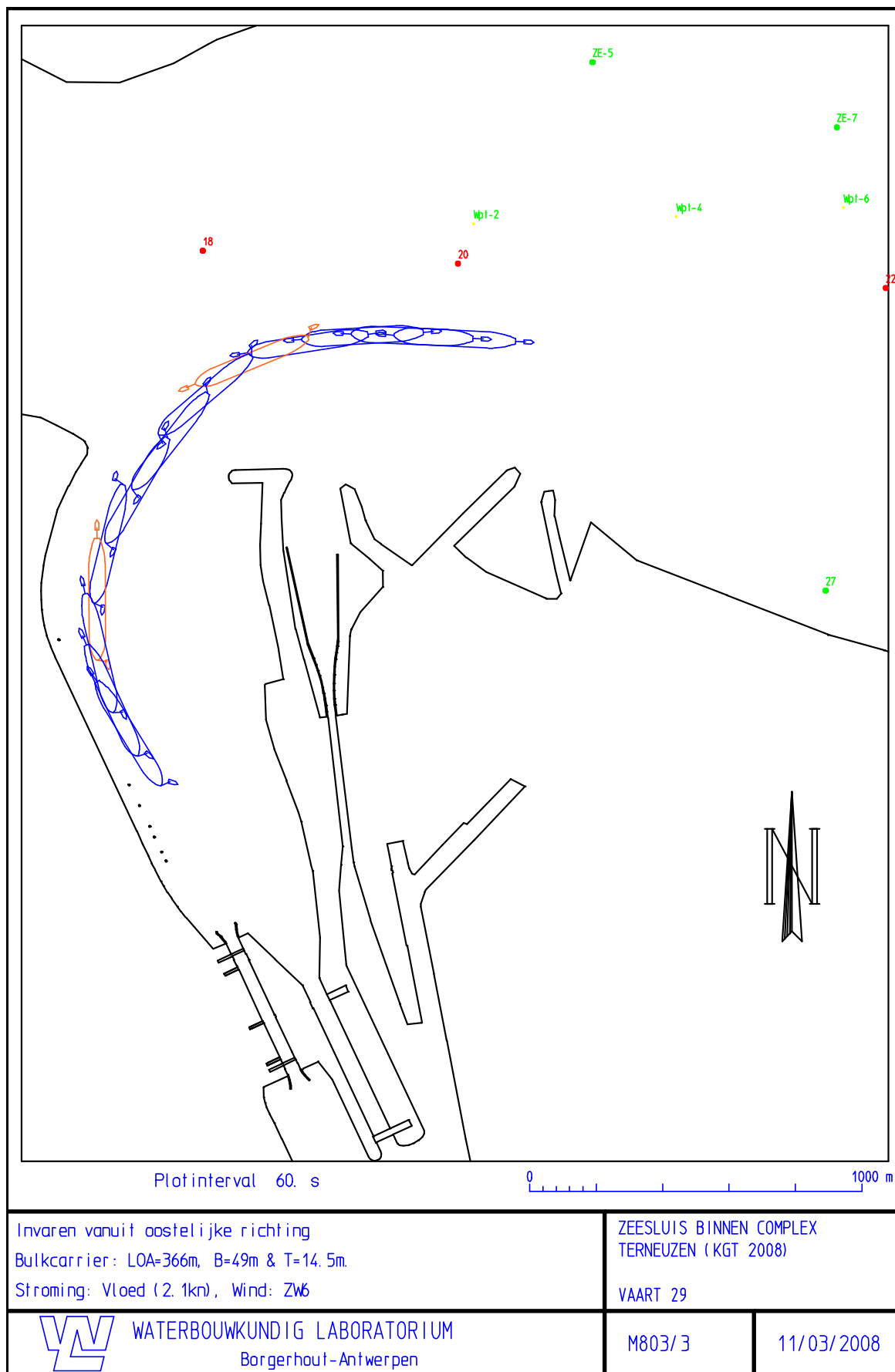
Bijlage A 26: Plot vaart 26.



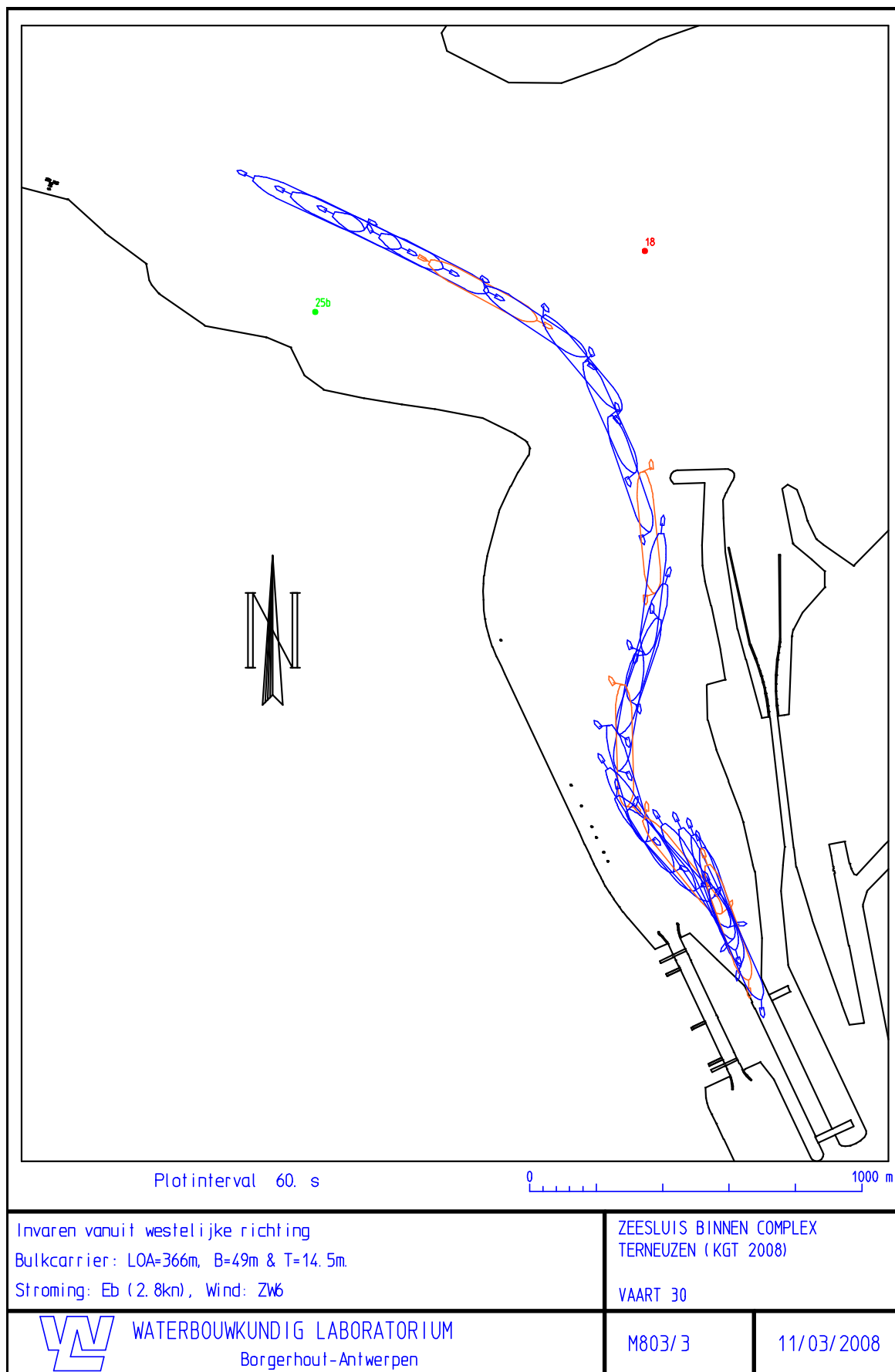
Bijlage A 27: Plot vaart 27.



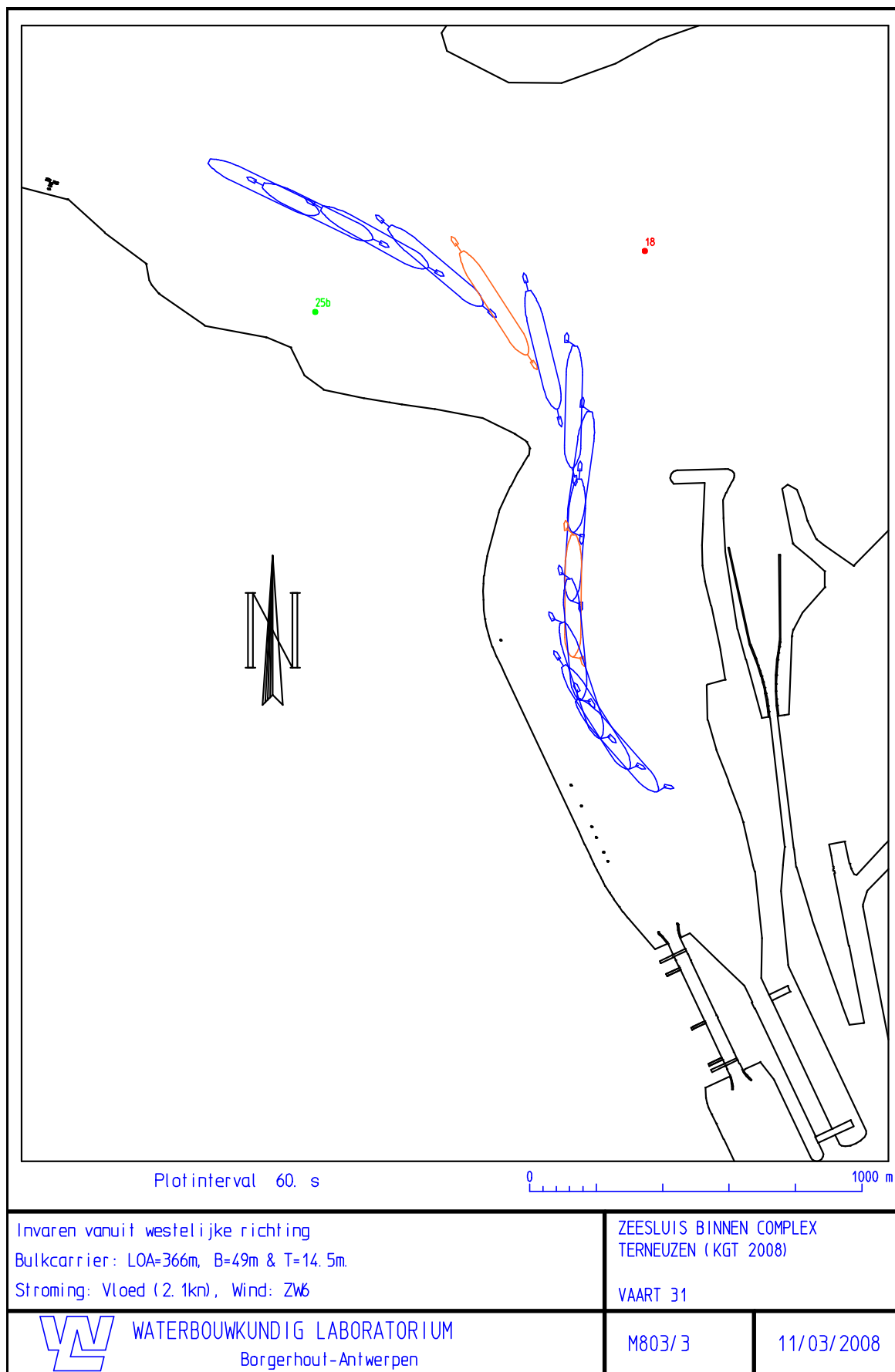
Bijlage A 28: Plot vaart 28.



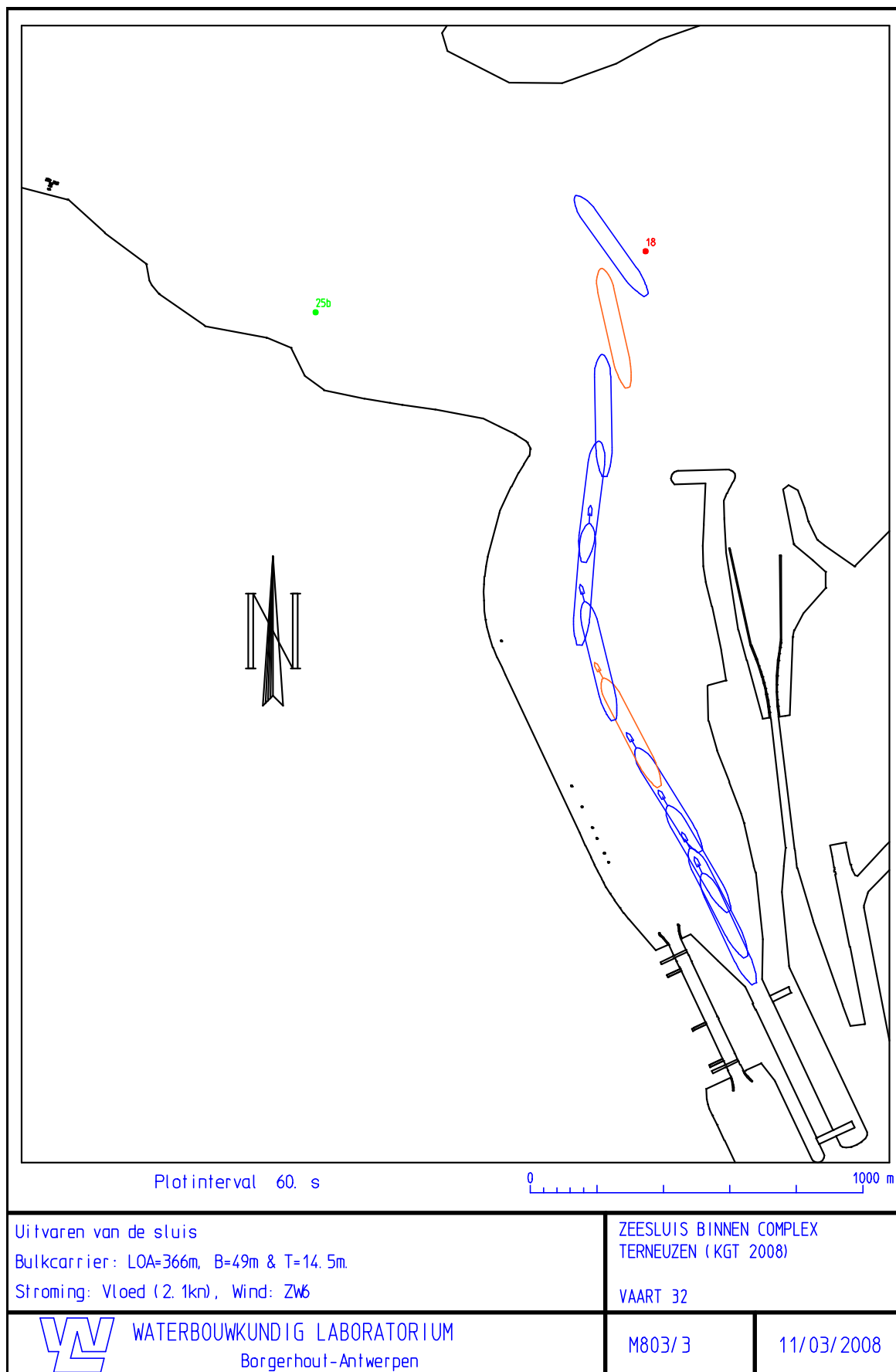
Bijlage A 29: Plot vaart 29.



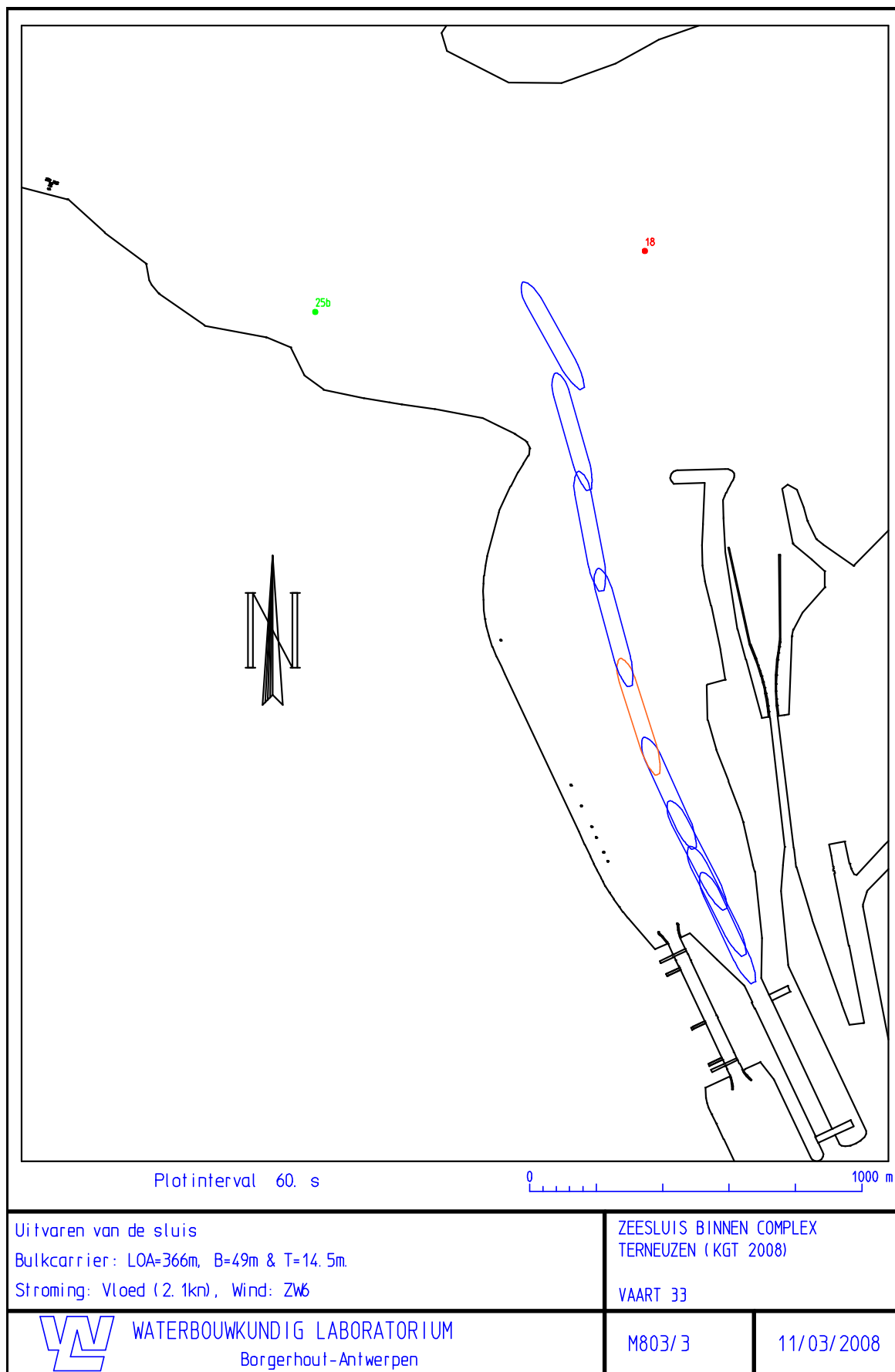
Bijlage A 30: Plot vaart 30.



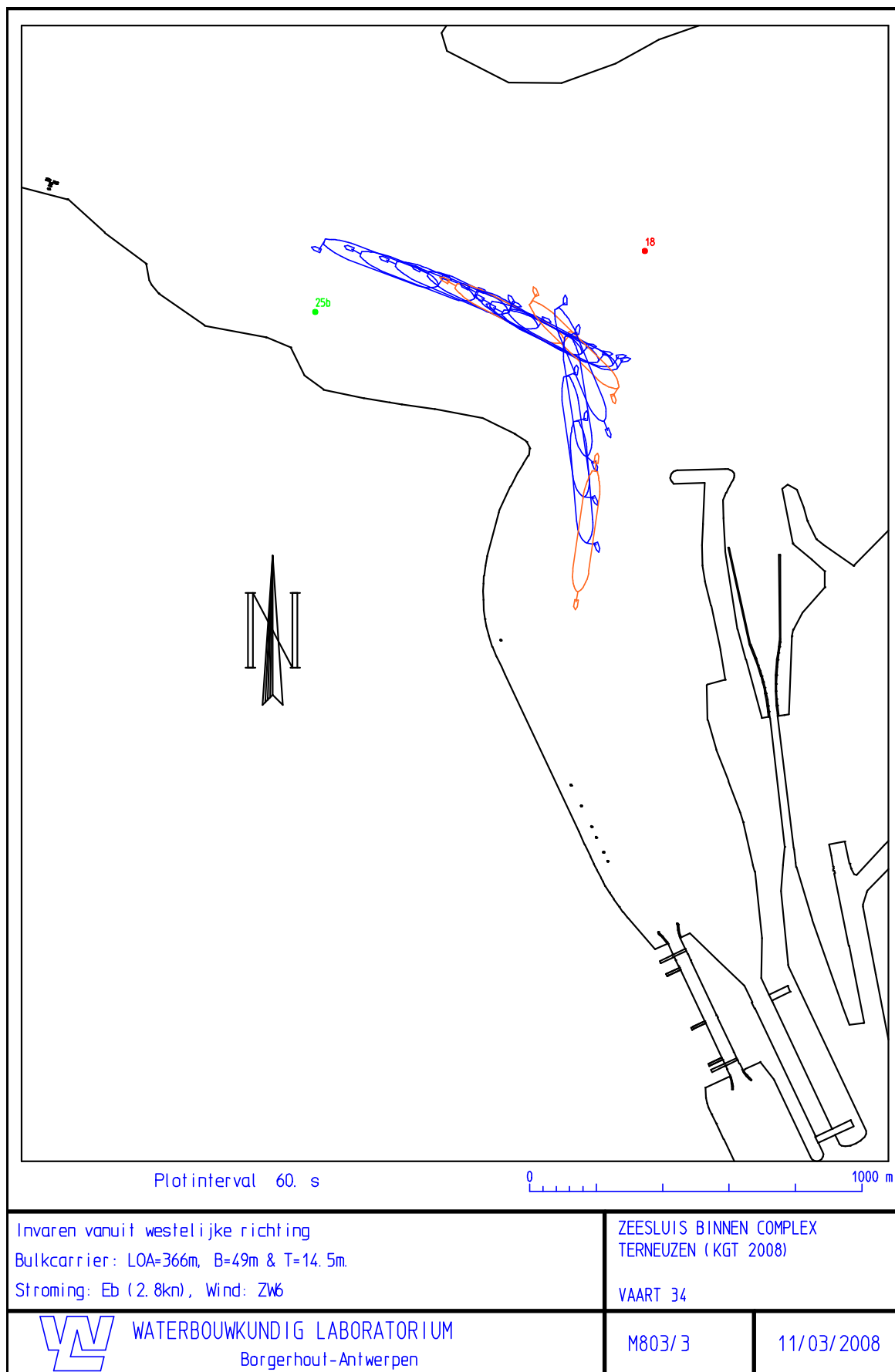
Bijlage A 31: Plot vaart 31.



Bijlage A 32: Plot vaart 32.



Bijlage A 33: Plot vaart 33.



Bijlage A 34: Plot vaart 34.