

REAL-TIME SIMULATIES NIEUWE SLUIS KANAAL GENT-TERNEUZEN - VOORKEURSARIANT

Opdrachtgever : LieveenseCSO
Postbus 3199
4800 DD Breda

Revisienr.	Status	Datum	Auteur	Voor gezien
0	Concept	14 april 2015	D. ten Hove	F. Westebring/ P. Kluytenaar
1	Definitief	12 mei 2015	D. ten Hove	F. Westebring/ P. Kluytenaar
2	Definitief_2	19 november 2015	D. ten Hove	

INHOUDSOPGAVE		Pag.
1	INLEIDING	4
1.1	Inleiding.....	4
1.2	Doelstelling van het project Zeesluis Terneuzen.....	4
1.3	Doelstelling van de nautische studie	5
1.4	Effectonderzoeken MER.....	5
2	PROJECTGEBIED	8
2.1	Beschrijving van het sluisencomplex	8
2.2	Omgeving van het sluisencomplex	9
3	BESCHRIJVING VAN DE VOORKEURSVARIANT	11
3.1	Inleiding.....	11
3.2	Beschrijving voorkeursvariant.....	11
3.2.1	Sluiskolk	12
3.2.2	Buitenhaven.....	13
3.2.3	Inrichting sluisencomplex	14
3.2.4	Binnenhaven.....	17
3.2.5	Waterbeheer	18
3.3	Aanlegfase	19
4	OPZET EN UITVOERING VAN DE SIMULATIES	22
4.1	Inleiding.....	22
4.2	Vorbereiding database van het gebied	23
4.2.1	Sluisvarianten	23
4.2.2	Wind	24
4.2.3	Stroom	24
4.3	Vorbereiding schepen.....	28
4.4	Koppeling DELPASS en gebruik WAROS.....	29
4.5	Inrichting van de simulatoren.....	31
4.6	Vorbereiding scenario's en uitvoering van de simulaties.....	31
5	PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN VAN DE REAL-TIME SIMULATIES EN DE TOEGEPASTE CRITERIA	35
5.1	Inleiding.....	35
5.2	Presentatie van de resultaten	35
5.3	Beoordeling van de real-time simulaties.....	40
5.4	Opgestelde criteria voor real-time simulaties	43
5.4.1	Inleiding	43
5.4.2	Criteria voor besturingsmiddelen.....	43
5.4.3	Criteria voor botssnelheden	44
5.4.4	Benodigde ruimte	45
5.4.5	Beoordeling 'vlotheid'	45
6	RESULTATEN VAN DE REAL-TIME SIMULATIES	46
6.1	Inleiding.....	46
6.2	Resultaten Serie 1	47
6.2.1	Invaart vanaf zee	47
6.2.2	Invaart vanaf Antwerpen	49
6.2.3	Uitvarend naar zee	49
6.2.4	Uitvarend naar Antwerpen.....	50
6.3	Resultaten Serie 2	50
6.4	Resultaten Serie 3	51

6.5	Resultaten Serie 4	52
6.6	Resultaten Serie 5	52
6.7	Ervaringen van de loodsen en de instructeur	53
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	55
	REFERENTIES	58
BIJLAGE A	BESCHRIJVING MARIN SIMULATOREN	
BIJLAGE B	BESCHRIJVING DELPASS	
BIJLAGE C	BAAN- EN DATAPLOTS	

1 INLEIDING

1.1 Inleiding

Nederland en Vlaanderen zijn overeengekomen de plannen voor een nieuwe zeesluis op het sluisencomplex van Terneuzen uit te werken¹. Het voornemen bestaat de uitkomsten vast te leggen in een Tracébesluit. Bij de voorbereiding van dit Tracébesluit worden een aantal onderbouwende onderzoeken uitgevoerd. Dit rapport bevat de onderzoeksresultaten van de nautische evaluatie van de voorkeursvariant.



Figuur 1-1 Westsluis van het sluisencomplex Terneuzen (bron: Rijkswaterstaat, Joop van Houdt)

1.2 Doelstelling van het project Zeesluis Terneuzen

In 2007 is een probleemanalyse uitgevoerd naar de maritieme toegankelijkheid van de Kanaalzone². Uit de probleemanalyse komen verschillende knelpunten in toegankelijkheid naar voren, zowel voor zeeschepen als voor binnenvaart. De knelpunten zijn de slechte bereikbaarheid van de Kanaalzone Gent-Terneuzen en de Seine-Scheldeverbinding, veroorzaakt door:

- De robuustheid van het sluisencomplex. In geval van stremming van de Westsluis wordt de zeevaart binnen- of buitengesloten. De Kanaalzone is dan niet bereikbaar voor zeevaart.
- De afmetingen van de Westsluis. Schaalvergroting in de zeevaart kan niet worden geacommodeerd.
- De capaciteit van het sluisencomplex. Door de beperkte capaciteit loopt de wachttijd voor de binnenvaart onacceptabel hoog op.

Met robuustheid wordt bedoeld de beschikbaarheid en betrouwbaarheid.

¹ Besluit van het politiek college van de Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie inzake planuitwerkingsfase Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen, 19 maart 2012

² Nota probleemanalyse Kanaalzone Gent-Terneuzen 2008, mei 2007

Doelstelling van het project Nieuwe Sluis Kanaal Gent-Terneuzen is het verbeteren van de toegankelijkheid van de Kanaalzone. Hiervoor worden de drie knelpunten aangepakt op de volgende wijze:

- de robuustheid van het sluizencomplex wordt verbeterd, zodat bij stremming van de Westsluis de zeevaart doorgang kan vinden
- schaalvergroting in de zeevaart wordt gefaciliteerd en
- de capaciteit van het sluizencomplex wordt vergroot, waardoor de wachttijden voor met name de binnenvaart worden verminderd.

1.3 Doelstelling van de nautische studie

De doelstelling van de nautische studie is bepalen of de voorkeursvariant voldoet aan de nautische randvoorwaarden van vlot en veilig. De studie is een aanvulling op het eerdere onderzoek [6], waarbij een aantal basisvarianten onderling vergeleken zijn. Onderwerpen die in dit aanvullende onderzoek aan de orde komen zijn de geschiktheid van de Westbuitenhaven in de voorkeursvariant voor tijonafhankelijke vaart, geschiktheid van de voorkeursvariant voor de tijafhankelijke vaart en de toegankelijkheid van de Oostsluis vanaf de kanaalzijde in de voorkeursvariant.

1.4 Effectonderzoeken MER

In het kader van de m.e.r zijn verschillende deelstudies uitgevoerd naar de effecten van de aanleg en het gebruik van de Nieuwe Sluis. Deze studies gaan in op:

- Verkeer en vervoer
- Leefomgevingskwaliteit
- Natuur
- Bodem
- Water
- Inpassing in omgeving
- Duurzaamheid en klimaat
- Hoogwaterveiligheid

Het MER is opgebouwd uit drie lagen, te weten:

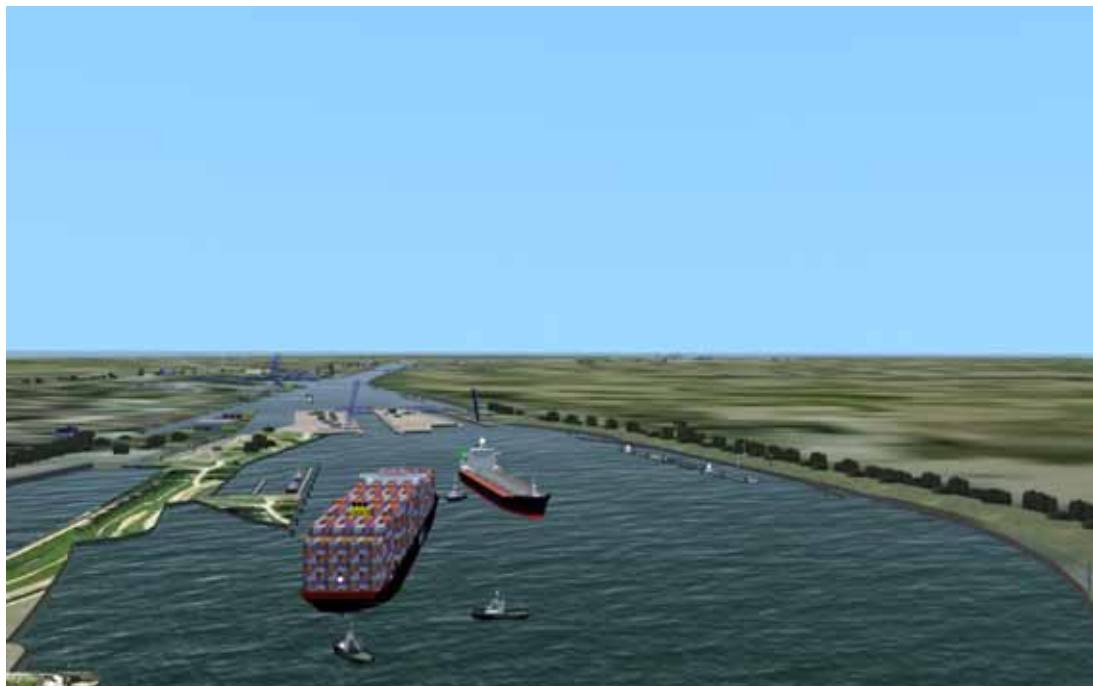
- Samenvatting - bevat de kern van het MER
- Hoofdrapport - informatie voor de geïnteresseerde
- Deelrapporten - achtergrondinformatie voor specialisten

Het hoofdrapport van het MER bevat de effectbeoordeling. Hier worden de effecten vergeleken met de effecten die optreden als het project Nieuwe Sluis Terneuzen niet wordt uitgevoerd.

De deelrapporten bevatten per milieuthema de opzet van het betreffende onderzoek, de uitgangspunten en de uitkomsten van het onderzoek. Om te zorgen dat ieder deelrapport zelfstandig leesbaar is, wordt begonnen met inleidende hoofdstukken, waarin een toelichting op de projectlocatie en de voorkeursvariant wordt gegeven.

Binnen de studies naar verkeer en vervoer zijn o.a. een nautische studie op basis van real-time simulaties en een capaciteitsanalyse scheepvaartverkeer gedefinieerd om het ontwerp van de nieuwe zeesluis te kunnen beoordelen op het gebied van 'vlot en veilig'.

Dit rapport beschrijft de opzet en de resultaten van de real-time simulaties ten behoeve van de voorkeursvariant.



Figuur 1-2 Aanloop van de nieuwe sluis (voorkeursvariant)

De real-time simulaties zijn uitgevoerd op MARIN's Full Mission Bridge II (FMBII). Voor de gecombineerde vaarten was FMBII gekoppeld aan MARIN's Full Mission Bridge I (FMBI). Voor de vaarten met bemane sleepboten was FMBII gekoppeld aan MARIN's Compact Manoeuvring Simulator (CMS). zie Bijlage A voor een beschrijving van deze faciliteiten.

De simulaties zijn uitgevoerd door ervaren schippers, sleepbootkapiteins, Nederlandse en Vlaamse loodsen uit de regio Scheldemond. Als instructeur/proefleider trad Pieta Kluytenaar (Serendipity) op die ervaring heeft met bediening van de simulator en het begeleiden van nautische studies op een simulator.

Het simulatoronderzoek is begeleid door vertegenwoordigers van LieveenseCSO. Vertegenwoordigers van VNSC hebben een deel van de simulaties bijgewoond.

De analyse van de resultaten van de simulaties is gebaseerd op de enquêtes, die door de loodsen zijn ingevuld na iedere vaart, op de beoordeling door de instructeur per vaart en op de numerieke resultaten van de vaarten. De analyse van de numerieke resultaten is toegepast op:

- Beheersbaarheid van de schepen, d.m.v. de analyse van het gebruik van de besturingsmiddelen (roer, schroef, boegschroef) en gehanteerde vaarsnelheden;
- Dwarssnelheid bij raken van de drijfrahmen in de sluis;
- Sleepbootgebruik (en boegschroef bij containerschip).

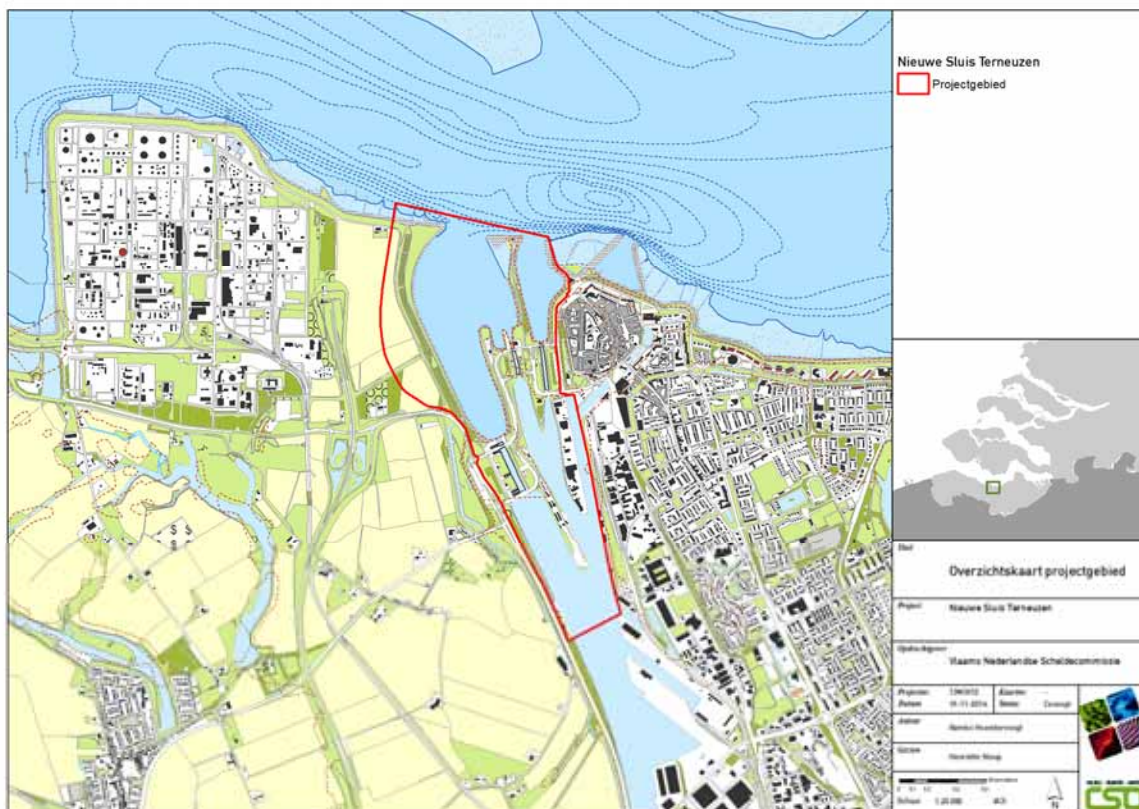
Voor het toetsen van bovengenoemde punten zijn vooraf criteria vastgesteld t.a.v. gebruik van controlemiddelen (roer, schroef, en sleepboten) en dwarssnelheid.

De resultaten van de real-time simulaties zijn in dit rapport beschreven in de volgende hoofdstukken:

- Beschrijving van het projectgebied;
- Beschrijving van de voorkeursvariant;
- Opzet en uitvoering van de simulaties;
- Presentatie van de resultaten van de real-time simulaties en de toegepaste criteria;
- Bespreking van de resultaten van de real-time simulaties;
- Conclusies en aanbevelingen.

2 PROJECTGEBIED

2.1 Beschrijving van het sluisencomplex



Figuur 2-1 Projectgebied inclusief projectgrens

De Westerschelde en het Kanaal Gent-Terneuzen worden met elkaar verbonden door de sluisen van Terneuzen (zie Figuur 2-1 voor de ligging van het sluisencomplex). Het huidige sluisencomplex van Terneuzen bestaat uit drie sluisen, waarvan er één geschikt is voor de (grotere) zeescheepvaart (zie Figuur 2-2). De Westsluis dateert uit 1968, is 290 m lang, 40 m breed en heeft een sluisdrempel van 13,5 m. In de Westsluis kan maximaal een gelichterde Panamax van beperkte lengte worden geschut. De maximale scheepsafmetingen toegestaan op het kanaal is: 265 m (lengte) x 34 m (breedte) x 12,5 m (diepgang in opvaart)³. Grotere schepen hebben vrijstelling of ontheffing nodig om op het kanaal te worden toegelaten. Door schaalvergroting en een stijging van het aantal schepen in de binnenvaart wordt deze Westsluis tegenwoordig ook voor binnenvaartschepen gebruikt. De Oostsluis en de Middensluis worden voornamelijk ter afhandeling van de binnenvaart gebruikt. De Oostsluis dateert net als de Westsluis uit 1968. De bouw van de Middensluis is in 1910 afgerond en deze sluis onderging in 1986 een grondige renovatie. De Middensluis is een getijsluis, die ook toegankelijk is voor kleine kustvaarders, maar is daarentegen weer niet toegankelijk voor grotere duwstellen.

Op het sluisencomplex zijn verschillende kantoren en bedrijvigheid aanwezig. Deze kantoren en bedrijvigheid zijn gebonden aan het water of aan de functionaliteit van het sluisencomplex.

³ Scheepvaartreglement voor het Kanaal van Gent naar Terneuzen, artikel 38.



Figuur 2-2 Overzicht Sluizencomplex Terneuzen

Over alle sluisen liggen twee verkeersbruggen. Het kruisende wegverkeer ondervindt weinig hinder van het schutten van de schepen.

2.2 Omgeving van het sluizencomplex

Aan de oostzijde van het sluizencomplex ligt de plaats Terneuzen. Ter hoogte van de Oostsluis worden de woningen door middel van een bomenrij van het sluizencomplex gescheiden. Meer naar het zuiden grenst bedrijvigheid aan het kanaal. De Kennedylaan/Meester F.J. Haarmanweg vormt de scheiding tussen bedrijvigheid langs het kanaal en woonwijken daarachter. Schependijk is een bedrijventerrein tussen de haven van Terneuzen en het toegangskanaal tot de Oostsluis (zie Figuur 2-2).

Terneuzen ligt vrijwel volledig aan de oostzijde van het sluizencomplex. Alleen het busstation ligt aan de westzijde van het sluizencomplex. Aan de westzijde is verder de ingang van de Westerscheldetunnel gelegen, en het chemiebedrijf Dow Chemical. Het overige land wordt agrarisch gebruikt (zie Figuur 2-1).

Aan de noordzijde van het complex ligt de Westerschelde. De Westerschelde maakt onderdeel uit van het Natura 2000-gebied Westerschelde en Saeftinghe. Het is een dynamisch estuarium door het getijdenverschil. De Westerschelde is daarnaast ook de toegangsvaarweg naar het Kanaal Gent Terneuzen, de havens van Terneuzen en Gent, de Braakmanhavens bij Dow Chemical, en de havens van Antwerpen en Vlissingen.



Figuur 2-3 overzicht sluisencomplex Terneuzen met Terneuzen op de achtergrond

3 BESCHRIJVING VAN DE VOORKEURSVARIANT

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de voorkeursvariant voor de Nieuwe Sluis Terneuzen. Allereerst wordt de voorkeursvariant (VKV) zelf beschreven. Daarna worden de effecten van de VKV per thema beschreven. Dit hoofdstuk eindigt met een overzichtstabel.

3.2 Beschrijving voorkeursvariant



Figuur 3-1 Schets van de voorkeursvariant

Op basis van onderzoeksresultaten en financiële randvoorwaarden is besloten de voorkeursvariant op te bouwen uit verschillende elementen van de onderzochte varianten. Ruimtelijk gezien is variant 2 als basis genomen. Argumenten bij deze keuze zijn dat het scheepvaartverkeer in variant 1 niet optimaal wordt gefaciliteerd. In de Westbuitenhaven kunnen grote schepen elkaar niet passeren, waardoor in de toekomst als er meer grote schepen gebruik maken van deze vaarroute knelpunten kunnen ontstaan. De nauwe invaart voor de Oostsluis, waardoor een duwkonvooi met 2x2 bakken naast elkaar, klasse VIb-schepen, geen gebruik kunnen maken van de Oostsluis past niet in de beleidsdoelstelling van het Rijk. In de SVIR is de ambitie uitgesproken om alle hoofdvaarwegen die belangrijke zeehavens met het achterland verbinden geschikt te maken voor klasse VIb-schepen. Daarnaast zijn de kromme roldeuren uit variant 1 minder betrouwbaar en is de variant veel duurder.

De voordelen voor de scheepvaart van de verbreding van de Westbuitenhaven, met verlegging van de primaire waterkering, in variant 3 zijn beperkt. Daarom is geoordeeld

dat de extra kosten en milieueffecten van de verlegging van de primaire waterkering niet opwegen tegen de meerwaarde voor de nautische toegankelijkheid. Ook is de het voor de nautische dienstverlening niet noodzakelijk om de primaire waterkering te verleggen. In de voorkeursvariant is de sleepboothaven gesitueerd aan de oostzijde van de buitenvoorhaven. De verlegging van de westelijke waterkering van de Westbuitenhaven is niet opgenomen in de voorkeursvariant. Wel is een verdieping van de voorhaven en verruiming van de invaart (havenmond oostzijde onder water en westzijde zowel boven als onderwater) opgenomen in de voorkeursvariant. Deze maatregelen dragen bij aan het vlotter en veiliger afwikkelen van de zeevaart.

Dit maakt dat de voorkeursvariant ruimtelijk het meest lijkt op variant 2. Bij de invulling van overige bouwstenen is gebruik gemaakt van bouwstenen uit de varianten 1 en 3.

3.2.1 Sluiskolk

De ligging en oriëntatie van de Nieuwe Sluis is zo optimaal mogelijk gekozen voor het maatgevende schip na kanaalaanpassingen, zodat de sluis toekomstvast is. Na analyse van de technische studies blijkt dat zeevaart en binnenvaart conflicteren. De ligging van de Nieuwe Sluis is daarom een compromis waarbij zowel met de belangen van de zeevaart als met de binnenvaart rekening is gehouden. Dit is hieronder nader toegelicht.

Het oppervlak van de sluiskolk is reeds vastgelegd in het Politiek besluit. Dat is 427m x 55m x 16m (lxbxd). Deze maten zijn in het MER niet nader onderzocht. De netto maten zijn kleiner (Bijlage 1). Er is ruimte nodig om de waterstromen van het nivelleren van de sluiskolk rond de schepen te leiden. De maten van de sluiskolk zijn 427m lengte tussen één binnendeur en één buitendeur. De breedte is 55m tussen de muren. De ruimte tussen de drijfrahmen is 52 m á 53 m, afhankelijk van de breedte van de drijfrahmen. De diepte van de kolkdrempel ligt op 16,44m –NAP en de diepte van de kolk op 17m – NAP voor de nivelleerstromen.

De locatie van de sluis heeft grote samenhang met de snelheid waarmee schepen de sluis kunnen naderen, en daarmee met capaciteit. Het onderzoek naar de in- en uitvaart van de schepen van de sluis is uitgevoerd met verschillende grote schepen, waaronder het grootste schip dat na oplevering van de sluis kan varen, en het grootste schip dat na aanpassingen op het kanaal naar de Kanaalzone kan. In de noord-zuidrichting is weinig marge. Hierin verschilt de voorkeursvariant niet van de varianten 1, 2 en 3. Een noordelijker ligging leidt tot minder tijd voor het stoppen en oplijnen van de schepen in de buitenvaart. Situaties van harde wind en stroming worden bij een kortere lengte om te manoeuvreren mogelijk eerder als te onveilig voor het naderen van de sluis beoordeeld. Dit zal in dit rapport nader worden onderzocht. Een zuidelijker ligging leidt tot problemen aan de kanaalzijde. De invaart van de Nieuwe Sluis met grote schepen conflicteert in dat geval met de invaart van de Oostsluis. Dit leidt ook tot een vermindering van de capaciteit van het complex.

In oost-west richting is ook geen marge. Op basis van doelbereik is gekozen voor rechte roldeuren. Deze hebben de grootste bijdrage aan het doelbereik op het gebied van beschikbaarheid en betrouwbaarheid van het sluiscomplex. Rechte roldeuren ten westen van de sluiskolk van de Nieuwe Sluis is geen optie, omdat de invaart van de Nieuwe Sluis dan tot problemen leidt in combinatie met verkeer van en naar de Oostsluis, zelfs als de binnenvaart van de Oostsluis wordt verruimd door afgraven van de Schependijk. Hiermee is de ligging van de sluiskolk gelijk aan variant 2.

Er is gekozen voor zowel in het buitenhoofd als in het binnenhoofd twee sluisdeuren. Voor onderhoud aan een deur, of in het geval dat een deur is aangevaren, kan met de andere deur het schutproces worden voortgezet. Dit voorkomt stremming van de Nieuwe Sluis. Ook geeft twee deuren aan beide zijden van de sluis een extra waarborg voor hoogwaterveiligheid.

De oriëntatie van de Nieuwe Sluis is zodanig dat er een zo recht mogelijke invaart is vanuit het kanaal. Daarom is de sluis kolk 5° gedraaid ten opzichte van de Westsluis. Bij een draaiing van 5° is het niet mogelijk de Middensluis te behouden.

De ruimtelijke ligging van de deuren en de sluis kolk van de Nieuwe Sluis in de voorkeursvariant maakt het noodzakelijk dat de Schependijk gedeeltelijk wordt afgegraven om de binnenhaven van de Oostsluis voldoende breed te houden. De afgraving van de Schependijk is gelijk aan variant 2.

3.2.2 Buitenhaven

Verbreiding van de buitenhaven is niet nodig voor vlot en veilig gebruik van de Westsluis en de Nieuwe Sluis. Daarom wordt de westelijke havendijk niet verplaatst. Daarmee is de buitencontour van de buitenhaven gelijk aan variant 2.

Verdieping van de buitenhaven is noodzakelijk om grote schepen te kunnen faciliteren. Vanuit de doelstelling beschikbaarheid wordt gekozen de verdieping nu al op te nemen in de voorkeursvariant, zodat schepen met een diepgang van 12,5 meter tijonafhankelijk van het sluisencomplex gebruik kunnen maken. De buitenhaven wordt verdiept tot een nuttige diepte van 16,44m -NAP. De verdieping vindt over de volledige breedte van de buitenhaven plaats, zodat er voldoende vaardiepte is voor schepen uit de Westsluis en de Nieuwe Sluis om elkaar te passeren. De verdieping blijft buiten de invloedszone van de waterkering aan de westzijde van de buitenhaven.

Niet alleen de diepte van de buitenhaven bepaalt in welk deel van het tijvenster schepen gebruik kunnen maken van het sluisencomplex. Ook de invaart vanaf de Westerschelde is een belangrijk issue. Schepen moeten vanaf de Westerschelde de buitenhaven indraaien, onder invloed van wind en getij. Een verbreding van de havenmond is noodzakelijk voor een vlotte en veilige invaart van schepen met een diepgang van 12,5 meter onder maximale stroomcondities. Aan de westzijde van de havenmond wordt de verbreding boven- en onderwater uitgevoerd. Aan de oostzijde wordt het talud steiler gemaakt, zodat onderwater een verbreding plaatsvindt, zonder dat de landtong bovenwater korter wordt. Daardoor blijft de hoogwatervluchtplaats behouden. De totale verbreding is 70 meter onderwater op het diepste punt. Op maaiveldhoogte is de verbreding 110 meter aan de westzijde. Deze verbreding is ook geschikt om in de toekomst maatgevende schepen met een diepgang van 14,5 meter vlot en veilig in te laten varen binnen het tijvenster.

In de buitenhaven worden wacht- en opstelplaatsen voor de binnenvaart gemaakt, zodat de binnenvaart gebruik kan maken van de Westsluis en Nieuwe Sluis. In de buitenhaven komen wacht- en opstelplaatsen voor circa 15 binnenvaartschepen. Deels langs de dijk, deels aan palen (gecombineerd met noodsteigers voor de zeevaart). Ligplaatsen in de buitenhaven worden op het talud van de westelijke havendijk gerealiseerd. Hiervoor wordt het talud van de westelijke havendijk steiler gemaakt, zodat de ligplaatsen niet in de vaarweg naar de Westsluis liggen. Tevens wordt de noodsteiger aan de oostzijde geschikt gemaakt voor het opstellen en wachten van binnenvaartschepen naar de Nieuwe sluis.

Het deel van de wacht- en opstelplaatsen langs de westelijke havendijk kan ook worden gebruikt als overnachtingsplaats voor binnenvaartschepen. Door het realiseren van overnachtingsplaatsen kan efficiënter van het sluiscomplex gebruik worden gemaakt. Binnenvaartschepen kunnen in de nieuwe situatie ook 's avonds worden geschut en vervolgens afmeren in de buitenhaven. Dit beperkt de drukte in de ochtend. De meeste ligplaatsen hebben geen voorzieningen om de wal te bereiken of voorzieningen voor walstroom.

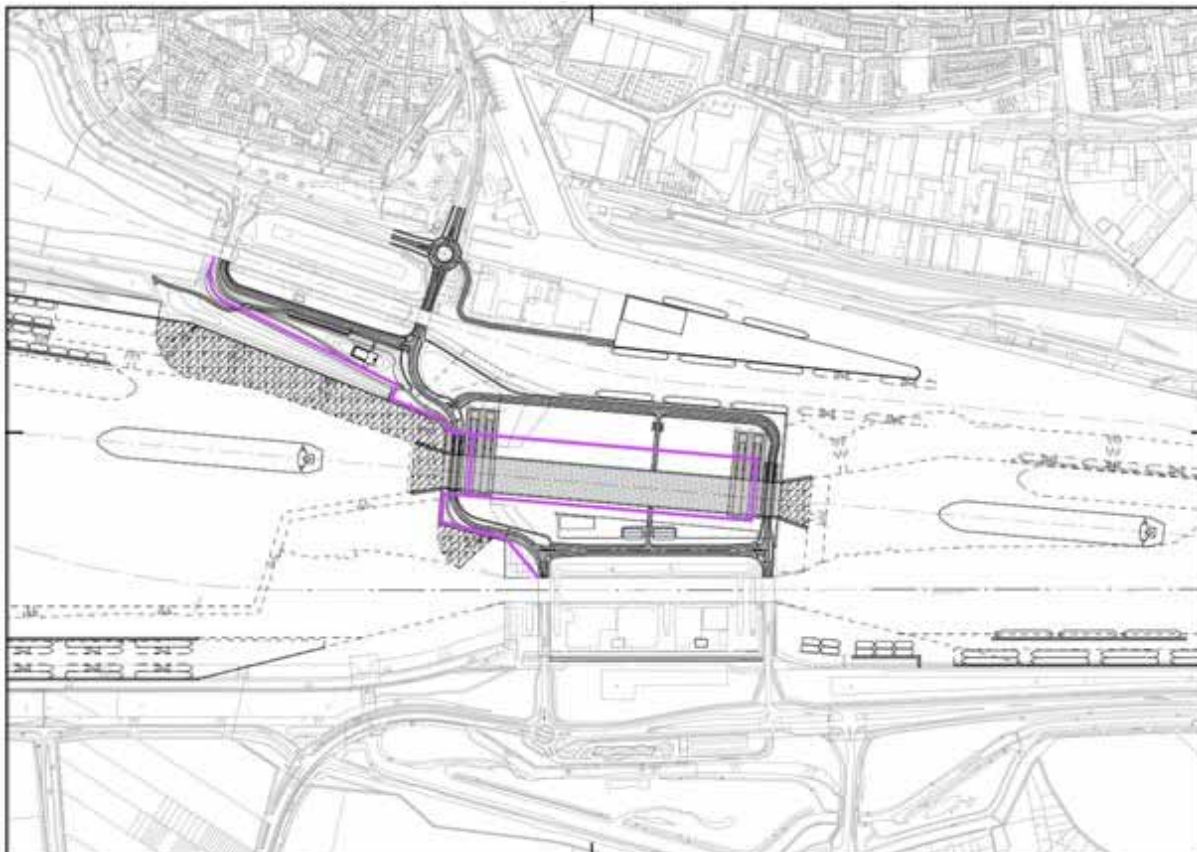
Voor de zeeschepen wordt een noodsteiger aan de oostzijde in de buitenhaven gemaakt. Hier kunnen schepen met een maximale diepgang van 12,5 meter afmeren. Naast deze noodsteiger wordt een sleepboothaven gerealiseerd. In deze haven is plaats voor sleepboten, en is de mogelijkheid voor een aanlegplaats die bereikbaar is voor hulpdiensten. De ingang van de sleepboothaven zit aan de zuidzijde. De sleepboten liggen op deze manier beschut tegen de golven in de buitenhaven.

3.2.3 Inrichting sluisencomplex

De huidige waterkering wordt vanaf de Oost- en Westsluis verbonden met de Nieuwe Sluis. Tussen de noordzijde Westsluis en de Nieuwe Sluis wordt een harde kering aangelegd met een hoogte van 8,50m +NAP, die aansluit op het sluisplateau. Aan de oostzijde van de Nieuwe Sluis gaat deze over in een groene waterkering met een hoogte van 9,75m +NAP. Aan de buitenzijde van deze waterkering wordt een damwand geplaatst omdat er onvoldoende ruimte beschikbaar is voor een talud. Deze groene waterkering sluit aan de oostzijde aan op de keermuur bij de Oostsluis.

Bij de Nieuwe Sluis zijn zowel het binnenhoofd als het buitenhoofd onderdeel van de primaire kering. Het binnenhoofd krijgt een hoogte van 6,30m +NAP. De waterkering rond de Nieuwe Sluis verloopt dus van 8,50m +NAP aan de buitenzijde tot 6,30m +NAP aan de binnenzijde. De weg rond de sluiskolk ligt op de waterkering.

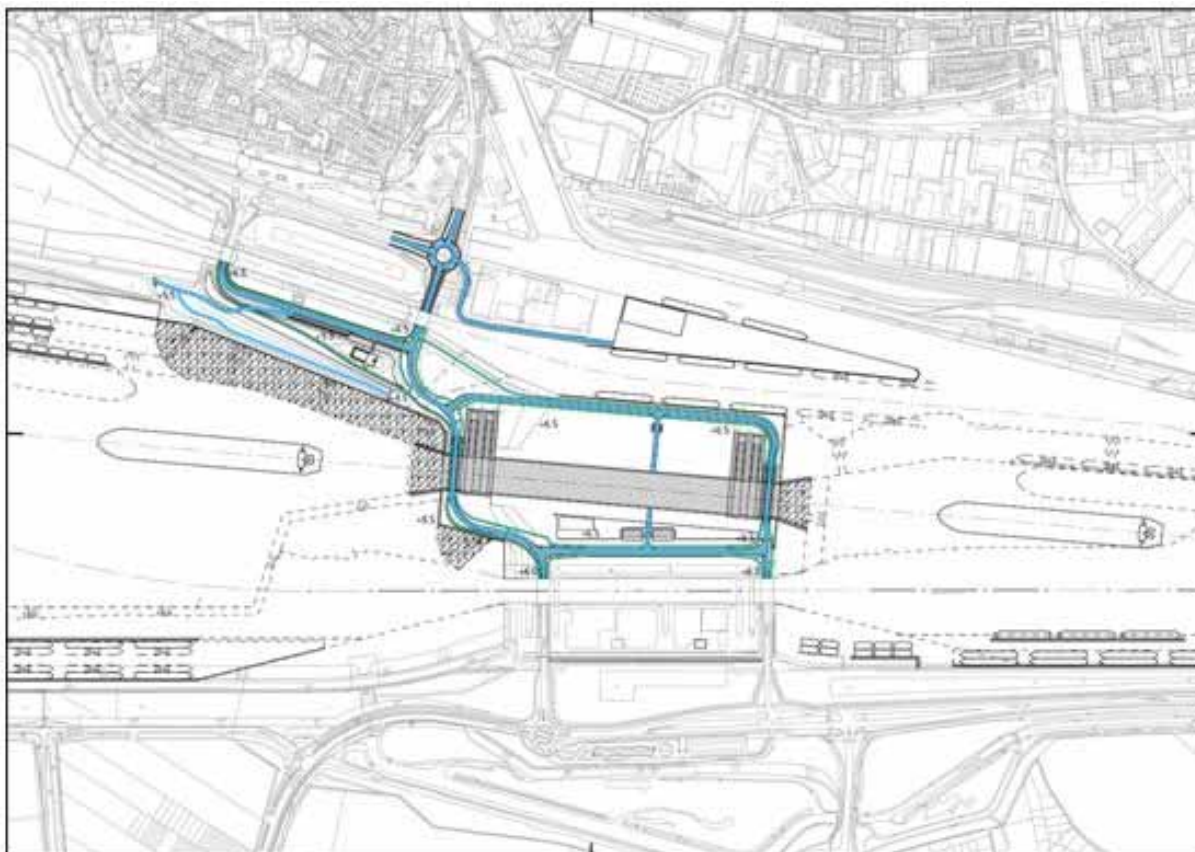
De weg ten westen van de Oostsluis ligt binnen de primaire kering. De brug ligt buiten de deuren. Dat betekent dat de weg daar buiten de primaire kering ligt. De kruisingen van de weg met de waterkering zijn zichtbaar in de tekening.



Figuur 3-2 Ligging waterkering in VKV (paars)

De wegenstructuur op het sluisencomplex wordt ingericht zoals in de tekening is opgenomen. Alle wegen worden ingericht op 50 km/u. De hoofdroute loopt langs het noordelijke sluishoofd van de Westsluis en de Nieuwe Sluis en langs het zuidelijke sluishoofd van de Oostsluis. De hoofdroute is de kortste route die over het complex mogelijk is en is vormgegeven als een voorrangsweg ten opzichte van de overige wegen op het sluisencomplex. Wanneer één van de bruggen in de hoofdroute geopend is, zal het wegverkeer gebruik moeten maken van een nevenroute. Deze wegen worden duidelijk ingericht als secundair ten opzichte van de hoofdroute. Met dynamische bebording wordt het gemotoriseerd wegverkeer en fietsverkeer naar de juiste brug geleid.

De kruising waar hoofd- en nevenroute elkaar kruisen tussen de Oostsluis en de Nieuwe Sluis, wordt vormgegeven als twee T-kruisingen. Verkeer wordt zo actief ontmoedigd om van de nevenroute gebruik te maken als de hoofdroute beschikbaar is. De kruisingen ten westen van de Nieuwe Sluis worden ook als een T-kruising vormgegeven.



Figuur 3-3 Ligging droge infrastructuur (blauw – wegen; groen – fietspaden)

Er worden vrijliggende fietspaden aangelegd aan weerszijden van de weg. Langs de buitenhaven worden fietspaden met 2 rijrichtingen aan de buitenkant van de weg gelegd. Zo hebben de fietsers het beste zicht op de scheepvaart in de buitenhaven. Ook wordt met deze route invulling gegeven aan de voorgestelde mitigerende maatregel voor verkeersveiligheid, om kruisingen tussen snel en langzaam verkeer te minimaliseren. Fietsers hebben bij iedere kruising voorrang op het gemotoriseerd wegverkeer. Voor voetgangers worden wandelpaden aangelegd. Deze zijn gescheiden van de fietspaden. Op de bruggen bestaat de scheiding tussen voetgangers en fietsers ten minste uit belijning. Op de bruggen wordt het wegverkeer fysiek gescheiden van fietsers.

De bruggen over de sluiscolk van de Nieuwe Sluis worden vergelijkbaar met de bruggen over de Oost- en de Westsluis: basculebruggen met 1 val. De bruggen worden buiten de deuren geplaatst. Zo is er het minste kans op aanvaren van de bruggen. De brugconstructie bestaat uit een vakwerkconstructie, vergelijkbaar met de bruggen van de Westsluis.

De diensten op het sluisencomplex worden ontsloten via de nevenroutes. De hoofdroute wordt zo niet belast met afslaand verkeer naar een van de diensten.

Op het sluiscomplex wordt ruimte gemaakt voor de sluisgebonden diensten. Dit zijn:

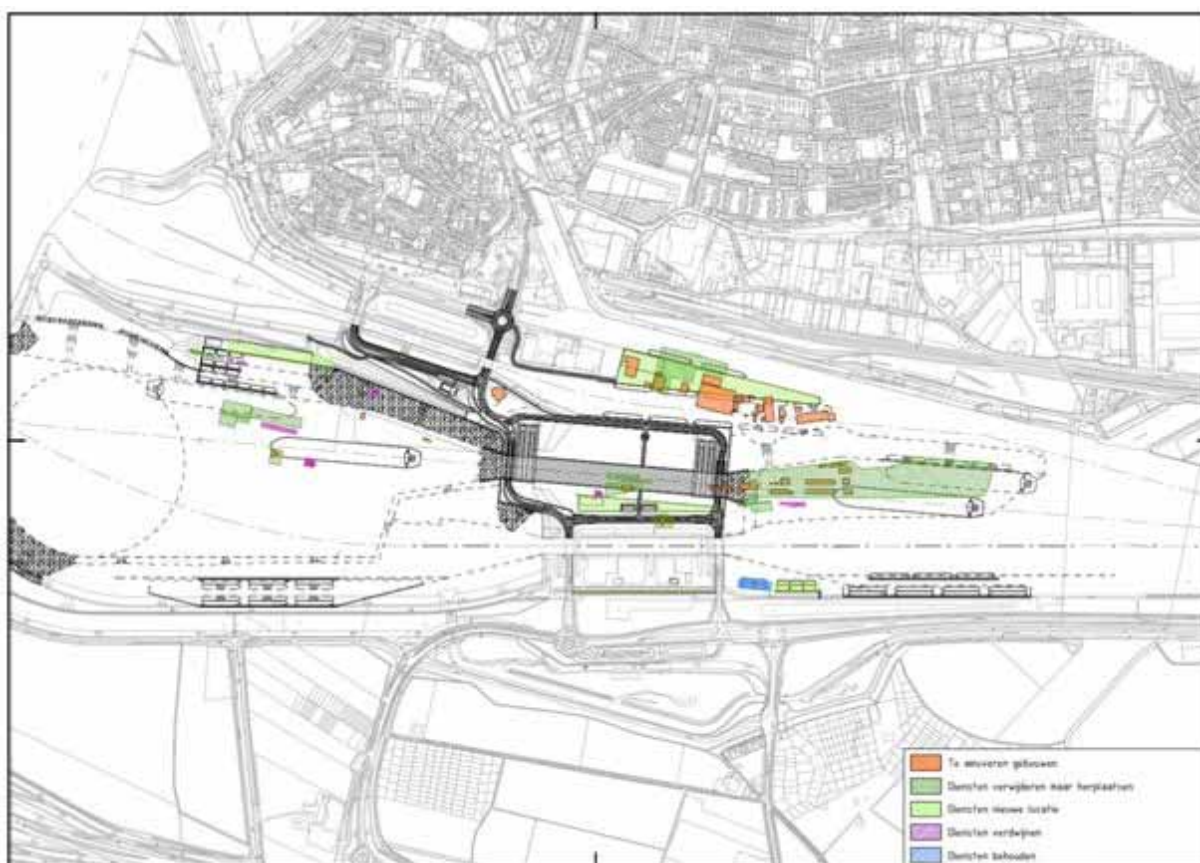
- Sleepdiensten. Naast de sleepboothaven in de buitenhaven is de mogelijkheid aanwezig voor opslag van materialen ten behoeve van de sleepdiensten.
- Bootslieden en de loodsen (Nederlands loodswezen). Hiervoor worden voorzieningen gerealiseerd tussen de Westsluis en de Nieuwe Sluis. Tijdens de

aanlegfase wordt een tijdelijke voorziening aangelegd ten westen van de Westsluis.

- Opslag Rijkswaterstaat t.b.v. onderhoud en beheer sluiscomplex. De materialen die over water aan- en afgevoerd moeten worden, zoals de reservedeuren voor de Oostsluis, worden gesitueerd op de Schependijk. Voor de overige materialen worden opslagvoorzieningen gerealiseerd tussen de sluisen, en ten westen van de Westsluis. Ten westen van de Westsluis wordt ook de nieuwe noodstroomvoorziening aangelegd.

Alle overige functies die binnen het huidige complex aanwezig zijn worden geamoveerd.

Voor de natuurcompensatie is 3 hectare nodig waarin schraal grasland voor orchideeën wordt aangelegd. Deze wordt ingepast op het complex. Dit gebied kan ook dienen als habitat voor rolklaver en de vijfvlak-sint-jansvlinder.



Figuur 3-4 Sluisgebonden diensten: huidige locaties en hervestiging, en overige diensten

3.2.4 Binnenhaven

Om de Westsluis beter geschikt te maken voor de afwikkeling van binnenvaart, worden ook aan de kanaalzijde wacht- en opstelplaatsen aangelegd. Er worden wacht- en opstelplaatsen gerealiseerd voor circa 15 binnenvaartschepen. Deze worden deels aan de westzijde van het kanaal gelegd en deels aan palen (gecombineerd met noodsteigers voor de zeevaart). Hiervoor wordt het kanaal ter plaatse van de ligplaatsen verbreed door het talud af te graven en een damwand te plaatsen. De ligplaatsen komen op deze wijze buiten de vaarweg te liggen. Tevens wordt de noodsteiger aan de

oostzijde geschikt gemaakt voor het opstellen en wachten van binnenvaartschepen naar de Nieuwe sluis.

Direct ten zuiden van de Westsluis wordt aan de kanaaloever een extra steiger aangelegd voor de sleepboten die in de huidige situatie aan de Zeevaartweg kunnen afmeren. In totaal kunnen hier circa 10 sleepboten afmeren.

Door het gedeeltelijk afgraven van de Schependijk en het verwijderen van de landtong Zeevaartweg verdwijnen wacht- en opstelplaatsen voor de Oostsluis. Aan de Schependijk worden nieuwe mogelijkheden aangelegd om af te meren voor circa 6 binnenvaartschepen. Op termijn kunnen circa 4 extra wacht- en opstelplaatsen worden gecreëerd in het verlengde van de Schependijk en langs de noodsteiger van de Nieuwe Sluis.

Er worden geen specifieke overnachtingsplaatsen gecreëerd. Wel wordt het mogelijk om wacht- en opstelplaatsen aan de westzijde van het kanaal 's nachts in te zetten als overnachtingsplaatsen. Aan de kanaalzijde gaat het om circa vier overnachtingsplaatsen. Deze plaatsen hebben geen voorzieningen zoals walstroom of afloopvoorzieningen.

Er wordt een noodsteiger voor de zeeschepen aan de oostzijde van de vaarweg naar de Nieuwe Sluis gemaakt. Wanneer een schip ligt afgemeerd aan deze noodsteiger, ligt het schip deels in de vaarweg naar de Nieuwe Sluis. Omdat de noodsteiger alleen in het geval van calamiteiten wordt gebruikt, is dit geen probleem.

3.2.5 Waterbeheer

Wanneer het kanaalpeil hoger wordt dan het vastgestelde peil, wordt kanaalwater gespuid via de sluisdeuren. In de aansturing van de verschillende functies van het sluiscomplex (operationeel concept) wordt het spuien zo georganiseerd dat dit tot minimale hinder voor scheepvaart zal leiden. Ook wanneer het kanaalpeil te ver daalt zullen de kolken zo worden benut voor de scheepvaart dat er minimaal verlies aan kanaalwater zal zijn. Dit operationeel concept wordt zo ingericht dat tijdens het schutten de inlaat van zout water beperkt is. Daarmee ontstaat een optimale verdeling van schutten, spuien en beperking van verzilting over de drie sluiskolken. Wanneer in droge perioden het kanaalpeil ondanks deze maatregelen toch te ver daalt, kan er niet gevaren worden op het kanaal en wordt het complex gestremd.

Het nivelleren van de waterstanden in de sluiscolk is onafhankelijk van het spuisysteem. Hiervoor worden schuiven in de sluisdeuren gebruikt. Er worden geen omloopriolen aangelegd.

De effecten van het zouter worden van het kanaalwater worden gemonitord. Ook in de autonome situatie zal als gevolg van de klimaatverandering in 2030 het kanaalwater zouter zijn dan in de huidige situatie, waardoor de streefwaarde uit het Tractaat wordt overschreden. Gevolgen voor de landbouw zijn niet te verwachten, omdat zij water voor beregening niet uit het oppervlaktewater halen. Nadelige gevolgen voor Natura 2000-gebied Canisvliet zijn mitigeerbaar. De mitigatie is onderdeel van het ontwerp Tracébesluit.

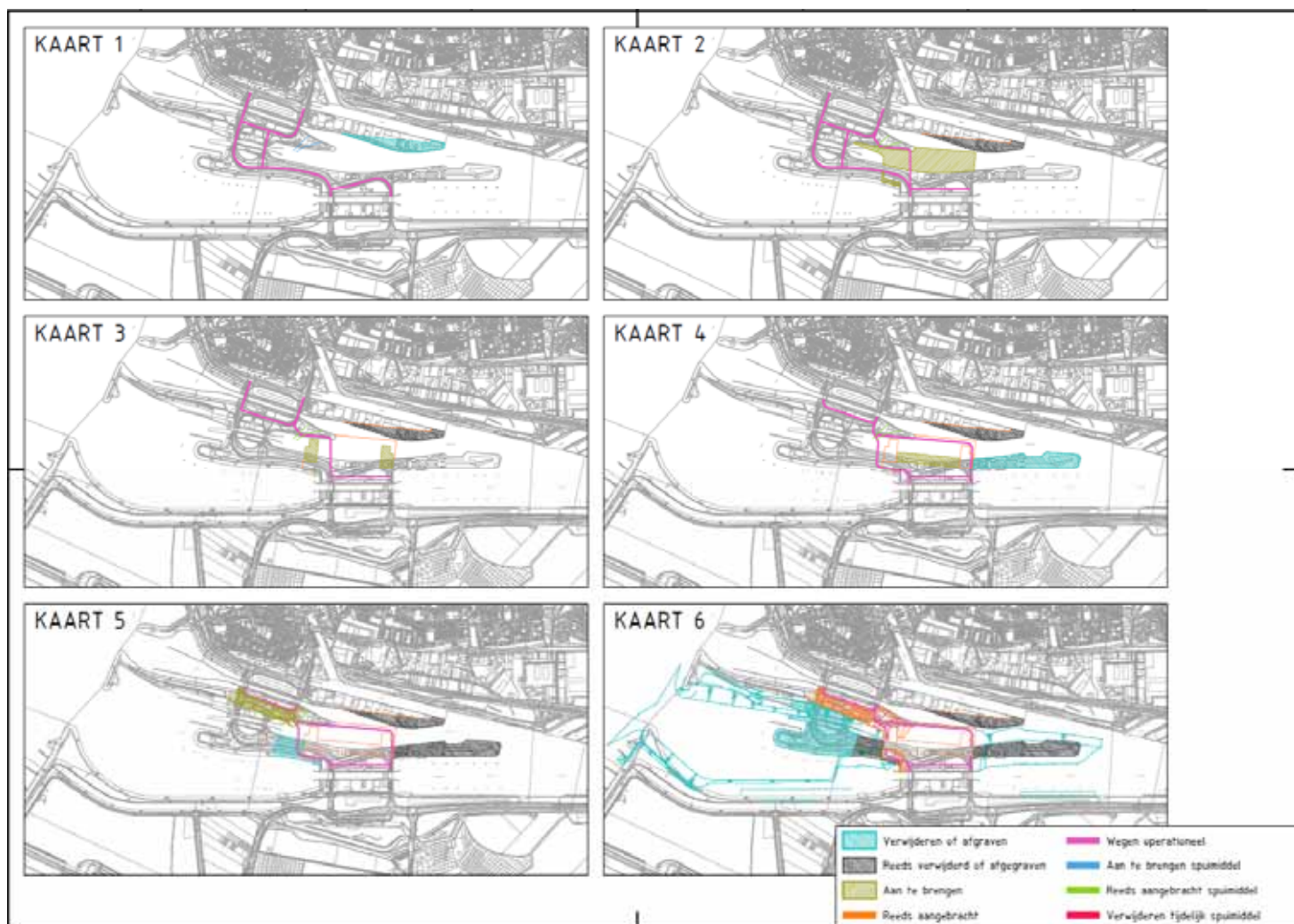
Tabel 3-1: Ontwerpkeuzes VKV

Ontwerpkeuzes		Keuze
1	Afmetingen sluisolk	lengte 427m breedte 55m tussen de muren (tussen drijramen 52 á 53 m) Diepte drempel 16,44m –NAP
2	Locatie van de sluisolk	Noord
2a	Type deuren	Rechte roldeuren
3	Oriëntatie van de sluisolk	5 graden
3a	Behoud Middensluis	Middensluis slopen
4	Breedte buitenhaven door dijkverlegging	Geen dijkverlegging, wel functies in het talud plaatsen met voldoende ruimte voor het passeren van (zee)schepen.
5	Breedte van de havenmond	Verbreding westzijde, oostzijde alleen onderwater
6	Diepte van de buitenhaven	12,5 m getij onafhankelijk
7	Spuifunctie	Spuien via de deuren
8	Waterkering	Kering over beide hoofden (hoog buitenhoofd, laag binnenhoofd)
9.	Bruggen	Buiten de deuren met een basculebrug (enkele val)
10.	Ligplaatsen	Buitenhaven Oostsluis: geen aanpassingen Buitenhaven West en Nieuwe sluis: voor ca 15 binnenvaartschepen Binnenhaven Oostsluis: voor ca. 10 binnenvaartschepen Binnenhaven West en Nieuwe sluis: voor ca. 15 binnenvaartschepen. Mede gebruik van wacht- en opstelplaatsen als overnachtingsplaatsen gedurende de nacht.
11.	Diensten	Verplaatsen sleepdiensten, bootslieden en loodsen en opslag Rijkswaterstaat t.b.v. onderhoud en beheer sluiscomplex.
12.	Primaire kering	Verbinding van Oost- en Westsluis naar Nieuwe Sluis, primaire kering bij Nieuwe Sluis over beide hoofden.
13.	Nivelleren	Via de deuren
14.	Spuicapaciteit	130m ³ /s gemiddeld, 168 m ³ /s gemiddeld bij lagere waterstand Westerschelde dan kanaal
15.	Zoet-zoutscheiding	Inzet op mitigerende maatregelen
16.	Wegverkeer	50 km/u met korte hoofdroute als voorrangsweg. Kruising tussen Nieuwe Sluis en Oostsluis als twee T-kruisingen.
17.	Deurconfiguratie	2x2

3.3 Aanlegfase

De bouw van de Nieuwe Sluis zal 4 tot 5 jaar in beslag nemen. Het uitgangspunt in de aanlegfase is dat het sluisencomplex altijd functioneel moet zijn. Dit betekent dat de hoofdfuncties van het sluisencomplex gedurende de aanlegfase operationeel moeten zijn. We onderscheiden de volgende hoofdfuncties:

- Scheepvaartverkeer;
- Spuien;
- Wegverkeer;
- Waterkwaliteitsbeheer;
- Waterkeren.



Figuur 3-5 Fasering van de bouw.

Op hoofdlijnen worden in de tijdelijke situatie de volgende bouwfases doorlopen (zie Figuur 3-5):

1. Verplaatsen functies en voorzieningen: zoals aanleg Sleepboothaven & ligplaatsen en bedrijven Schependijk verplaatsen, verplaatsen kabels en leidingen en noodstroomvoorziening, inrichten werkterrein.
 - a. *Bewaken continuïteit bedrijfsvoering sluisgebonden bedrijven*
 - b. *Verkrijgen condities voor afgraving Schependijk*
2. Toegankelijkheid Oostsluis vergroten door de Schependijk te verwijderen (zie kaart 1 Figuur 3-5) en aanleggen van tijdelijke spuivoorziening (kanaal dat aansluit op huidige Middensluis).
3. Grondlichaam van de Nieuwe Sluis wordt gemaakt (zie kaart 2 Figuur 3-5).
 - a. *Alle Scheepvaart wordt via de Oostsluis en Westsluis geleid, de Middensluis is buiten bedrijf.*
 - b. *Wegverkeer wordt zoveel als mogelijk gescheiden van het bouwverkeer door de aanleg van een tijdelijke (vaste) brug tussen de Oostsluis en de Westsluis.*
4. Bouwen bouwkuij: hoofden, kolk en deuren aan de kanaalzijde worden tegelijkertijd gebouwd (zie kaart 3 Figuur 3-5).
5. De landtong wordt verwijderd om de deuren in te varen. Allereerst wordt het binnenhoofd geplaatst en vervolgens het buitenhoofd.

- a. *Met deze stap blijft de waterkering intact gedurende de aanlegfase.*
 - b. *Na het testen van de deuren en het aansluiten van de waterkering kan het buitenhoofd van de Middensluis gesloopt worden.*
 - c. *De Nieuwe Sluis wordt in gebruik genomen als spuumiddel*
6. Plaatsen van de bruggen (zie kaart 5 Figuur 3-5).
 7. Verwijderen restant van de landtong Middensluis (zie kaart 6 Figuur 3-5).

Tijdens de bouw is een bouwterrein nodig met opslag van grond en materialen en laad/loskades. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden. De locatie naast de Middensluis kan gedurende vrijwel het gehele project als bouwlocatie worden gebruikt met mogelijkheden voor een loswal. Op deze wijze kan kruisend bouwverkeer in de buitenhaven en transport over de weg voor een groot deel worden vermeden.

Het terrein langs de Zeevaartweg (opslagterrein RWS) kan in de aanlegfase ook als bouwterrein worden gebruikt, mits er een nieuwe locatie voor tijdelijke opslag is gerealiseerd. Ook aan de kanaalzijde kan op deze wijze een loswal worden gerealiseerd.

Ten westen van de Westsluis en ten westen van de buitenhaven kunnen terreinen worden gebruikt voor opslag van materialen. Deze locaties sluiten niet direct aan op de locatie waar de sluis wordt aangelegd.

Het verdiepen van de buitenhaven verloopt gedurende de gehele aanlegfase. Mogelijk wordt één cutterzuiger gedurende de 4 à 5 jaar ingezet.

Gedurende de aanlegfase wordt een route over het sluisencomplex gegarandeerd. Hierbij is ruimte voor wegverkeer en een vrijliggende route voor langzaam verkeer.

4 OPZET EN UITVOERING VAN DE SIMULATIES

4.1 Inleiding

Voor het vaststellen of de voorkeursvariant voldoet aan de nautische randvoorwaarden van vlot en veilig wordt gebruik gemaakt van de resultaten van het eerdere onderzoek [6] aangevuld met resultaten van real-time simulaties voor de voorkeursvariant. Toepassing van real-time simulaties maakt een beschouwing mogelijk van het complete dynamische reactieproces van schip, loodsen en sleepboten. Voor een aantal verschillende condities zijn de benodigde marges vastgesteld, waarbij wordt voldaan aan de randvoorwaarde voor een 'veilige' manoeuvre bij een gegeven randvoorwaarde voor een 'vlotte' doorvaart. Hierbij wordt de veiligheid in eerste instantie bepaald door de manier waarop de loods en de sleepbootkapitein een realistische manoeuvre uitvoeren. De daarbij gevaren snelheid (vlotheid) is een resultaat van de uitgevoerde manoeuvre. Na afloop van de simulaties wordt een analyse toegepast op de numerieke resultaten (o.a. toegepaste roerhoek, schroeftoerental en sleepbootkrachten) om het veiligheidsniveau ook kwantitatief vast te leggen. De vaartijd wordt geanalyseerd t.b.v. de bepaling van de 'vlotheid'.

In de simulaties wordt het verloop van de hydrodynamische krachten tijdens het invaren van de sluis benaderd met de mathematische modellen DELPASS en WAROS.

De krachten in langsrichting zijn vooraf ingeschat met het model WAROS op grond van positie en snelheid van het schip uit een aantal testvaarten. WAROS is een één-dimensionaal rekenmodel dat in de 80'er jaren ontwikkeld is door het Waterloopkundig Laboratorium (nu Deltares) in opdracht van Rijkswaterstaat voor het berekenen van de scheeps- en waterbewegingen tijdens het in-, uit- en doorvaren van sluisen met binnenvaartschepen [3, 4]. De één-dimensionale schematisatie van WAROS heeft als beperking dat WAROS in principe alleen geschikt is voor een symmetrisch vaarwegprofiel. Dit is in deze studie nadelig aangezien de aanvaarroute van de nieuwe sluis te Terneuzen niet symmetrisch is. Eerdere inzet van WAROS bij vergelijkbare invaartproeven voor de eveneens niet-symmetrische nieuwe sluis in IJmuiden hebben echter aangetoond dat, ondanks deze beperking, WAROS een goed beeld geeft van de optredende hydrodynamica [5]. In ditzelfde onderzoek heeft ook aanvullende validatie van WAROS voor zeeschepen plaatsgevonden. De WAROS berekeningen lieten zien dat er sprake was van een significante opbouw van de kracht in langsrichting tot het moment dat het schip voor 1/3 scheepslengte in de sluis lag. Daarna nam de langskracht weer af. Omdat koppeling van WAROS aan de simulator voor deze simulaties niet mogelijk was, was dit het moment waarop de invarende runs gestopt werden.

De krachten in dwarsrichting en het giermoment zijn tijdens de simulaties door DELPASS berekend (zie Bijlage B voor een beschrijving van dit model). DELPASS berekent de dwarskrachten en het giermoment op een aparte PC op grond van de door de simulator aangeleverde momentane positie en snelheid van het schip.

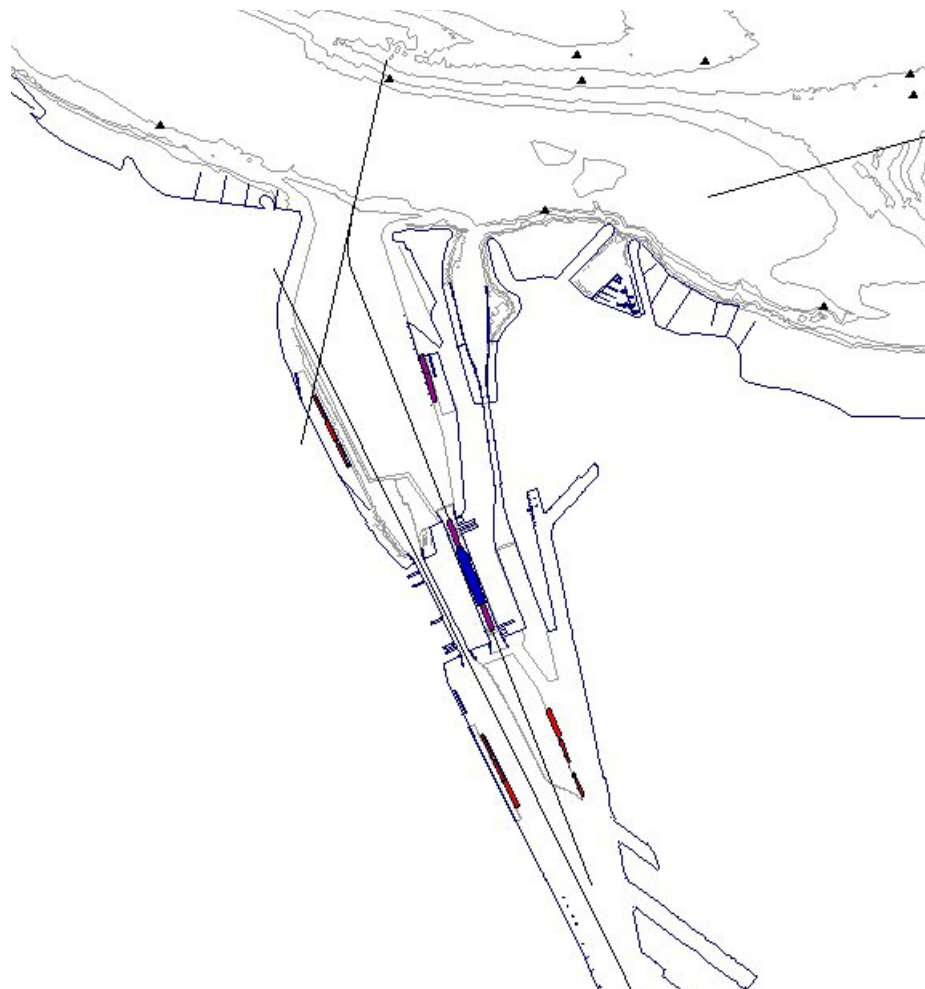
Het koppelen van de 'DELPASS' PC aan de simulator en het programmeren van de gegevensuitwisseling tussen DELPASS en de simulator waren een onderdeel van de voorbereiding en opzet van het project.

Naast de voorbereiding voor het koppelen en gebruik van DELPASS zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd.

4.2 Voorbereiding database van het gebied

4.2.1 Sluisvarianten

De database van het gebied is gebaseerd op de bestaande Schelde-database van het loodswezen. De lay-out van de voorhavens en de nieuwe sluis voor de voorkeursvariant is verstrekt door de opdrachtgever (VNZT-00-T-SO-00-D007_rev0.dwg d.d. 4-12-2014) en in deze database gelegd (Figuur 4-1).



Figuur 4-1 Bovenaanzicht Voorkeursvariant

De bodem van de Westbuitenhaven is gemodelleerd volgens de gegevens in de tekeningen met een (contract)diepte van NAP-16,44 m in het gebaggerde deel. Aan de kanaalzijde heeft geen verdieping plaatsgevonden. Ter plekke van de invaart van de nieuwe sluis is de diepte NAP-11,62 m. Buiten het gebaggerde deel hebben de voorhavens de huidige diepte, zoals deze beschikbaar was uit de loodsen database.

Uit de gebiedsdatabase zijn passende ENC bestanden voor de ECDIS4 ontwikkeld. In de ENC was in de voorhaven het gebaggerde deel aangegeven. De dieptelijnen op de rivier waren aangepast naar de nieuwe situatie. Tevens waren in de ENC de sluislijnen van de nieuwe sluis t.b.v. de “lock approach” mode opgenomen. De “lock approach” mode maakt het mogelijk om m.b.v. de ECDIS met hoge nauwkeurigheid op te lijnen voor de sluis.

⁴ Elektronische kaart die tegenwoordig op de meeste schepen de papieren kaart vervangt.

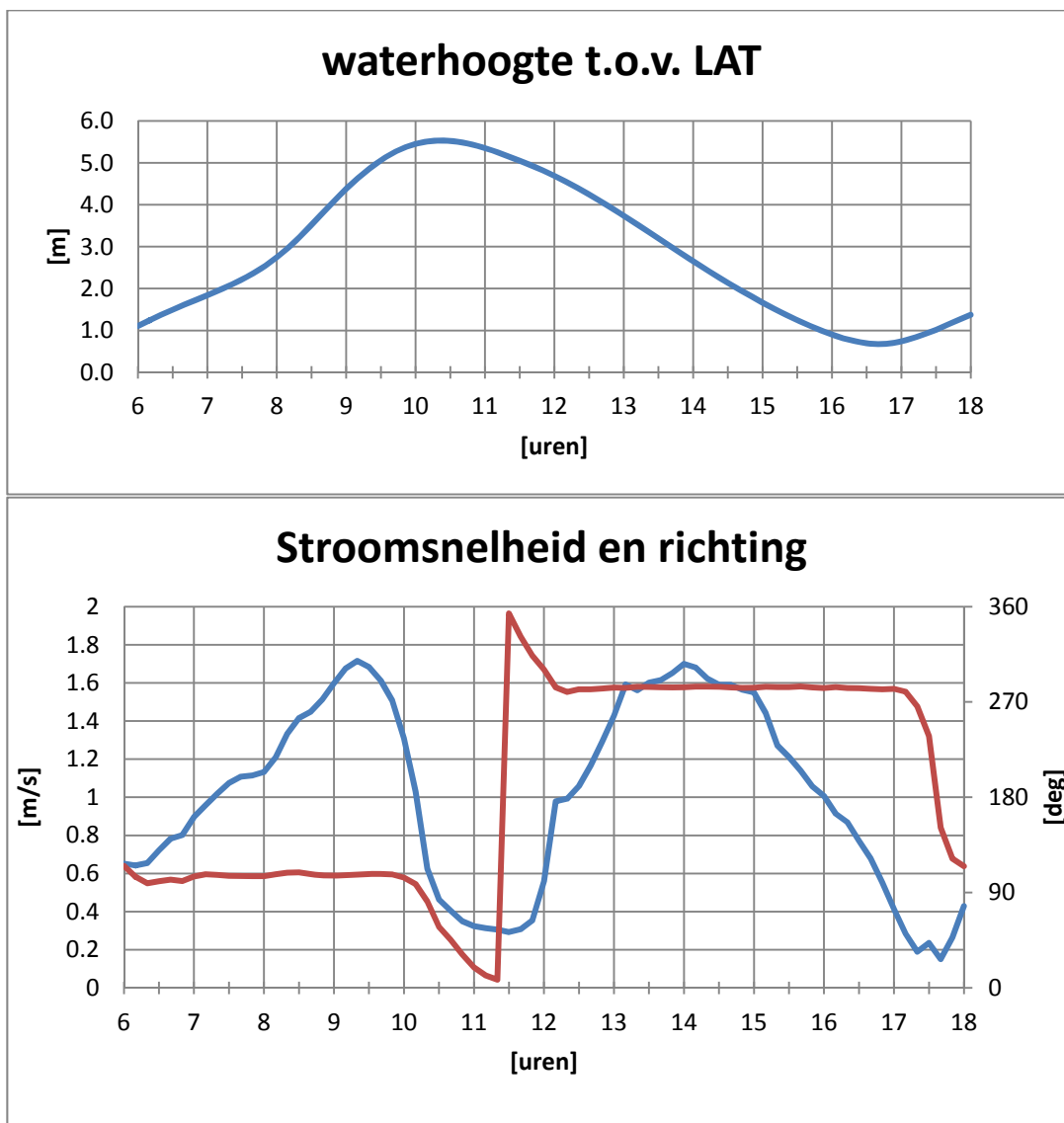
Voor de voorkeursvariant is een aparte modellering van de database in DELPASS gemaakt, zowel voor de invaart vanaf de rivierzijde (gesloten sluisdeur aan de zuidzijde) als voor invaart vanaf de kanaalzijde (gesloten deuren aan de noordzijde).

4.2.2 Wind

De familiarisatie runs zijn uitgevoerd bij wind ZW en NW Bft 4. Dit komt overeen met een ongestoorde windsnelheid van 7 m/s op 10 m hoogte boven open zee. De testen zijn uitgevoerd bij wind ZW, NW en E Bft 6. Deze condities komen neer op een ongestoorde gemiddelde windsnelheid van 13,8 m/s op 10 m hoogte boven open zee. Voor de trajecten in de haven naar de sluis is geen reductie van de gemiddelde wind toegepast, maar is wel rekening gehouden met een grotere terreinruwheid. Gevolg hiervan is een grotere vlagderigheid van de wind. De actuele windsnelheid wordt bepaald met een windspectrum dat de vlagen berekend aan de hand van de ruwheid van het aanwezige voorland en de gemiddelde windsnelheid ter plaatse.

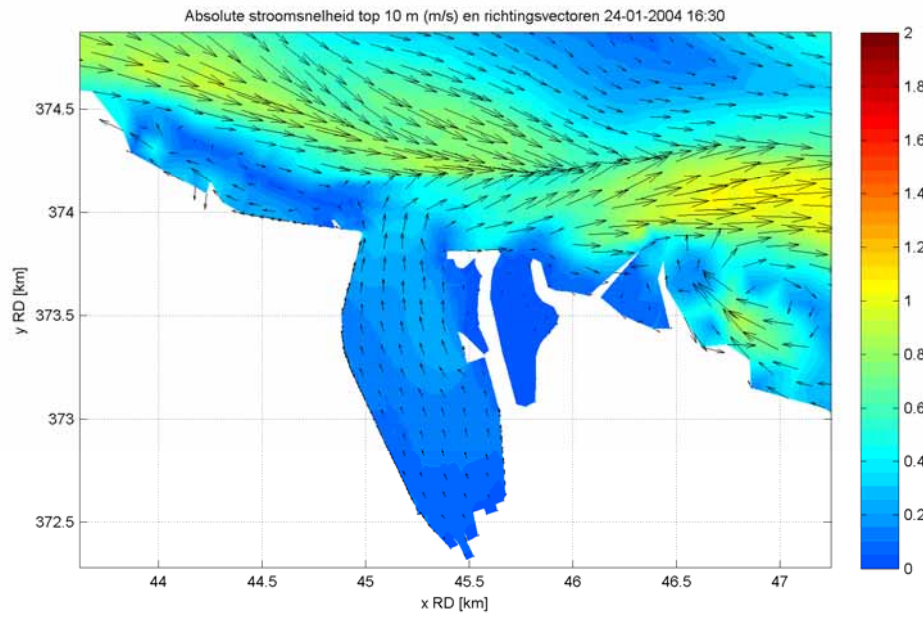
4.2.3 Stroom

Stroomgegevens voor de voorkeursvariant voor een springtij conditie zijn aangeleverd door Svasek [7]. De stroom is aangeleverd voor een volledige tijcyclus met een resolutie van 10 minuten. De stroom in de simulator is de kwadratisch gemiddelde stroom over de bovenste 10 m. Figuur 4-2 geeft de waterhoogte, stroomsnelheid en richting op de rivier midden voor de haveningang. Hoogwater in de simulator is om 10:20.

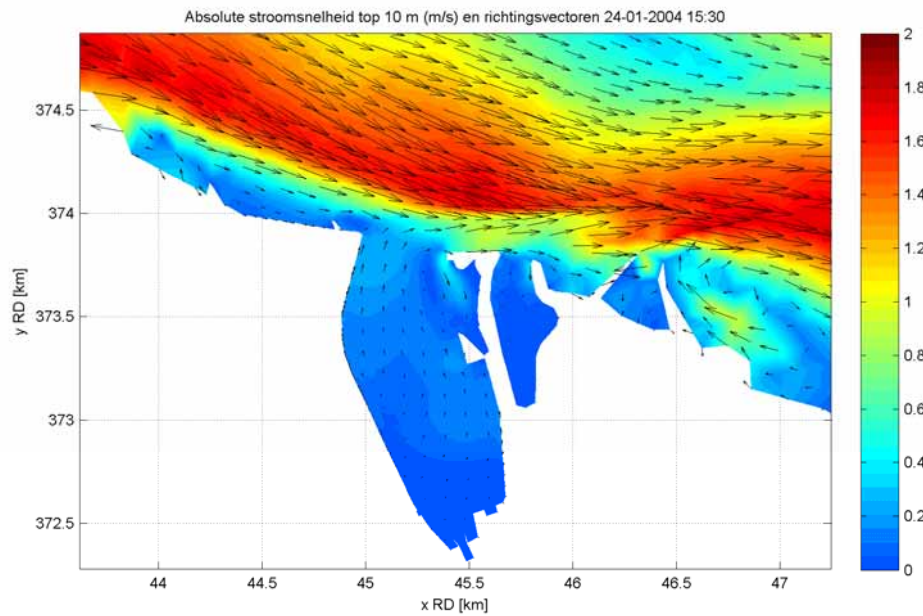


Figuur 4-2 Stroomsnelheid en richting op de Schelde midden voor de haveningang

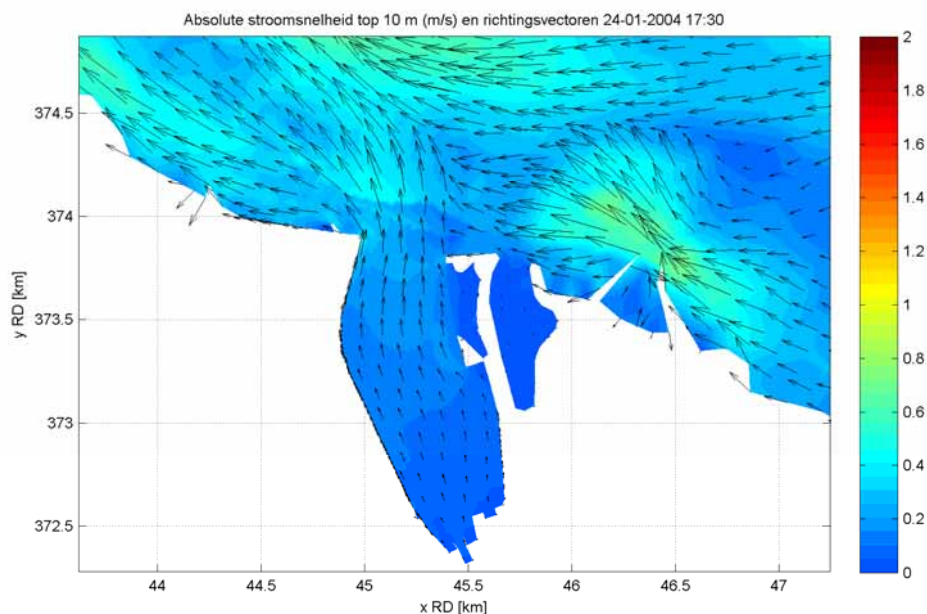
In Figuur 4-3, 4-4 en 4-5 staan vectorplots van de kwadratisch gemiddelde stroom vlak na hoog water, een uur voor en een uur na hoog water. Opvallend is de stroomdraad vanuit de haven naar de rivier een uur na hoog water.



Figuur 4-3 Stroombeeld hoog water (Voorkeursvariant)

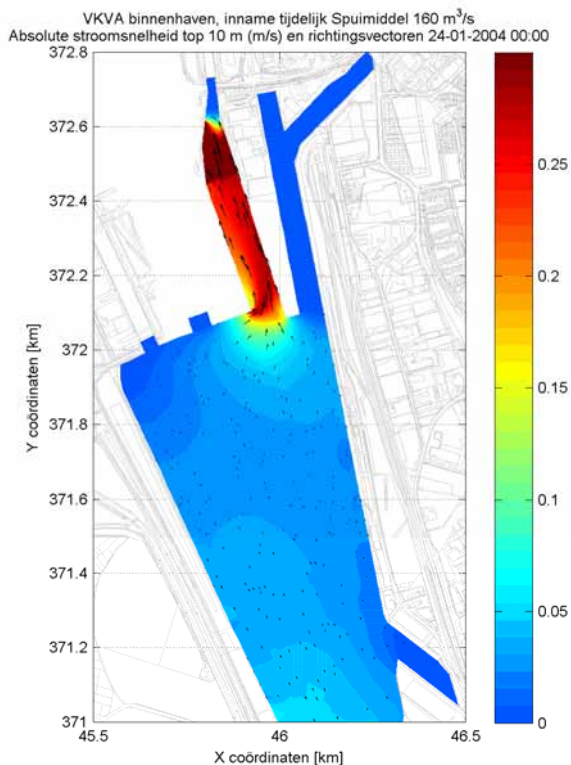


Figuur 4-4 Stroombeeld 1 uur voor hoog water (Voorkeursvariant)



Figuur 4-5 Stroombeeld 1 uur na hoog water (Voorkeursvariant)

Voor de evaluatie van de effecten van een tijdelijk spuumiddel aan de westkant van het toegangskanaal naar de Oostsluis (binnenvaartsimulaties) is een stroomveld aangeleverd voor de binnenhaven langs de Schependijk gebaseerd op een inname van het tijdelijk spuumiddel van $160 \text{ m}^3/\text{s}$. Het stroomveld staat weergegeven in Figuur 4-6.



Figuur 4-6 Stroomveld ten gevolge van het tijdelijk spuimiddel

4.3 Voorbereiding schepen

Voor de simulaties zijn de volgende schepen gebruikt:

Tabel 4-1 Gegevens van de gebruikte maatgevende schepen (zeevaart)

	Tij afhankelijke Bulkcarrier		Tij onafhankelijke Bulkcarrier bulk_265_40_12.5	Containerschip con_366_49_14.5
	(geladen) bulk_366_49_14.5	(ballast) bulk_366_49_9		
Lengte over alles [m]	366,0	366,0	265,0	366,0
Breedte [m]	49,0	49,0	40,0	49,0
Diepgang [m]	14,5	9,0	12,5	14,5
Displacement [ton]	214.000	133.000	110.400	179.000
Dead weight [ton] ⁵	250.000	250.000	120.000	148.760
Wind opp. Langs [m ²]	1102	1371	992	2.476
Wind opp. Dwars [m ²]	5289	6767	2975	13.901
Vermogen [kW]	22.500	22.500	15.700	72.400
Boegschroef [kW]/[ton]	-	-	2500/34	3.400/47

De afmetingen van de tijafhankelijke bulkcarrier en het containerschip zijn gelijk aan de afmetingen van de schepen uit de eerdere onderzoeken [1, 2].

⁵ Bij maximale diepgang.

Tabel 4-2 Gegevens van de gebruikte schepen (overige zeevaart en binnenvaart)

	Bulkcarrier Panama II bulk_248_32.2_8	CEMT Klasse Va	2 baks duwstel (breed)
Lengte over alles [m]	248,0	108,3	114,5
Breedte [m]	32,2	11,4	22,8
Diepgang [m]	12,2	3,8	4,0
Displacement [ton]	50.240	4.085	6.970
Dead weight [ton] ⁶	70.000	-	-
Wind opp. Langs [m ²]	803	68	67
Wind opp. Dwars [m ²]	3047	393	155
Vermogen [kW]	8.000	-	2.360
Boegschroef [kW]/[ton]	-	295/4	500/7

Voor assistentie zijn o.a. instructeur-bediende sleepboten gebruikt van het ASD type, waarbij de instructeur het gevraagde vermogen en de trekrichting instelt. Het onderliggende model zorgt voor een realistisch gedrag van de sleepboot. Als achterboten waren midden achter sleepboten met een bollard pull van 60 ton beschikbaar. Als voorboten waren midden voor sleepboten van 70 ton BP beschikbaar. Een extra sleepboot van 70 ton BP was standby voor ondersteuning in de zij. In plaats van deze sleepboot is er in een aantal gevallen voor gekozen om een vectorsleepboot in de zij in te zetten met een maximum kracht van 50 ton BP. Dit om een realistisch wisselen van duwlocatie mogelijk te maken. Een vectorsleepboot is in de simulator een vector kracht op één van de bolders met een door de instructeur in te stellen sterkte en richting. De gevraagde sterkte wordt altijd geleverd en de sleepboot is niet zichtbaar in het buitenbeeld. De sleepboot in de zij werd alleen bij (zeer) lage snelheden ingezet, waardoor er geen gevaar was voor een onrealistische hoge sleepbootkracht door de inzet van de vectorsleepboot.

In een aantal simulaties zijn, in plaats van instructeur-bediende sleepboten, bemande sleepboten gebruikt die door sleepbootkapiteins bestuurd werden vanaf de CMS. Dit betrof ASD sleepboten met 60 ton bollard pull van het type Damen 3211. In het geval van de 366 m schepen betrof dit twee bemande sleepboten die beide op de midden achter bolder vastgemaakt waren. De voorboot en de zijboot bleven instructeur-bediende sleepboten. In het geval van de 265 m schepen betrof dit één bemande sleepboot vastgemaakt op de midden achter bolder. Ook in dat geval was de voorboot en eventueel de zijboot instructeur-bediend.

4.4 Koppeling DELPASS en gebruik WAROS

Voor de modellering van de krachten, die optreden bij de invaart van de sluis, zijn de twee externe modellen WAROS en DELPASS gebruikt.

WAROS is gebruikt om een schatting te krijgen van de langskrachten bij het invaren van de sluis. Hiervoor is aangenomen dat het schip met een snelheid van 2 kt de kolk in vaart. Wanneer de boeg ongeveer 25 m in de kolk is bouwt de weerstandskracht op die het gevolg is van de terugkerende translatiegolf. De weerstandskracht neemt lineair toe tot 1800 kN. Daarna neemt de weerstandskracht snel af vanaf het moment dat het schip zich voor ongeveer éénderde in de kolk bevindt. De weerstand van het schip in

⁶ Bij maximale diepgang.

langsrichting wordt gedurende de gehele vaart berekend door het standaard manoeuvreermodel met een correctie op basis van de WAROS berekening bij het invaren van de sluis. De correctie is geldig tot het schip zich voor ongeveer één derde in de kolk bevindt. Daarna wordt de simulatie gestopt. De langskracht wordt geschaald met de vaarsnelheid van het schip.

DELPASS is gekoppeld aan de bestaande simulatorsoftware. Omdat dit programma niet bij MARIN is ontwikkeld en een architectuur en rekensnelheid kent die niet in het simulator framework past, is gekozen voor een 'losse' koppeling waarbij het programma op een aparte PC draait met een externe communicatieverbinding. Via die koppeling krijgt het programma op elk tijdstip de momentane positie, koers en snelheid van het schip toegezonden. De potentiaalstroming, zoals uitgerekend door DELPASS, wordt doorgerekend op een grafische kaart van een aparte PC om voldoende rekensnelheid te garanderen.

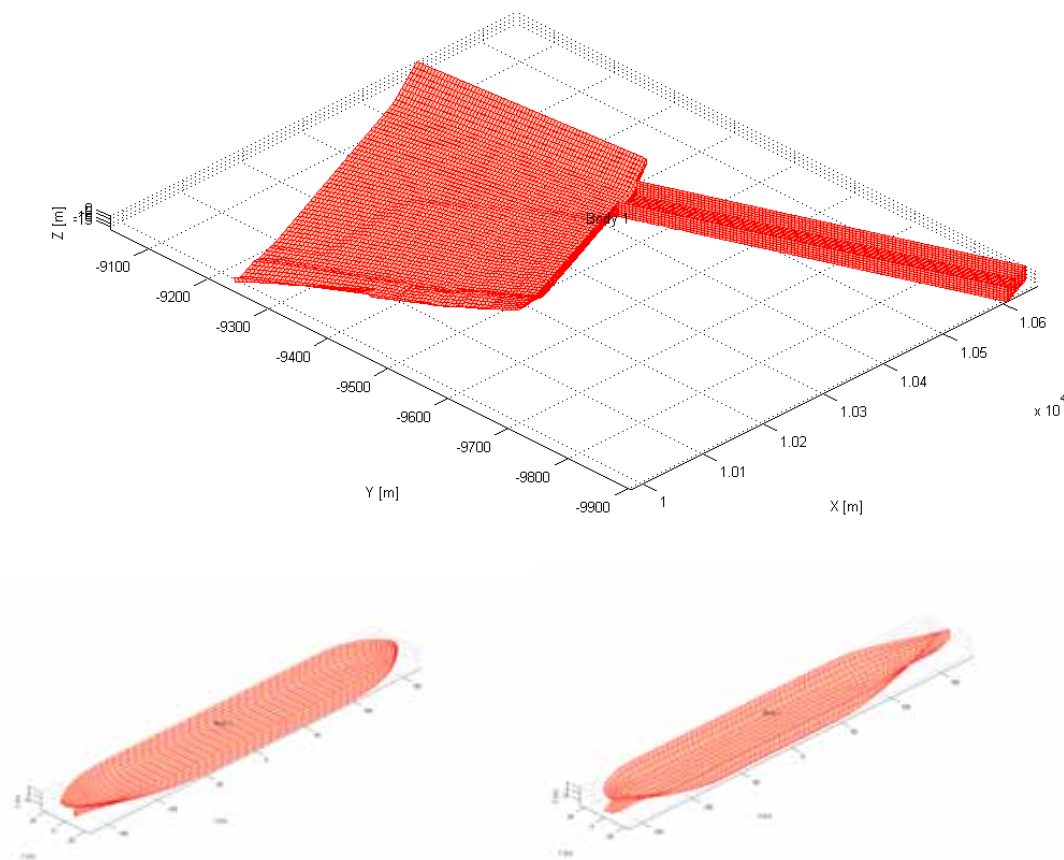
Na het berekenen van de dwarskrachten en momenten door DELPASS worden deze krachten teruggestuurd en meegenomen als externe krachten in het simulatieproces. Het bestaande standaard manoeuvreermodel, dat in de simulator draait blijft actief om het manoeuvreergedrag in de aanloop naar de sluis te berekenen en om de door de sluis effecten opgewekte bewegingen te dempen.

DELPASS draait op zijn eigen frequentie en zendt de berekende krachten asynchroon naar de simulator. Door deze 'losse' koppeling wordt het real-time simulatieproces niet beïnvloed door de voor DELPASS benodigde rekestijd. De externe krachten lopen daarmee maximaal 1 tot 2 seconden achter. Dit is echter geen probleem omdat de bewegingen van dit zware schip zo traag zijn dat een vertraging van 1 tot 2 seconden geen probleem oplevert.

Omdat dit programma geen onderdeel vormt van de standaard simulatorsoftware wordt er met twee afzonderlijke databases gewerkt:

- De simulatordatabase van de omgeving en de schepen, zoals hierboven beschreven;
- Een panelenbelegging (zie Figuur 4-7 en Bijlage B) van voorhaven en sluis voor de voorkeursvariant en van beide schepen voor het berekenen van de potentiaalstroming met DELPASS.

Deze twee databases zijn in principe niet gekoppeld omdat ze in separate software pakketten worden gebruikt en draaien op verschillende PC's.



Figuur 4-7 Panelenbeleggingen van sluis met voorhavens (Voorkeursvariant), bulkcarrier en containerschip

4.5 Inrichting van de simulatoren

De real-time simulaties zijn uitgevoerd op MARIN's Full Mission Bridge II (FMBII). Voor de gecombineerde vaarten was FMBII gekoppeld aan MARIN's Full Mission Bridge I (FMBI). Voor de vaarten met bemande sleepboten was FMBII gekoppeld aan MARIN's Compact Manoeuvring Simulator (CMS). zie Bijlage A voor een beschrijving van deze faciliteiten.

Omdat het oplijnen voor en de nadering van de sluis een nauwkeurige manoeuvre is, zijn de vaarten met behulp van een ECDIS systeem met "lock approach" mode uitgevoerd. Een ECDIS systeem geeft de positie, koers en bewegingen van het schip nauwkeurig weer. Dit elektronische kaart systeem is op de simulator aangesloten.

4.6 Voorbereiding scenario's en uitvoering van de simulaties

De scenario's beschrijven de wind- en getijcondities, de beginposities en beginsnelheden en koersen van de schepen en de lay-out waarin gevaren wordt. Om tot een realistisch simulatorprogramma te komen met een beperkt aantal runs is in overleg

met de opdrachtgever een stappenplan en testmatrix opgesteld, waarmee de maatgevende combinaties konden worden onderzocht.

In het stappenplan waren vijf series van simulaties voorzien:

- Serie 1: Simulaties om voor de voorkeursvariant de geschiktheid van de Westbuitenhaven voor tijonafhankelijke vaart te toetsen;
- Serie 2: Simulaties om de beschikbare ruimte voor sleepbootassistentie in de Westbuitenhaven te evalueren;
- Serie 3: Simulaties om in aanvulling op het eerdere onderzoek de geschiktheid van de voorkeursvariant voor de tijafhankelijke vaart te toetsen;
- Serie 4: Check van de geschiktheid van de voorkeursvariant aan de kanaalzijde (aanvulling op het eerdere onderzoek);
- Serie 5: Simulaties om de passeermogelijkheden voor de binnenvaart naar de Oostsluis (kanaalzijde) te evalueren.

De gesimuleerde combinaties staan weergegeven in de tabellen 4-3, 4-4 en 4-5. Voor serie 1 wordt daarbij nog onderscheid gemaakt naar:

- Invaart vanaf zee;
- Invaart vanaf Antwerpen;
- Uitvarend naar zee;
- Uitvarend naar Antwerpen.

De simulaties zijn uitgevoerd door ervaren schippers, sleepbootkapiteins, Nederlandse en Vlaamse loodsen uit de regio Scheldemond. Als instructeur/proefleider trad Pieta Kluytenaar (Serendipity) op die ervaring heeft met bediening van de simulator en het begeleiden van nautische studies op een simulator.

In totaal zijn voor de voorkeursvariant 39 simulaties uitgevoerd. Hiervan waren er 8 met een gecombineerde brug zeevaart, 7 met een gecombineerde brug binnenvaart, zodat in totaal 54 vaarten beschikbaar waren voor de evaluatie. Daarvan waren er 10 gecombineerd met een bemande sleepboot. De vaarten in de diverse scenario's zijn zo veel mogelijk door elkaar uitgevoerd om een zo groot mogelijke variatie in uitvoerende loodsen te krijgen en om routine te voorkomen. Alle vaarten zijn opgenomen in Tabel 4-3.

Tabel 4-3 Vaarten gegroepeerd naar serie

Stap	Aantal runs	Gerealiseerde runs
Serie 1		
invaart vanaf zee	16	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 37, 42, 45, 108, 109, 110, 111, 112, 115
invaart vanaf Antwerpen	6	8, 9, 10, 13, 14, 46
uitvarend naar zee	4	11, 110, 111, 112 ⁽¹⁾
uitvarend naar Antwerpen	4	12, 108, 109, 115 ⁽¹⁾
Serie 2	2	43, 44
Serie 3	3	38, 39, 41
Serie 4	5	40, 113 (2x), 114 (2x) ⁽¹⁾
Serie 5	14	121, 122, 123, 124, 125, 126, 127 (alle 2x) ⁽¹⁾
Totaal	54	⁽¹⁾ In deze indeling worden de runs 108 t/m 115 en 12 t/m 127 dubbel meegeteld aangezien met twee bemande bruggen werd gevaren

Tabel 4-4 Overzicht van alle gesimuleerde combinaties (week 3)

Run	Starttijd	Stroom	Wind	Lay-out	Manoeuvre	FMB I	FMB II	CVIS	Target
1	8:45	3 kts vloed	ZW1	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
2	12:40	2.5 kts eb	ZW1	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
3	9:20	3.5 kts vloed	ZW1	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
4	13:00	3 kts eb	ZW1	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
5	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
6	9:20	3.5 kts vloed	ZW6	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
7	13:00	3 kts eb	E6	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
8	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Noord	Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
9	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Noord	Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
10	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Noord	Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
11	9:20	3.5 kts vloed	E6	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
12	13:00	3 kts eb	E6	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
13	8:20	2.5 kts vloed	NW6	Noord	Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
14	8:20	2.5 kts vloed	NW6	Noord	Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5
37	9:20	3.5 kts vloed	ZW1	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5	Sleepboot	Bulk_265_40_12.5
38	11:20	stil van hoog	E6	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_366_49_14.5	sleeppoten	Bulk_265_40_12.5
39	10:10	2.2 kts vloed	ZW6	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_366_49_14.5	sleeppoten	Bulk_265_40_12.5
40	16:20	nvt	ZW6	Noord	Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis		Bulk_366_49_9	sleeppoten	
41	11:20	stil van hoog	NW5	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Con_366_49_14.5	sleeppoten	Bulk_265_40_12.5
42	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5	Sleepboot	Bulk_265_40_12.5
45	13:00	3 kts eb	E6	Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5	Sleepboot	Bulk_265_40_12.5
43	9:20	3.5 kts vloed	ZW8	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee		Panamax II	sleeppoten	
44	9:20	3.5 kts vloed	ZW8	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee		Panamax II	sleeppoten	
46	6:45	1.5 kts vloed	NW6	Noord	Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5	Sleepboot	Bulk_265_40_12.5

Tabel 4-5 Overzicht van alle gesimuleerde combinaties (week 3)

108	13:00	3 kts eb	E6	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen	Bulk_265_40_12.5		
				Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5	
109	13:00	3 kts eb	NW6	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen	Bulk_265_40_12.5		
				Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5	
110	9:20	3.5 kts vloed	ZW6	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee	Bulk_265_40_12.5		
				Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5	
111	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee	Bulk_265_40_12.5		
				Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5	
112	13:00	3 kts eb	E6	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee	Bulk_265_40_12.5		
				Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5	
113	16:20	nvt	E6	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal	Bulk_265_40_12.5		
				Noord	Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis		Panamax II	
114	16:20	nvt	ZW6	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal	Bulk_265_40_12.5		
				Noord	Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis		Panamax II	
115	13:00	3 kts eb	NW6	Noord	Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen	Bulk_265_40_12.5		
				Noord	Invaart zee - Nieuwe zeesluis		Bulk_265_40_12.5	
121	16:20	nvt	ZW6	Noord	Ontmoeting Schependijk	Klasse Va	Klasse Va	
122	16:20	nvt	E6	Noord	Ontmoeting Schependijk	2baks duwstel	2baks duwstel	
123	16:20	nvt	ZW6	Noord	Ontmoeting noodsteiger	2baks duwstel	2baks duwstel	
124	16:20	nvt	E6	Noord	Ontmoeting noodsteiger	2baks duwstel	2baks duwstel	
125	16:20	spuistroom	E6	Noord	Ontmoeting Schependijk	Klasse Va	Klasse Va	
126	16:20	spuistroom	E6	Noord	Ontmoeting Schependijk	2baks duwstel	2baks duwstel	
127	16:20	spuistroom	E6	Noord	Ontmoeting Schependijk	2baks duwstel	2baks duwstel	

De resultaten zijn op volgorde van runnummer opgenomen in Bijlage C.

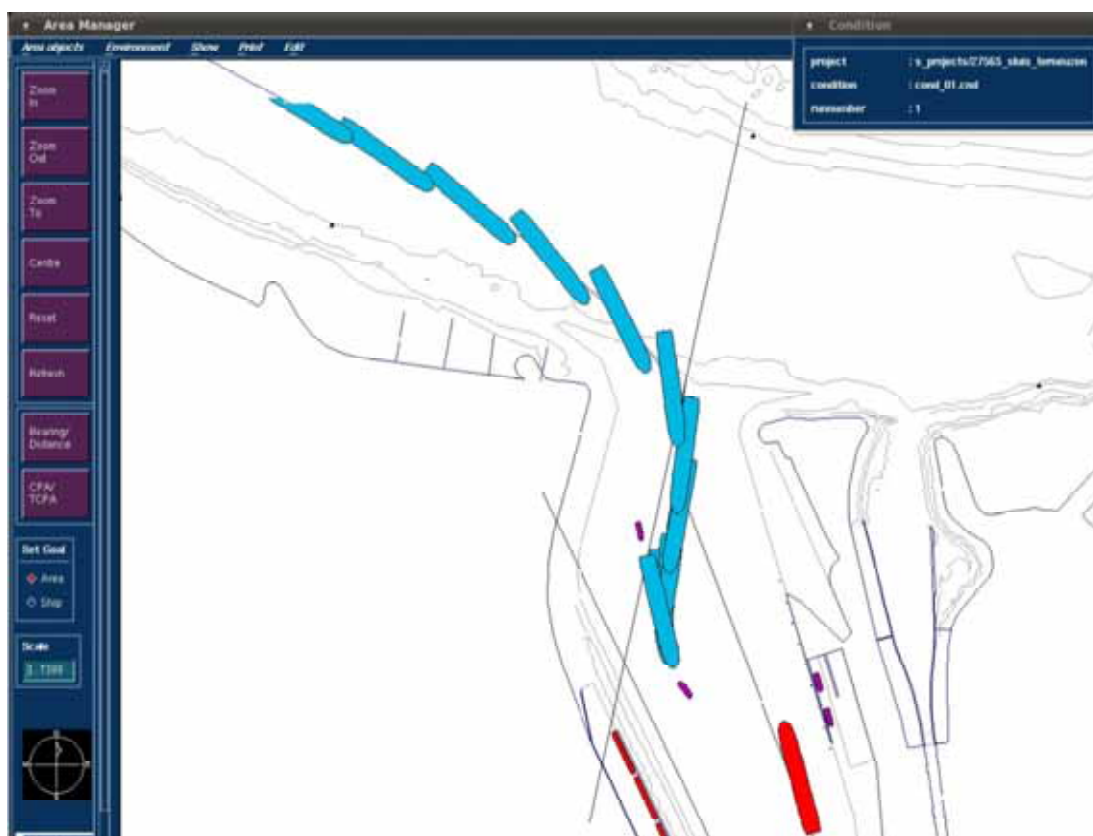
5 PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN VAN DE REAL-TIME SIMULATIES EN DE TOEGEPASTE CRITERIA

5.1 Inleiding

De resultaten van de real-time simulaties zijn beoordeeld door de loodsen en geanalyseerd aan de hand van de numerieke resultaten. De numerieke resultaten van de real-time simulaties worden gegeven in de vorm van baan- en dataplots (zie Bijlage C). Met de analyse van deze gegevens zijn voor de diverse sluisvarianten en tijcondities de 'veiligheid en vlotheid' bepaald.

5.2 Presentatie van de resultaten

De resultaten van elke vaart worden gepresenteerd in een aantal plots (zie Bijlage C). Een voorbeeld van deze plots wordt gegeven in Figuur 5-1, 5-3, 5-4 en 5-5. Voor elke vaart worden baanplots gepresenteerd en een aantal dataplots.



Figuur 5-1 Voorbeeld baan plot (run 1)

Voor de analyse van de vaarsnelheid, het gebruik van roer/schroef en sleepboten zijn dataplots gemaakt. Deze dataplots geven het verloop van diverse signalen in de tijd weer die als eenheid in minuten langs de horizontale as van de dataplots is gegeven. Voor de dataplots gelden de tekenafspraken, zoals gegeven in Figuur 5-2. De volgende dataplots worden gepresenteerd (zie ook Bijlage C):

1e dataplot (zie Figuur 5-3):

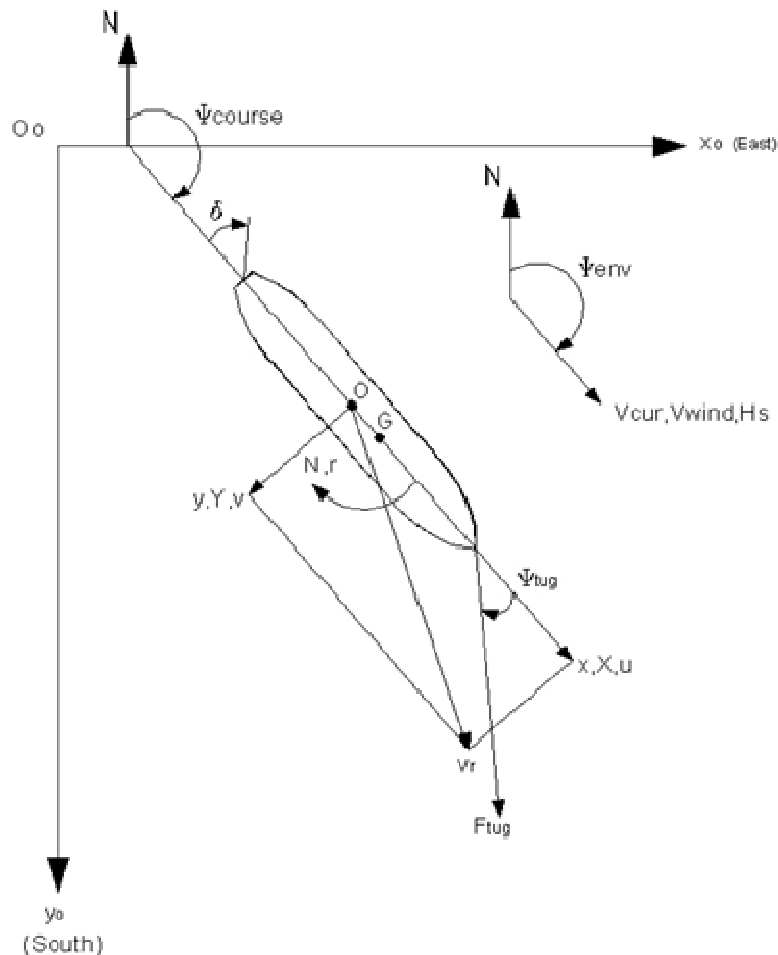
- Voorwaartse snelheid van het schip over de grond [m/s];
- Dwarssnelheid van het schip over de grond [m/s];
- Giersnelheid [$^{\circ}$ /min].

2e dataplot (zie Figuur 5-4):

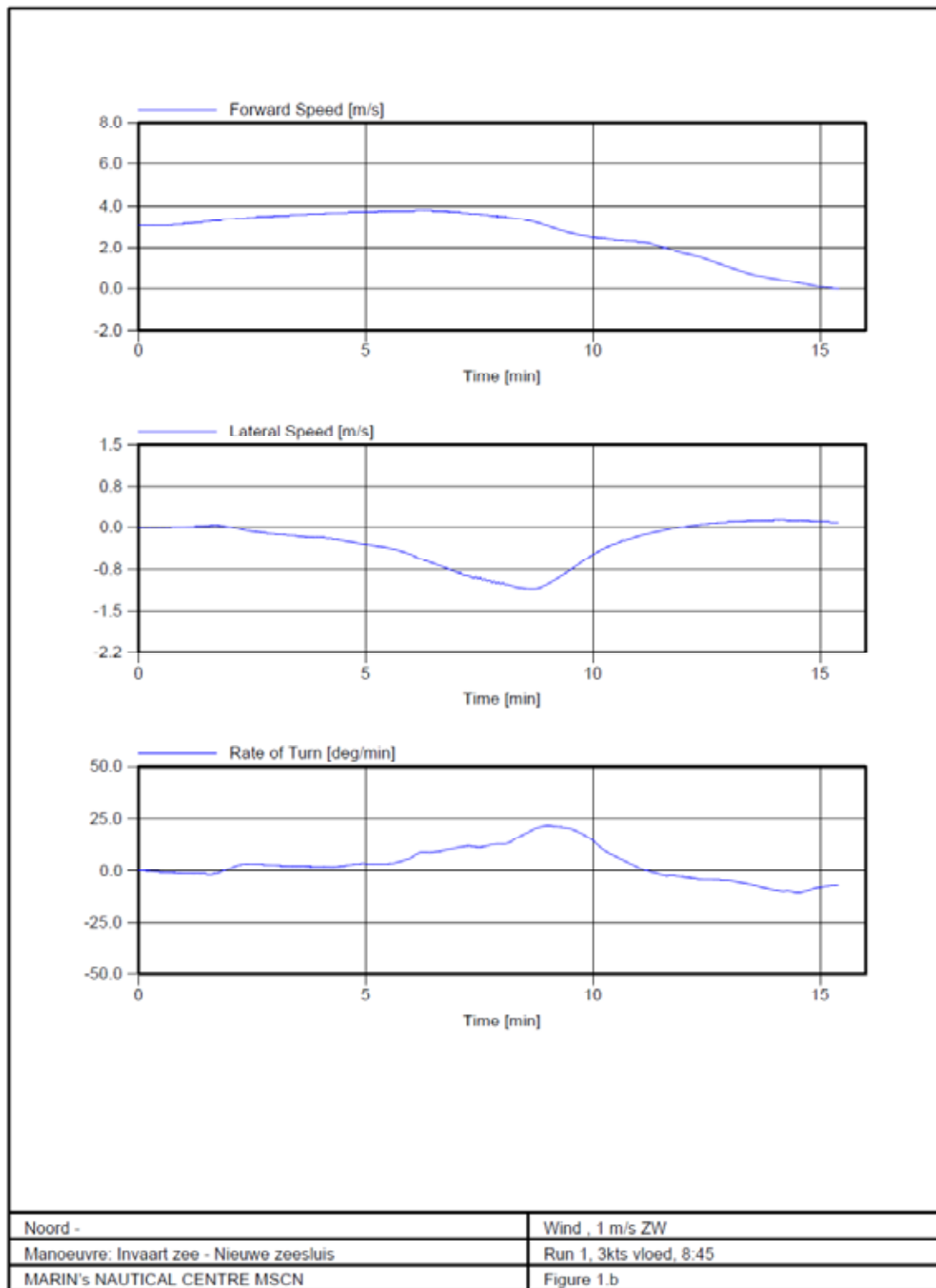
- Schroeftoerental [rpm];
- Roerhoek [$^{\circ}$];
- Veiligheidsindex (zie paragraaf 5.4.2).

3e dataplot (zie Figuur 5-5):

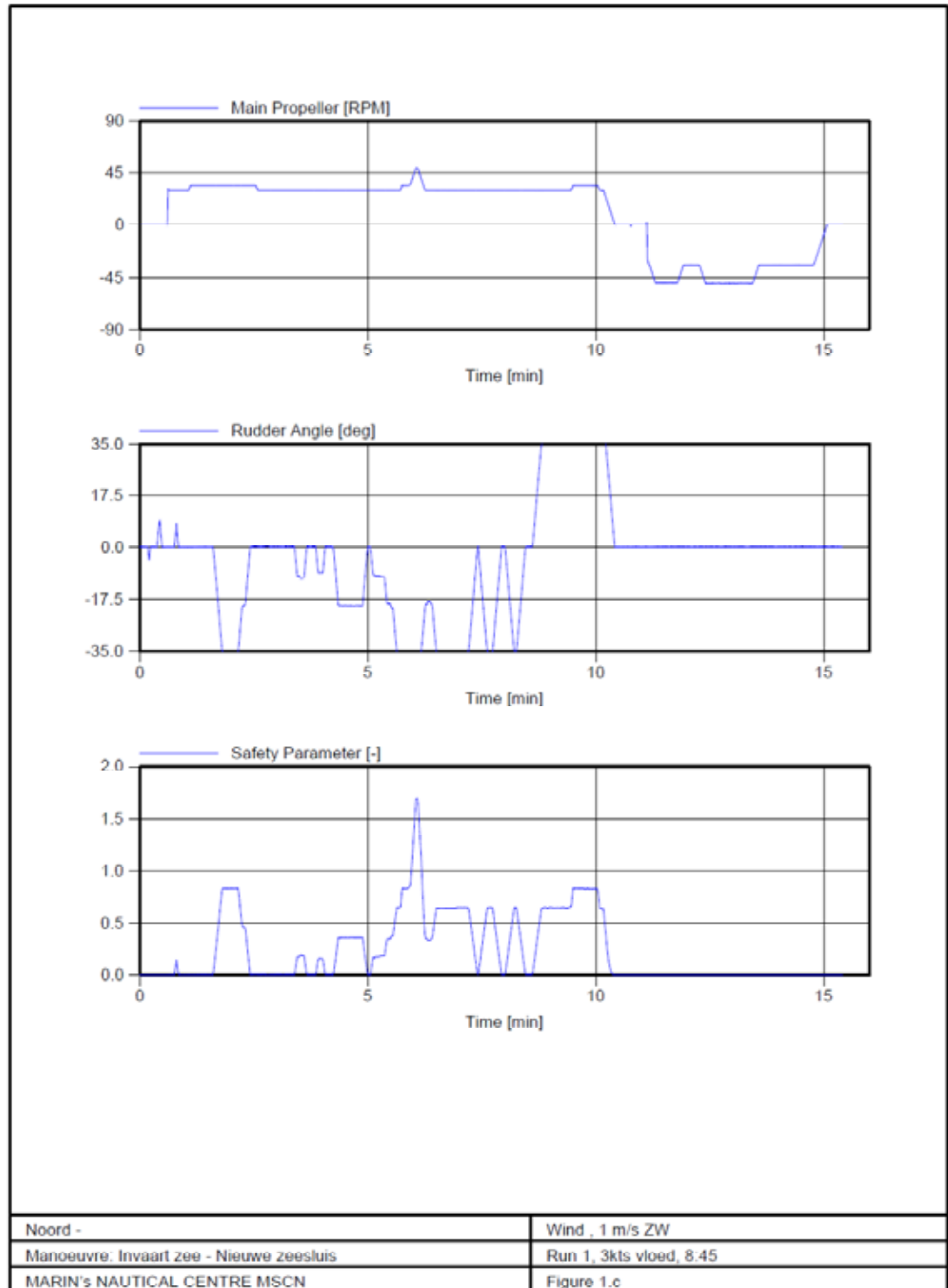
- Totale sleepkracht van SB achterboot (tug 1) [kN];
- Totale sleepkracht van BB achterboot (tug 2) [kN];
- Totale sleepkracht van voorboot (tug 3) [kN];
- Totale sleepkracht van de extra sleepboot (tug 4) [kN];
- Totale sleepboot van de vector sleepboot in de zij (vector tug) [kN].



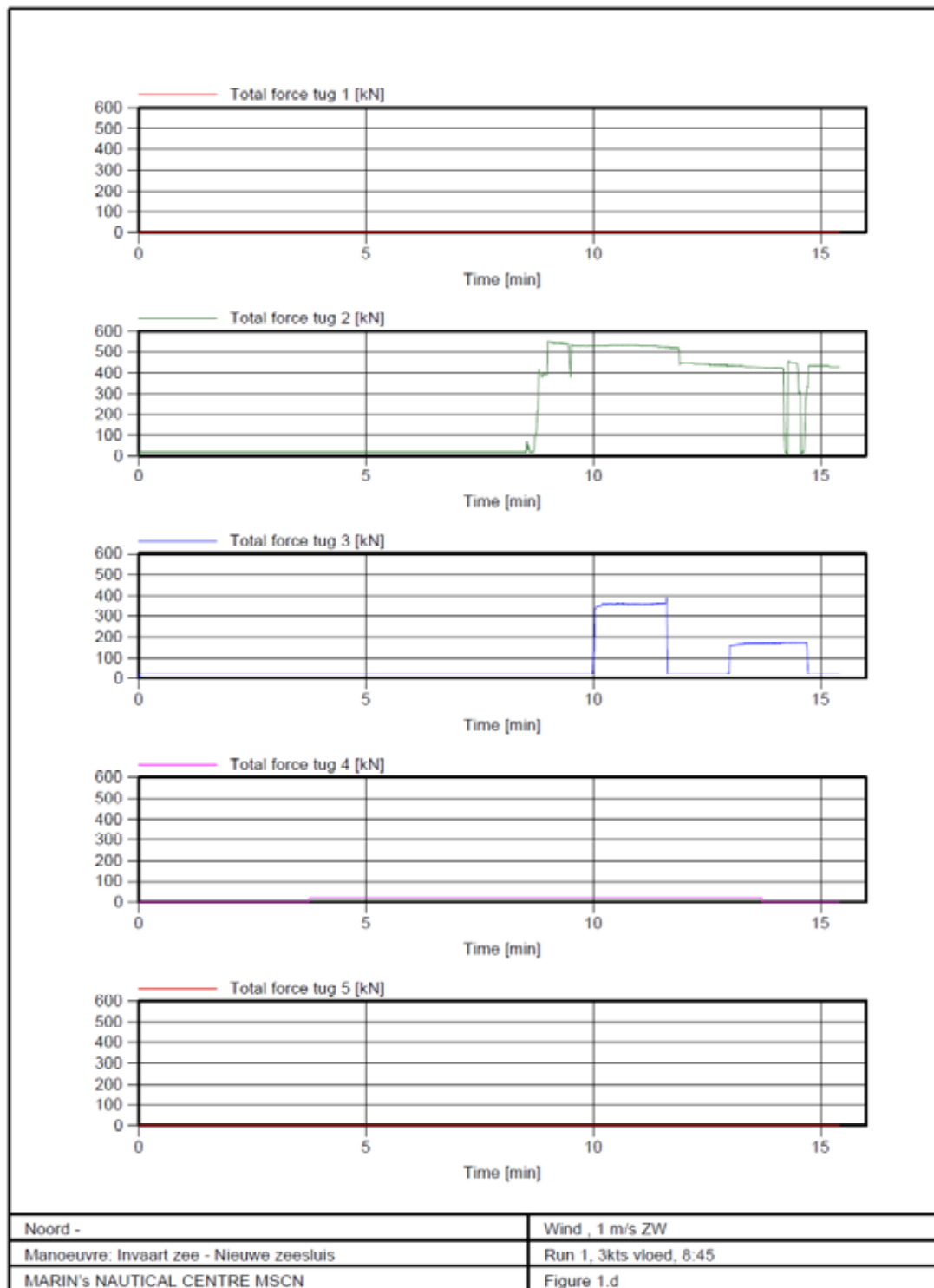
Figuur 5-2 Tekenafspraken voor bewegingen, snelheden en krachten



Figuur 5-3 Voorbeeld 1e data plot



Figuur 5-4 Voorbeeld 2e data plot



Figuur 5-5 Voorbeeld 3e data plot

Voor de runs met de bemane sleepboten wordt dit aangevuld:

- in de 3^{de} dataplot met de totale sleepkracht van de SB achter boot (Sleepboot 1) en de totale sleepkracht van de BB achter boot (Sleepboot 2);
- in de 4^{de} dataplot met de richting en het toerental van de azimuthing propeller van respectievelijk Sleepboot 1 en 2.

Voor de runs met gecombineerde bruggen wordt dit aangevuld met:

- 4^{de} dataplot:
 - Voorwaartse snelheid van het 2^{de} schip over de grond [m/s];
 - Dwarssnelheid van het 2^{de} schip over de grond [m/s];
 - Giersnelheid [°/min].

- 5^{de} dataplot:
 - Schroeftoerental [rpm];
 - Roerhoek [°];
 - Veiligheidsindex.

5.3 Beoordeling van de real-time simulaties

Beoordeling door de loodsen

Na elke simulatorvaart heeft de loods, die de vaart uitvoerde, een enquête ingevuld over het verloop van de vaart. Een voorbeeld van de enquête is gegeven in Tabel 5-1. De resultaten van de vijf meerkeuzevragen “Expert opinion voor beoordeling lay-out” (b.v. ‘onveilig / twijfelachtig / veilig’) zijn gewaardeerd met een score van 1, 3 en 5 waarbij:

- 1 = onveilig of slecht
- 3 = twijfelachtig
- 5 = veilig of goed

Deze verdeling is gekozen omdat bij de beoordeling van de numerieke resultaten ook een onderverdeling in vijf klassen is gemaakt, waarbij 3 de grens aan geeft tussen veilig en onveilig. Zo ontstaat voor elk onderwerp een score van 1 t/m 5 als de resultaten van vaarten in dezelfde condities worden samengenomen. De commentaren in het tweede deel van de enquête onder “Opmerkingen” zijn samengevoegd en verwerkt in de algemene bevindingen n.a.v. de simulaties.

Voor de beoordeling door loodsen en instructeur worden geen harde criteria gegeven; de beoordeling is gebaseerd op de ervaring van de loodsen en gerelateerd aan in de praktijk voorkomende situaties.

Beoordeling door de instructeur

De instructeur heeft bij elke vaart twee beoordelingen gegeven. Direct na de vaart een algemene waardering van de run en in tweede instantie na debriefing een waardering van de situatie indien er verbetermaatregelen toegepast worden. Bij dit laatste moet vooral gedacht worden aan training van de loodsen (invaren met grotere schepen, omgaan met gewijzigde omgevingsinvloeden, omgaan met aangepaste lay-out, gewijzigde sleepboot-strategieën). De resultaten van deze beoordelingen zijn ook vertaald naar een score tussen 1 en 5 en meegenomen bij de beoordeling van elke vaart. De tweede beoordeling is daarbij gebruikt om in de bespreking het effect van verbetermaatregelen aan te geven.

Numerieke analyse

De numerieke analyse is gebaseerd op de signalen, zoals gegeven in de dataplots (zie Bijlage C). De beoordeling per onderdeel (schroef-roergebruik, boegschroefgebruik en sleepbootgebruik) is als volgt uitgevoerd (de criteria worden gegeven in hoofdstuk 6.4):

- Resultaat voldoet totaal niet aan criterium, score = 1
- Resultaat voldoet net niet aan criterium, score = 2
- Resultaat is op de grens van het criterium, maar er is geen marge over, score = 3
- Resultaat voldoet aan criterium, score = 4
- Resultaat voldoet ruim aan criterium, score = 5

In de tabellen in hoofdstuk 7 worden de scores per onderdeel en per vaarscenario gegeven.

Tabel 5-1 Enquête ter beoordeling van de uitgevoerde vaarten

Project 27565.602	Questionnaire: invullen na iedere run
<u>Algemeen:</u>	
Datum: 2014
Scenario:
Run no:
<u>Expert opinion voor beoordeling lay-out:</u>	
Algemene indruk van run:	onveilig / twijfelachtig / veilig
Controleerbaarheid van het schip:	slecht / twijfelachtig / goed
Invaart/uitvaart van de voorhaven	onveilig / twijfelachtig / veilig
Sluis nadering:	onveilig / twijfelachtig / veilig
Invaart/uitvaart van de sluis:	onveilig / twijfelachtig / veilig
<u>Opmerkingen:</u>	
T.a.v. interactiekrachten bij invaart/uitvaart sluis:	
T.a.v. gebruik sleepboten:	
T.a.v. ruimte in de voorhaven:	
T.a.v. snelheid tijdens de vaart:	
T.a.v. gebruik 'Qastor':	

5.4 Opgestelde criteria voor real-time simulaties

5.4.1 Inleiding

Voor de beoordeling van resultaten van simulaties worden criteria gebruikt om de veiligheid van bepaalde combinaties van variant en tij/stroomconditie te kunnen beoordelen. Over het algemeen wordt er dan met een veiligheidsmarge van 30% op de manoeuvreerkrachten (combinatie roer/schroef, boegschroef, sleepboten) gewerkt. Ook de botssnelheden van het punt van het schip dat het eerst de drijfrahmen raakt wordt beoordeeld om te bepalen welke combinaties van sluisvariant en omstandigheden nog veilig is. Daarna wordt aangegeven op welke wijze de vlotheid wordt beoordeeld in relatie tot de veiligheid.

5.4.2 Criteria voor besturingsmiddelen

De mate van veiligheid wordt o.a. bepaald door het feit of tijdens een (deel van de) vaart de controlemiddelen (roer, schroef en sleepboten) maximaal gebruikt zijn voor een langere periode. In dat geval is er geen manoeuvreermarge over en wordt de vaart als onveilig gekwalificeerd, ondanks dat b.v. de baan plot van de vaart goede resultaten laat zien.

De toegepaste criteria voor gebruik van machine, roer, en sleepboten zijn door MARIN ontwikkeld. De veiligheidsmarges, die overblijven bij het hanteren van deze criteria garanderen dat er in de praktijk voldoende reserve manoeuvreervermogen over is om gevaarlijke situaties te voorkomen of nog tot een goed einde te brengen. Deze criteria worden door MARIN al meer dan 10 jaar in soortgelijke studies toegepast en zijn algemeen geaccepteerd door nautische experts van klanten en door de bij deze studies betrokken loodsen.

Schroef en roergebruik

De analyse van controlemiddelen en de toegepaste criteria volgt uit de volgende beschouwing:

Normaal gesproken zal, wanneer het schip de haven nadert, worden overgeschakeld van zeevermogen (Sea Full) naar manoeuvreervermogen. In praktijk betekent dit dat er minder vermogen beschikbaar is. Bij de beoordeling van de geanalyseerde parameters is aangenomen dat er genoeg vermogen over moet zijn om, in het geval van een onverwachte situatie of een noodgeval adequaat te kunnen reageren. Om die reden worden, tijdens de manoeuvres, halve kracht vooruit of halve kracht achteruit als maximale telegraafstanden geaccepteerd.

Zodra de snelheid van het schip onder de 2 knopen is, wordt volle kracht vooruit of achteruit geaccepteerd voor een korte periode (minder dan 1 minuut). Onder de 2 knopen hebben de sleepboten de controle overgenomen, zodat het gebruik van motor en schroef dan minder kritisch is.

De effectiviteit van het roer is direct afhankelijk van het gebruik van de schroef. Als het schroeftoerental toeneemt, verbetert de verhoogde watersnelheid in de schroefstraal de effectiviteit van het roer aanzienlijk. Voor het gebruik van het roer (roerhoek) zou een veiligheidsmarge beschikbaar moeten zijn in het geval van een onverwachte situatie of een noodgeval. Twintig graden roer wordt beschouwd als het maximum dat kan worden toegestaan. Omdat de effectiviteit van het roer sterk afhankelijk is van de telegraafstand, is dit criterium gekoppeld aan halve kracht vooruit.

Dit criterium is gebruikt om een veiligheidsparameter op te stellen, welke als volgt is gedefinieerd:

Wanneer de schroef vooruit draait ($n > 0$):

$$\text{Veiligheidsparameter} = \delta * n * n / (\delta_{\text{crit}} * n_{\text{crit}} * n_{\text{crit}})$$

Wanneer de schroef achteruit draait ($n < 0$):

$$\text{Veiligheidsparameter} = n * n / (n_{\text{crit}} * n_{\text{crit}})$$

Met:

δ	= roerhoek;
n	= schroef toerental;
δ_{crit}	= roercriterium (20°);
n_{crit}	= schroefftoerental criterium (halve kracht vooruit/achteruit)

Voor scheepssnelheden van meer dan twee knopen, zou het veiligheids criterium tussen -1 en 1 moeten liggen. Wanneer het criterium meer dan twee minuten wordt overschreden, wordt de manoeuvre als onveilig beschouwd. De resultaten van schroef- en roergebruik wordt gegeven bij de beoordeling per vaart (zie hoofdstuk 7). Om de bovenstaande veiligheidsparameter tussen de gestelde criteria van -1 en 1 te houden volgen bij elke telegraafstand maximale roerhoeken. Bij Harbour full is bij het containerschip bijvoorbeeld nog maar een roerhoek van $552/702 \times 20 = 12,3$ graden toegestaan om onder het criterium te blijven.

Sleepbootgebruik

Ook voor de sleepboten wordt een veiligheidsmarge van 30% gehanteerd. Dit houdt in dat de gemiddelde sleepbootkrachten op een bepaald deel van de manoeuvre voor voor- of achterboten, niet langdurig (langer dan 2 minuten) boven de 70% van de totaal beschikbare sleepbootkracht mag komen. Voor de bij deze studie gebruikte ASD sleepboten met een maximale bollard pull van 60 ton geldt een limiet van 70% = 42 ton per boot. Voor de ASD sleepboten met een maximale bollard pull van 70 ton geldt een limiet van 70% = 49 ton per boot.

Bij de vaarten waarbij één voorboot en twee achterboten worden gebruikt, wordt de totaal gebruikte sleepbootkracht op het achterschip geanalyseerd en getoetst aan het criterium. Er wordt dus getoetst op de gemiddeld gebruikte kracht van de twee achterboten samen. Als één achterboot bijvoorbeeld over het criterium gaat en de andere achterboot is nauwelijks gebruikt voldoen de twee achterboot samen wel aan het criterium en wordt het gebruik van de achterboot samen als veilig beoordeeld.

5.4.3 Criteria voor botssnelheden

Na de invaart van de sluis zal de loods het schip in principe gecontroleerd laten landen op de drijfrahmen. Hierbij wordt een dwarssnelheid van maximaal 0,1 kn als veilig beschouwd (ter plaatse van het eerste raakpunt van het schip met het drijfraam). Boven deze dwarssnelheid kan er schade worden verwacht aan de drijfrahmen. Als de krachten op de boeg van het schip te groot worden voor de voorboot zal het schip minder gecontroleerd landen met een hogere dwarssnelheid.

Omdat de botssnelheid een belangrijke parameter is voor de veiligheid en schade is voor elke run de dwarssnelheid vlak voor de eerste aanraking met de drijfrahmen bepaald. Tevens is uit het verloop van de giersnelheid van het schip en de optredende krachten bepaald of de landing op de drijfrahmen gecontroleerd was. Voor de giersnelheid is geen criterium gegeven maar bij het plotseling oplopen van de giersnelheid en niet meer merkbaar afnemen door acties van de voorsleepboot is een landing ongecontroleerd. Dit kan worden veroorzaakt door het plotseling oplopen van de sluiskrachten. Dit wordt dan bevestigd door een te hoge botssnelheid in de voorkomende gevallen.

5.4.4 Benodigde ruimte

De beoordeling van de benodigde ruimte is voor dit onderzoek gebaseerd op de positie en het ruimtebeslag bij de invaart van de haven en het ruimtebeslag bij het oplijnen voor de sluis. Is het ruimtebeslag minder dan 30% van de beschikbare breedte dan is het ruim voldoende. Tussen 30% en 70% van de beschikbare breedte is net voldoende. Boven de 70% van de beschikbare breedte of als het schip de teen van het talud overschrijdt, is de beoordeling "onvoldoende".

5.4.5 Beoordeling 'vlotheid'

De 'vlotheid' van de manoeuvres wordt beoordeeld aan de hand van de min of meer constante snelheid tijdens de invaart van de haven, de lengte van afstoppen en de min of meer constante snelheid die het schip heeft, nadat de boeg de ingang veilig is gepasseerd. De startposities in de scenario's waren zodanig dat een run in ca. 25 minuten uitgevoerd kon worden. Als hier sterk van afgeweken is, is dit in de waardering van de vlotheid tot uitdrukking gebracht.

6 RESULTATEN VAN DE REAL-TIME SIMULATIES

6.1 Inleiding

De resultaten van de simulaties zijn geanalyseerd met behulp van de door de loodsen en instructeur gegeven beoordeling en op grond van een analyse van de numerieke resultaten, zoals verloop van de vaarsnelheid, controleerbaarheid van de manoeuvre (gebruik roer/schroef en sleepboten) en het optreden van de sluiskrachten en de landing op de drijfrahmen/sluiswand. De beoordeling is per vaart uitgevoerd, waarna deze per serie zijn samengevat. Tabel 6-1 geeft een voorbeeld van een beoordelingstabel voor de familiarisatieruns.

Tabel 6-1 Voorbeeld beoordelingstabel Familiarisatie runs

Run	Starttijd	Stroom	Wind	Manoeuvre	FMB \FMB II	CMS	Target	Instr.	N/O	Algemene indruk	Controleerbaarheid	Invaart/uitvaart	Sluis nadering	Invaart/uitvaart sluis	Schroef/roer	Sleepboot	Botssnelheden	Ruimtegebruik	Vlotheid	Totaal
38	11:20	stil van hoog	E6	Invaart zee - sluis	Bulk_366_49_14.5	sleepboten	Bulk_265_40_12.5	5	5	5	5	5	5	5	5	4		5	5	4
39	10:10	2.2 kts vloed	ZW6	Invaart zee - sluis	Bulk_366_49_14.5	sleepboten	Bulk_265_40_12.5	3	5	5	5	5	5	5	5	3		4	5	3
41	11:20	stil van hoog	NW5	Invaart zee - sluis	Con_366_49_14.5	sleepboten	Bulk_265_40_12.5	4	5	5	5	5	5	5	5	3		4	5	3

De tabel bevat de volgende resultaten:

- Kolom 1: Runnummer;
- Kolom 2 en 3: Tij/stroomconditie (10:20 is hoog water);
- Kolom 4: Windconditie;
- Kolom 5: Manoeuvre;
- Kolom 6: Schepen op FMBII (en FMB I in geval van gecombineerde bruggen);
- Kolom 7: beschikbaarheid bemande sleepbo(o)t(en);
- Kolom 8: Target schip (automaat gestuurd) dat de sluis uit komt varen;
- Kolom 9 en 10: Beoordeling door instructeur: Algemene indruk (kolom 9) van de gehele vaart⁷ en effect van verbeteringsmaatregelen (kolom 10);
- Beoordeling door de loods⁸:
 - Kolom 11: Algemene indruk van de gehele vaart (schaal: 1 = onveilig, 5 = veilig);
 - Kolom 12: Controleerbaarheid van het schip (schaal: 1 = niet controleerbaar, 5 = goed controleerbaar);
 - Kolom 13: Invaart/uitvaart van de voorhaven (schaal: 1 = onveilig, 5 = veilig);
 - Kolom 14: Nadering van de sluis (schaal: 1 = onveilig, 5 = veilig);
 - Kolom 15: invaart/uitvaart van de sluis (schaal: 1 = onveilig, 5 = veilig);;
- Numerieke analyse:
 - Kolom 16: Veiligheidsindex gebruik roer/schroef (zie paragraaf 5.4.2);
 - Kolom 17: Numerieke score van sleepkracht van de sleepboten (zie paragraaf 5.4.2);

⁷Aanvullend commentaar op de beoordeling per vaart door de instructeur is verwerkt in de bespreking van de resultaten.

⁸ Voor de beoordeling door loodsen en instructeur worden geen harde criteria gegeven; de beoordeling is gebaseerd op de ervaring van de loodsen en gerelateerd aan in de praktijk voorkomende situaties.

- Kolom 18: Dwarssnelheid vlak voor eerste botsing/landing op drijfraam (zie paragraaf 6.4.3);
- Kolom 19: Ruimtegebruik (zie paragraaf 5.4.4);
- Kolom 20: Vaarsnelheid (zie paragraaf 5.4.5);
- Kolom 21: Totaal score (minimum van de score op de andere aspecten in de kolommen 10 t/m 20).

Wanneer een aspect niet van toepassing is, is het betreffende veld open gelaten. Bijvoorbeeld in alle runs is gestopt voordat de sluis ingevaren werd. Bij de vaarten met gecombineerde bruggen is een extra regel toegevoegd met de score van het tweede schip.

In de volgende paragrafen worden de resultaten per serie besproken.

- Serie 1: Simulaties om voor de voorkeursvariant de geschiktheid van de Westbuitenhaven voor tijonafhankelijke vaart te toetsen. Een onderverdeling wordt gemaakt naar:
- Invaart vanaf zee;
 - Invaart vanaf Antwerpen;
 - Uitvarend naar zee;
 - Uitvarend naar Antwerpen.
- Serie 2: Simulaties om de beschikbare ruimte voor sleepbootassistentie in de Westbuitenhaven te evalueren;
- Serie 3: Simulaties om in aanvulling op het eerdere onderzoek de geschiktheid van de voorkeursvariant voor de tijafhankelijke vaart te toetsen;
- Serie 4: Check van de geschiktheid van de voorkeursvariant aan de kanaalzijde (aanvulling op het eerdere onderzoek);
- Serie 5: Simulaties om de passeermogelijkheden voor de binnanvaart naar de Oostsluis (kanaalzijde) te evalueren.

6.2 Resultaten Serie 1

6.2.1 Invaart vanaf zee

De resultaten voor serie 1.1 staan samengevat in Tabel 6-2. Het betreft invaarten van de voorhaven vanaf zee komend met de 265 m bulkcarrier. De vaarten worden door de loods en over het algemeen als veilig of goed beoordeeld (kolom algemene indruk). In een aantal gevallen als op de grens en in één geval (run 3) als “onveilig”. We bespreken de “grensgevallen”.

In run 3 probeerde de loods zonder hulp van de sleepboten te stutten met als gevolg dat hij vol achteruit moest slaan om de vaart er nog op tijd uit te krijgen. Het oordeel van de loods was dat er voldoende ruimte was, maar dat de gekozen snelheid voor het opvaren van de haven veel te hoog was. Run 5 was hiermee vergelijkbaar. Ook in dat geval was de snelheid te hoog. Tijdig inzetten van de sleepboten en oefening kan dit soort situaties voorkomen. Dit was onder andere zichtbaar in run 37. In dat geval zit dan wel het sleepbootgebruik aan de grens, hoewel er nog voldoende marge overblijft. Dit geeft aan dat 60 ton bollard pull voldoende is. In run 108 bleef de opvaart teveel aan de westkant van de haveningang, maar was dit geen aanleiding tot problemen. De loods gaf aan dat vooral oefening nodig is. In run 110 koos de opvaart er voor om het schip op de haven door te laten draaien naar stuurboord in verband met het uitvarend schip uit de sluis. Hij moest daardoor achteraf zwaar corrigeren. Eerder stutten bij het opdraaien had dit

voorkomen. In run 112 tenslotte dwong de uitvaart van de sluis bakboord bakboord af, maar wachtte niet. Hierdoor moest de opvaart met veel vermogen proberen voor de afvaart weg te komen. Beter is om in deze situatie stuurboord stuurboord te ontmoeten of anders als afvaart te wachten zuid van de sleepboothaven.

De beoordeling van de runs is ook redelijk in lijn met de eerste indruk van de instructeur. Na bespreking wordt in veel gevallen aangegeven dat de situatie als veilig of minstens goed beoordeeld moet worden (kolom N\O). Wel is de snelheid bij het invaren relatief hoog (invaarstrategie) en is het nodig om de achter sleepboot te laten assisteren bij het stutten en enige tijd (ca. 5 minuten) achteruit te laten trekken om het schip op tijd de snelheid te laten verminderen voor het oplijnen en invaren van de sluis. In de numerieke beoordeling krijgt het sleepbootgebruik dan ook een lage score, hoewel in de meeste gevallen nog net aan het criterium voldaan wordt (score 3). Dat wil zeggen de veiligheidsmarge van 30% is nog beschikbaar. Hetzelfde geldt voor het schroef/roer gebruik. Het roer ligt een aantal minuten maximaal aan stuurboord om voldoende draaisnelheid op te bouwen om de haven op te draaien.

De ruimte in de haveningang is voldoende om in alle stroomcondities met het 265 m schip vanaf zee de haven op te varen en ook op de haven is voldoende ruimte om op te lijnen voor de sluisinvaart en/of te reageren op uitvarend verkeer. Deze conclusie veronderstelt dat het gesimuleerde stroomveld overeenkomt met het werkelijke stroomveld. Na realisatie van de voorhavenplannen dienen de stroombeelden te worden geverifieerd.

Tabel 6-2 Resultaten van serie 1.1

Run	Starttijd	Stroom	Wind	Manoeuvre	FMB \ FMB II	CMS	Target	Instr.	N/O	Algemene indruk	Controleerbaarheid	Invaart/uitvaart	Sluis nadering	Invaart/uitvaart sluis	Schroef/roer	Sleepboot	Botssnelheden	Ruimtegebruik	Vlotheid	Totaal
1	8:45	3 kts vloed	ZW1	Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	5	5	5	5	5			5	5		5	5	5
2	12:40	2.5 kts eb	ZW1	Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	5	5	5	5	5			3	5		5	5	3
3	9:20	3.5 kts vloed	ZW1	Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	2	5	1	5	5	1		5	4		4	4	1
4	13:00	3 kts eb	ZW1	Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	3	4	5	5	5			3	3		5	5	3
5	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	3	4	3	3	3	3		5	3		3	4	3
6	9:20	3.5 kts vloed	ZW6	Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	4	4	5	5	5			5	4		5	4	4
7	13:00	3 kts eb	E6	Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	4	4	5	5	5	5		3	5		5	5	3
37	9:20	3.5 kts vloed	ZW1	Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5	Sleepboot	Bulk_265_40_12.5	5	5	5	5	5			3	3		4	5	3
42	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5	Sleepboot	Bulk_265_40_12.5	3	5	3	1	1			2	4		3	3	1
45	13:00	3 kts eb	E6	Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5	Sleepboot	Bulk_265_40_12.5	4	5						3	3		5	5	3
108	13:00	3 kts eb	E6	Uitvaart sluis - Antwerpen	Bulk_265_40_12.5			3	5	3	5	3		5	2	3		3	4	2
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5					3	5	3	5	5	5	3		4	5	
109	13:00	3 kts eb	NW6	Uitvaart sluis - Antwerpen	Bulk_265_40_12.5			1	5	5	5	5			1	2		2	4	1
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5					5	5	5	5	5	5	3		3	4	
110	9:20	3.5 kts vloed	ZW6	Uitvaart sluis - zee	Bulk_265_40_12.5			3	5	5	5	5	3		2	4		5	5	2
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5					3	3	3	3		3	2		3	3	
111	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Uitvaart sluis - zee	Bulk_265_40_12.5			3	5						4	3		5	5	2
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5										3	2		2	4	
112	13:00	3 kts eb	E6	Uitvaart sluis - zee	Bulk_265_40_12.5			3	5	5	5	5		5	5	3		5	4	1
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5					3	3	3	1		3	4		4	3	
115	13:00	3 kts eb	NW6	Uitvaart sluis - Antwerpen	Bulk_265_40_12.5			1	5	4	5	4	5	5	2	4		2	3	2
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5					5	5	5	5	5	5	4		5	5	

6.2.2 Invaart vanaf Antwerpen

De resultaten voor serie 1.2 staan samengevat in Tabel 6-3. Het betreft invaarten van de voorhaven vanaf Antwerpen komend met de 265 m bulkcarrier in combinatie met een vloedstroom. In alle gevallen lukt het met inzet van alle middelen (roer, sleepboten) om voldoende draai op te bouwen voor het opvaren van de haven, maar zijn er onvoldoende middelen beschikbaar om de draaisnelheid in stand te houden als het schip met een relatief hoge voorwaartse snelheid en driftsnelheid van het diep water op de Schelde het ondiepe water van de voorhaven opvaart. De snelle afbouw van de draaisnelheid is het gevolg van de combinatie van een hoge voorwaartse snelheid, een hoge driftsnelheid en beperkte waterdiepte. Zo gauw de voorwaartse snelheid afgebouwd is, kan de draaisnelheid wel weer opgebouwd worden, maar het schip is dan al veel te veer aan de westkant van de haven terecht gekomen.

Geconcludeerd wordt dat opvaren van de haven vanaf Antwerpen met dit schip (bul_265_40_12.5) alleen mogelijk is in een periode rond stil van hoog.

Tabel 6-3 Resultaten van serie 1.2

Run	Starttijd	Stroom	Wind	Manoeuvre	FMB \FMB II	CMS	Target	Instr.	N/O	Algemene indruk	Controleerbaarheid	Invaart/uitvaart	Sluis nadering	Invaart/uitvaart sluis	Schroef/roer	Sleepboot	Botssnelheden	Ruimtegebruik	Vlotheid	Totaal	
8	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Invaart Antwerpen - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	1		1		1			1				1	1	1
9	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Invaart Antwerpen - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	1		1		1			1				1	1	1
10	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Invaart Antwerpen - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	1		1		1			1				1	1	1
13	8:20	2.5 kts vloed	NW6	Invaart Antwerpen - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	1							1				1	1	1
14	8:20	2.5 kts vloed	NW6	Invaart Antwerpen - sluis	Bulk_265_40_12.5		Bulk_265_40_12.5	1		1		1			1				1	1	1
46	6:45	1.5 kts vloed	NW6	Invaart Antwerpen - sluis	Bulk_265_40_12.5	Sleepboot	Bulk_265_40_12.5	1	1	3	3	3			1	3			1	1	1

6.2.3 Uitvarend naar zee

De resultaten voor serie 1.3 staan samengevat in Tabel 6-4. Het betreft uitvaren van de sluis en voorhaven richting zee. Het uitvaren van de haven verloopt zowel bij de maximale ebstroom als bij de maximale vloedstroom probleemloos.

In run 11 markeert de loods de uitvaart van de sluis als onveilig in verband met het ontbreken van de drijfrahmen.

Tabel 6-4 Resultaten van serie 1.3

Run	Starttijd	Stroom	Wind	Manoeuvre	FMB \FMB II	CMS	Target	Instr.	N/O	Algemene indruk	Controleerbaarheid	Invaart/uitvaart	Sluis nadering	Invaart/uitvaart sluis	Schroef/roer	Sleepboot	Botssnelheden	Ruimtegebruik	Vlotheid	Totaal
11	9:20	3.5 kts vloed	E6	Uitvaart sluis - zee	Bulk_265_40_12.5			5	5	5	5	5	5	1	3	5		5	5	1
110	9:20	3.5 kts vloed	ZW6	Uitvaart sluis - zee	Bulk_265_40_12.5			3	5	5	5	5	3	2	4			5	5	2
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5					3	3	3	3		3	2		3	3	
111	9:20	3.5 kts vloed	NW6	Uitvaart sluis - zee	Bulk_265_40_12.5			3	5						4	3		5	5	2
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5										3	2		2	4	
112	13:00	3 kts eb	E6	Uitvaart sluis - zee	Bulk_265_40_12.5			3	5	5	5	5	5	5	5	3		5	4	1
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5					3	3	3	1		3	4		4	3	

6.2.4 Uitvarend naar Antwerpen

De resultaten voor serie 1.4 staan samengevat in Tabel 6-5. Het betreft uitvaren van de sluis en voorhaven richting Antwerpen. De verwachting is dat uitvaren richting Antwerpen in combinatie met een vloedstroom geen problemen geeft. De runs hebben zich daarom geconcentreerd op de maximale ebstroom.

In alle gevallen wordt na bespreking geconcludeerd dat de rivier opvaren in deze condities goed mogelijk is, maar is het wel noodzakelijk dat al op de haven voldoende opgelijnd wordt, voordat de rivier opgevaren wordt. Dit is kan bereikt worden door voldoende oefening in deze condities.

Opnieuw wordt aangegeven dat het uitvaren van de sluis onveilig is door het ontbreken van de drijfrahmen.

Tabel 6-5 Resultaten van serie 1.4

Run	Starttijd	Stroom	Wind	Manoeuvre	FMB \ FMB II	CMS	Target	Instr.	N/O	Algemene indruk	Controleerbaarheid	Invaart/uitvaart	Sluis nadering	Invaart/uitvaart sluis	Schroef/roer	Sleepboot	Botssnelheden	Ruimtegebruik	Vlotheid	Totaal
12	13:00	3 kts eb	E6	Uitvaart sluis - Antwerpen	Bulk_265_40_12.5			4	5	5	5	5		1	2	5		4	5	1
108	13:00	3 kts eb	E6	Uitvaart sluis - Antwerpen	Bulk_265_40_12.5			3	5	3	5	3		5	2	3		3	4	2
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5					3	5	3	5	5	5	3		4	5	
109	13:00	3 kts eb	NW6	Uitvaart sluis - Antwerpen	Bulk_265_40_12.5			1	5	5	5	5			1	2		2	4	1
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5					5	5	5	5	5	5	3		3	4	
115	13:00	3 kts eb	NW6	Uitvaart sluis - Antwerpen	Bulk_265_40_12.5			1	5	4	5	4	5	5	2	4		2	3	2
				Invaart zee - sluis	Bulk_265_40_12.5					5	5	5	5	5	5	4		5	5	

6.3 Resultaten Serie 2

Tijdens de simulaties met de bemane sleepboten kwam de vraag naar boven of de sleepboten voldoende capaciteit zouden hebben om een afvarend schip in ballast bij een harde west of zuidwesten wind (Bft 8) onder controle te houden en weg te houden bij de sleepboothaven die aan de oostzijde van de Westbuitenhaven geprojecteerd is.

In dit geval werd een panamax bulk carrier in ballast geassisteerd door twee sleepboten (bemand), één midden voor en één midden achter. Uiteindelijk bleek dat het schip al met één sleepboot midden voor gecontroleerd kon worden.

Wel was het moeilijk om de bulkcarrier in de sluis vrij van de wand te houden (geen drijfrahmen). We zien dit terug in de score voor de uitvaart van de sluis en de algemene indruk.

Tabel 6-6 Resultaten van serie 2

Run	Starttijd	Stroom	Wind	Manoeuvre	FMB \ FMB II	CMS	Target	Instr.	N/O	Algemene indruk	Controleerbaarheid	Invaart/uitvaart	Sluis nadering	Invaart/uitvaart sluis	Schroef/roer	Sleepboot	Botssnelheden	Ruimtegebruik	Vlotheid	Totaal
43	9:20	3.5 kts vloed	ZW8	Uitvaart sluis - zee	Panamax II	sleepboten		4	5	3	5	5		3	5	4		4	3	3
44	9:20	3.5 kts vloed	ZW8	Uitvaart sluis - zee	Panamax II	sleepboten		5	5	3	5	3		3	5	5		5	3	3

6.4 Resultaten Serie 3

De resultaten voor serie 3 staan samengevat in Tabel 6-7. In de eerdere studie was al geconcludeerd dat, als de haventoeegang voldoende breed was, het opvaren van de haven met de grootste schepen rond stil van hoog vanaf zee geen probleem zou zijn. Een stroompoort van 2 kt vloedstroom tot 0.75 kt ebstroom is daarbij haalbaar.

De runs hebben nu laten zien dat dit ook met twee achtersleepboten van 60 ton BP goed en veilig uitvoerbaar is. Wel is opgemerkt dat het nodig is om te wennen aan de afmetingen van het schip (oefening).

Tabel 6-7 Resultaten van serie 3

Run	Starttijd	Stroom	Wind	Manoeuvre	FMB \ FMB II	CMS	Target	Instr.	N/O	Algemene indruk	Controleerbaarheid	Invaart/uitvaart	Sluis nadering	Invaart/uitvaart sluis	Schroef/roer	Sleepboot	Botssnelheden	Ruimtegebruik	Vlotheid	Totaal
38	11:20	stil van hoog	E6	Invaart zee - sluis	Bulk_366_49_14.5	sleepboten	Bulk_265_40_12.5	5	5	5	5	5	5	5	5	4		5	5	4
39	10:10	2.2 kts vloed	ZW6	Invaart zee - sluis	Bulk_366_49_14.5	sleepboten	Bulk_265_40_12.5	3	5	5	5	5	5	5	5	3		4	5	3
41	11:20	stil van hoog	NW5	Invaart zee - sluis	Con_366_49_14.5	sleepboten	Bulk_265_40_12.5	4	5	5	5	5	5	5	5	3		4	5	3



Figuur 6-1 Ontmoeting in de Westbuitenhaven (run 41)

6.5 Resultaten Serie 4

Tabel 6-8 Resultaten van serie 4

Run	Starttijd	Stroom	Wind	Manoeuvre	FMB I\FMB II	CMS	Target	Instr.	N/O	Algemene indruk	Controleerbaarheid	Invaart/uitvaart	Sluis nadering	Invaart/uitvaart sluis	Schroef/roer	Sleepboot	Botssnelheden	Ruimtegebruik	Vlotheid	Totaal
40	16:20	nvt	ZW6	Invaart kanaal - sluis	Bulk_366_49_9	sleepboten		3	4	3	1		3	3	5	5		4	3	1
113	16:20	nvt	E6	Uitvaart sluis - kanaal	Bulk_265_40_12.5			5	5	5	5			5	5	5		5	5	4
				Invaart kanaal - sluis	Panamax II					5	5	5	5	5	5	4		4	5	
114	16:20	nvt	ZW6	Uitvaart sluis - kanaal	Bulk_265_40_12.5			3	5	5	5	5		5	5	5		5	4	4
				Invaart kanaal - sluis	Panamax II					5	5		5		5	5		4	4	

In het eerdere onderzoek was al vastgesteld dat de voorkeursvariant met een 5° verdraaiing de meeste ruimte creëert voor de afwikkeling van het scheepvaartverkeer aan de kanaalzijde. Een aantal runs zijn uitgevoerd om dit te bevestigen. De resultaten staan weergegeven in Tabel 6-8.

In run 40 waren er voldoende ruimte en middelen beschikbaar. De vaarsnelheid was aan de hoge kant en vlak voor het invaren van de sluis was de driftsnelheid onvoldoende onder controle waardoor er veel onrust was tijdens het invaren. Het was hier beter geweest om iets meer rust te nemen en bij deze wind de boot in de zij gebruiken om de drift onder controle te houden.

De runs 113 en 114 zijn uitgevoerd om na te gaan of tegelijkertijd uitvaart uit de nieuwe sluis en invaart naar de nieuwe sluis goed afgewikkeld kon worden. Het is van belang om hier heldere afspraken te maken voor het passeren. Bij ZW wind heeft de schroefstraal van de sleepboot invloed op de afgemeerde binnenvaart. Overwogen moet worden om een geleidewerk langs de oostelijke noodsteiger ook onder water aan te brengen om de schroefstraal te breken. Verder probleemloos.

6.6 Resultaten Serie 5

Tabel 6-9 Resultaten van serie 5

Run	Starttijd	Stroom	Wind	Manoeuvre	FMB I	FMB II	Instr.	N/O	Algemene indruk	Controleerbaarheid	Invaart/uitvaart	Sluis nadering	Invaart/uitvaart sluis	Schroef/roer	Sleepboot	Botssnelheden	Ruimtegebruik	Vlotheid	Totaal
121	16:20	nvt	ZW6	Ontmoeting Schependijk	Klasse Va	Klasse Va	5	5						5			5	4	3
122	16:20	nvt	E6	Ontmoeting Schependijk	2baks duwstel	2baks duwstel	5	5						3			3	5	3
123	16:20	nvt	ZW6	Ontmoeting noodsteiger	2baks duwstel	2baks duwstel	4	4									4		4
124	16:20	nvt	E6	Ontmoeting noodsteiger	2baks duwstel	2baks duwstel	2	2						5			3	5	2
125	16:20	spuistroom	E6	Ontmoeting Schependijk	Klasse Va	Klasse Va	5	5						5			5	4	4
126	16:20	spuistroom	E6	Ontmoeting Schependijk	2baks duwstel	2baks duwstel	3	3						4			2	5	2
127	16:20	spuistroom	E6	Ontmoeting Schependijk	2baks duwstel	2baks duwstel	2	2						3			2	5	2

Doel van deze serie simulaties is om de mogelijke beperkingen te onderzoeken voor de in- en uitvaart van de binnenvaart naar de Oostsluis aan de kanaalzijde. De beperkingen kunnen ontstaan door:

- De beperkte breedte in het toegangskanaal tussen de nieuwe sluis en de Schependijk;
- De beperkte breedte tussen de noodsteiger en de kade aan de zuidzijde van de noodsteiger;
- Effect van instroom van spuiwater naar het tijdelijke spuumiddel aan de westkant van het toegangskanaal naar de Oostsluis.

Een aantal runs is uitgevoerd waarbij een schip de sluis uit komt varen en een afvarend schip naar de sluis toe vaart. Aan de schippers is gevraagd om elkaar indien mogelijk, afhankelijk van het scenario, te passeren in het toegangskanaal tussen de nieuwe sluis en de Schependijk of tussen de noodsteiger en de kade aan de zuidzijde van de noodsteiger. In eerste instantie lagen er alleen binnenvaart schepen afgemeerd langs de noodsteiger. In de bespreking na de eerste runs werd aangegeven dat er regelmatig Ook schepen afgemeerd liggen bij de Schependijk en langs de kade ter hoogte van de noodsteiger. Vanaf run 124 zijn er ook in de gesimuleerde scenario's schepen afgemeerd op deze locaties. Deze schepen zijn ook zichtbaar in de trackplots (zie bijlage C).

De schippers hebben geen enquête ingevuld, maar na iedere run is gevraagd hoe ze de ontmoeting waardeerden Dit is meegenomen in de score voor het ruimtegebruik. De resultaten staan in Tabel 6-9.

Voor het Klasse Va schip is er in het toegangskanaal langs de Schependijk voldoende ruimte om een Klasse Va schip te ontmoeten. Ontmoeten met een breed tweebaks duwstel kan alleen onder de voorwaarde dat er in verband met de strekking van het kanaal geen schepen afgemeerd liggen aan de westzijde. Aan de oostzijde van het toegangskanaal kan hoogstens één breed (11,4 m) afgemeerd worden. Tweebaksduwstelen onderling kunnen alleen ontmoeten als er geen schepen afgemeerd liggen. Voor lege eenheden wordt naar oordeel van de schippers de ruimte wel erg smal (dit laatste is niet gesimuleerd).

De spuistroom had relatief weinig effect op zowel het Klasse Va schip als op het tweebaksduwstel. In run 126 wachtte het uitvarende schip erg lang, waardoor de ontmoeting in het smalste deel van het toegangskanaal plaatsvond. De ruimte is hier te krap.

Om de gevoeligheid voor de spuistroom te onderzoeken is de instroom snelheid van het spuumiddel verdubbeld (run 127). Hieruit bleek dat het effect ook in dat geval voor het Klasse Va schip beperkt blijft en hanteerbaar is. Voor het duwstel was het effect te sterk en niet meer controleerbaar.

Met een afgemeerd schip aan de oostzijde ter hoogte van de zuidkant van de noodsteiger vonden de schippers een ontmoeting op deze locatie niet verantwoord.

6.7 Ervaringen van de loodsen en de instructeur

Op de enquêteformulieren hebben de loodsen opmerkingen gemaakt, naar aanleiding van de betreffende vaarten. Deze opmerkingen zijn meegenomen in de conclusies van dit onderzoek. De instructeur en de loodsen hebben naast de beoordeling per run op verzoek van MARIN achteraf ook in algemene termen een beoordeling gegeven, waarbij ook niet direct aan de vaarten gerelateerde onderwerpen aan de orde zijn gekomen.

Hier volgt een samenvatting van de voor dit onderzoek relevante opmerkingen van loodsen en instructeur:

- Voor het veilig en vlot in- en uitvaren van de sluis worden drijfrahmen noodzakelijk geacht. De drijfrahmen komen de vlotheid ten goede (er kan sneller ingevaren worden) en beperken schades aan het schip en de kolkwand. Zonder drijfrahmen moet gerekend worden met significant langere invaartijden;
- Om de capaciteit van het complex ten volle te benutten zijn heldere verkeersafspraken met het overige verkeer noodzakelijk;
- Inzet van goed manoeuvreerbare sleepboten, zoals o.a. ASD sleepboten, is nodig om in de toekomst met de grootste bulkcarriers te kunnen manoeuvreren. De ervaring is nu dat twee sleepboten van 60 ton BP achter voldoende is voor de grootste bulkcarrier. De kleinere bulkcarrier (bulk_265_40_12.5) heeft genoeg aan één boot achter (en één voor in beide gevallen). Bij veel zijwind moet een extra boot beschikbaar zijn voor assistentie in de zij;
- Uit de simulaties kwam vooral naar voren dat de voorkeursvariant wat betreft de breedte van haveningang en de ruimte in de Westbuitenhaven voldoet, mits er voldoende gelegenheid is om te trainen en te wennen aan de nieuwe situatie en de stroombeelden in de praktijk in voldoende mate overeenkomen met de berekende stroombeelden die gebruikt zijn tijdens de simulaties. Parallel aan het uitwerken van de plannen van de sluis dient ook al gestart te worden met uitwerken en uitvoeren van de trainingen. Het is daarvoor van belang dat de loodsen al in een vroeg stadium de beschikking krijgen over de definitieve ontwerptekeningen;
- Na realisatie van de voorhavenplannen dienen de stroombeelden te worden geverifieerd. Voor de tijonafhankelijke vaarten dient onderzocht te worden of het mogelijk is om aan de hand van een actuele stroommeting op een representatieve locatie een voorspelling te maken van de te verwachten stroomsnelheid tijdens het opvaren van de haven op basis waarvan het tijdstip van opvaren besloten kan worden.

7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De hieronder beschreven conclusies en aanbevelingen volgen uit de resultaten van het nautisch onderzoek voor het vaststellen of de voorkeursvariant voldoet aan de nautische randvoorwaarden van vlot en veilig. De studie is een aanvulling op het eerdere onderzoek [6], waarbij een aantal basisvarianten onderling vergeleken zijn. Onderwerpen die in dit aanvullende onderzoek aan de orde zijn gekomen, zijn de geschiktheid van de Westbuitenhaven in de voorkeursvariant voor tijonafhankelijke vaart, geschiktheid van de voorkeursvariant voor de tijafhankelijke vaart en de toegankelijkheid van de Oostsluis vanaf de kanaalzijde in de voorkeursvariant.

Bij de uitgevoerde real-time simulaties zijn de, tijdens de invaart optredende hydrodynamische interactiekrachten tussen schip en sluis in rekening gebracht middels het aan de simulator gekoppelde programma DELPASS (voor dwarskrachten en momenten). De langskrachten zijn gecorrigeerd aan de hand van vooraf uitgevoerde WAROS berekeningen.

De conclusies zijn voor de voorkeursvariant gebaseerd op de analyse van de numerieke resultaten, de beoordeling door de schippers, loodsen en de instructeur, inclusief de aanvullende opmerkingen en aanbevelingen van de loodsen en instructeur die in het onderzoek betrokken waren.

CONCLUSIES:

Geschiktheid voor tijonafhankelijke vaart:

- De ruimte in de haveningang is voldoende om in alle stroomcondities met het 265 m schip vanaf zee de haven op te varen en ook op de haven is voldoende ruimte om op te lijnen voor de sluis invaart en/of te reageren op uitvarend verkeer. Deze conclusie veronderstelt dat het gesimuleerde stroomveld overeenkomt met het werkelijke stroomveld. Na realisatie van de voorhavenplannen dienen de stroombeelden te worden geverifieerd;
- Opvaren van de haven vanaf Antwerpen met het 265 m schip met een diepgang van 12,5 m is alleen mogelijk in een periode rond stil van hoog;
- Het uitvaren van de haven richting zee is zowel bij de onderzochte maximale ebstroom als maximale vloedstroom goed en veilig uitvoerbaar;
- De rivier opvaren richting Antwerpen is goed mogelijk, mits al op de haven voldoende opgelijnd wordt, voordat de rivier opgevaren wordt. Deze manoeuvre vereist training vooraf.

Beschikbare ruimte voor sleepbootassistentie in de Westbuitenhaven

- De sleepboten hadden voldoende capaciteit te hebben om een afvarend schip in ballast bij een harde west of zuidwesten wind (Bft 8) onder controle te houden en weg te houden bij de sleepboothaven.

Geschiktheid voor tijafhankelijke vaart (maatgevend schip)

- De resultaten laten zien dat de voorkeursvariant wat betreft de breedte van de haveningang en de ruimte in de Westbuitenhaven voldoet voor de tijafhankelijke vaart. De simulaties hebben laten zien dat dit ook met twee achtersleepboten van 60 ton BP goed en veilig uitvoerbaar is. Wel is opgemerkt dat het nodig is om te wennen aan de afmetingen van het schip.

Geschiktheid kanaalzijde

- De ruimte aan de kanaalzijde is voldoende. Bij tegelijkertijd uitvaart uit de nieuwe sluis en invaart naar de nieuwe sluis is het wel van belang om heldere afspraken te maken voor het passeren. Daarnaast moet overwogen worden om een geleidewerk langs de oostelijke noodsteiger aan de kanaalzijde ook onder water aan te brengen om de schroefstraal van assisterende sleepboten te breken.

Toegankelijkheid van de Oostsluis vanaf de kanaalzijde

- Voor het Klasse Va schip is er in het toegangskanaal langs de Schependijk voldoende ruimte om een Klasse Va schip te ontmoeten. Ontmoeten met een breed tweebaksduwstel kan alleen onder de voorwaarde dat er geen schepen afgemeerd liggen aan de westzijde. Aan de oostzijde van het toegangskanaal kan hoogstens één breed (11,4 m) afgemeerd worden. Tweebaksduwstellen onderling kunnen alleen ontmoeten als er geen schepen afgemeerd liggen. Voor passeren van lege eenheden is naar oordeel van de schippers de ruimte wel erg smal.
- De gesimuleerde spuiroom (160 m³/s) heeft relatief weinig effect op zowel het Klasse Va schip als op het tweebaksduwstel.
- Met een afgemeerd schip aan de oostzijde ter hoogte van de zuidkant van de noodsteiger vonden de schippers een ontmoeting op deze locatie niet verantwoord.

Algemene bevindingen

- Voor het veilig en vlot in- en uitvaren van de sluis worden drijfrahmen noodzakelijk geacht. De drijfrahmen komen de vlotheid ten goede en beperken schades aan het schip en de kolkwand;
- Om de capaciteit van het complex ten volle te benutten zijn heldere verkeersafspraken met het overige verkeer noodzakelijk;
- De stroombeelden op de Westerschelde voor de ingang van de haven kwamen goed overeen met de ervaringen van de loodsen (bij de vorige simulaties [6] werd de stroomsterkte te laag ervaren, waarna deze is aangepast). De gebruikte stroombeelden in de Westbuitenhaven worden als gunstig ervaren voor invaren vanaf zee.
- De resultaten laten zien dat twee sleepboten van 60 ton BP achter voldoende is voor de grootste bulkcarrier. De kleinere bulkcarrier heeft genoeg aan één boot achter (en één voor in beide gevallen). Bij veel zijwind moet een extra boot beschikbaar zijn voor assistentie in de zij;
- Uit de simulaties kwam vooral naar voren dat de voorkeursvariant wat betreft de breedte van haveningang en de ruimte in de Westbuitenhaven voldoet, mits er voldoende gelegenheid is om te trainen en te wennen aan de nieuwe situatie. Parallel aan het uitwerken van de plannen van de sluis dient gestart te worden met uitwerken en uitvoeren van de trainingen.

AANBEVELINGEN:

Op basis van de ervaringen bij de simulaties worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Om in de nieuwe situatie een vlotte en veilige verkeersafwikkeling mogelijk te maken, wordt onder andere training van loodsen met de gewijzigde situatie aanbevolen. Hiervoor is een tijdige toelevering (ca. 2 jaar voor realisatie) van de benodigde informatie (lay-out, ENC, dieptevelden, stroomvelden) noodzakelijk.

- Na realisatie van de voorhavenplannen dienen de stroombeelden te worden geverifieerd.
- Voor de tijonafhankelijke vaarten dient onderzocht te worden of het mogelijk is om aan de hand van een actuele stroommeting op een representatieve locatie een voorspelling te maken van de te verwachten stroomsnelheid tijdens het opvaren van de haven op basis waarvan het tijdstip van opvaren besloten kan worden.

REFERENTIES

- [1] KGT – Zeesluis binnen complex, simulatiestudie; Waterbouwkundig Laboratorium, maart 2010;
- [2] Manoeuvresimulaties zeesluis binnen complex Terneuzen; Waterbouwkundig Laboratorium, maart 2008;
- [3] Fokkema, G.A., WAROS berekeningen van scheeps- en waterbewegingen bij passage van sluizen v 1.10, Waterbouwkundig Laboratorium, Delft, 1992;
- [4] Vrijburcht, A., Berekenen van scheeps- en waterbewegingen bij passage van sluizen, rekenprogramma WAROS, Technical report, Waterbouwkundig Laboratorium, Delft, 1991;
- [5] WAROS-RTS koppeling ten behoeve van simulaties Nieuwe Zeesluis IJmuiden, 1209035-000-HYE-003, Deltares, Delft, 2014;
- [6] Real-time simulaties grote zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen, MARIN Rapport nr. 27565-1-MSCN-rev.1, Document Nr. VNZT-R-093, 23 oktober 2014.
- [7] Stroming in de Westbuitenhaven Terneuzen, 3D-stromingsberekeningen en analyse sedimentatie, Document Nr. VNZT-R-184-0, 23 januari 2015.

BIJLAGE A BESCHRIJVING MARIN SIMULATOREN

MARIN simulators

MARIN operates full mission ship manoeuvring simulators at three different locations:

- MARIN: Wageningen, The Netherlands;
- MARIN USA: Houston, USA;
- Oceanica: Sao Paulo, Brazil.

Depending on the wishes of the client research projects, consultancy and maritime training can be done on each of these locations.

MARIN's nautical centre MSCN (Wageningen)

MARIN's nautical centre MSCN operates three different types of real-time simulators for research, consultancy and training purposes of professional mariners. The simulators can be used separately or combined in the same scenario. The steering controls can be easily adapted to the specifications of the simulated vessel. At MARIN the following 6 real-time simulators are available:

1. Full Mission Bridge I (FMBI): Especially suitable to simulate large ocean-going vessels.
2. Full Mission Bridge II (FMBII): A flexible facility, capable of simulating a wide range of vessels.
3. Four Compact Manoeuvring Simulators (CMS): Smaller simulators that can be used to simulate all kind of tugs and smaller vessels.

Full Mission Bridge I (FMBI)



MARIN
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

This is a fully equipped bridge with 360 degrees visual projected scenery. A mock-up of a real ship bridge is located in the centre of a cylindrical projection wall on which the graphics image is projected. The diameter is 20m and the bridge house is approximately 8m by 6m. The bridge is equipped with realistic consoles and instrumentation, including bridge wing consoles. Bridge and console layout can be adapted according to client wishes or research needs.



FMBI, bridge house with cylindrical projection wall

Full Mission Bridge II (FMBII)



Full Mission Bridge II (FMB II), has a 210 degrees visual projected image. In addition to the projection system, the rear view is presented on three separate displays, thus providing almost 360 degrees view. Additional viewing positions offering a 3D view from any observation point can be installed.

T +31 317 49 39 11
F +31 317 49 32 45

E info@marin.nl
I www.marin.nl

Compact Manoeuvring Simulators (CMS)

The four Compact Manoeuvring Simulators can be divided into:

- Two cubicles with 300 degrees visuals and rear-view monitor
- Two CMS with 180 degrees visuals and rear-view monitor

The four Compact Manoeuvring Simulators are based on exactly the same 'ownship' functionality as the full-mission simulators. The default configuration consists of a U-shape console with steering controls, radar, instruments and bird's eye view showing the area and position of vessels. These facilities are ideal to simulate tugs and smaller vessels, but can also be used for anchor handling or crane operations.



Mathematical modelling

In nautical simulations the mathematical manoeuvring model of the ownship is of major importance. The quality of this model can determine the outcome of a research project and the realism of training to a high degree. MSCN's models are based on extensive research into the field of ship hydrodynamics and port and waterway design. The ownship models have six-degrees-of-freedom (6 DOF) taking into account the influence of all external effects, e.g. wind, waves, tidal currents, bank suction, ship-ship interaction, etc. They are water depth/draft dependent, so the manoeuvring characteristics will vary depending on the actual water depth and the vessel's draught.

MSCN has a large database of mathematical manoeuvring models available. In addition to this, MSCN experts can prepare a dedicated model based on available model tests or manoeuvring tests.

Tugs and Targets

Tugs can be included in MSCN simulators in three different ways:

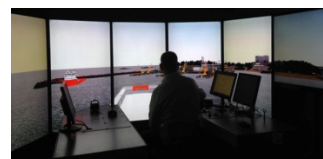
- Controlled from a simulator (FMBII or CMS)
- Instructor controlled tug model (C-tug)
- Instructor controlled forces

The most realistic option is a man controlled tug from another simulator. It has the most realistic behaviour, especially when the tug is controlled by an experienced tug master. However, the instructor controlled tug model also results in realistic behaviour of the tugs.

For the simulation of other traffic MSCN has a large number of target vessels available. Each target consists of a visual representation as well as a mathematical model for realistic manoeuvring.

Sao Paulo and Houston simulators

The simulator facilities in Sao Paulo and Houston use the same software as in Wageningen. Both facilities consist of a primary bridge and have the possibility to include a secondary bridge or Pilot/Captain station. The primary bridge has 360 degrees visuals. The secondary bridge can be used as a second vessel in the simulation or as a tug.



Left: Sao Paulo



right: Houston

Software

All simulators use MERMAID500 and Dolphin simulation software. This software is DNV approved.



More information

A detailed description of the capabilities of MARIN simulators is given in the 'Capability statement'. This document can be obtained through the website (www.marin.nl) or can be provided upon request.

For more information please contact MARIN's Nautical Centre MSCN;
T +31 317 47 99 11
E MSCN@marin.nl

BIJLAGE B BESCHRIJVING DELPASS

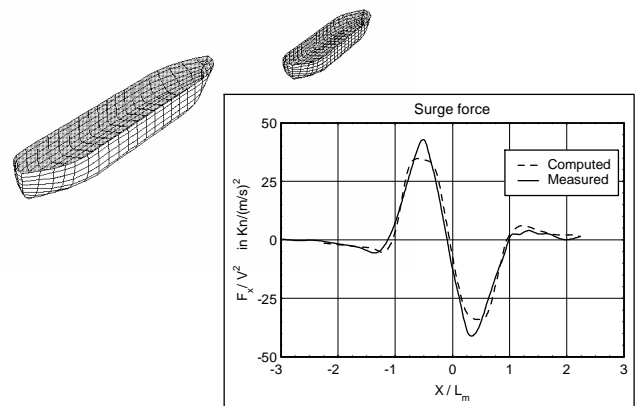
Interaction Effects Due to a Passing Ship

DELPASS

The interaction effects between a moored and one or more passing ships travelling at low speed can be computed by means of methods based on 3-dimensional potential theory. The flow is assumed to be inviscid and incompressible and the passing ships are travelling at low speed. In such cases the so-called “double-body” flow can be applied which assumes that free-surface effects are negligible. In many cases of large vessels travelling slowly this has been shown to be applicable. Exceptions occur when the fairway geometry has discontinuities such as docks and harbours opening onto the fairway. In such cases the disturbances caused by passing ships can set up seiche-like fluid motions in the dock which can be important for the loads on ships moored in the dock. These effects can be modelled by the application of double-body flow computations to describe the disturbance caused by the passing ship at the fairway boundaries and at the moored vessel and by 3-D linear wave diffraction computations to determine the subsequent hydrodynamic response to the disturbance.

Double-body flow computations

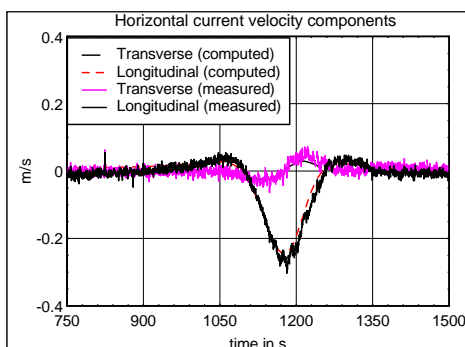
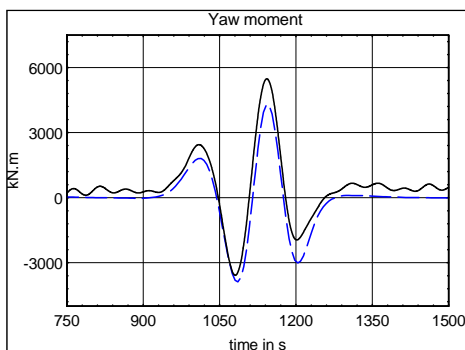
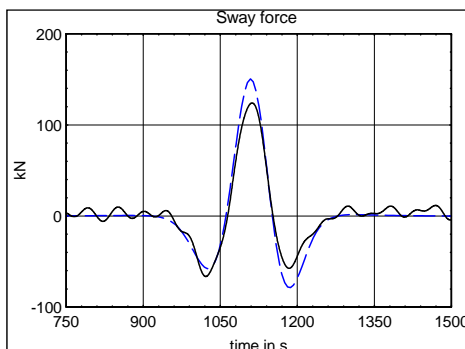
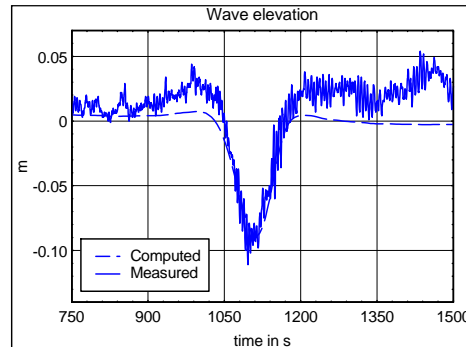
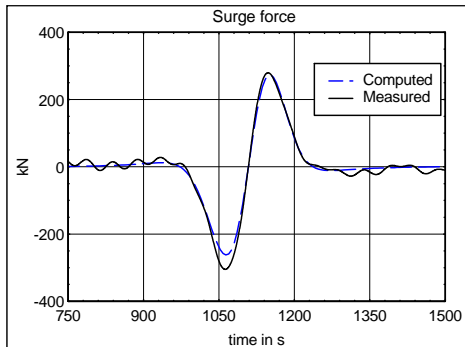
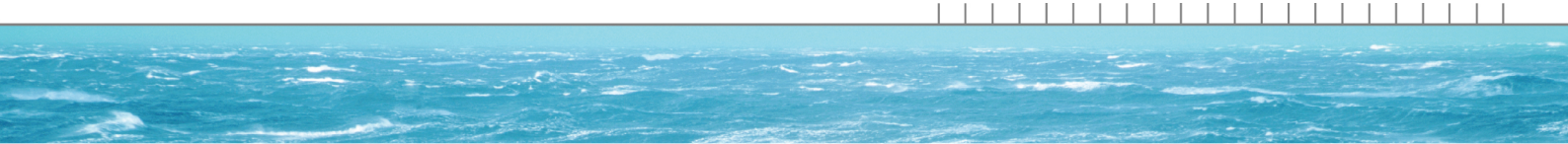
For the case of a vessel moving at a constant speed in a straight fairway with more or less constant cross section, the double-body flow is generally adequate for determining the forces on a moored ship since no significant transient effects will be present in the flow. A program based on double-body flow, DELPASS, has been developed by the department of Ship Hydromechanics at the Delft University of Technology. The program can compute passing ship effects on a moored vessel taking into account the simultaneous effects of one or more passing vessels. The program also takes into account the geometry of the fairway including restricted water depth. The program has been validated by comparing results of computations with results of model tests carried out at MARIN. An example of the comparison is given below for the case of a 257 m long tanker being passed by a 183 m long tanker at a distance (board-to-board) of 30 m in shallow water.



Computations with free-surface effects

As indicated in the introduction, free-surface effects (seiches, solitary waves) are computed by using double-body flow computations to generate the disturbing flow at the fairway boundaries and the moored vessel. Wave diffraction effects, which in this case take place at very low frequencies, are computed by standard 3-D linear diffraction methods. The final results, in terms of fluid velocities, wave elevations, pressures and forces on the moored vessel are obtained from the superposition of the incoming double-body flow and the subsequent diffraction effects. A complete description of the method is given in ref. [1]. Comparisons with full scale results are shown in ref. [2].

Some comparisons between results of computations with free-surface effects and model test results are given in the following figures. The results refer to the case of a large container vessel moored to the side of a fairway. The passing vessel was also a large container vessel. The model tests were carried out by MARIN. Besides the forces acting on the moored vessel, the results show also the horizontal fluid velocities at the half depth of the fairway and the wave elevation (draw-down) at the mid ship of the moored vessel.



The program has been applied in, among others, the following projects:

- Passing ship effects on a moored tanker in the Port of Rotterdam
- Passing ship effects on a moored bulk carrier in the port of IJmuiden
- Study on passing ship effects on large container vessels for a major port extension in the Port of Rotterdam
- Effects of very large container ships passing Ro-Ro vessels in the port of Rotterdam
- Moored chemical products pontoon for world-wide application
- Passing ship effects on container vessels in a South American port
- Passing ship effects on moored Cruise vessels
- Passing ship forces on LNG carriers in the Elba island LNG terminal, Savannah
- Passing ship forces on LNG carriers in the Cameron LNG terminal, Lake Charles

References

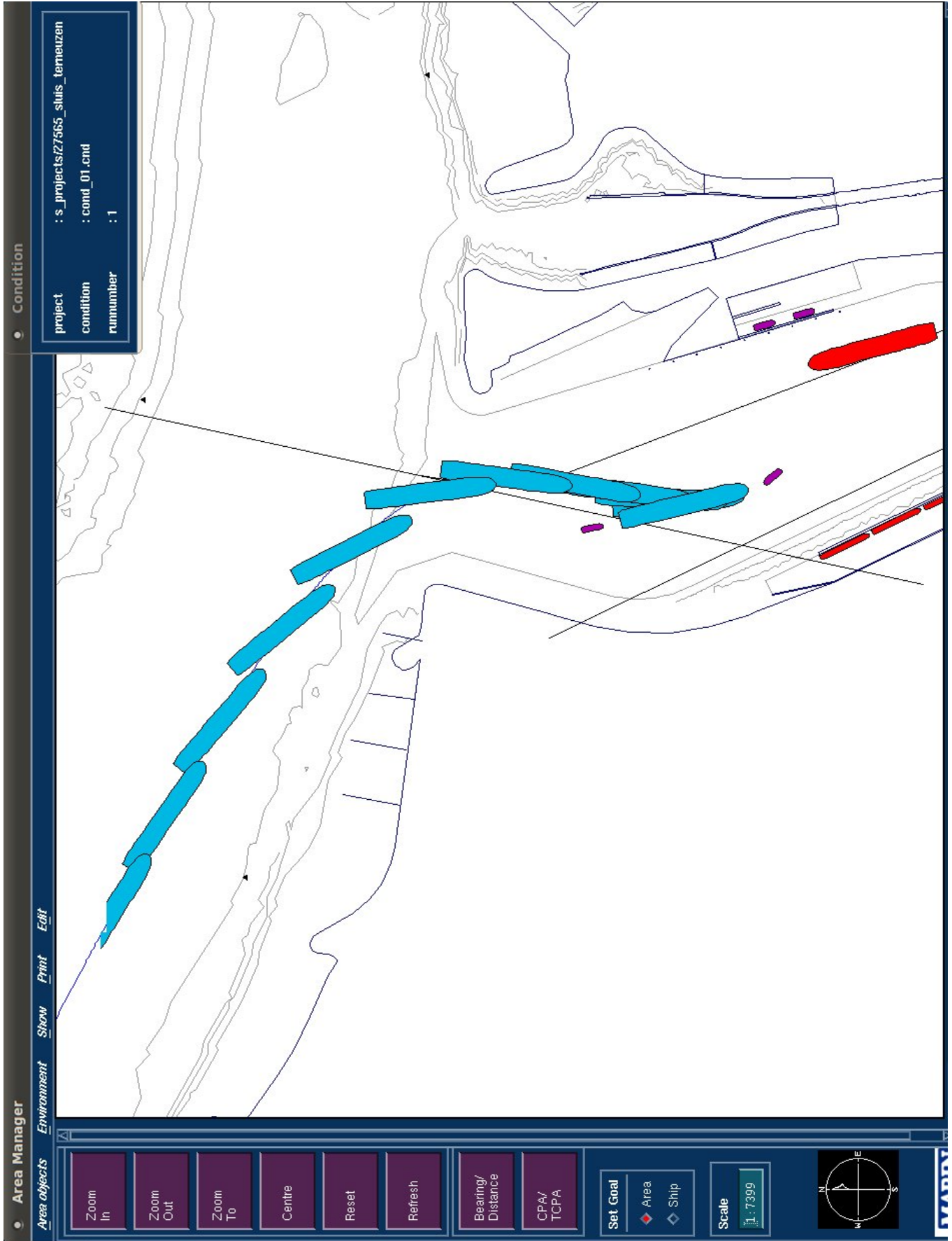
1. Pinkster, J.A.; "The Influence of a Free-surface on Passing Ship Effects", *International Ship Building Progress* 51, No. 4, pp 313-338, 2004.
2. Pinkster, J.A. and Ruijter, M.N.; "The Influence of Passing Ships on Ships Moored in Restricted Water", *Offshore Technology Conference paper OTC16719*, Houston, 2004.

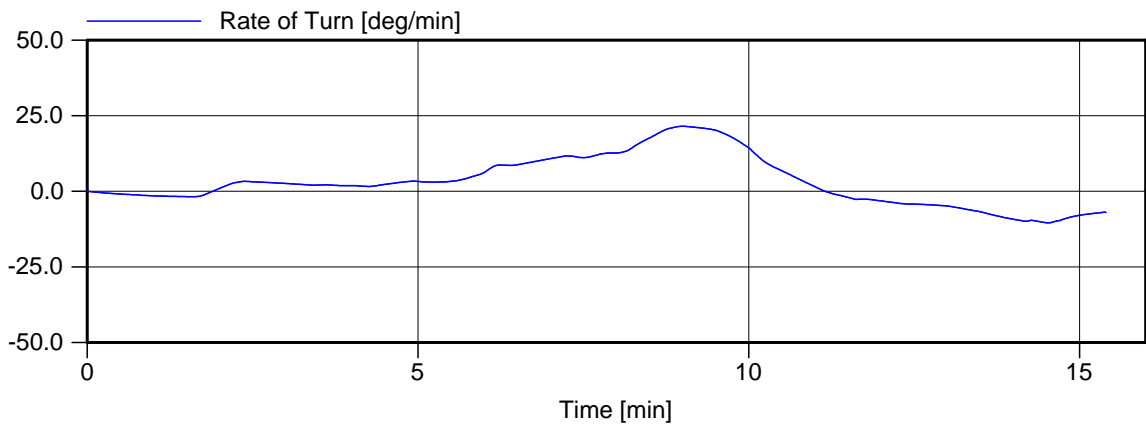
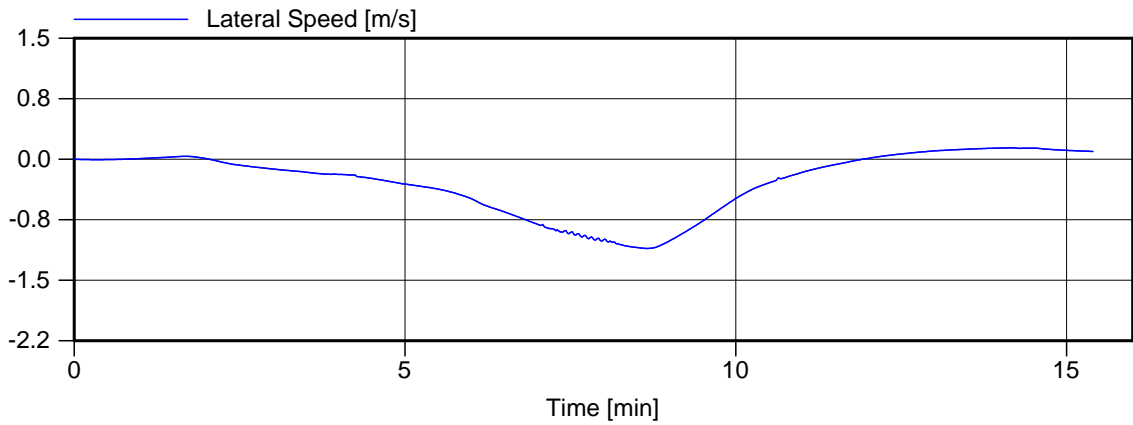
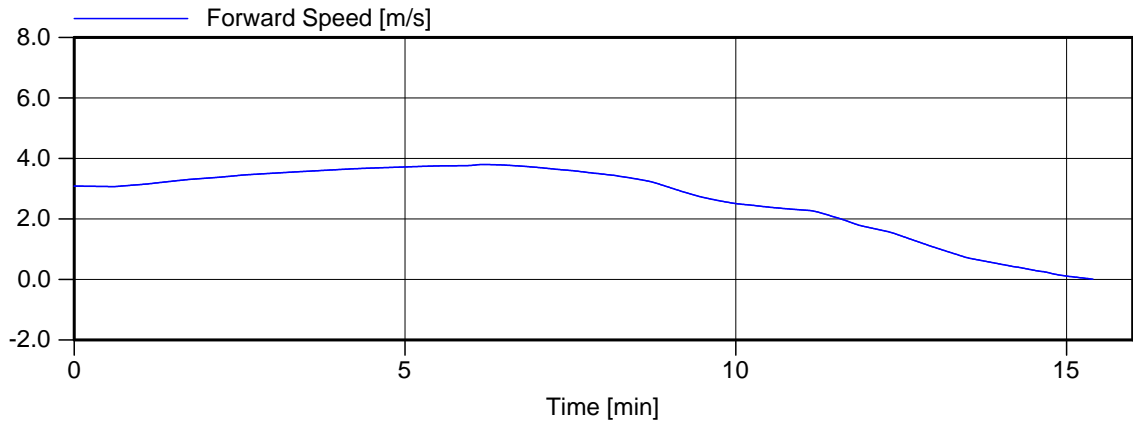
For more information please contact the department [Maritime Simulation & Software Group](#);

T +31 317 49 32 37

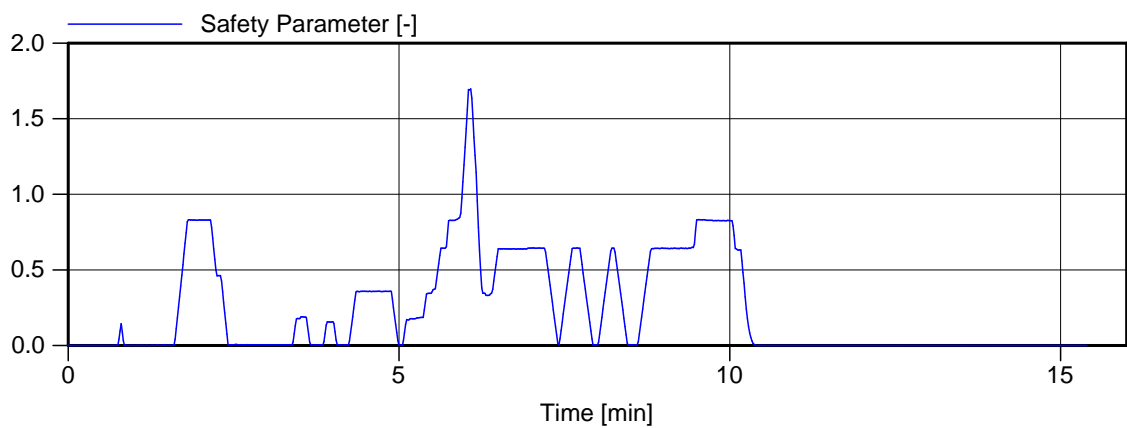
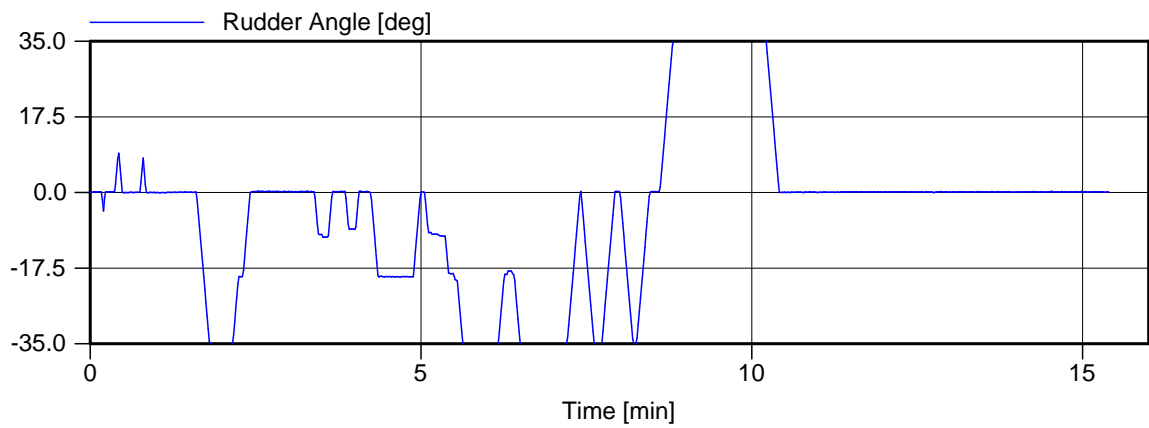
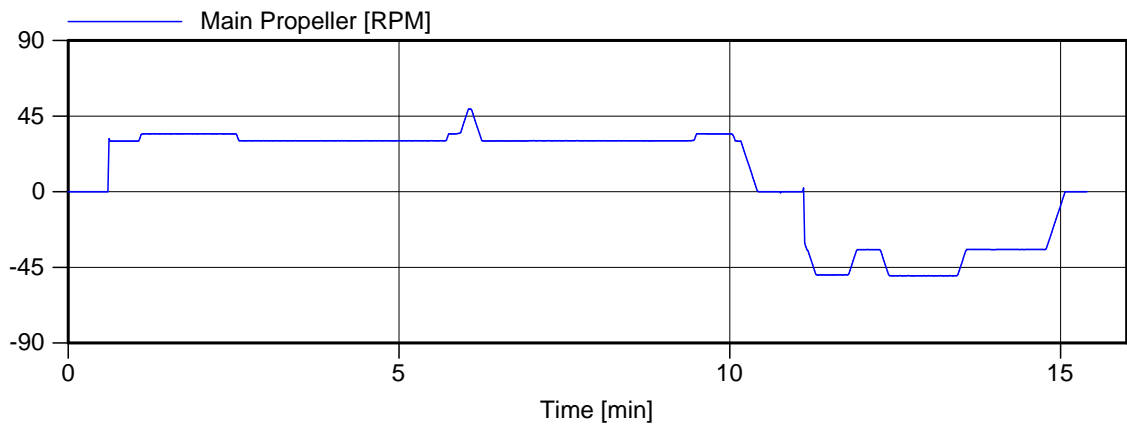
E msg@marin.nl

BIJLAGE C BAAN- EN DATAPLOTS





Voorkeursvariant - Run 1	Wind , 1 m/s ZW, 3kts vloed, 8:45
Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 1.b



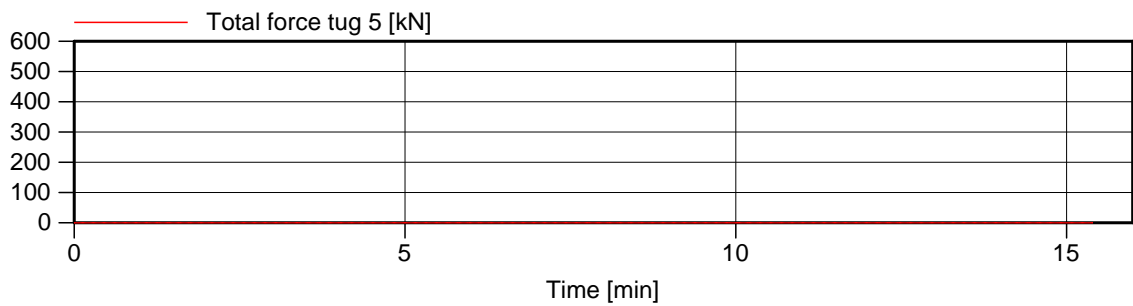
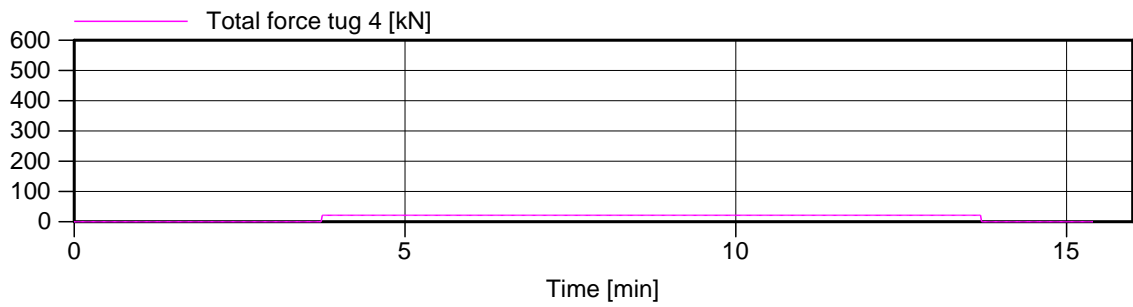
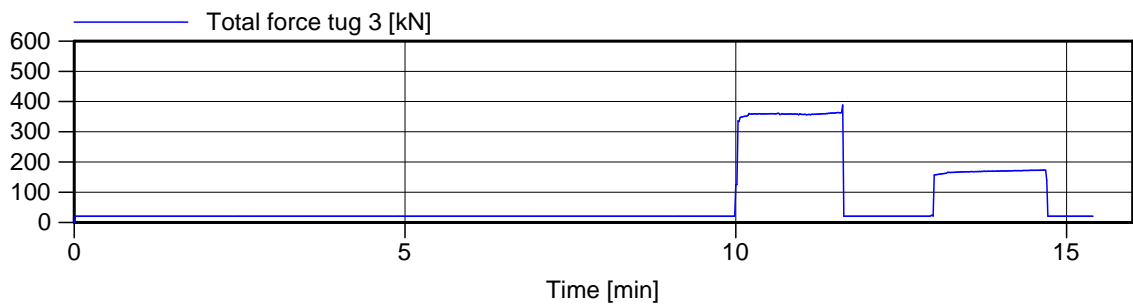
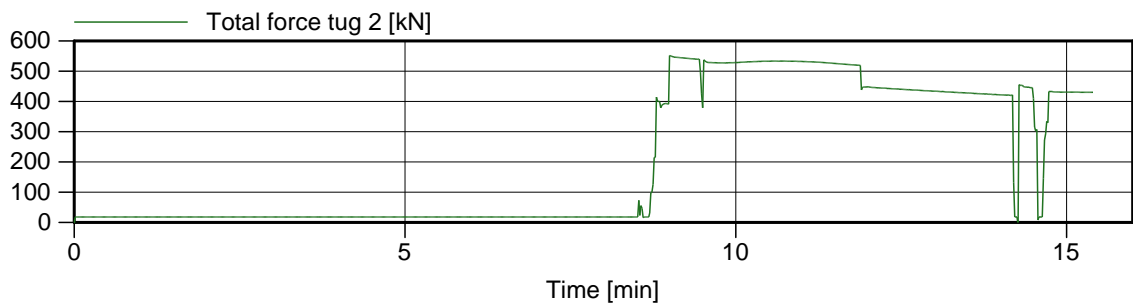
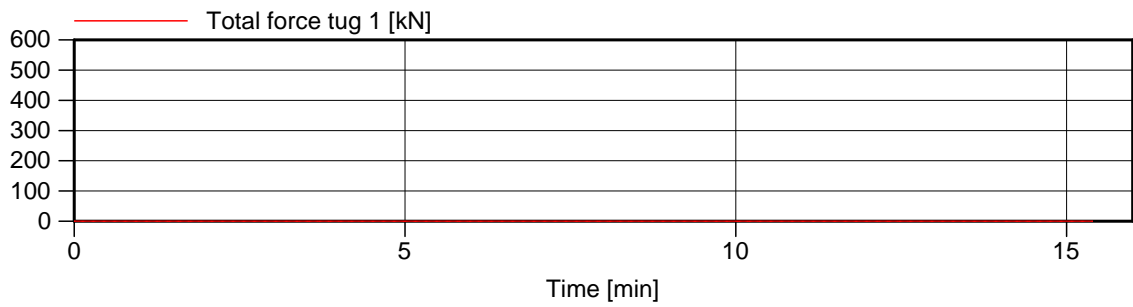
Voorkeursvariant - Run 1

Wind , 1 m/s ZW, 3kts vloed, 8:45

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 1.c



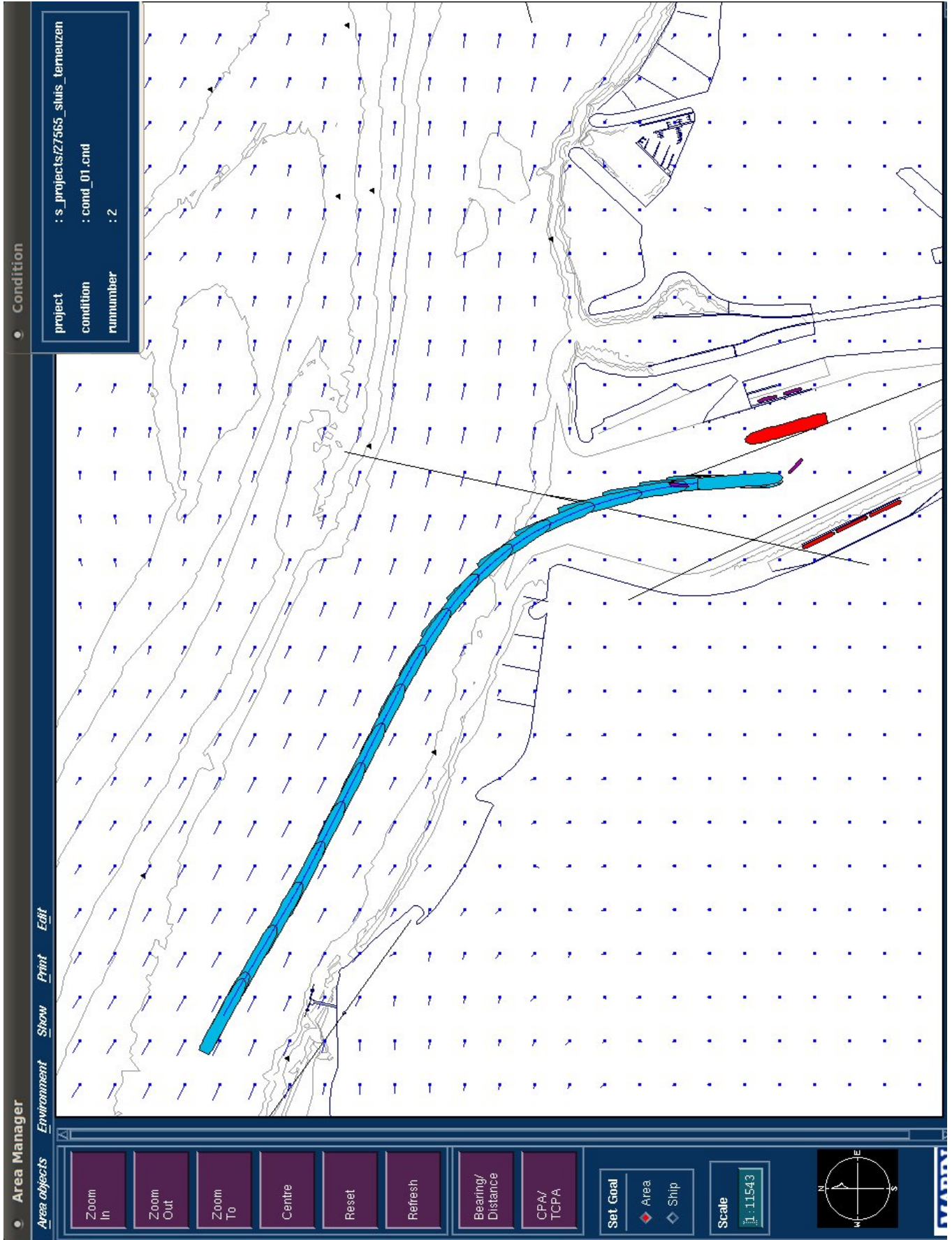
Voorkeursvariant - Run 1

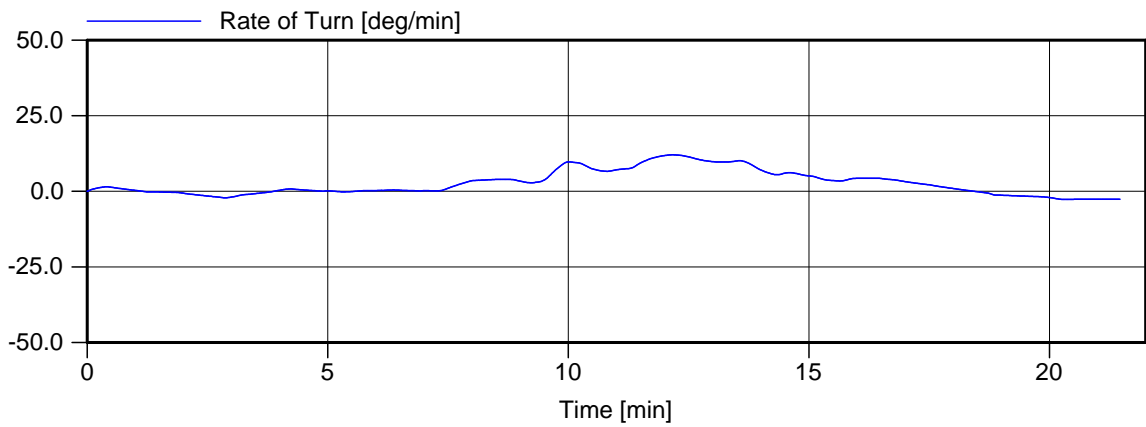
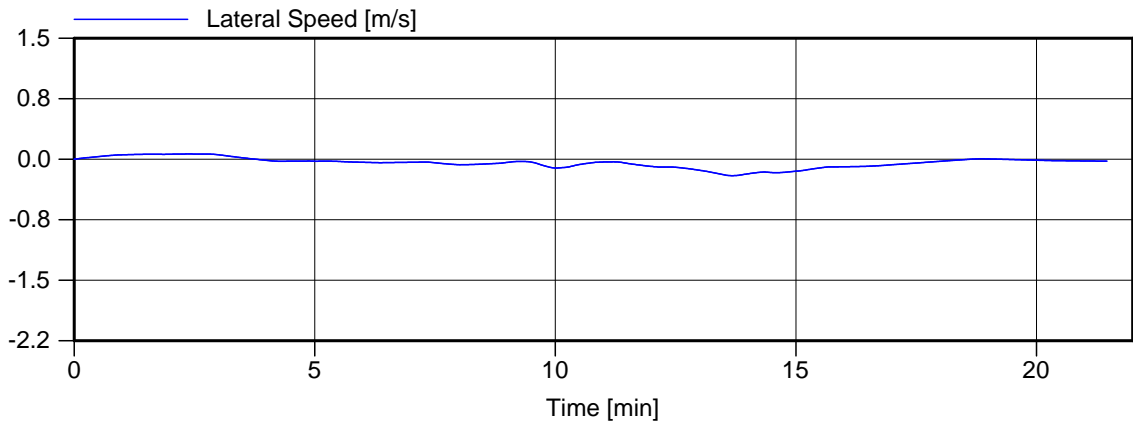
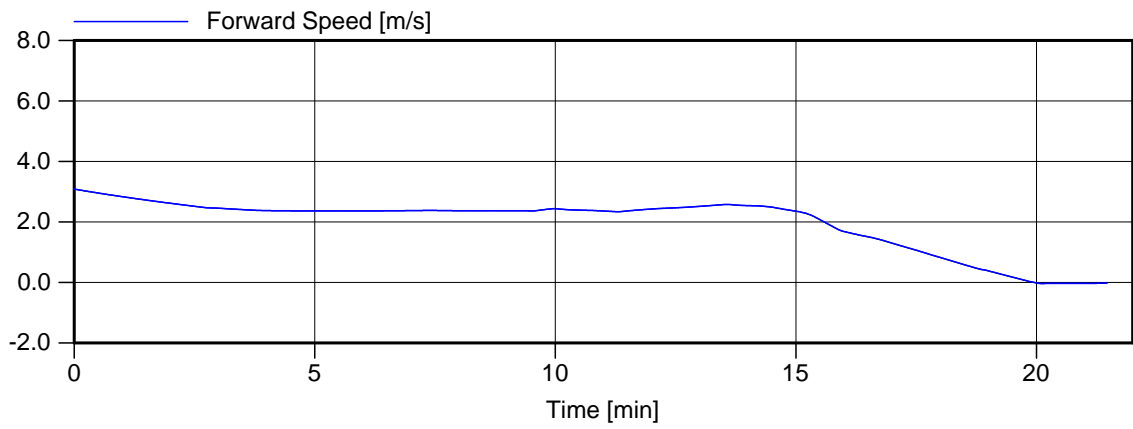
Wind , 1 m/s ZW, 3kts vloed, 8:45

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

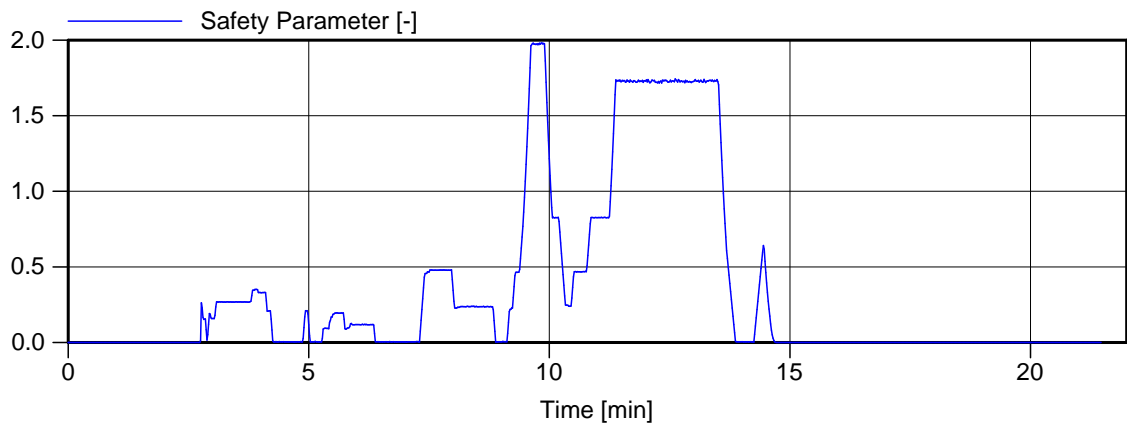
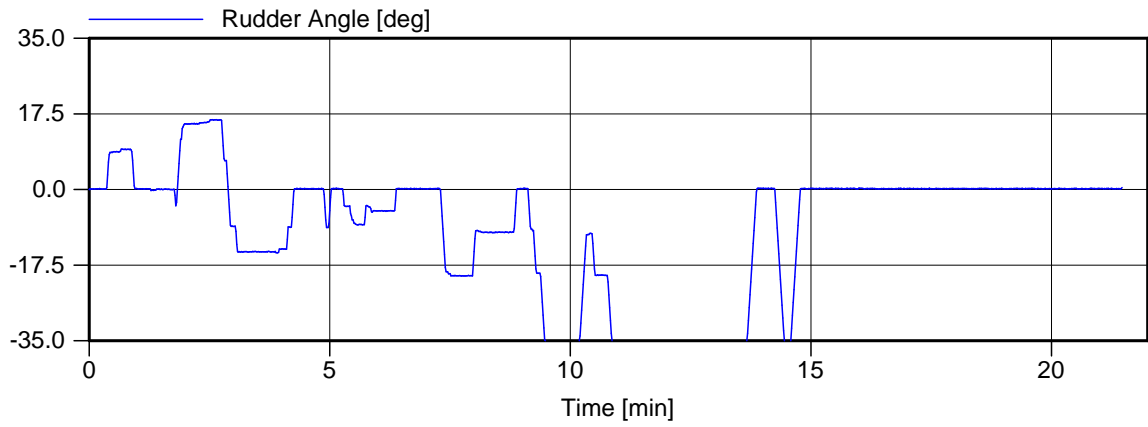
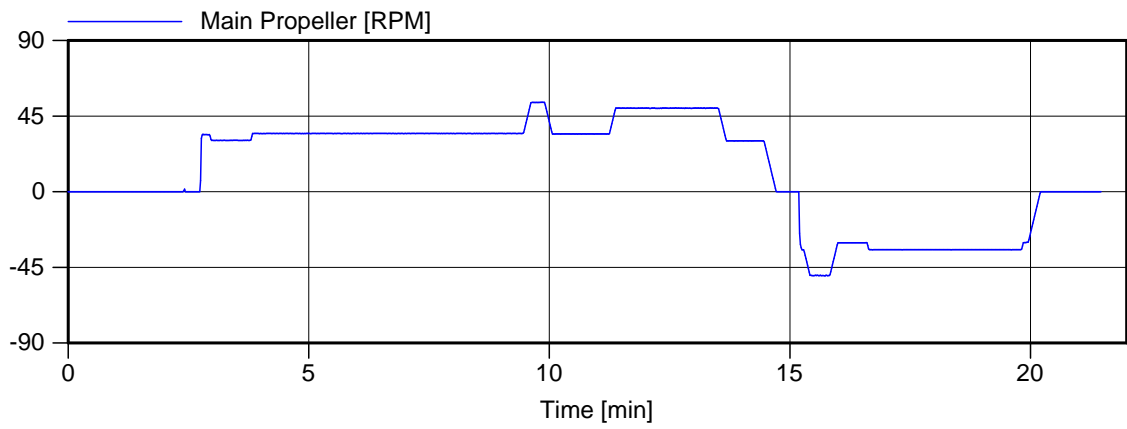
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 1.d





Voorkeursvariant - Run 2	Wind , 1 m/s ZW, 2.5 kts eb, 12:40
Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 2.b



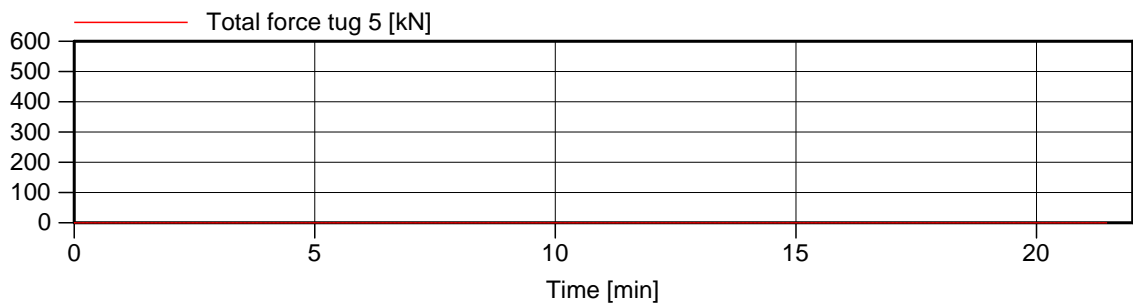
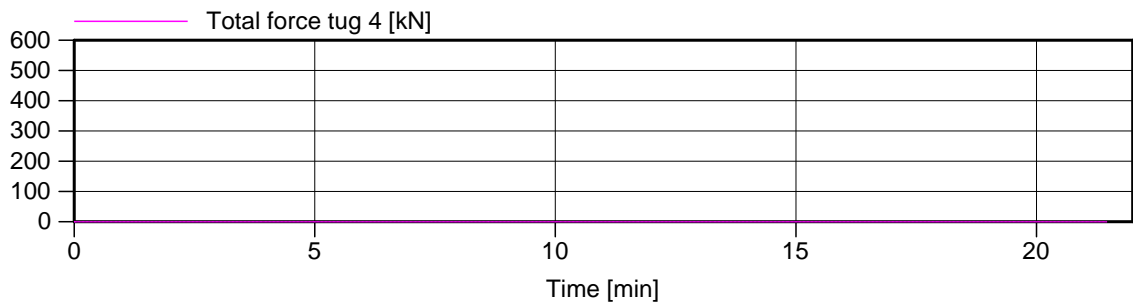
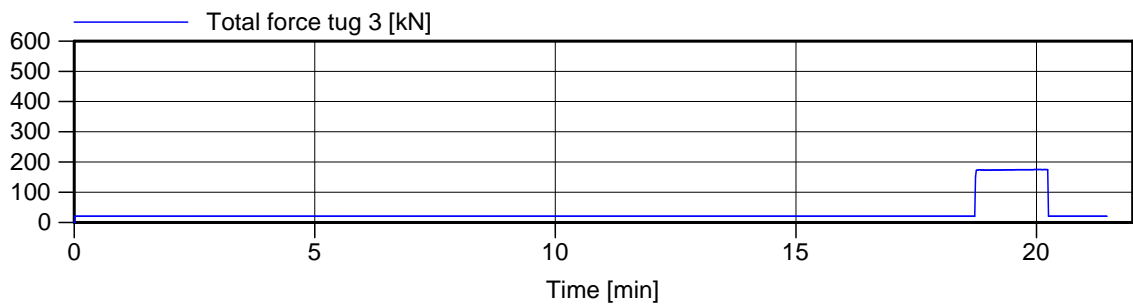
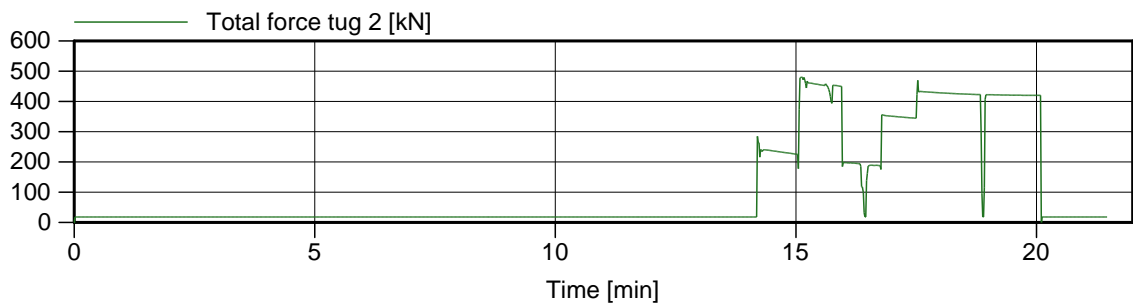
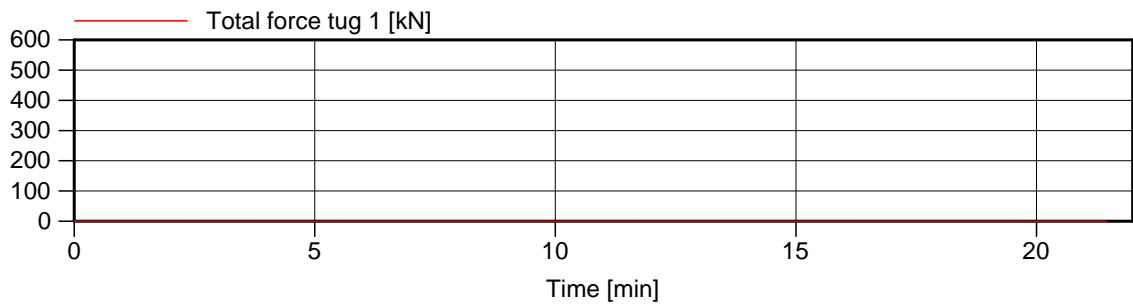
Voorkeursvariant - Run 2

Wind , 1 m/s ZW, 2.5 kts eb, 12:40

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 2.c



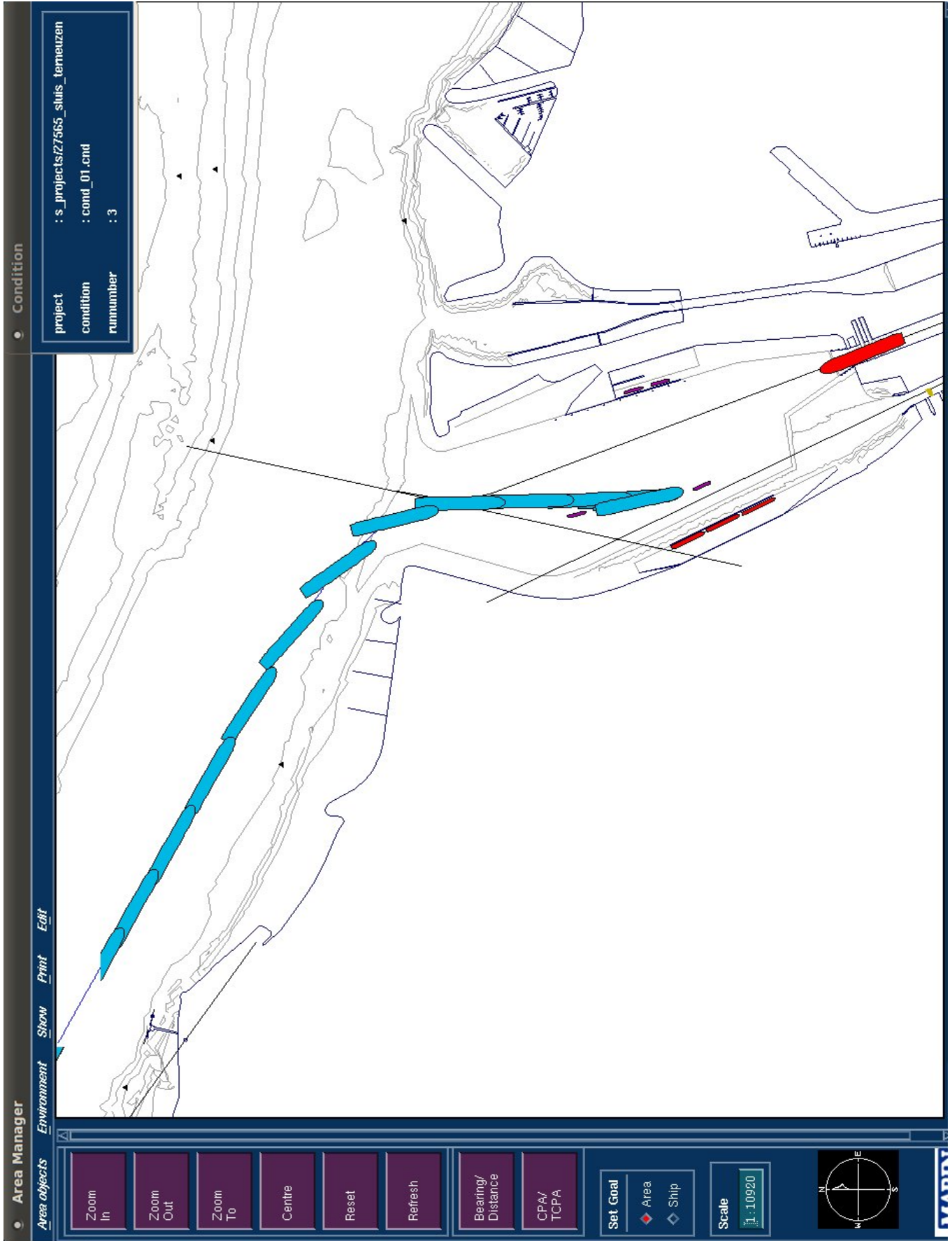
Voorkeursvariant - Run 2

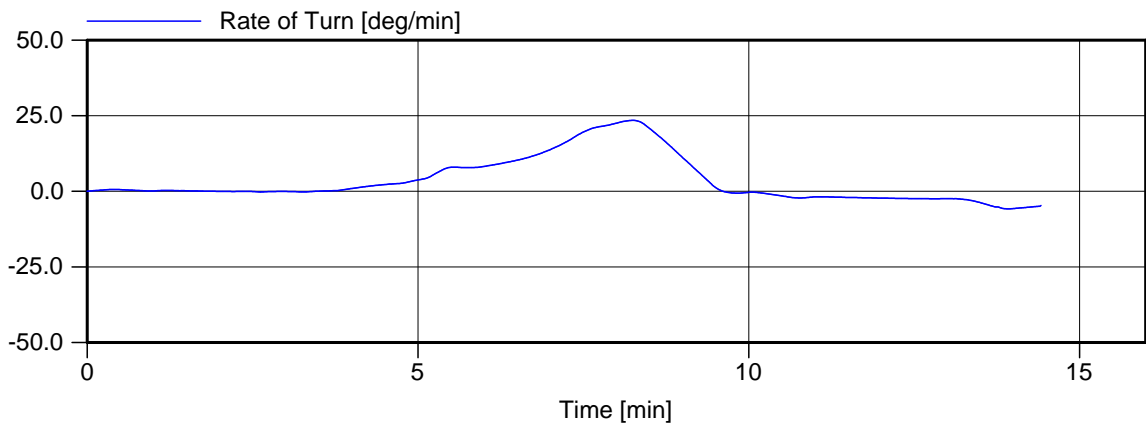
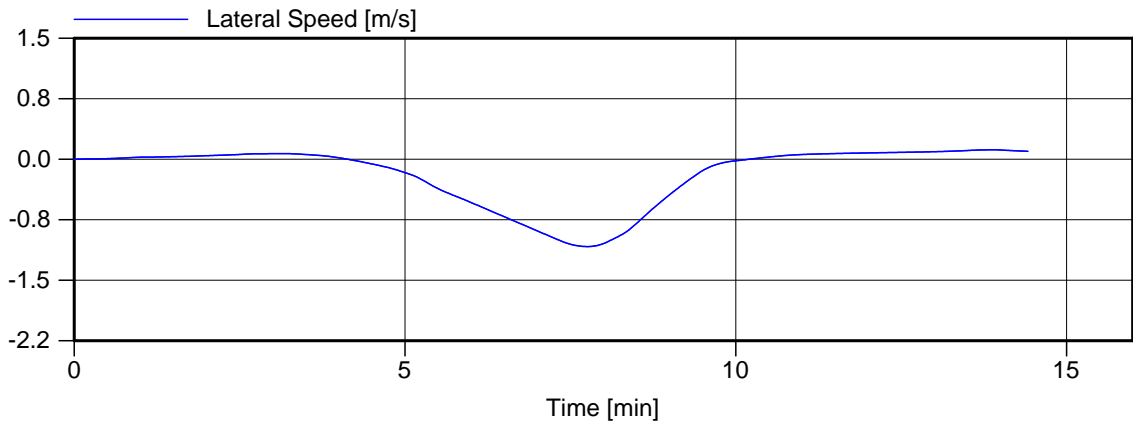
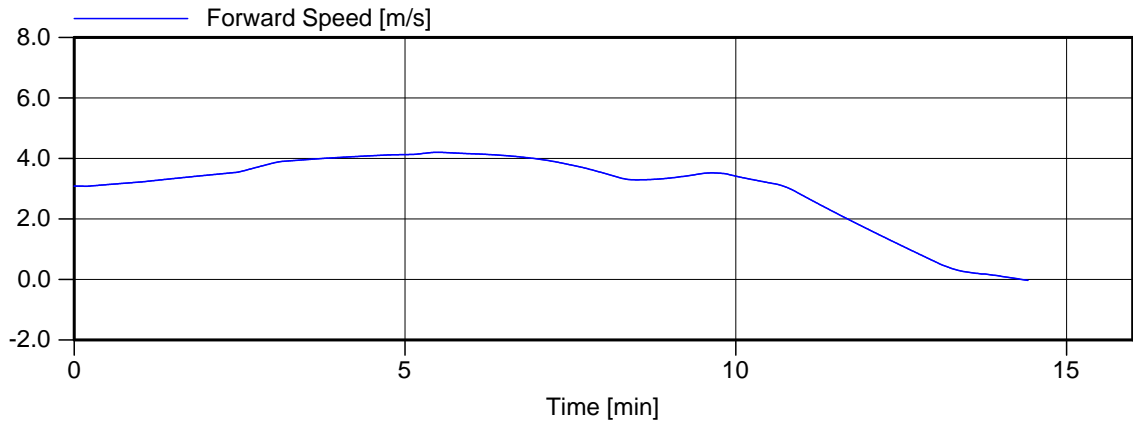
Wind , 1 m/s ZW, 2.5 kts eb, 12:40

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 2.d





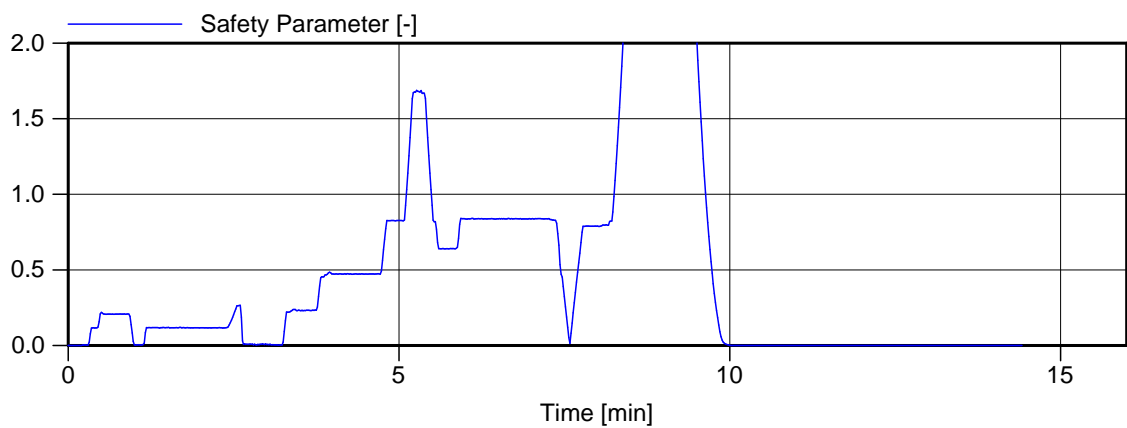
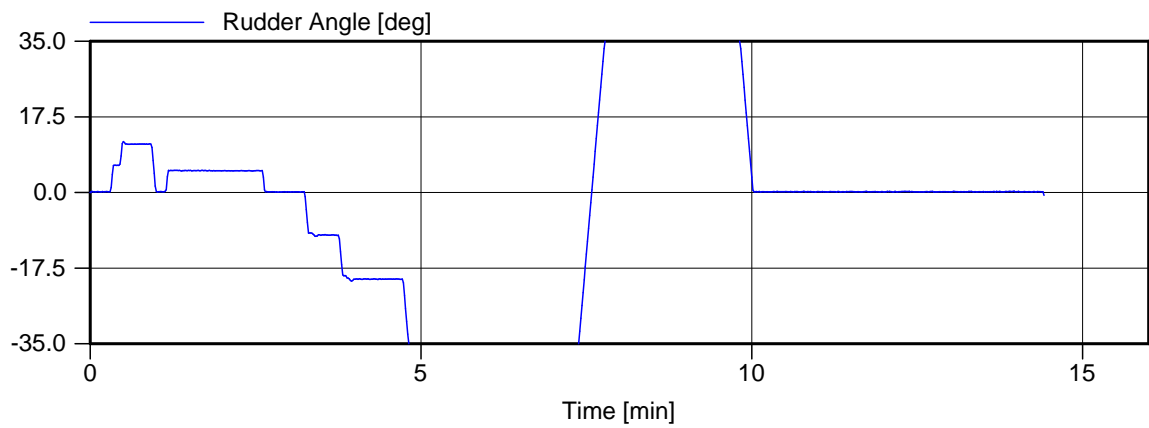
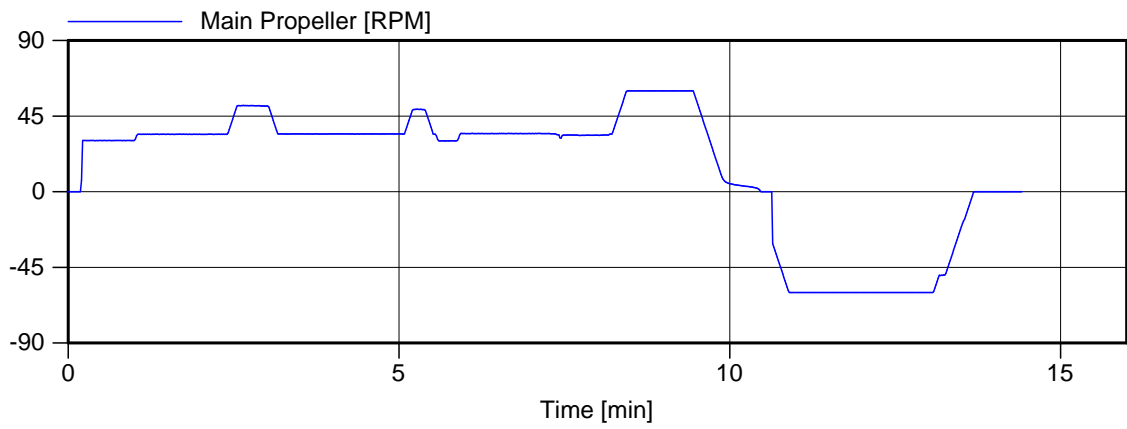
Voorkeursvariant - Run 3

Wind , 1 m/s ZW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 3.b



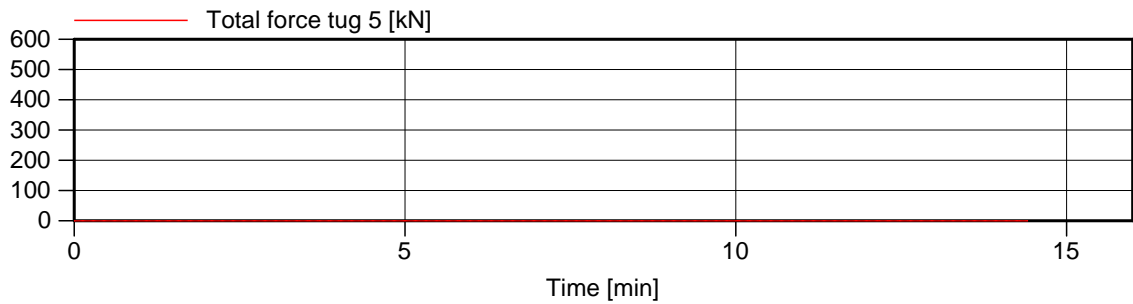
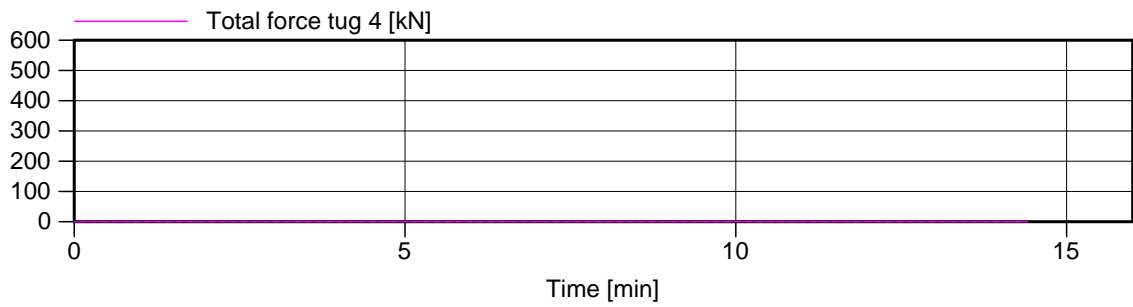
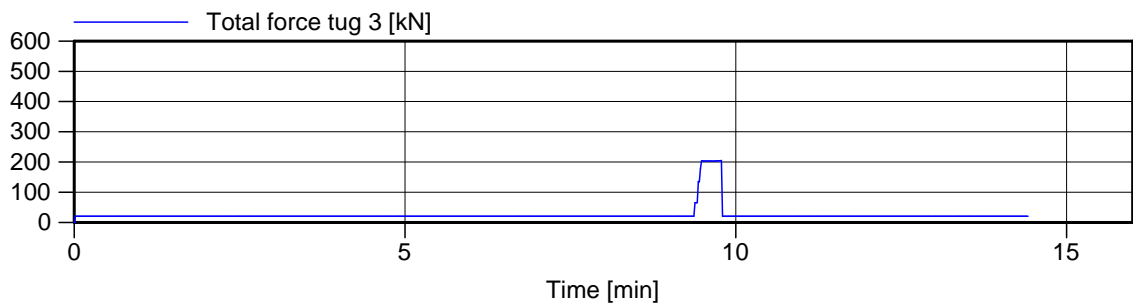
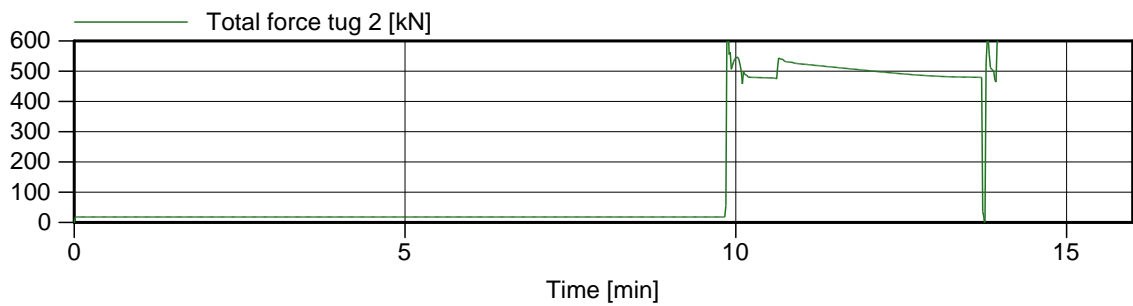
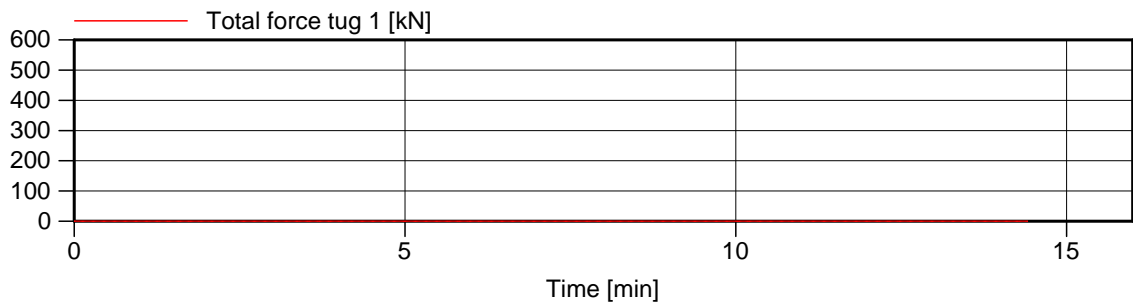
Voorkeursvariant - Run 3

Wind , 1 m/s ZW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 3.c



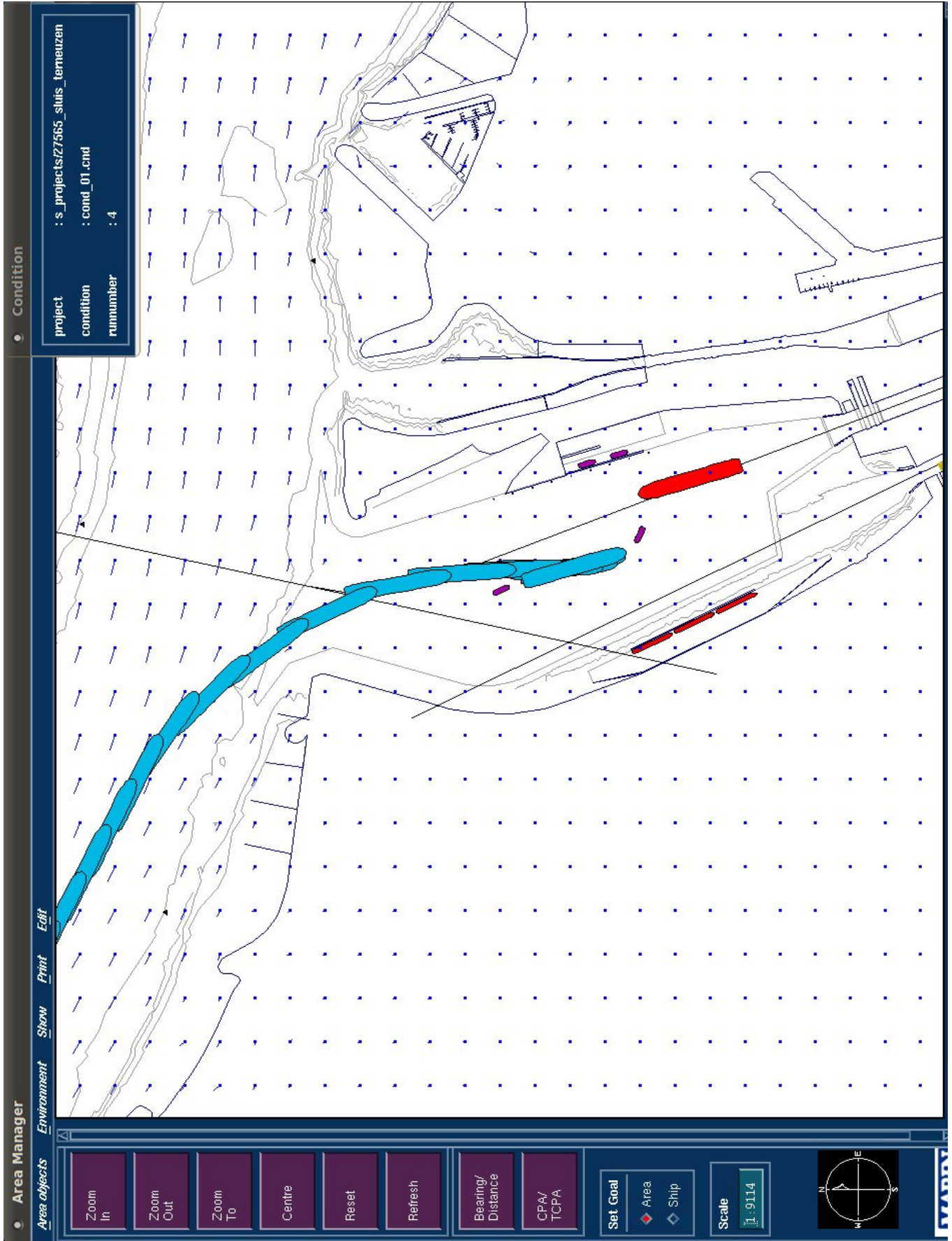
Voorkeursvariant - Run 3

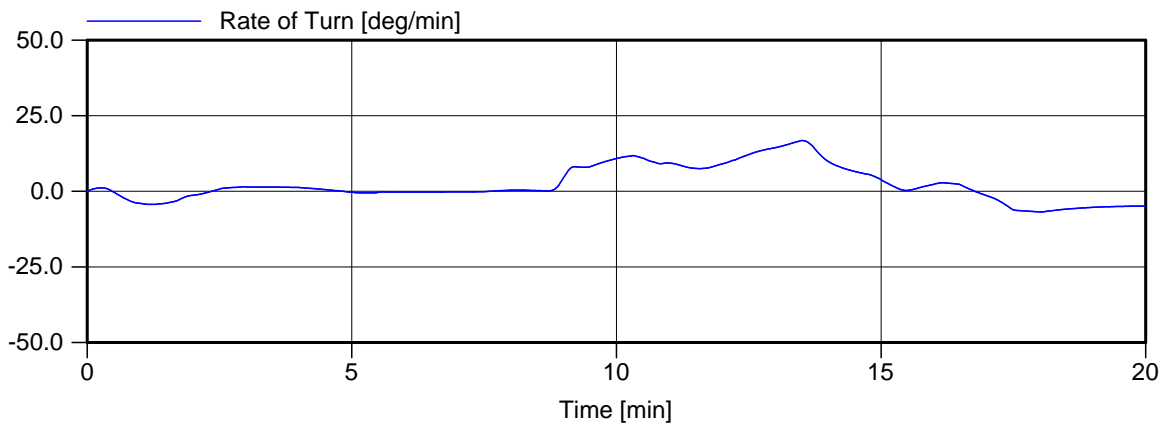
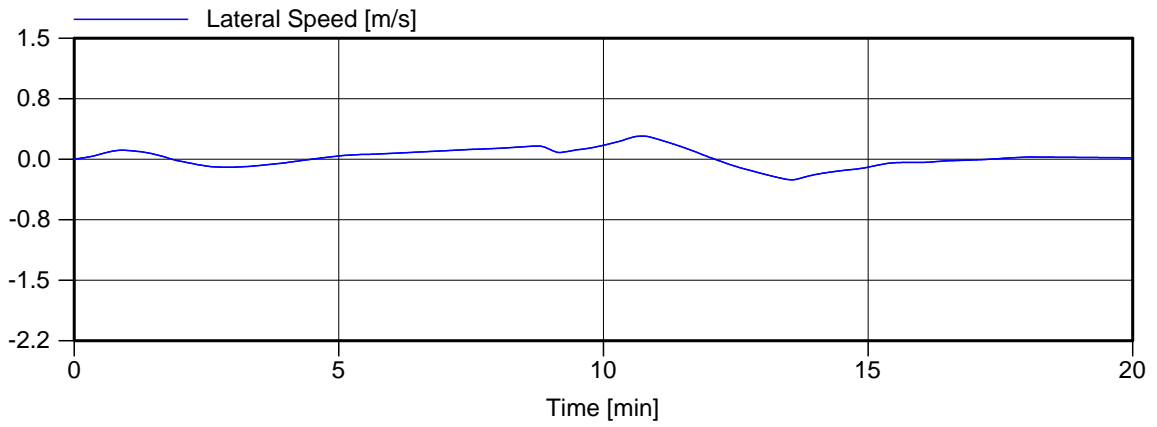
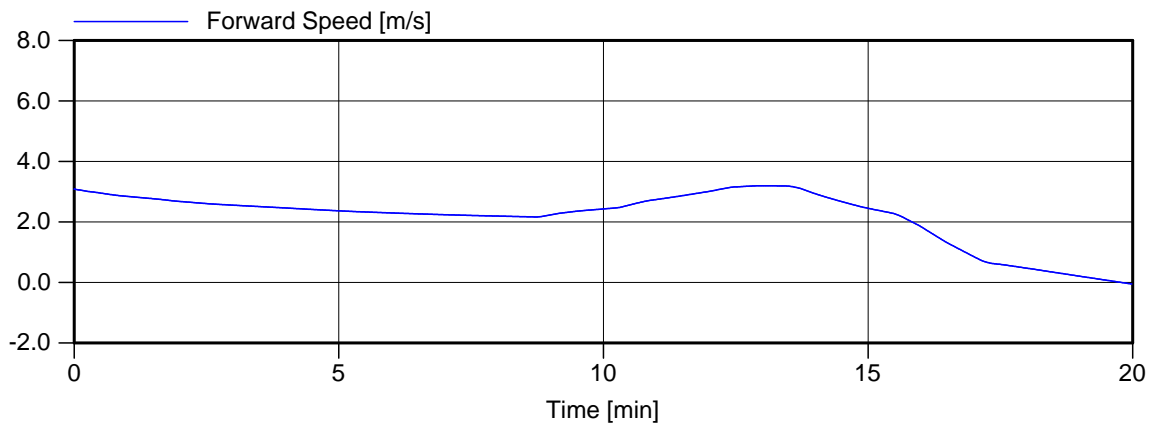
Wind , 1 m/s ZW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

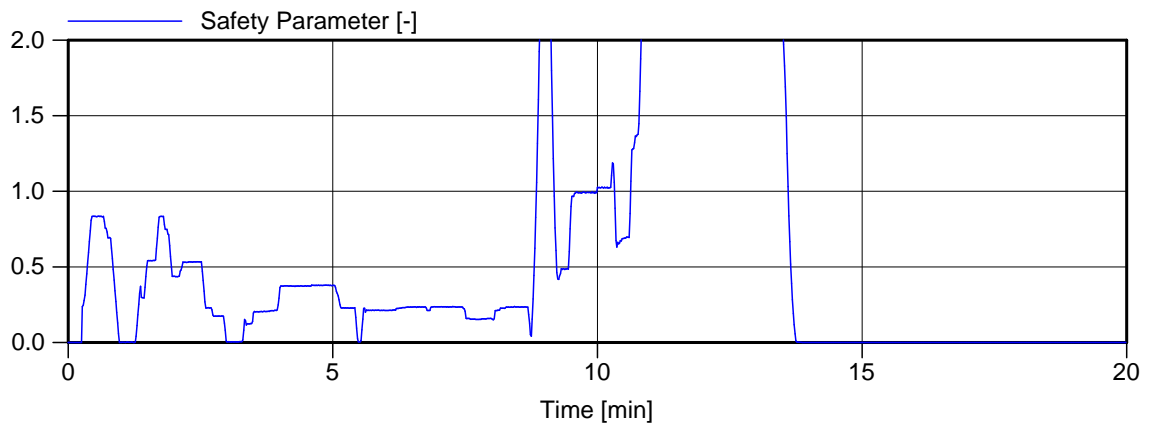
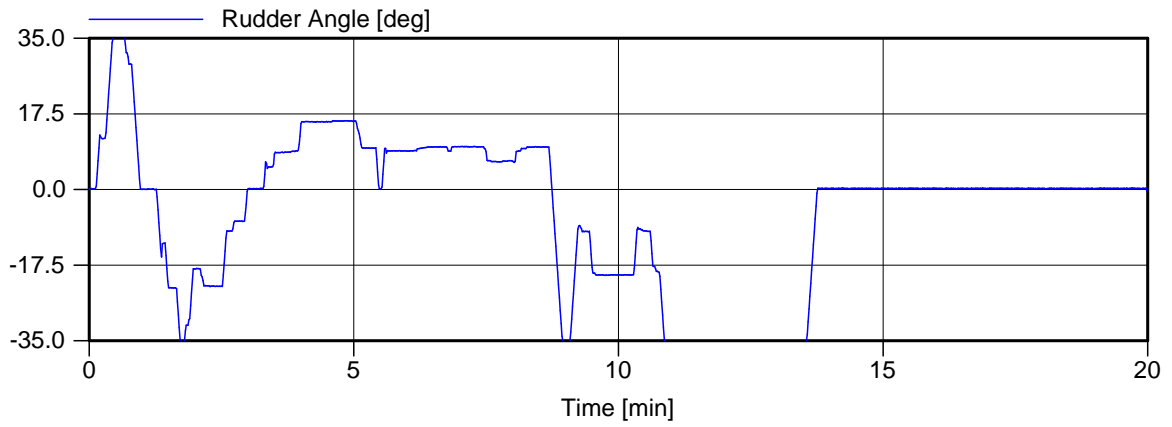
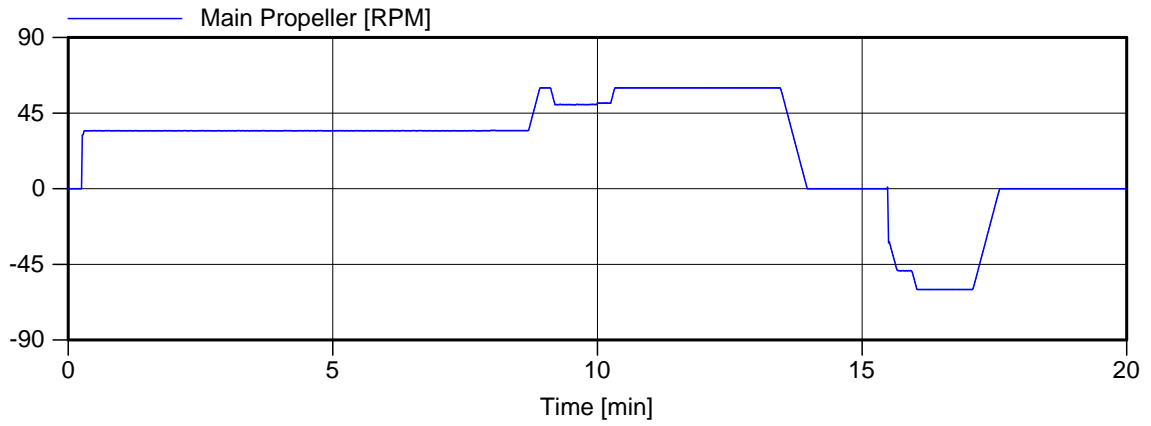
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 3.d





Voorkeursvariant - Run 4	Wind , 1 m/s ZW, 3 kts eb, 13:00
Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 4.b



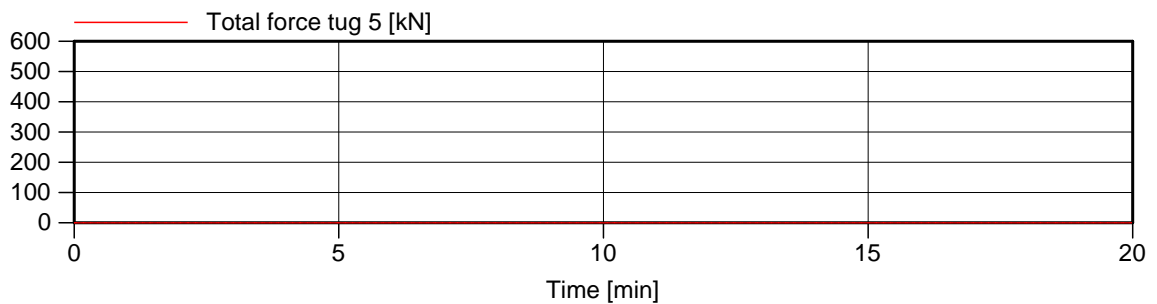
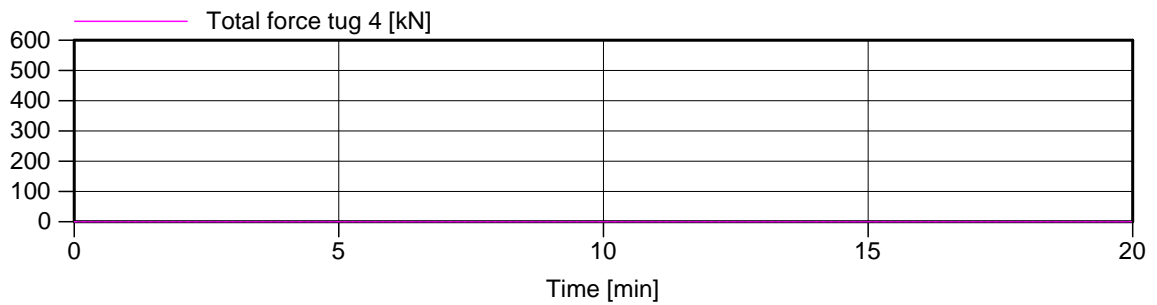
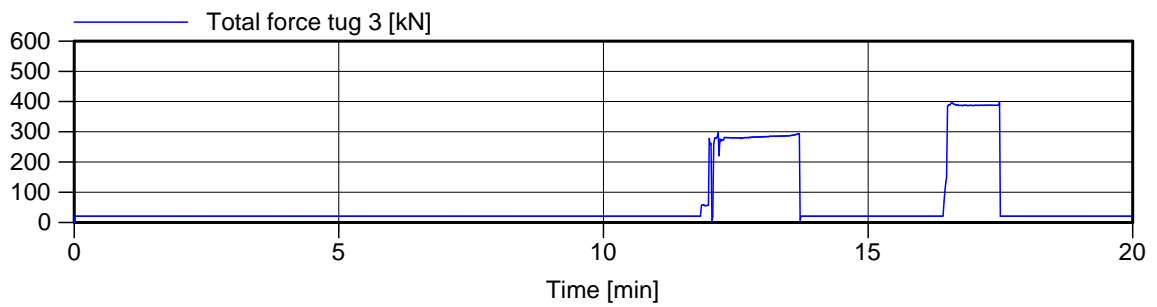
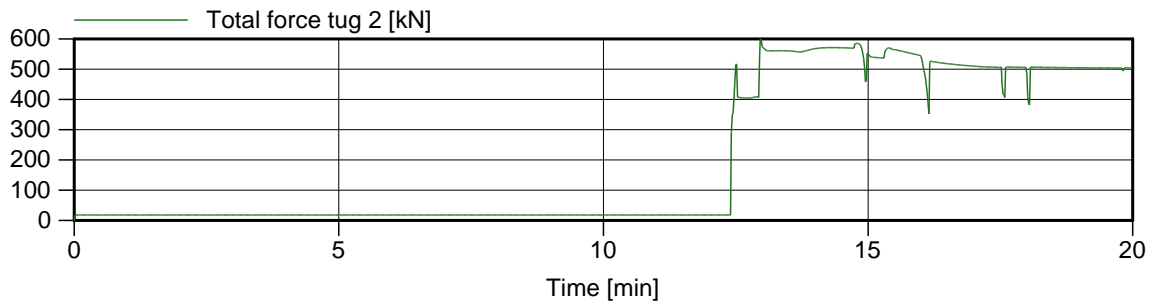
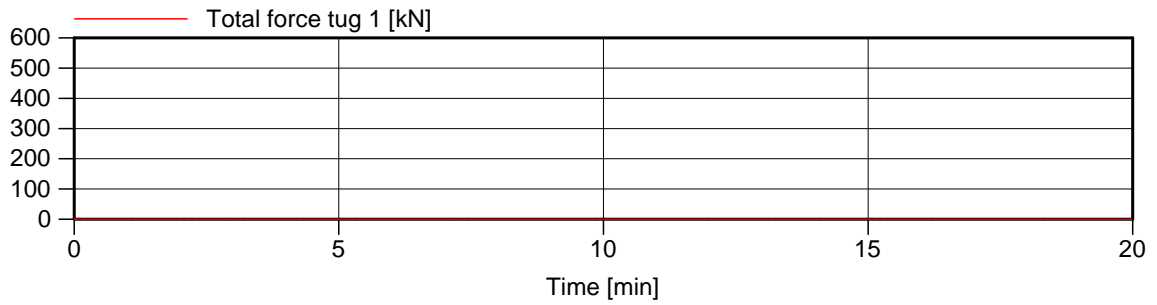
Voorkeursvariant - Run 4

Wind , 1 m/s ZW, 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 4.c



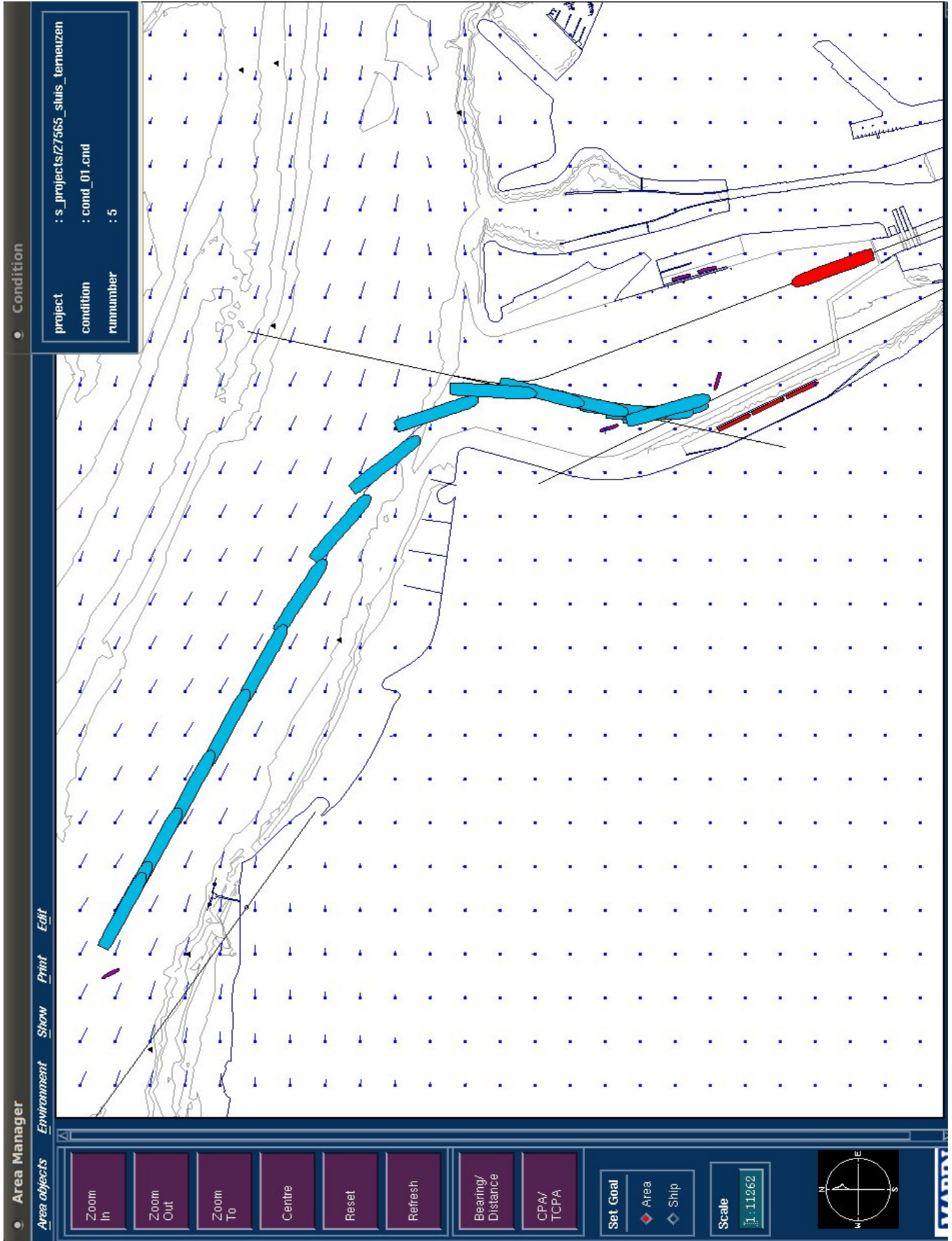
Voorkeursvariant - Run 4

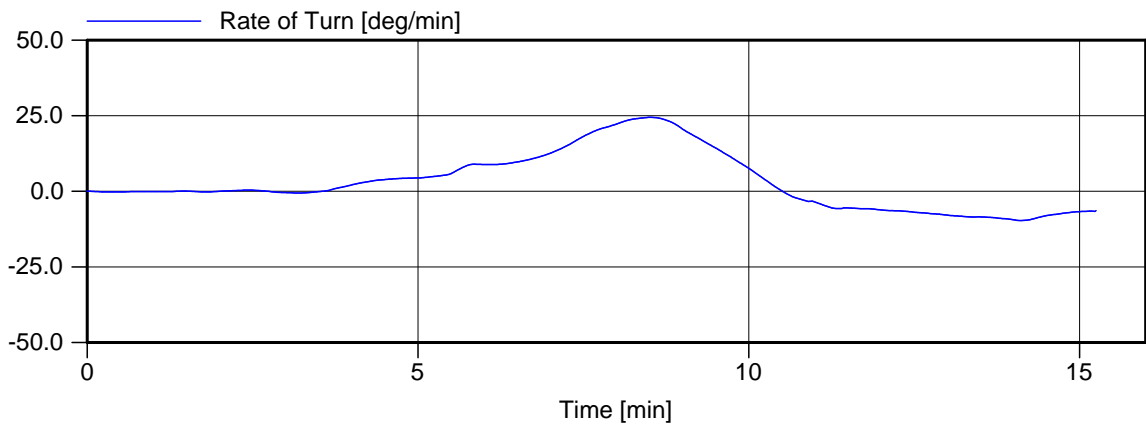
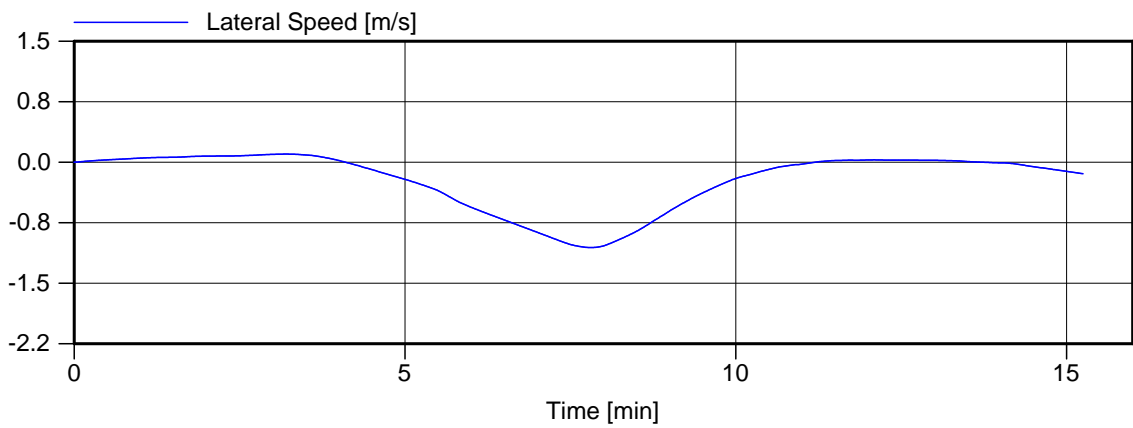
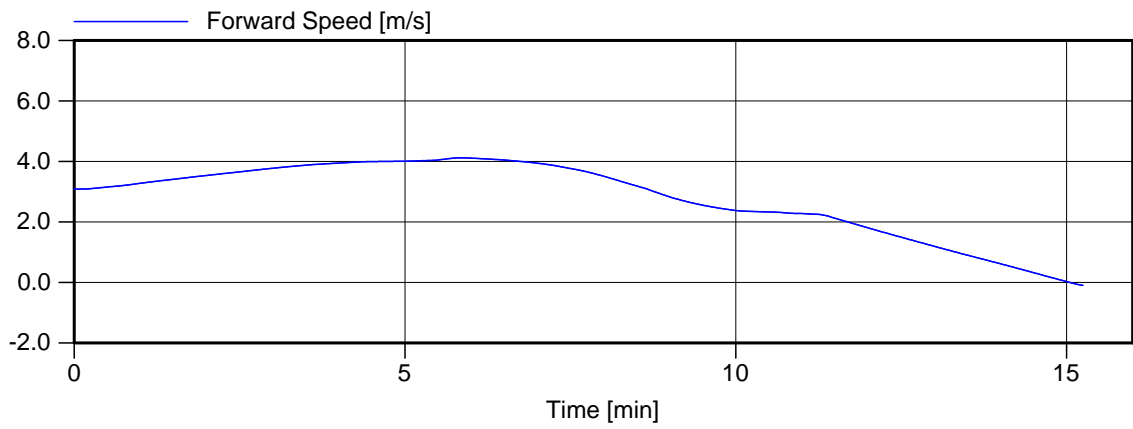
Wind , 1 m/s ZW, 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

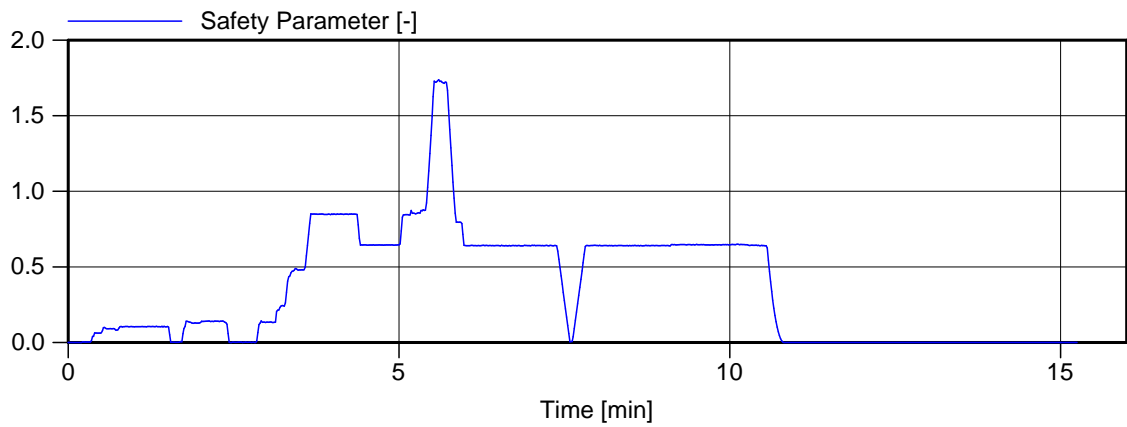
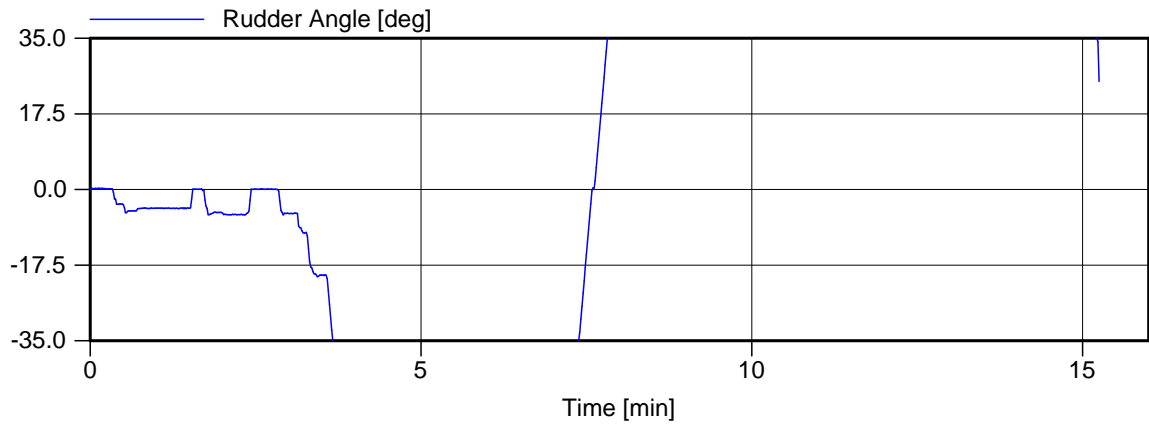
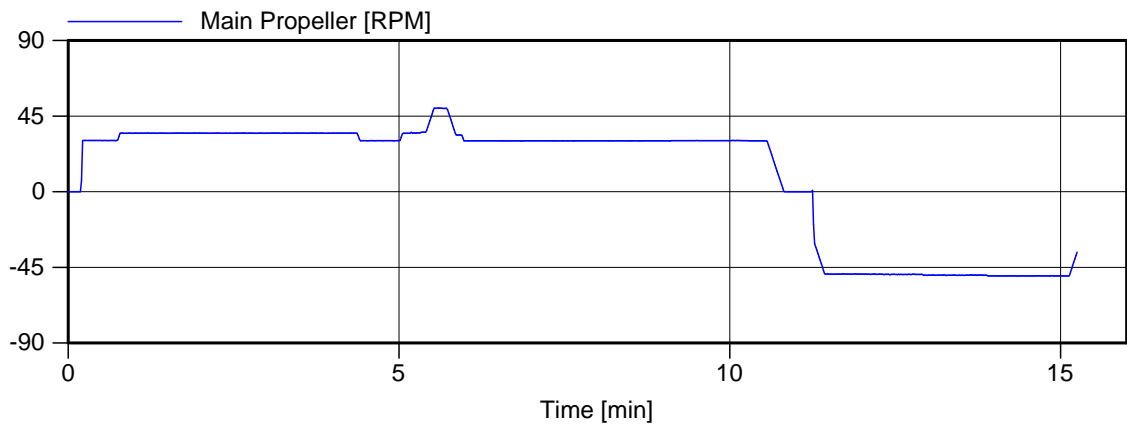
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 4.d





Voorkeursvariant - Run 5	Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20
Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 5.b



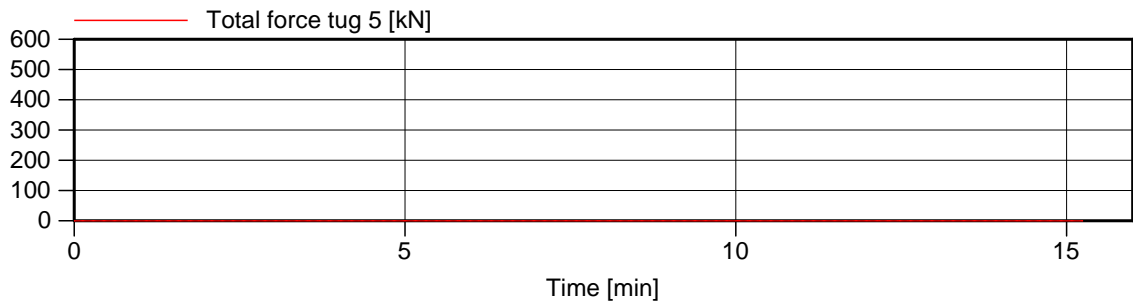
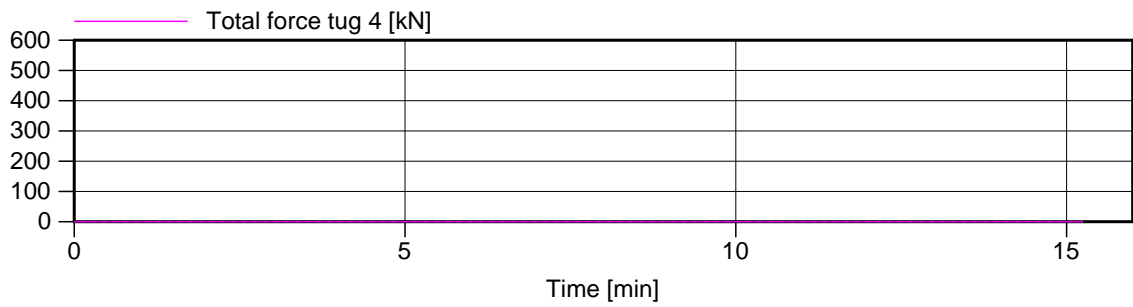
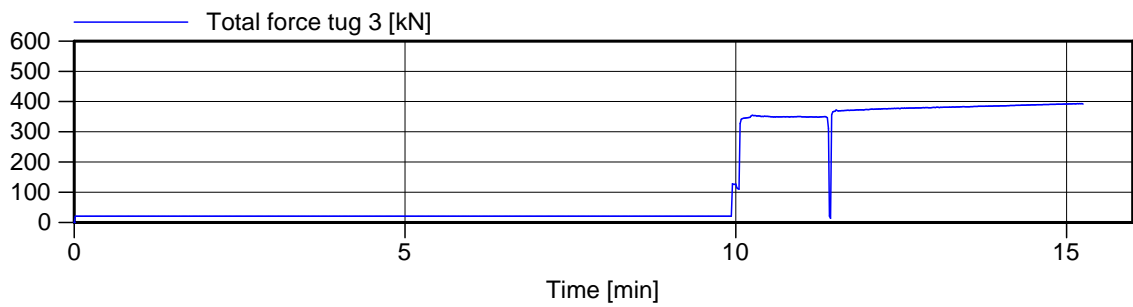
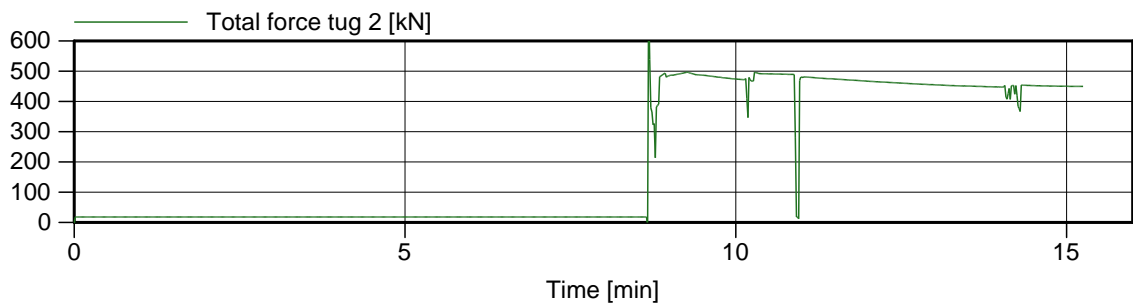
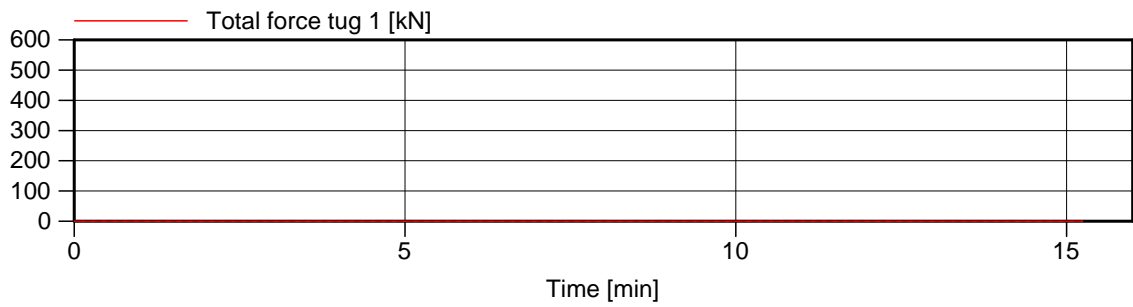
Voorkeursvariant - Run 5

Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 5.c



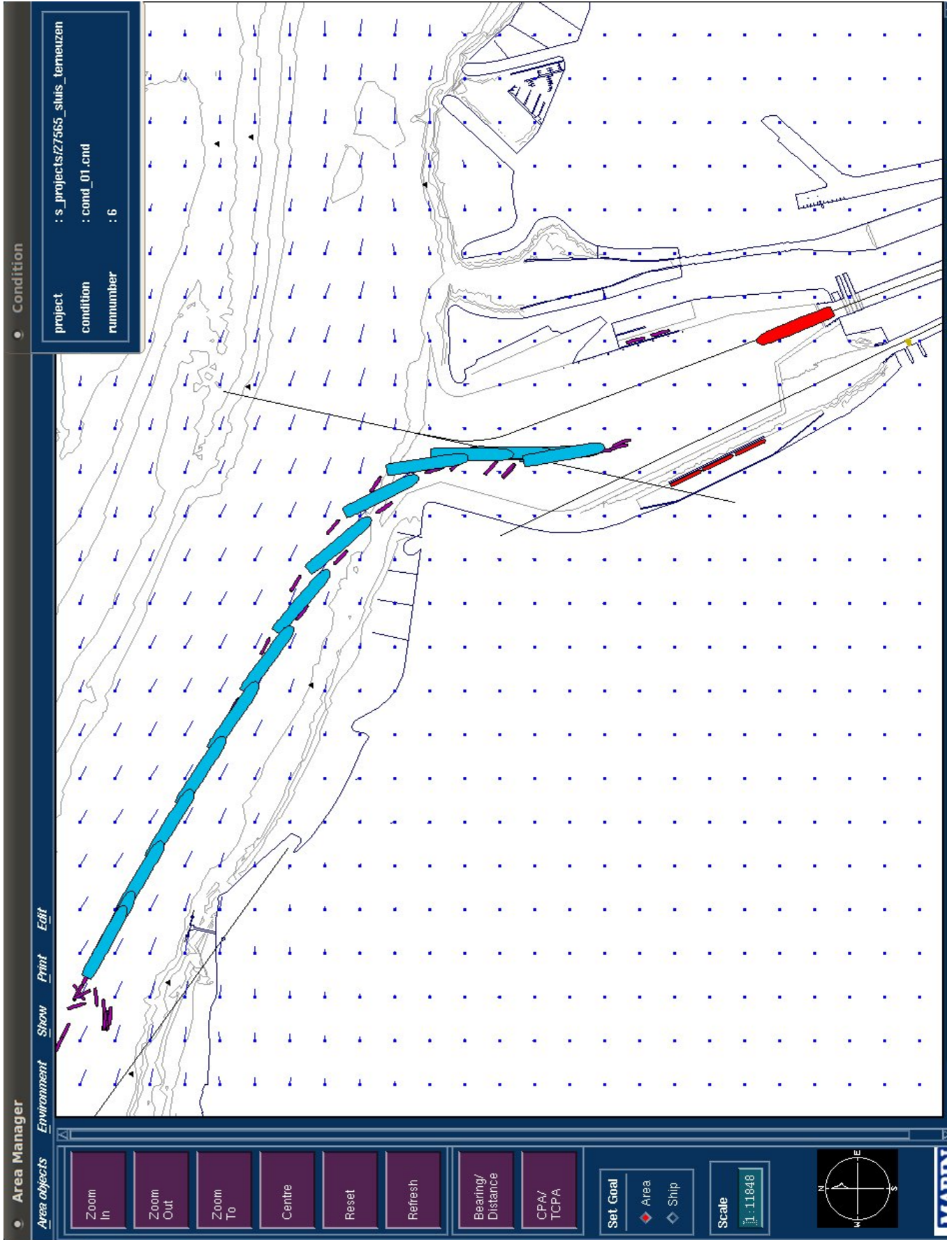
Voorkeursvariant - Run 5

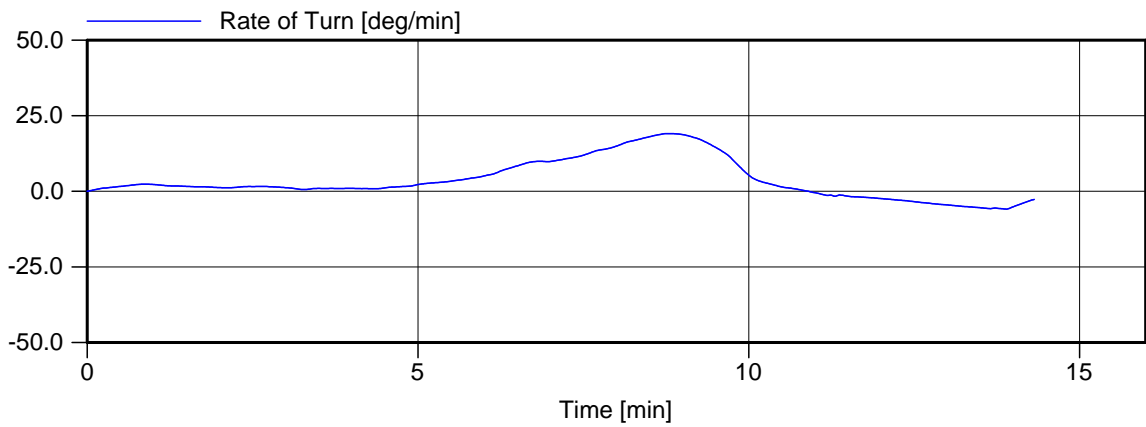
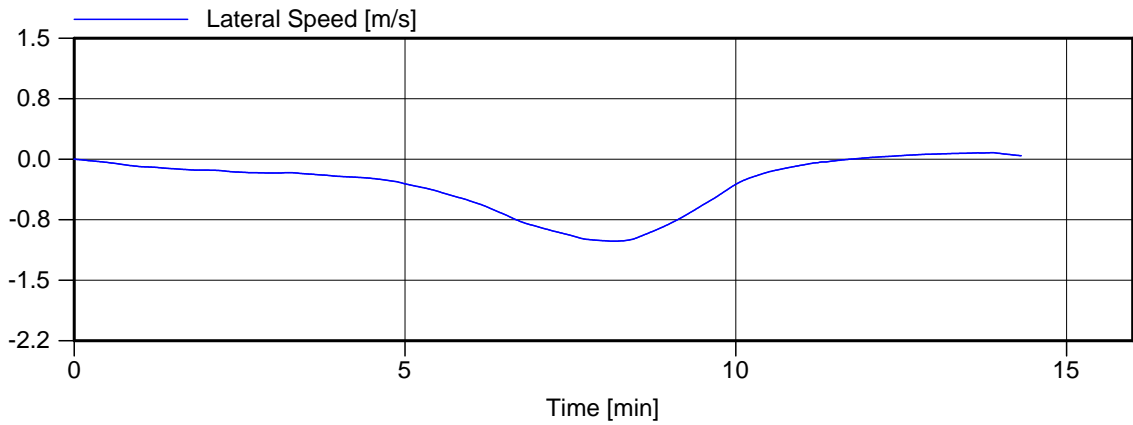
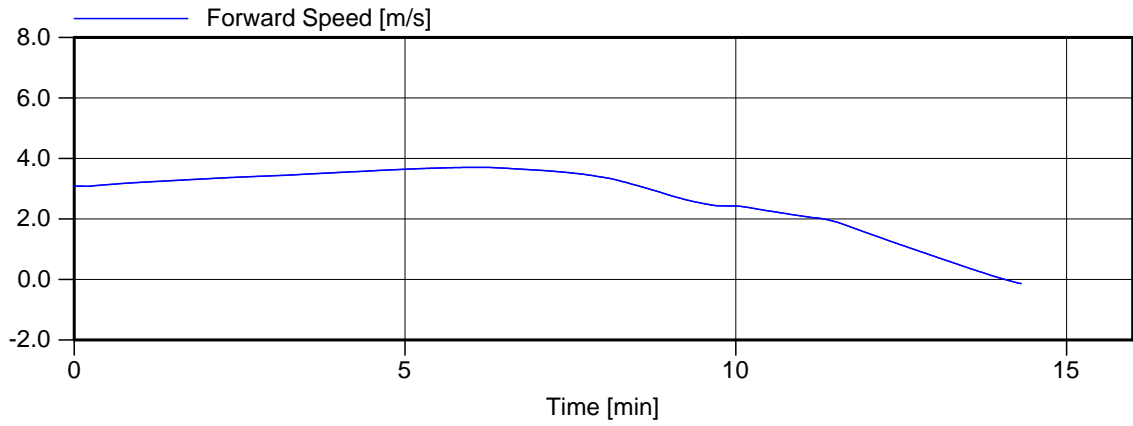
Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 5.d





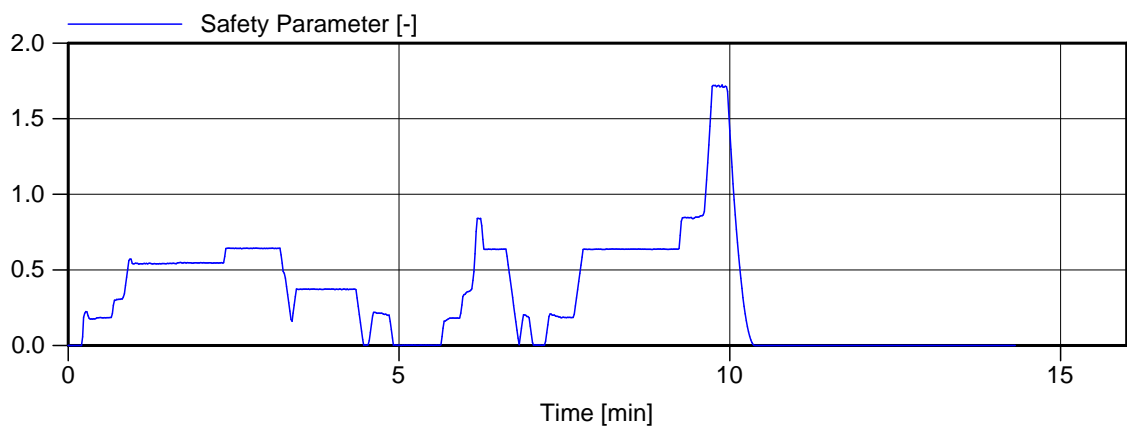
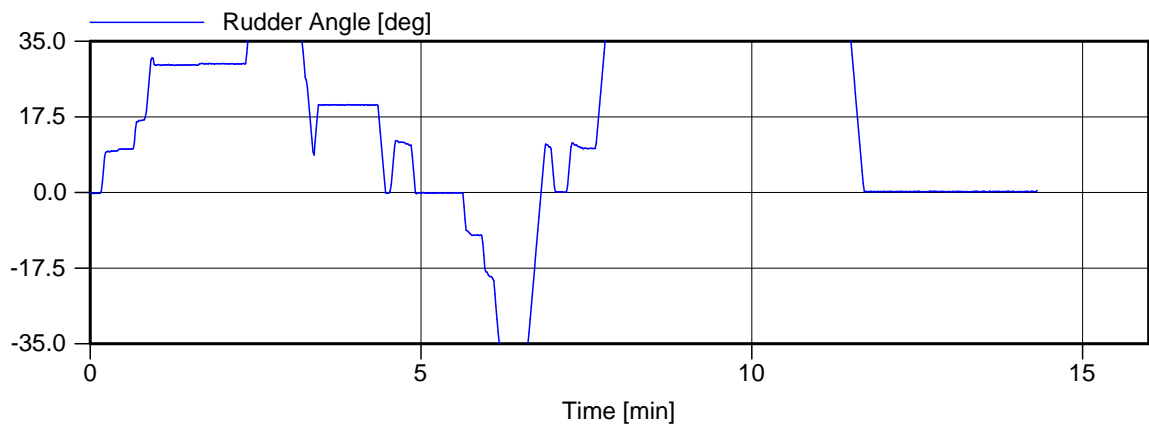
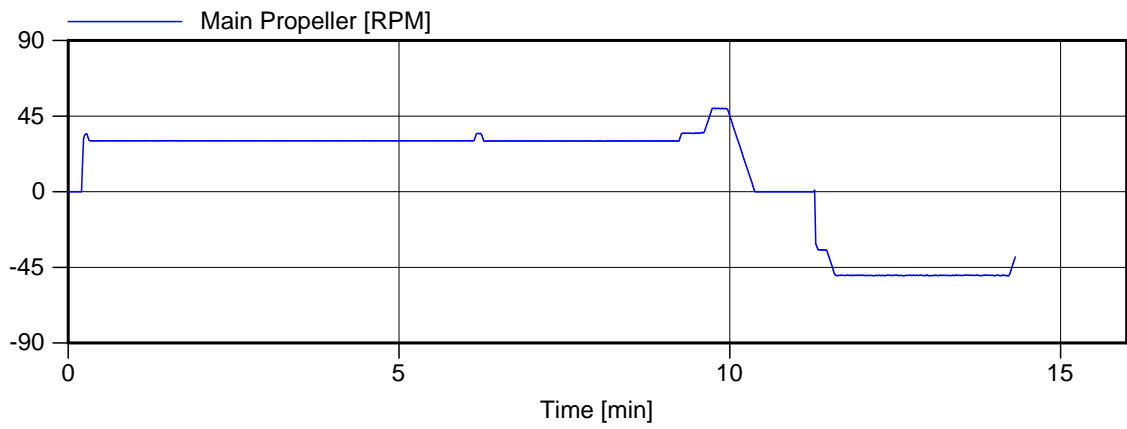
Voorkeursvariant - Run 6

Wind , 13.8 m/s ZW, 3.5 kts vloed, 9:20

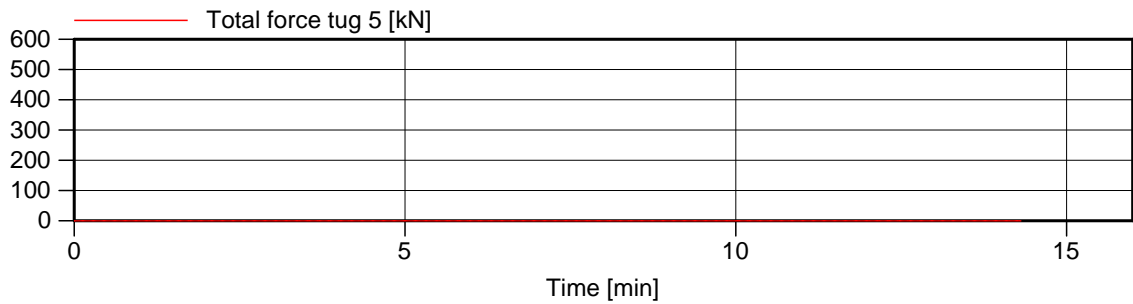
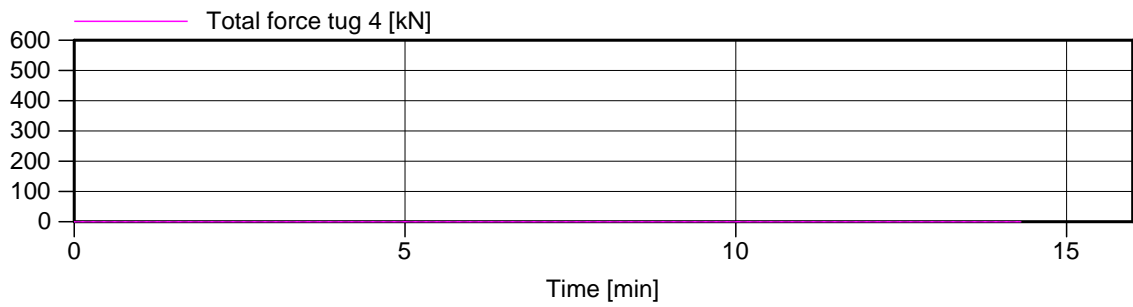
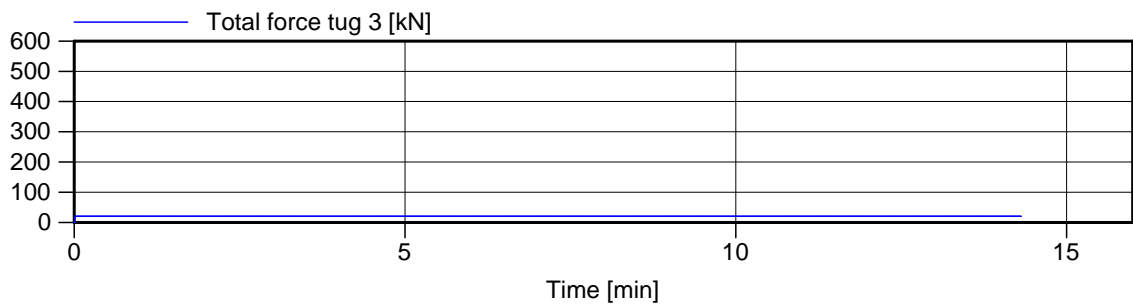
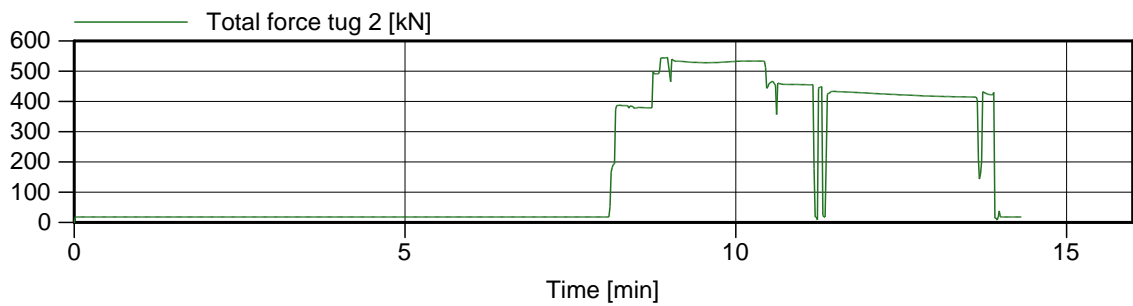
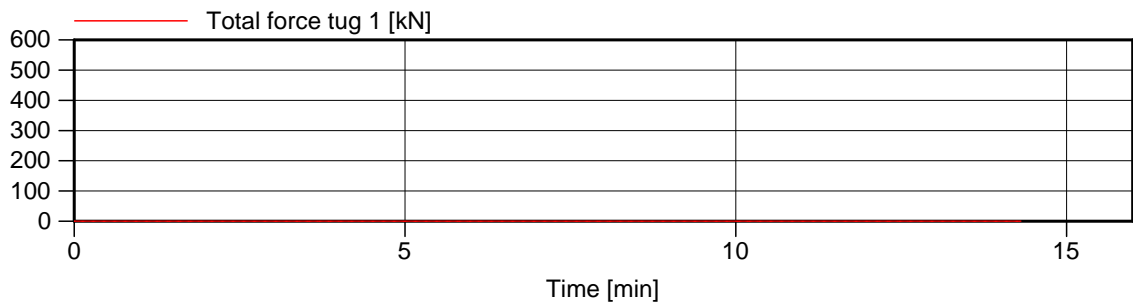
Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 6.b



Voorkeursvariant - Run 6	Wind , 13.8 m/s ZW, 3.5 kts vloed, 9:20
Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 6.c



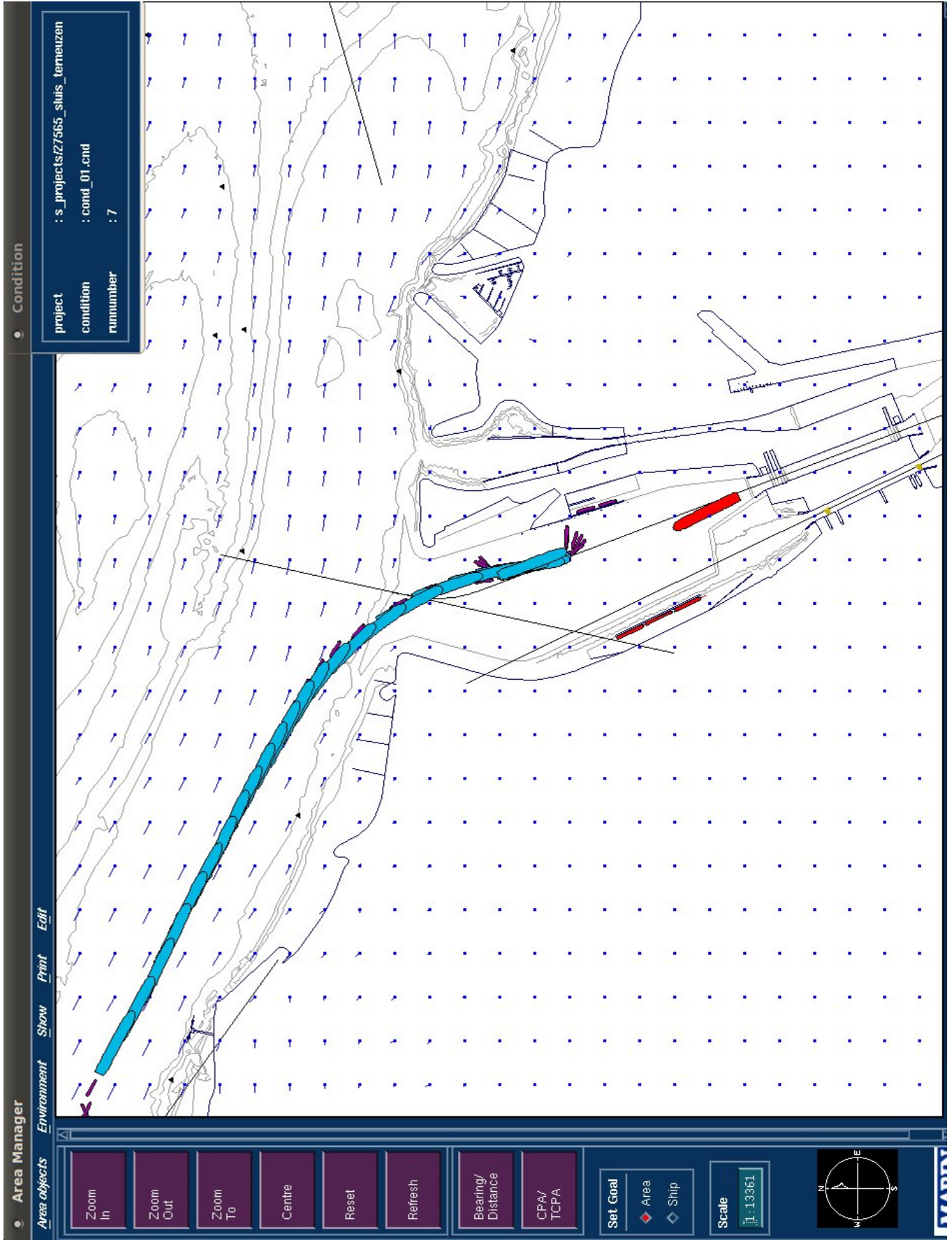
Voorkeursvariant - Run 6

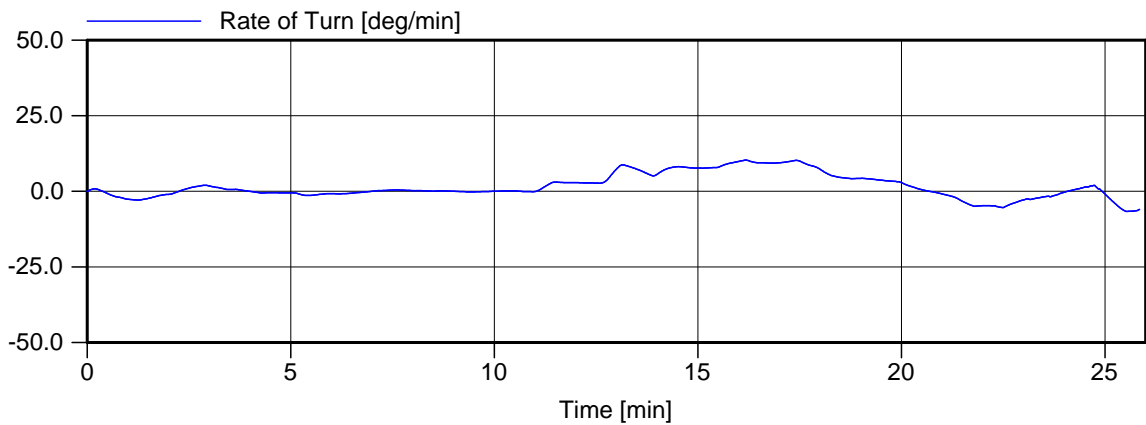
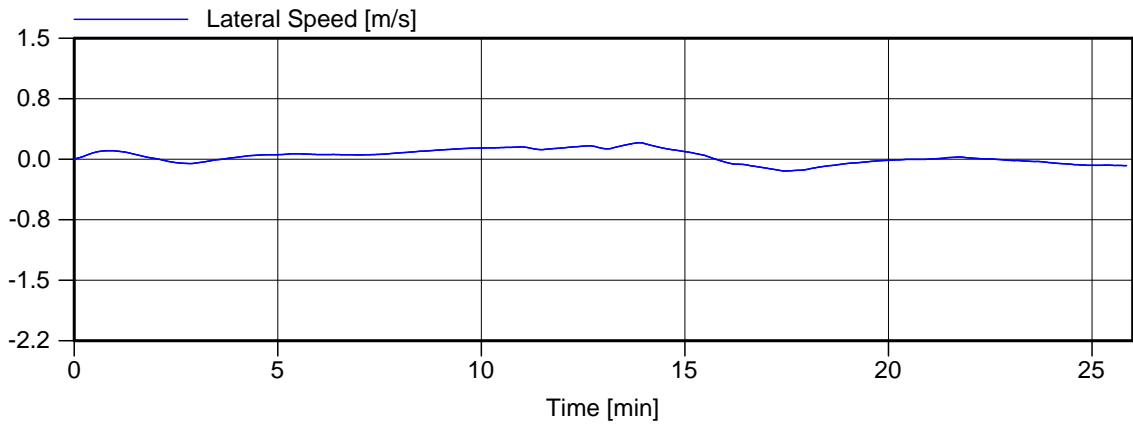
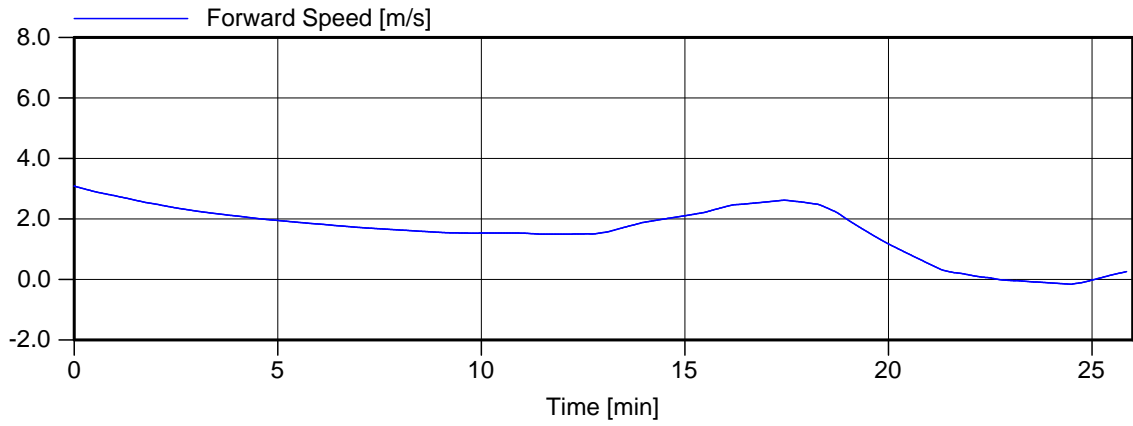
Wind , 13.8 m/s ZW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 6.d





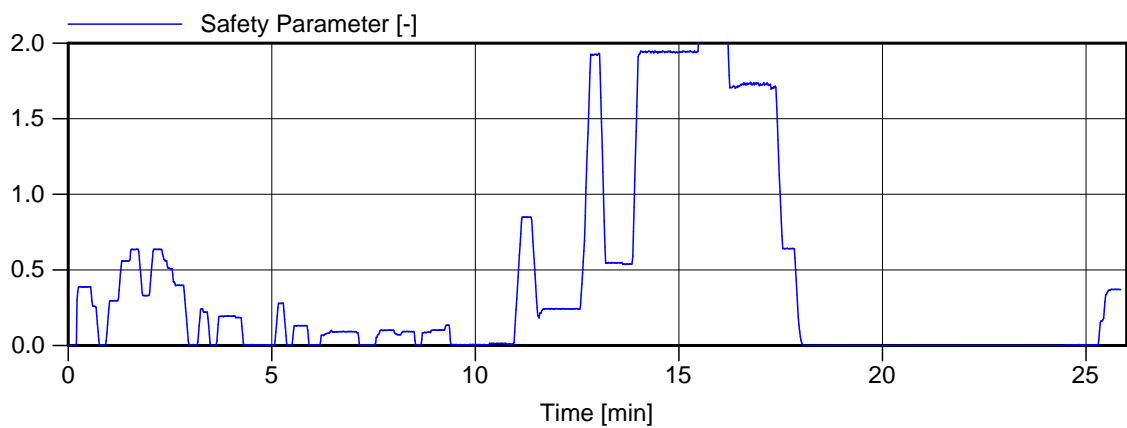
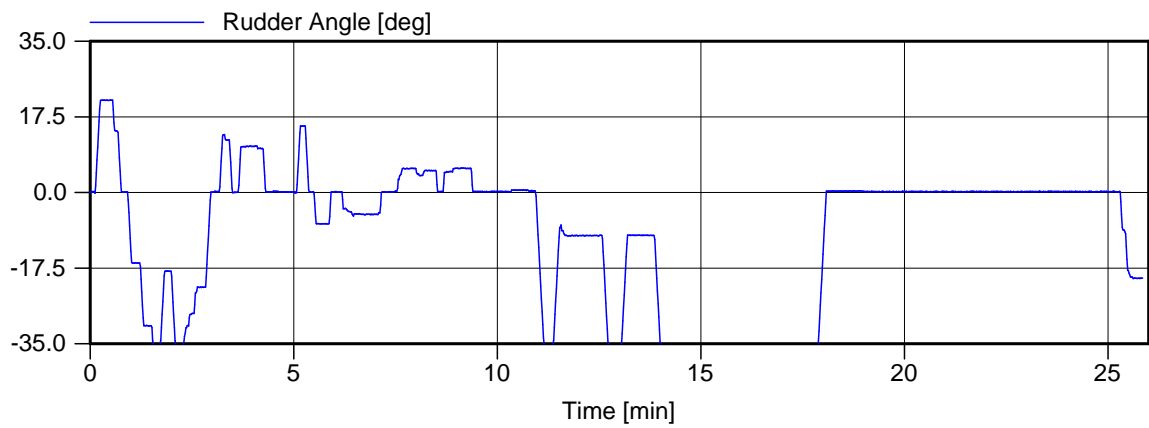
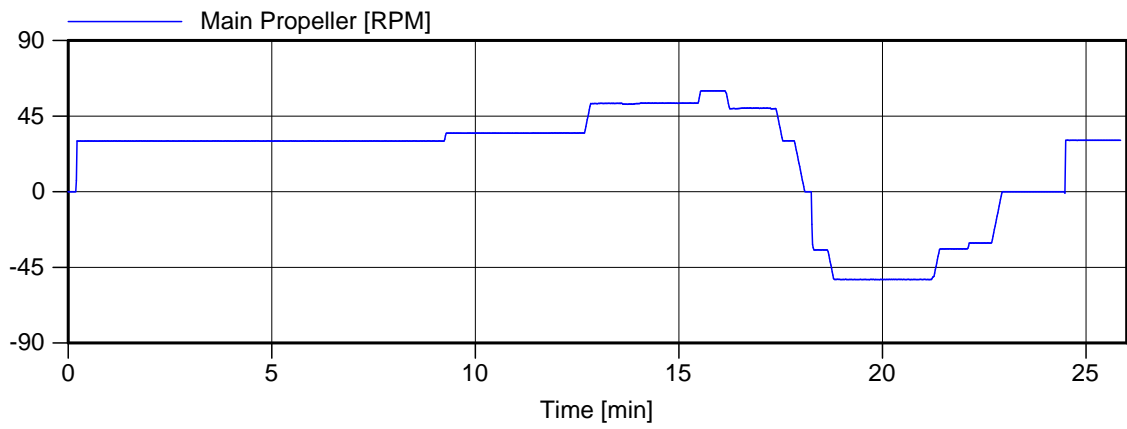
Voorkeursvariant - Run 7

Wind , 13.8 m/s E, 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 7.b



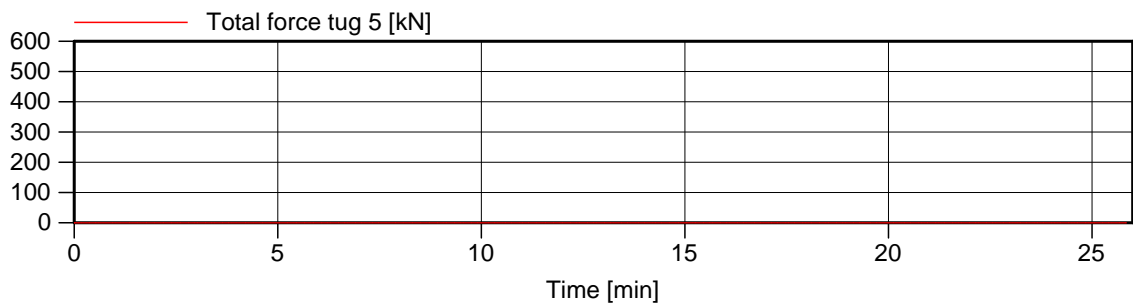
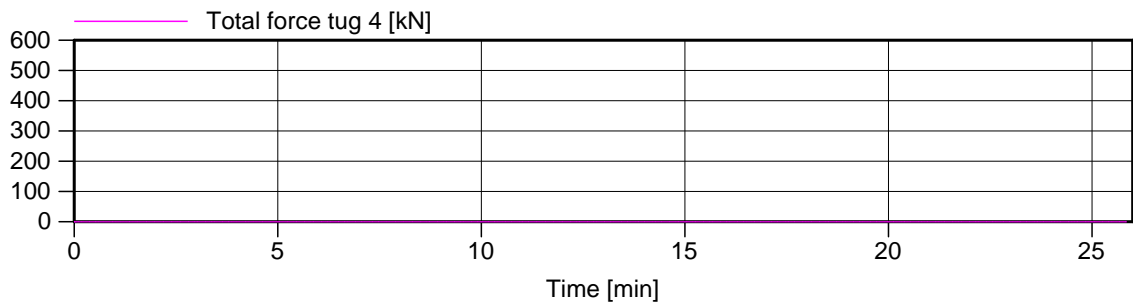
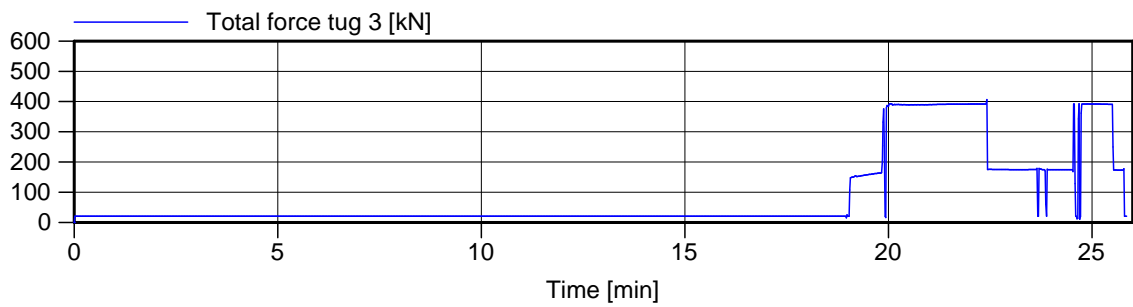
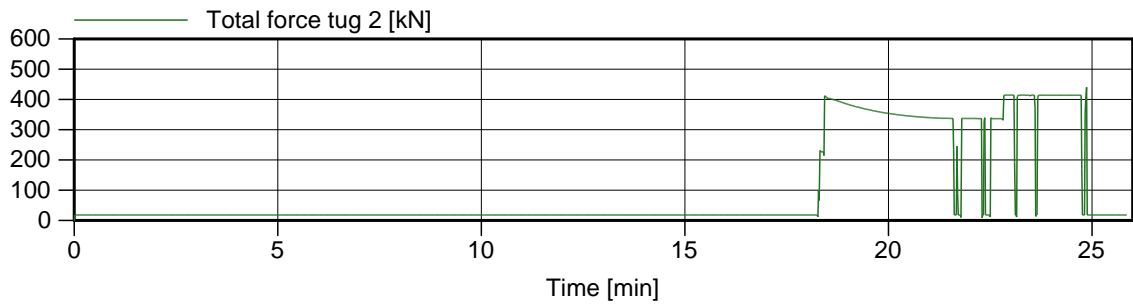
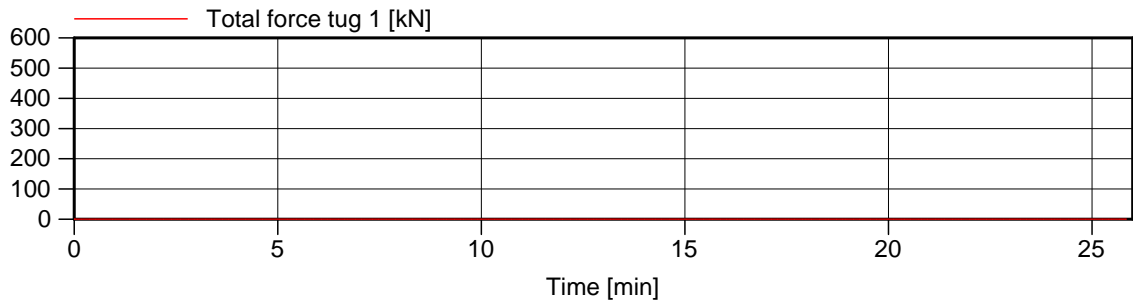
Voorkeursvariant - Run 7

Wind , 13.8 m/s E, 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 7.c



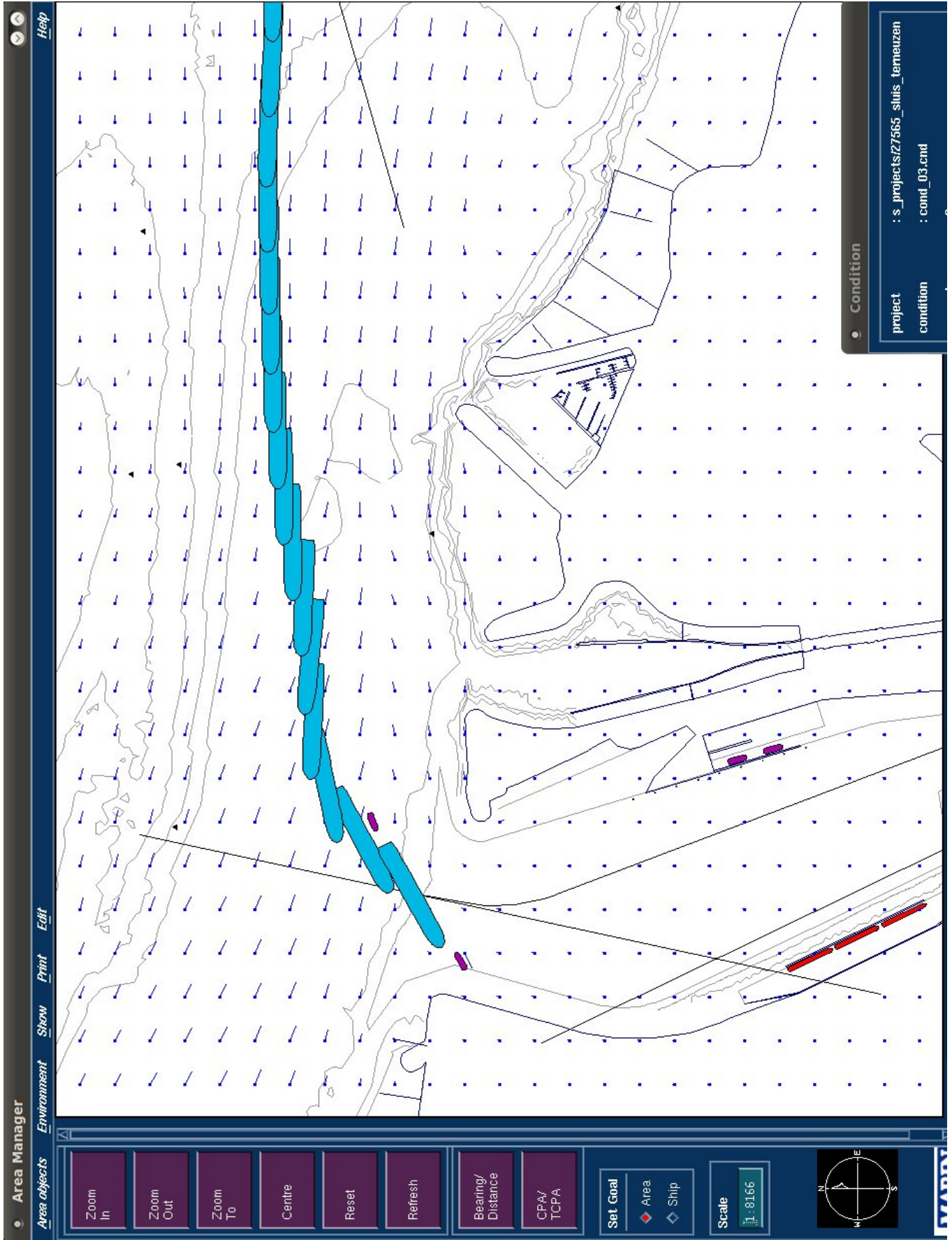
Voorkeursvariant - Run 7

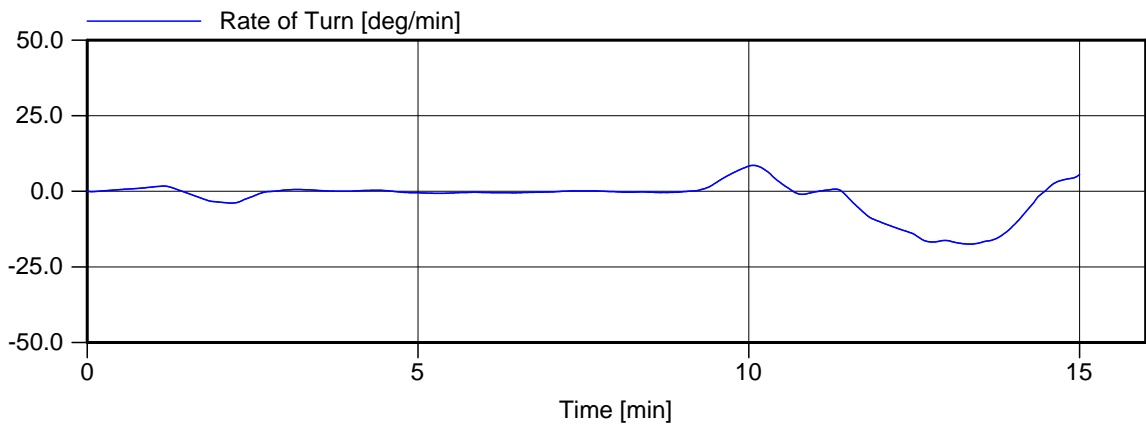
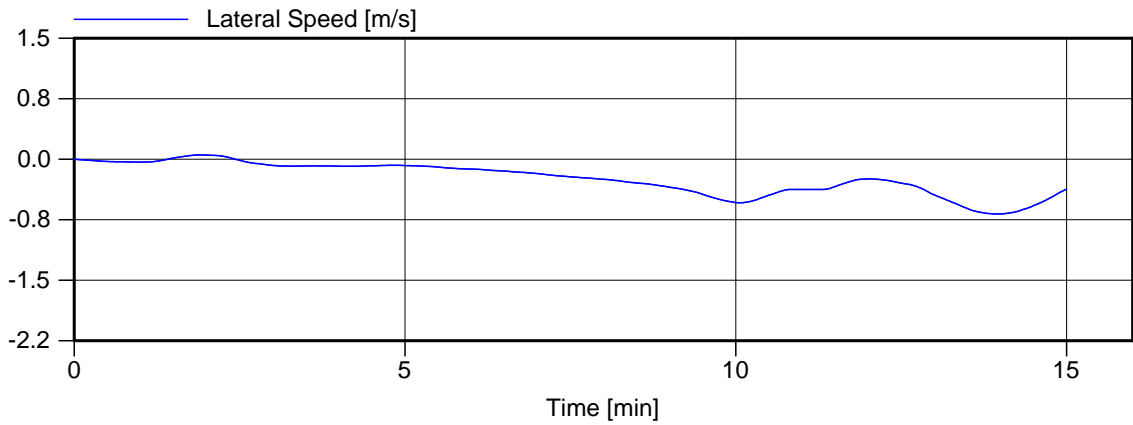
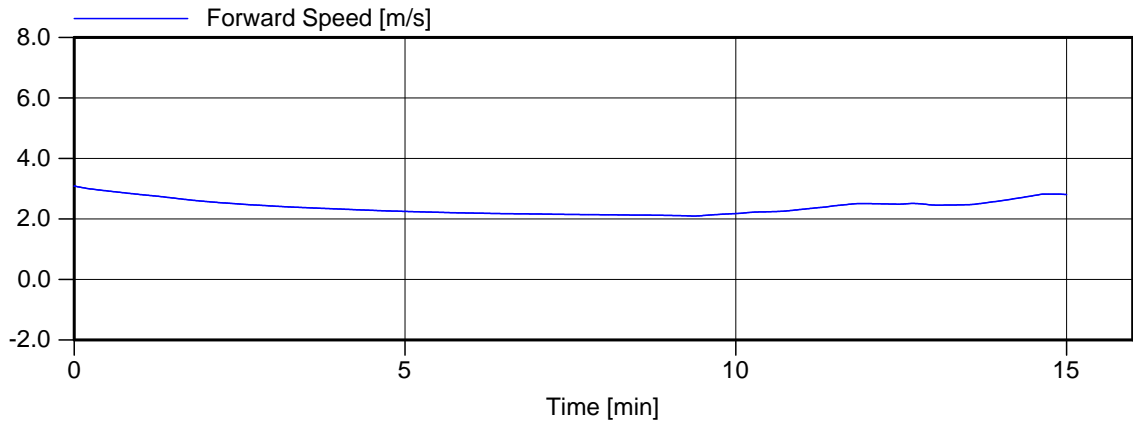
Wind , 13.8 m/s E, 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

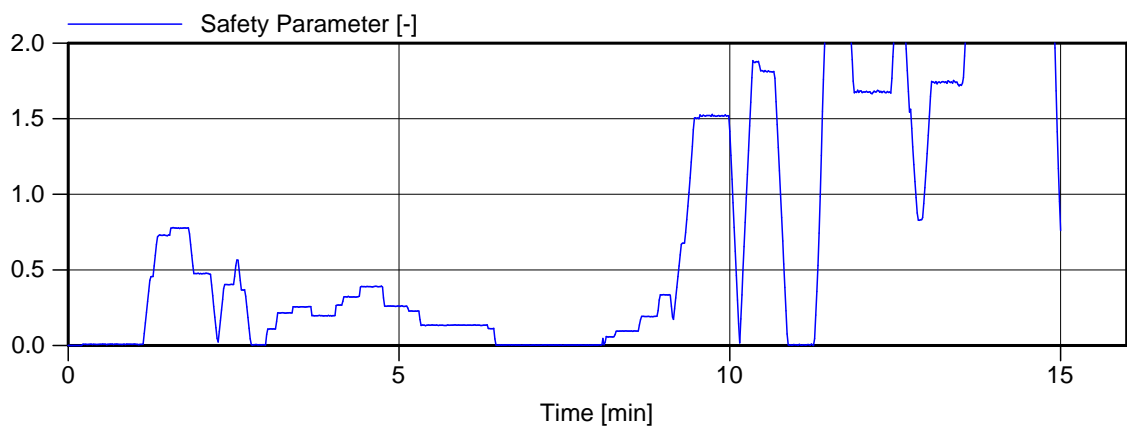
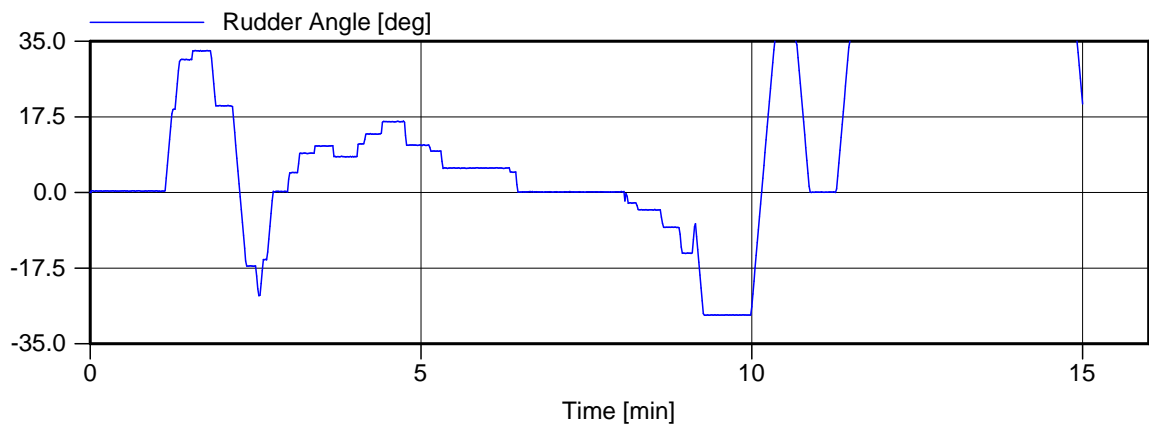
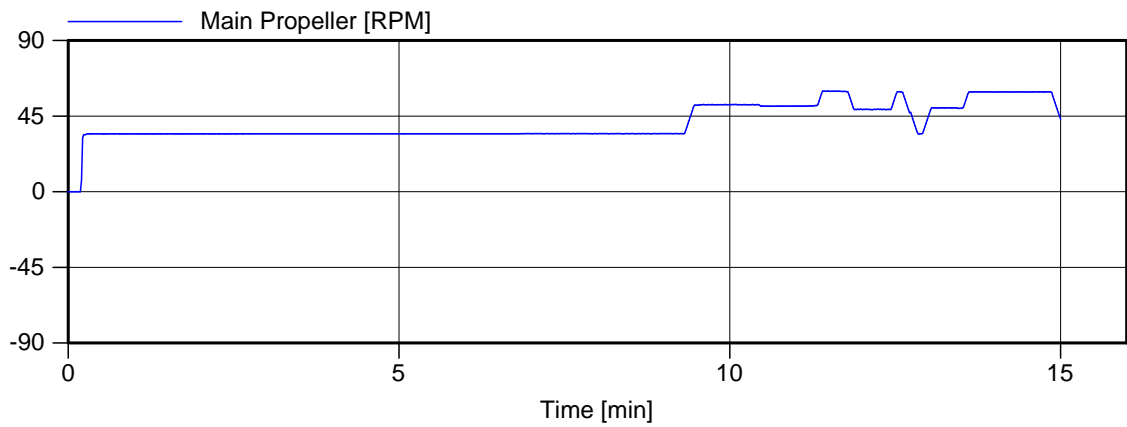
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 7.d





Voorkeursvariant - Run 8	Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20
Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 8.b



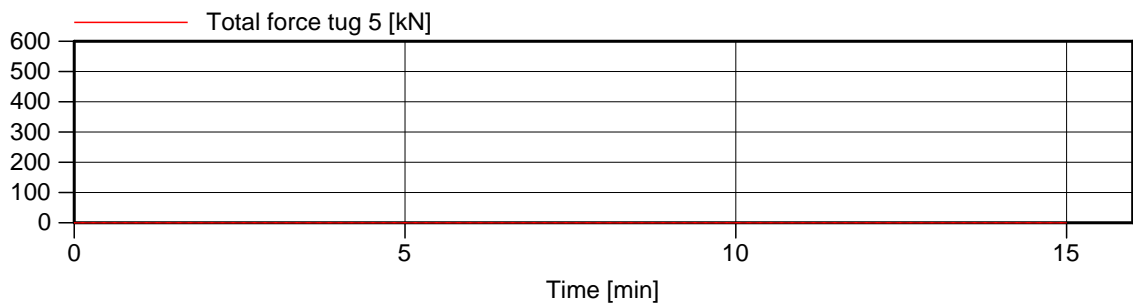
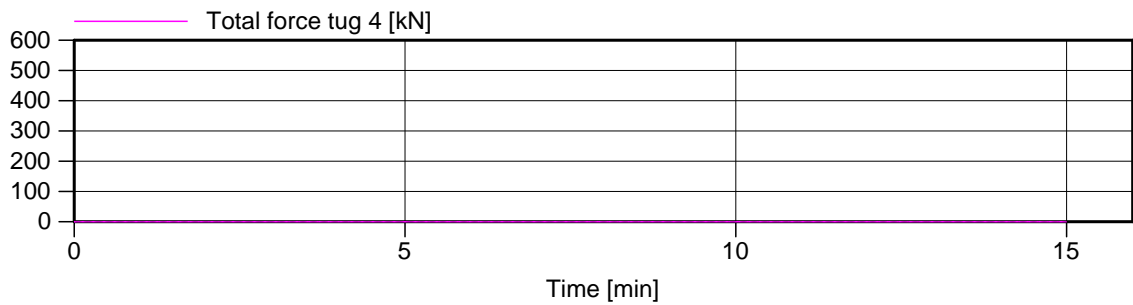
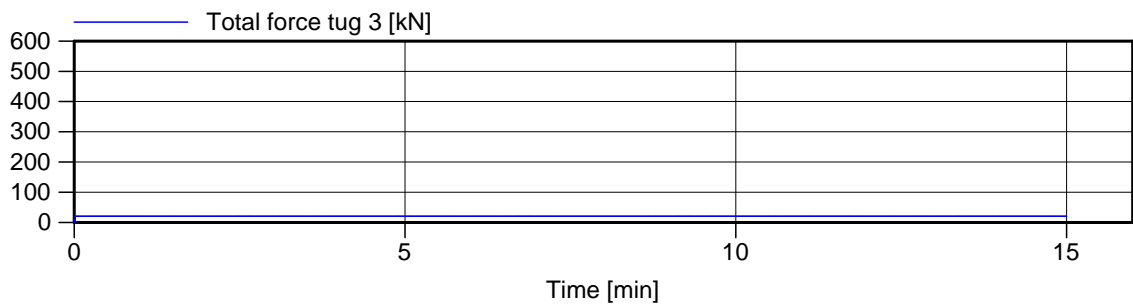
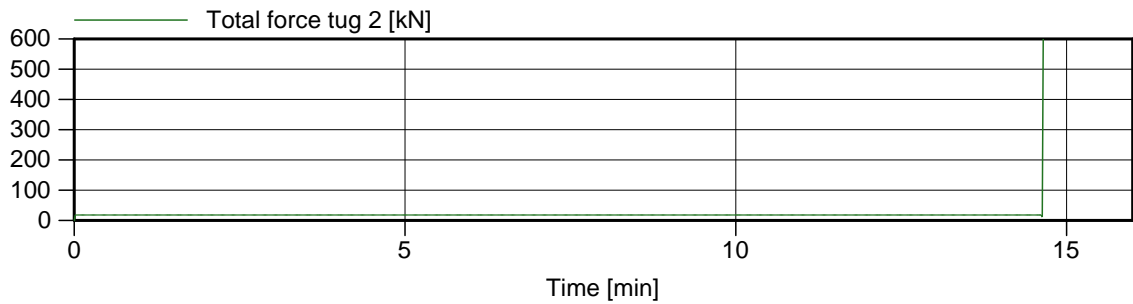
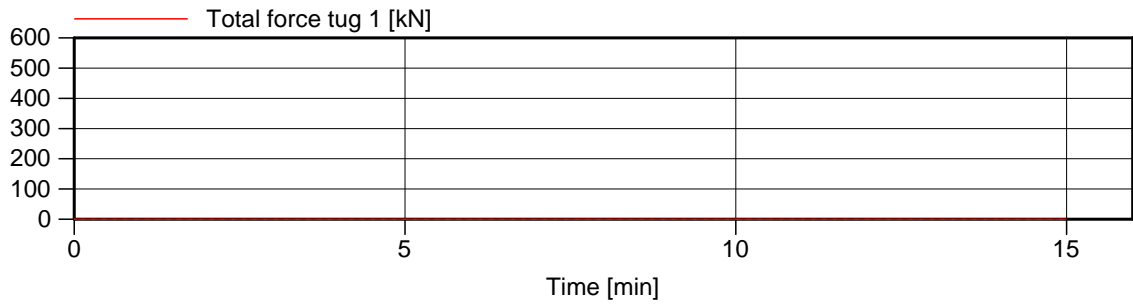
Voorkeursvariant - Run 8

Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 8.c



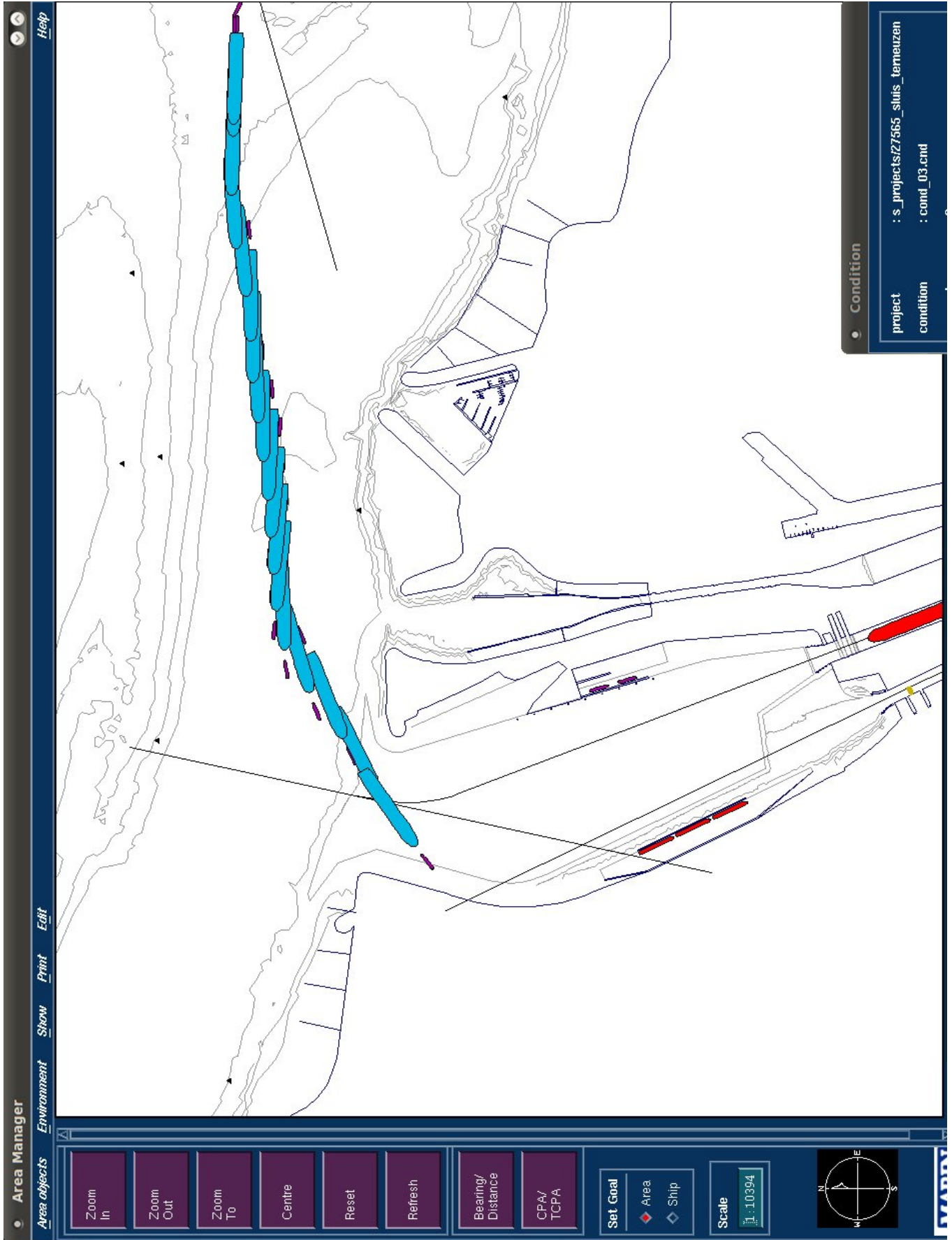
Voorkeursvariant - Run 8

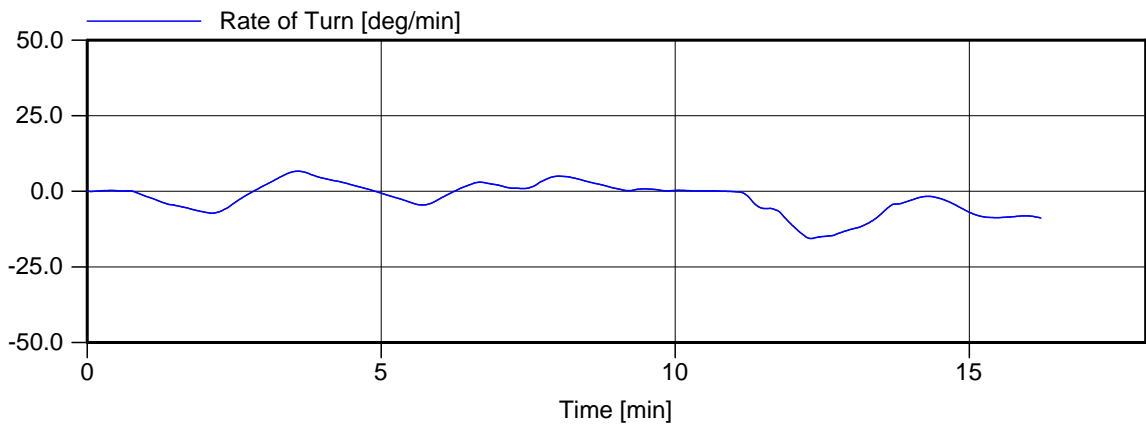
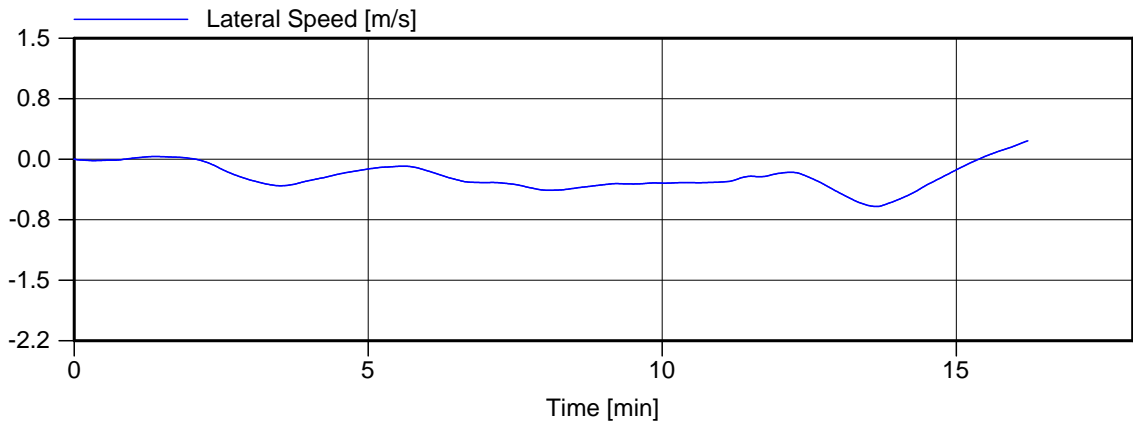
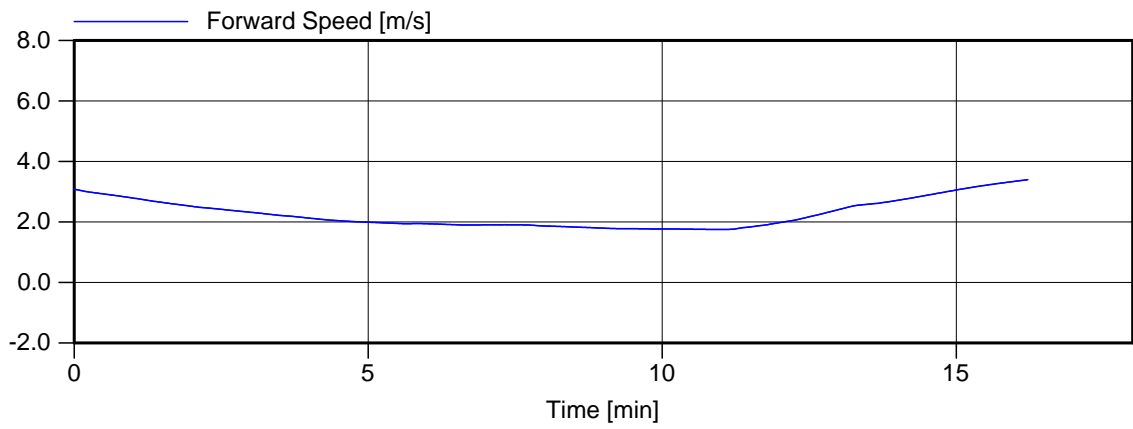
Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

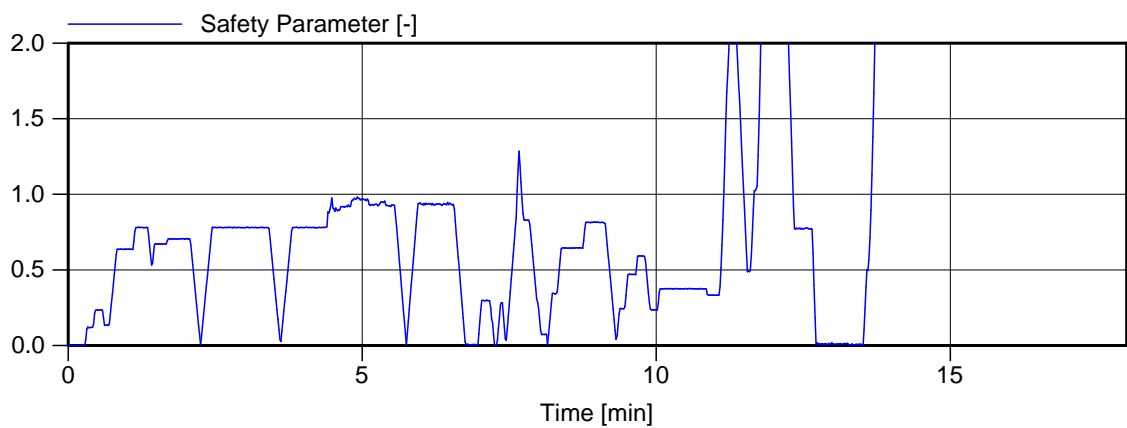
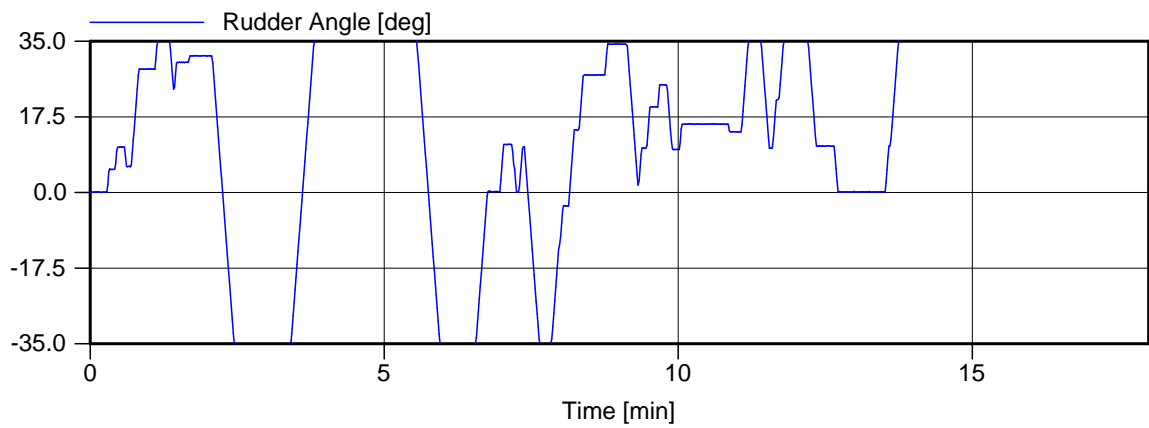
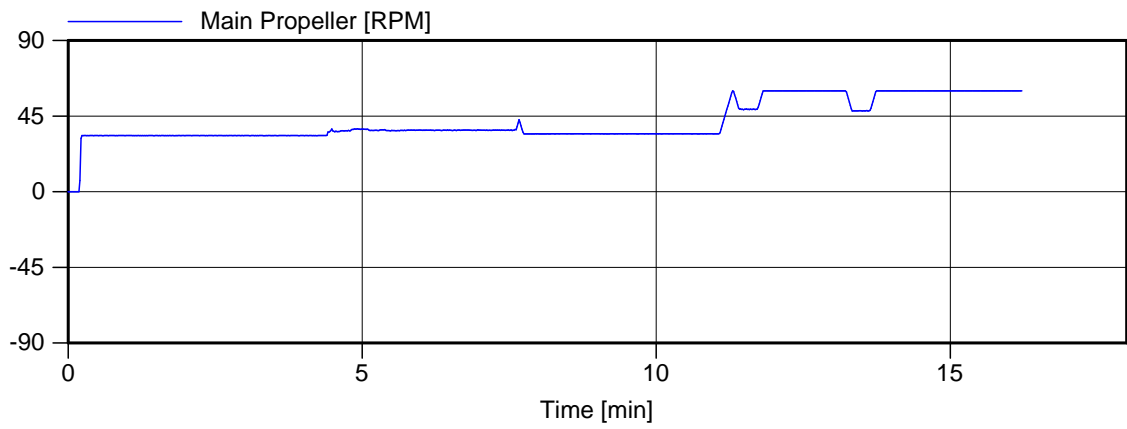
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 8.d





Voorkeursvariant - Run 9	Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20
Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 9.b



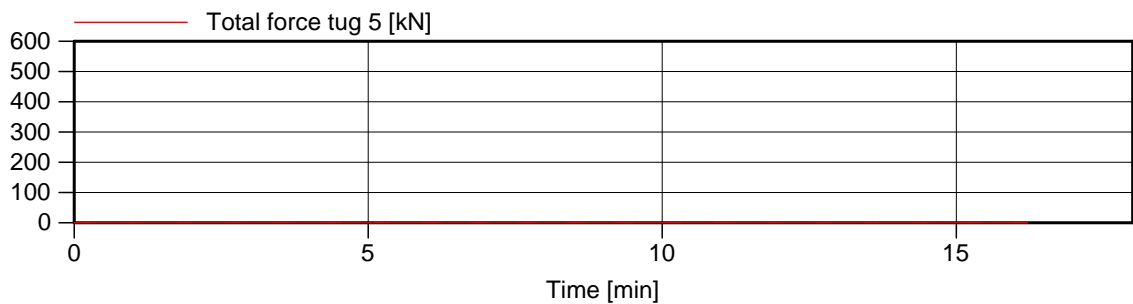
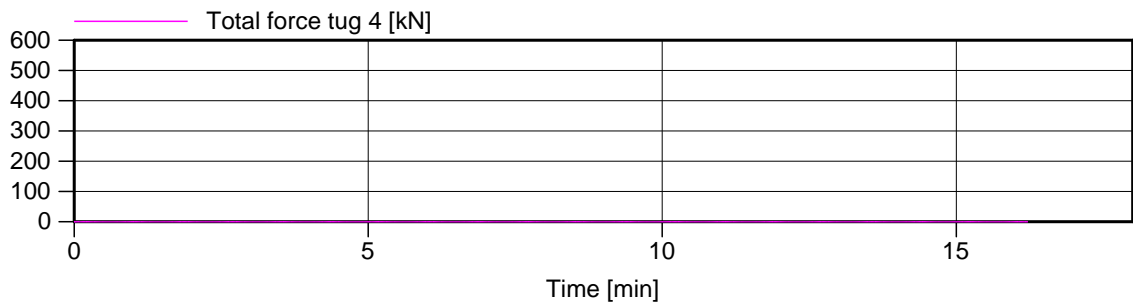
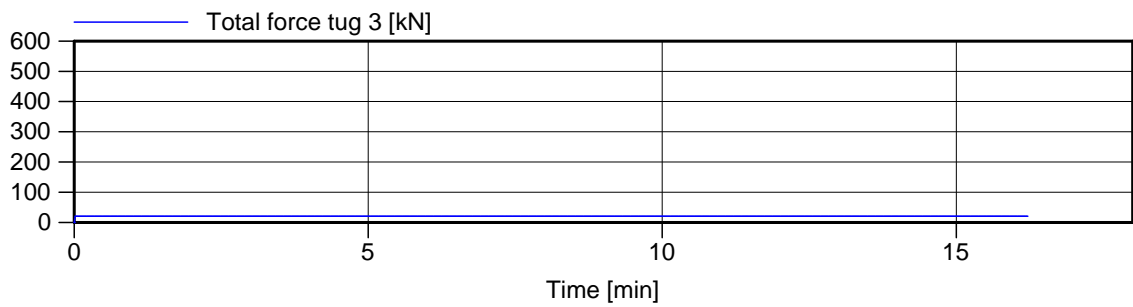
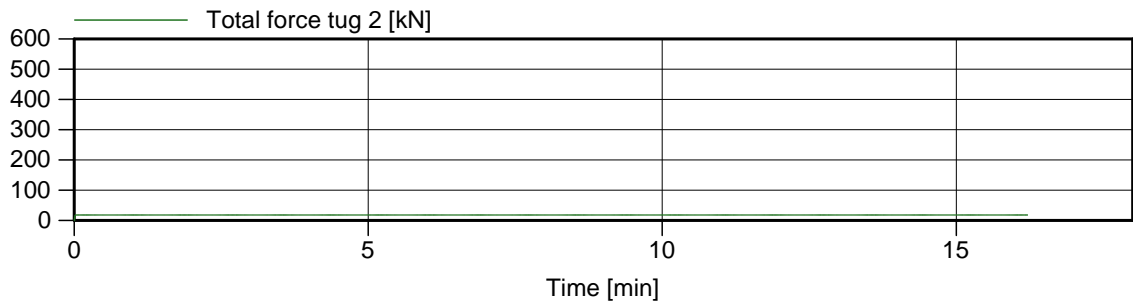
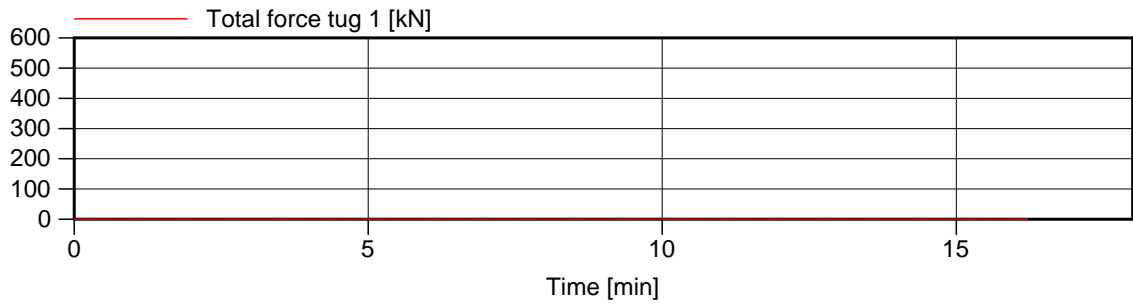
Voorkeursvariant - Run 9

Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 9.c



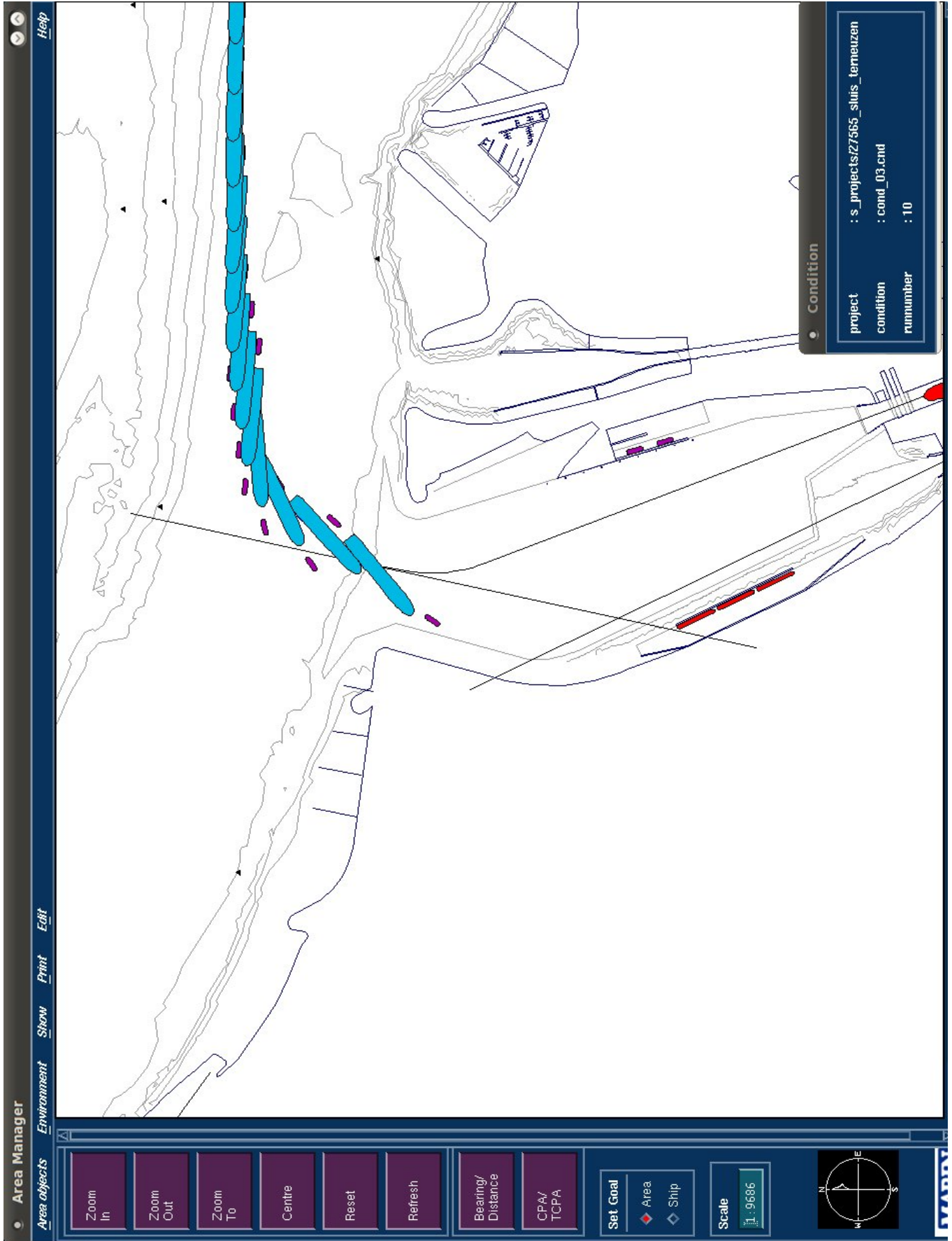
Voorkeursvariant - Run 9

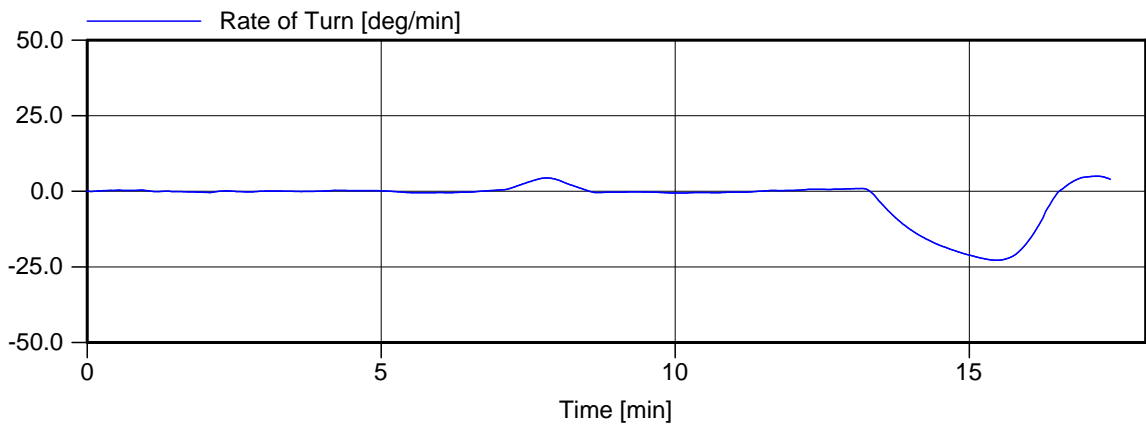
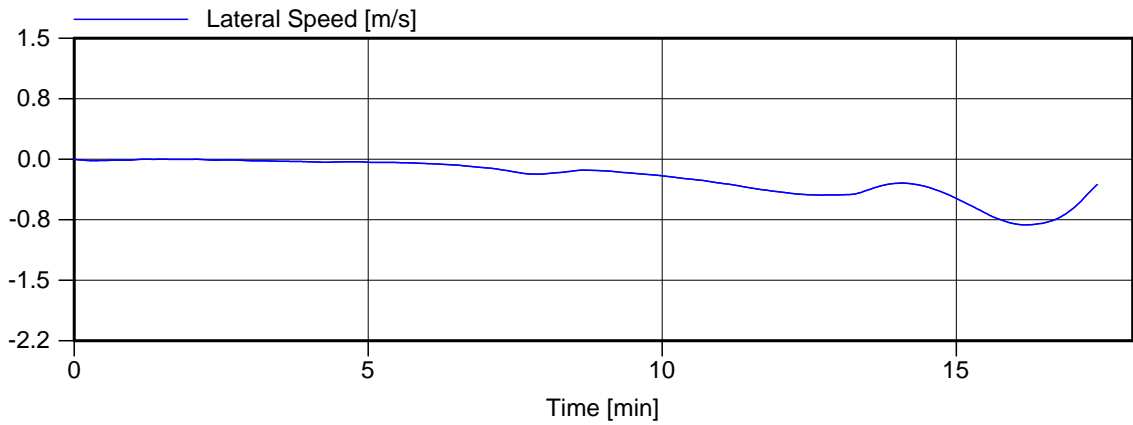
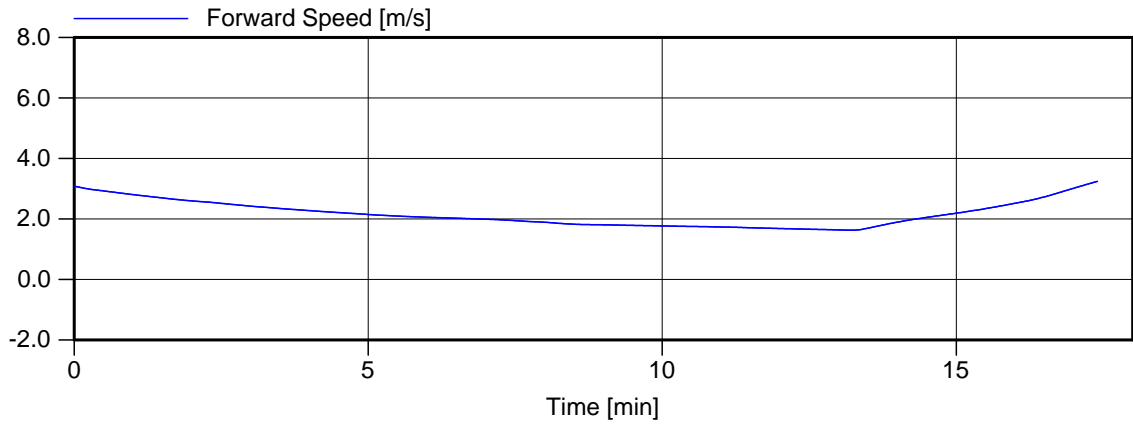
Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

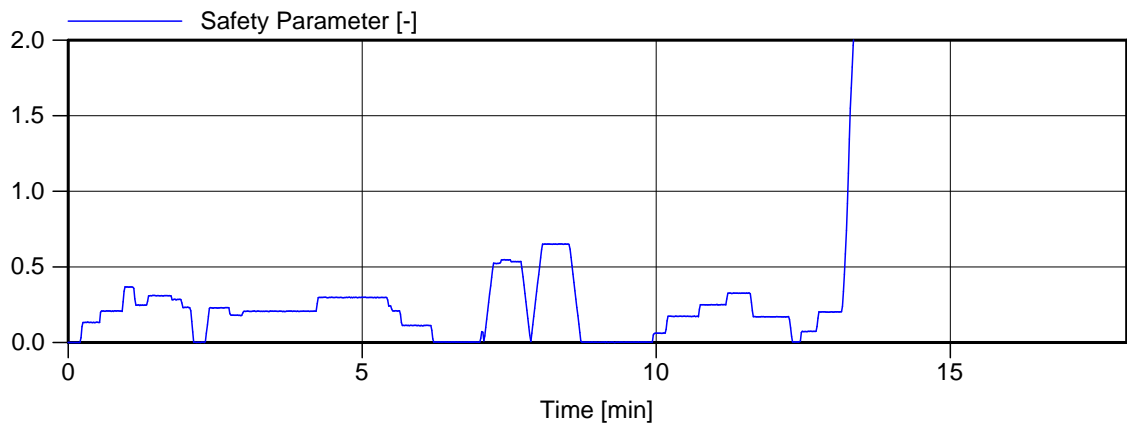
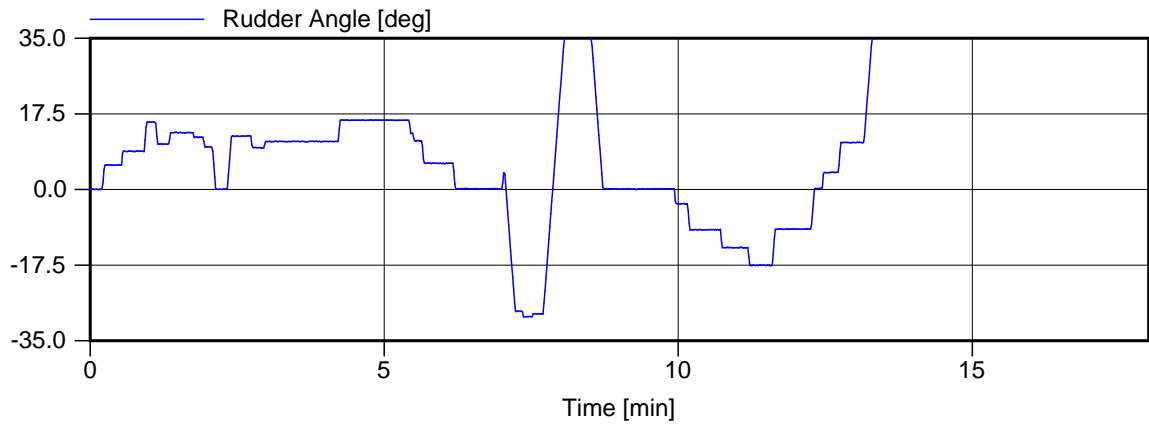
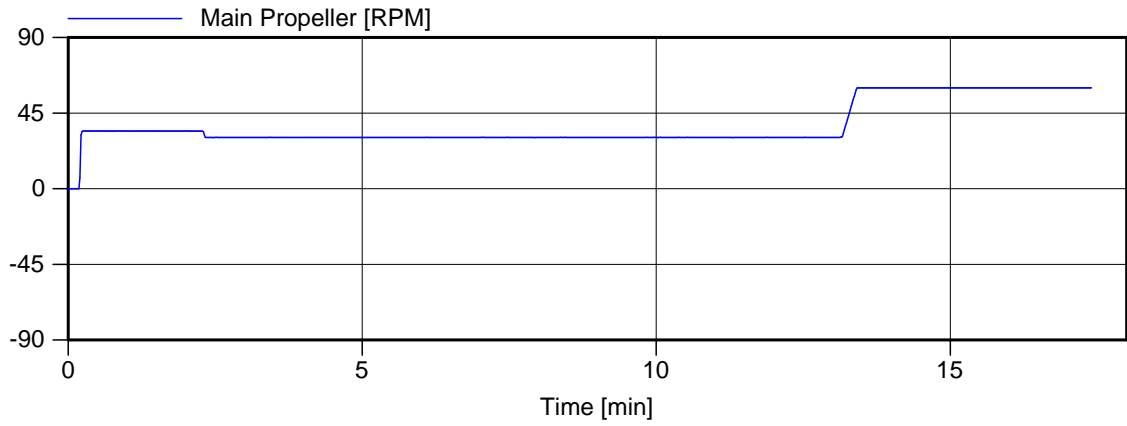
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 9.d





Voorkeursvariant - Run 10	Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20
Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 10.b



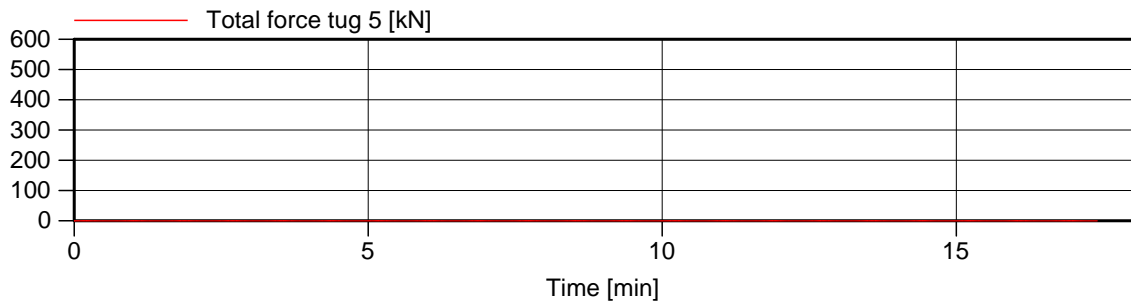
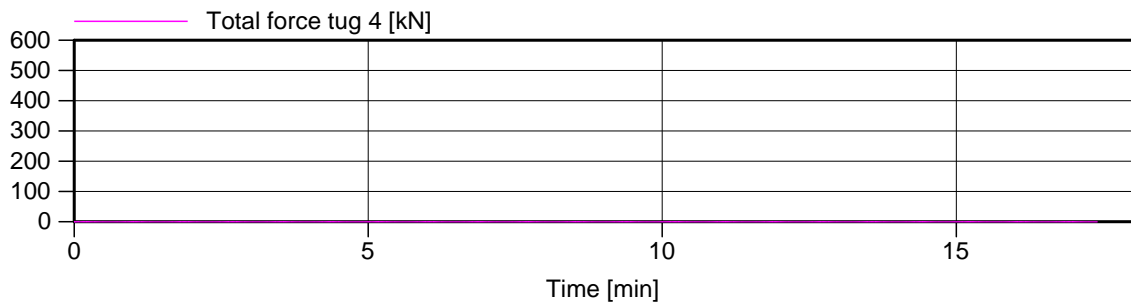
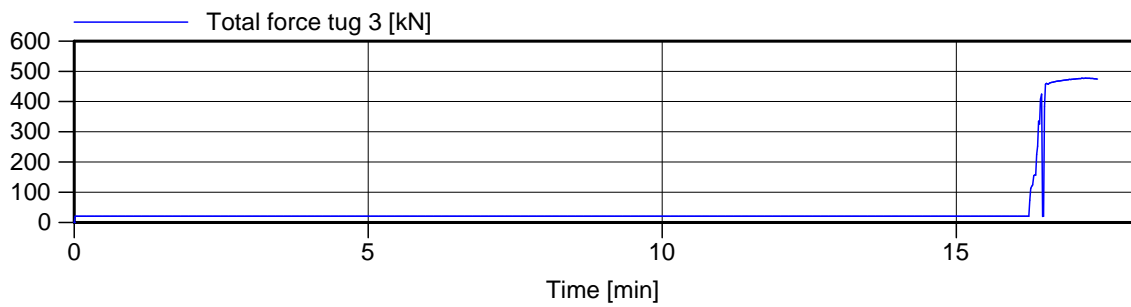
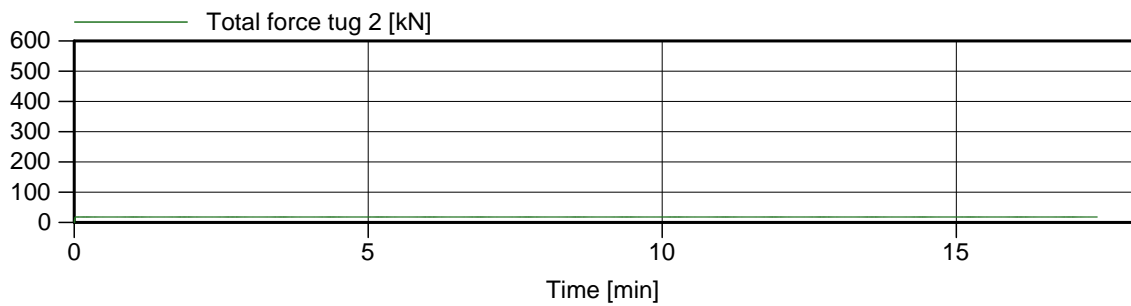
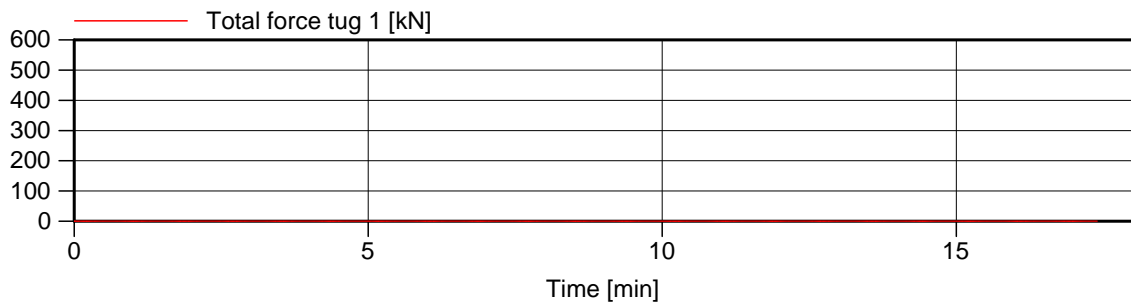
Voorkeursvariant - Run 10

Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 10.c



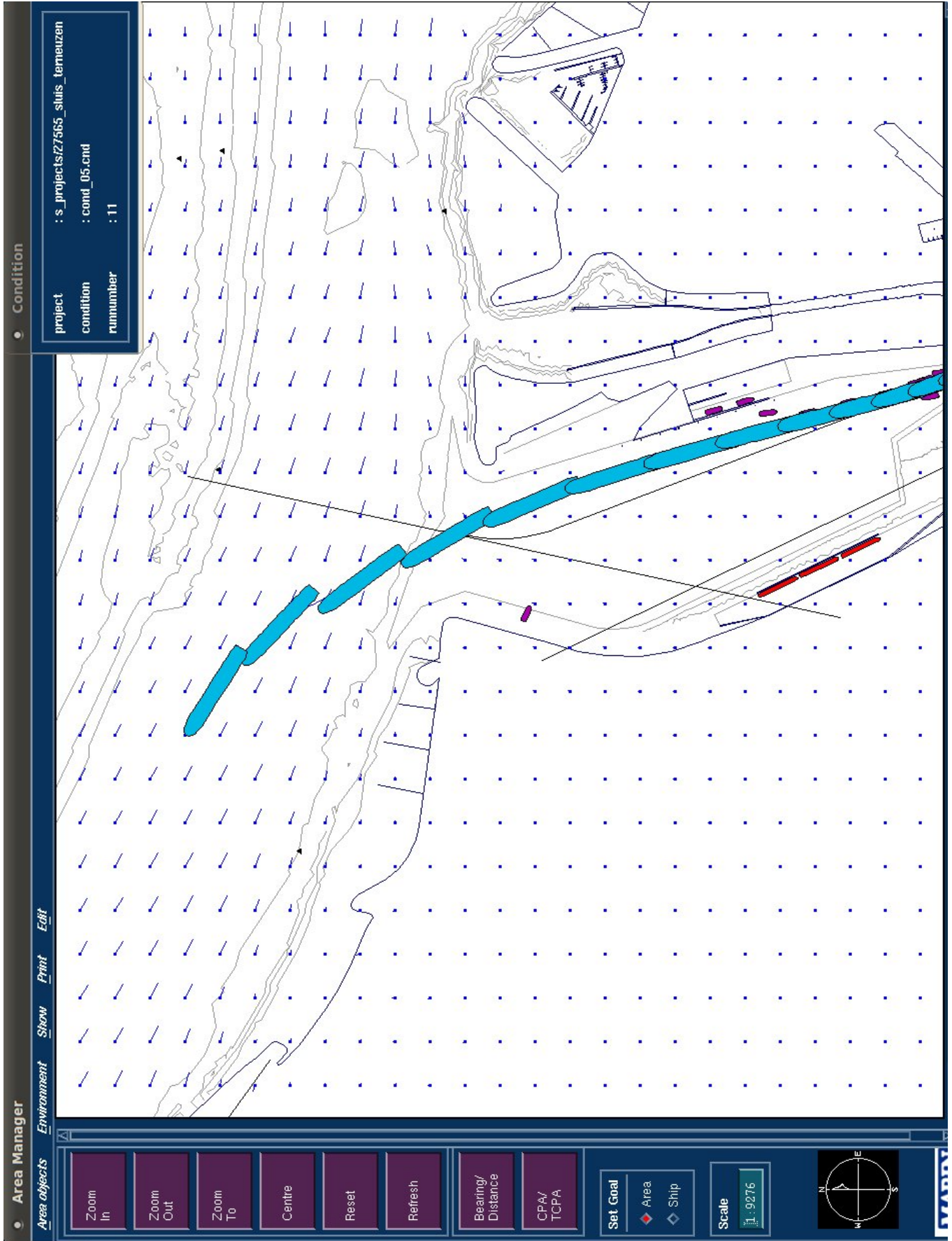
Voorkeursvariant - Run 10

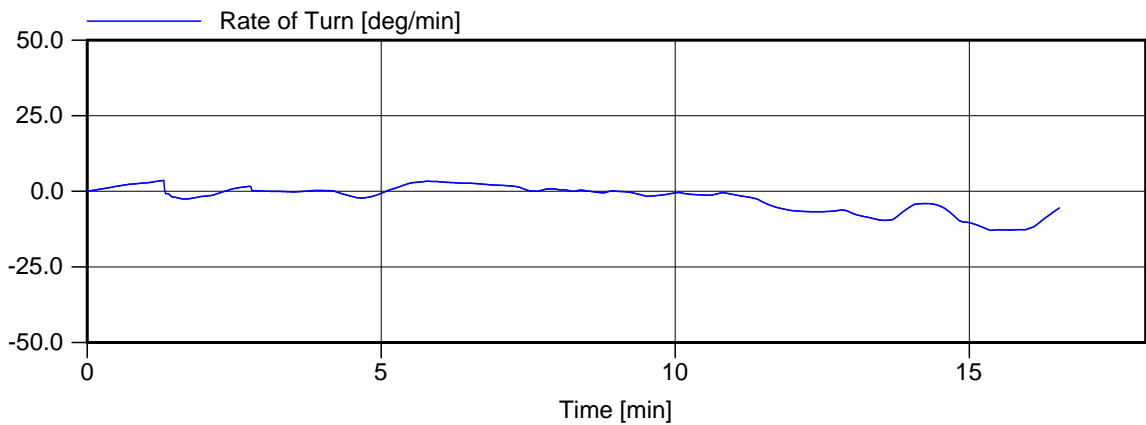
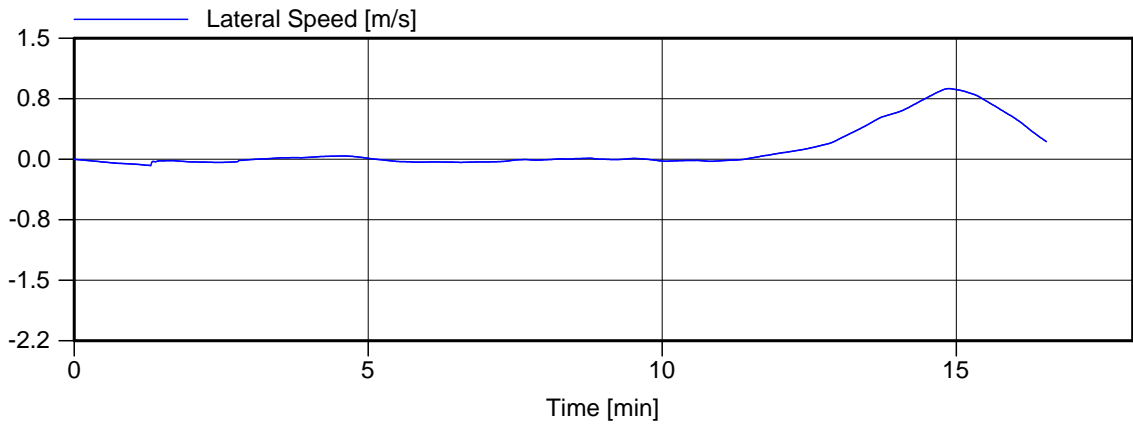
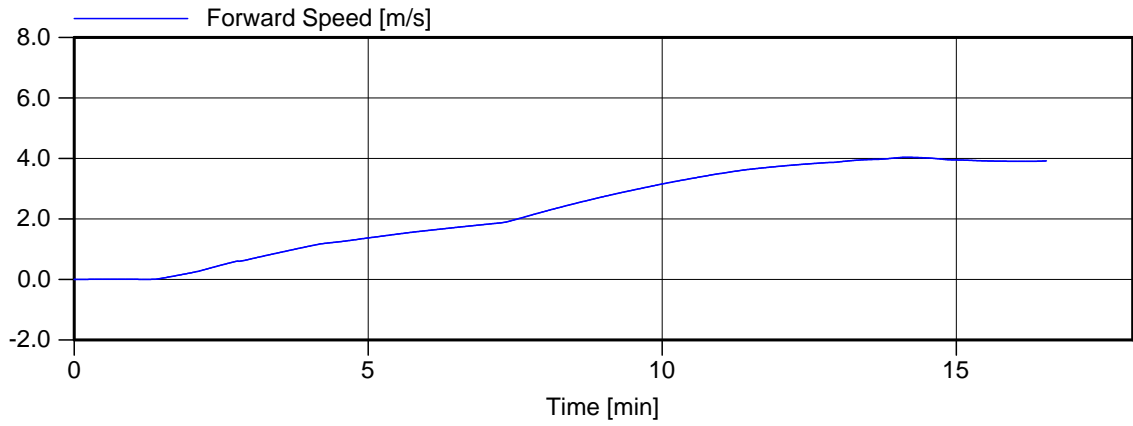
Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

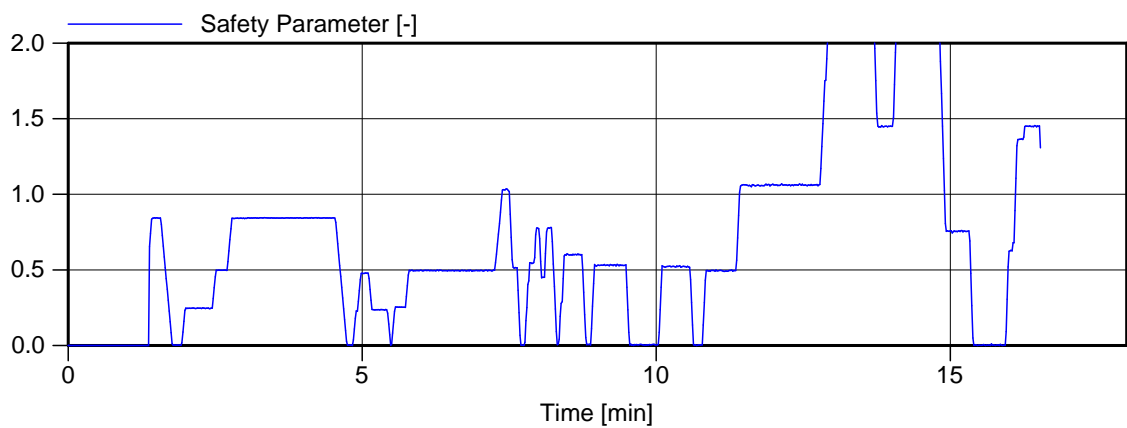
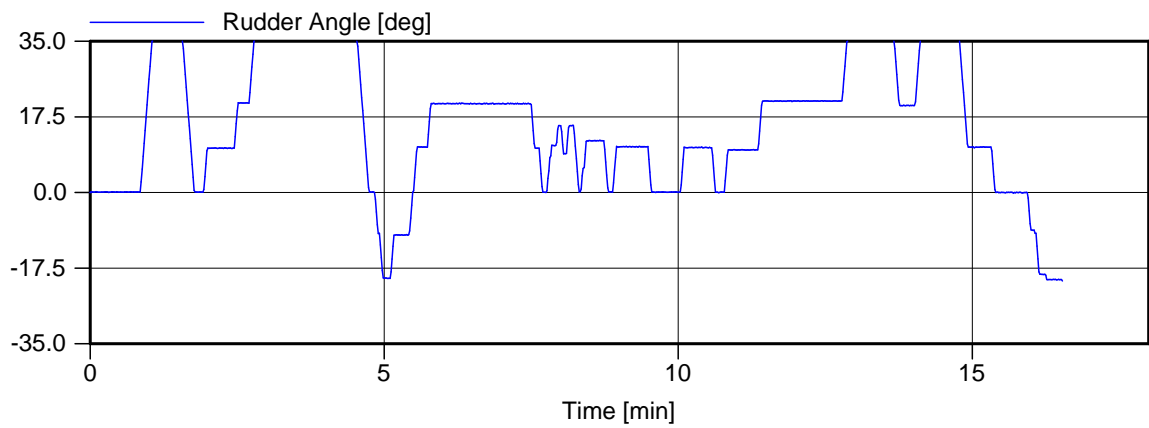
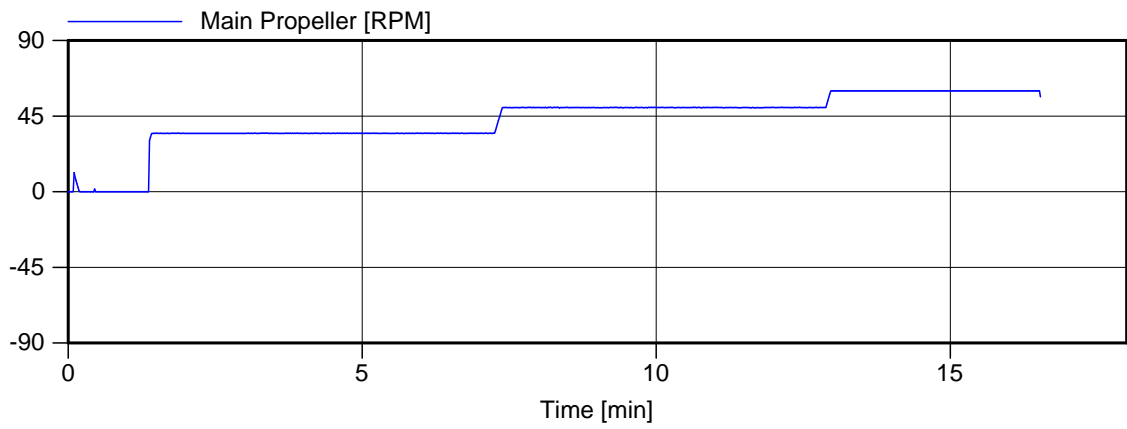
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 10.d





Noord -	Wind , 13.8 m/s E
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee	Run 11, 3.5 kts vloed, 9:20
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figure 11.b



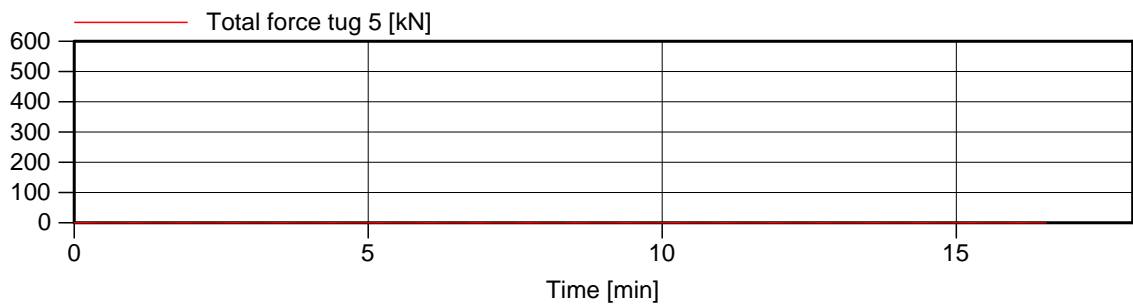
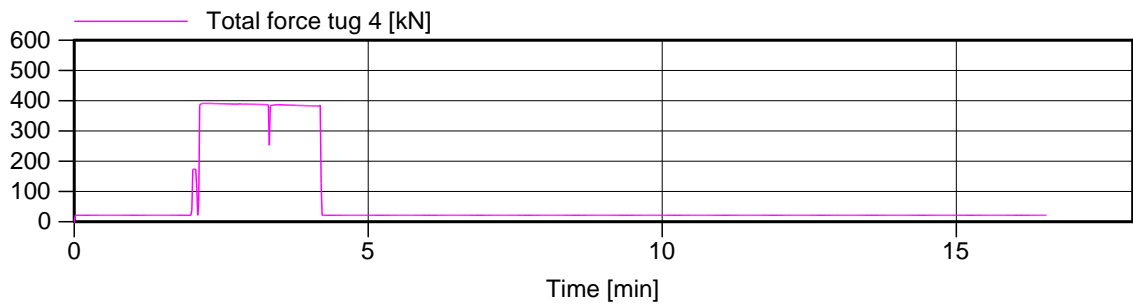
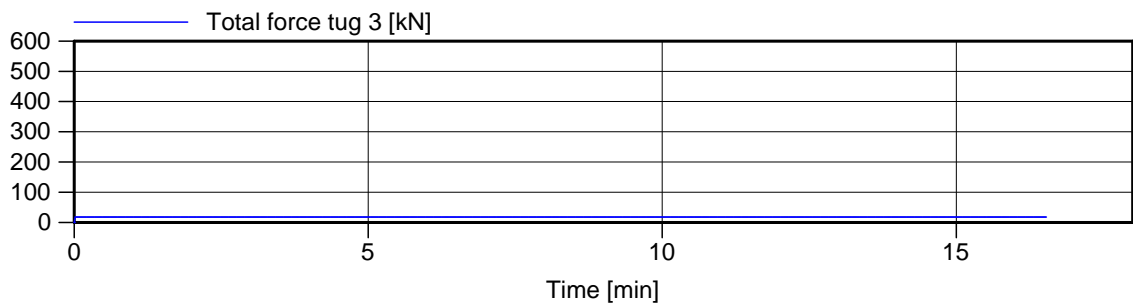
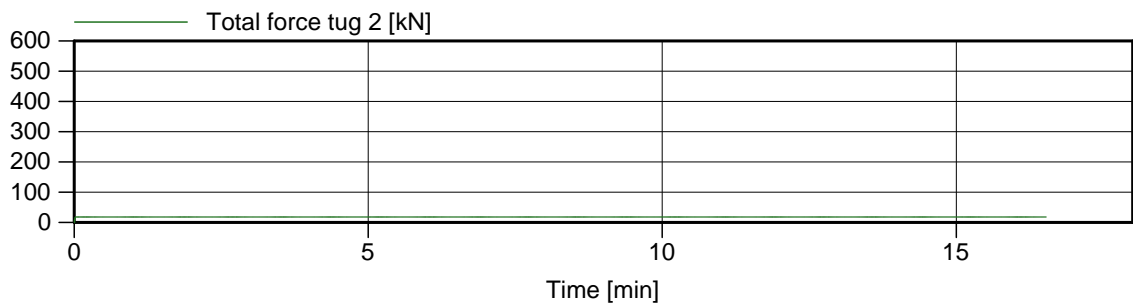
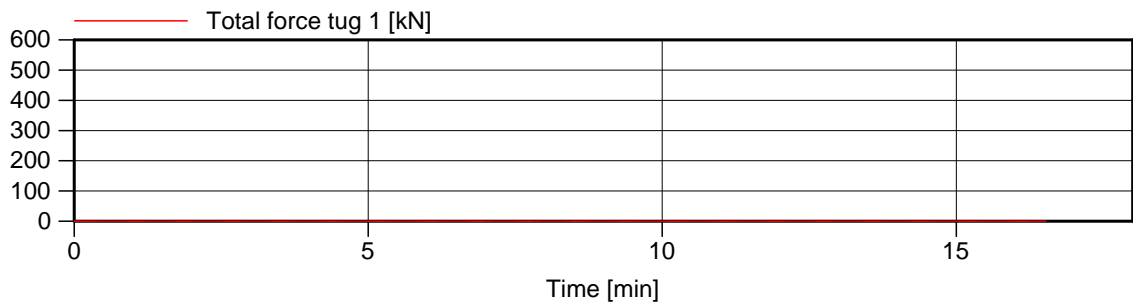
Voorkeursvariant - Run 11

Wind , 13.8 m/s E, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 11.c



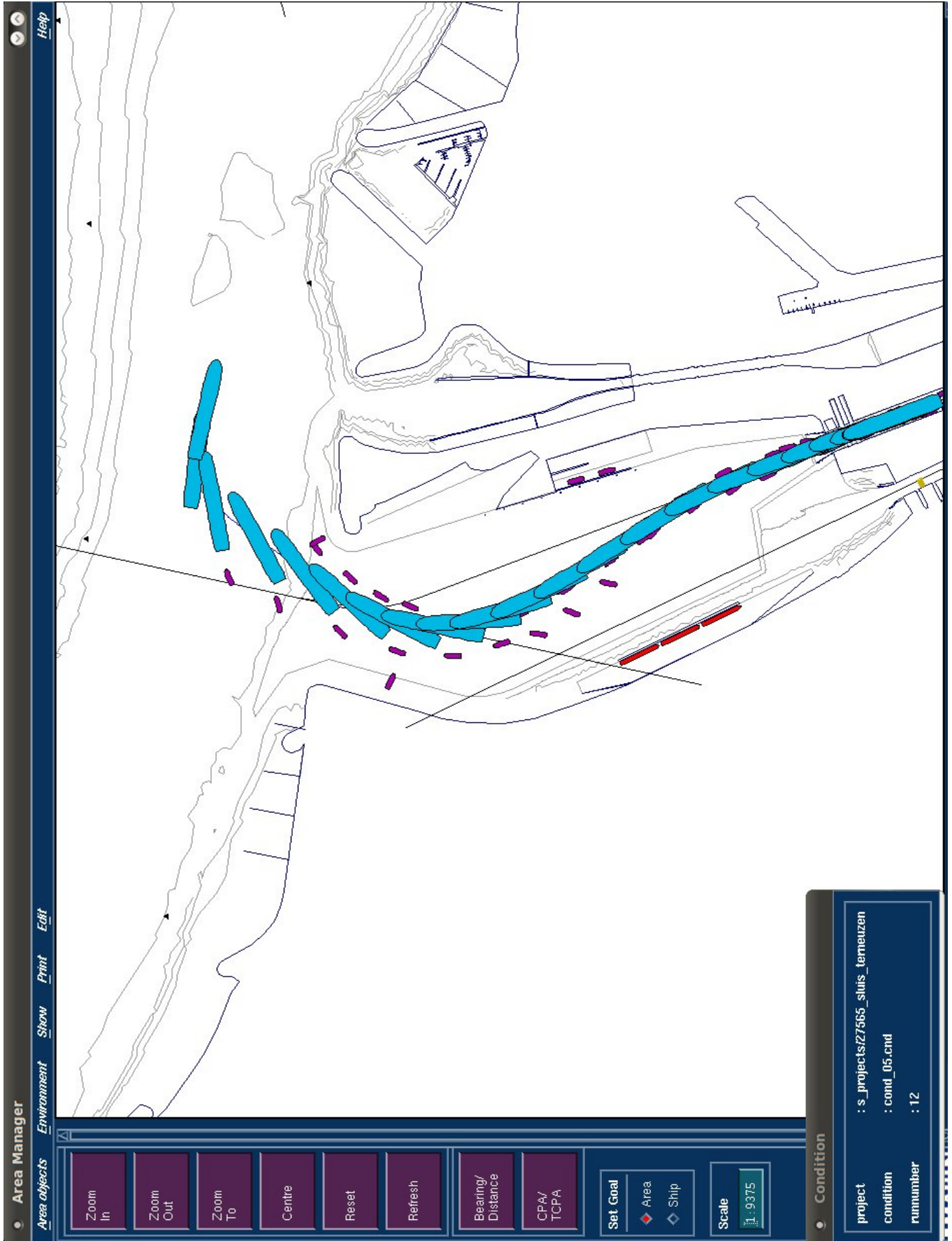
Voorkeursvariant - Run 11

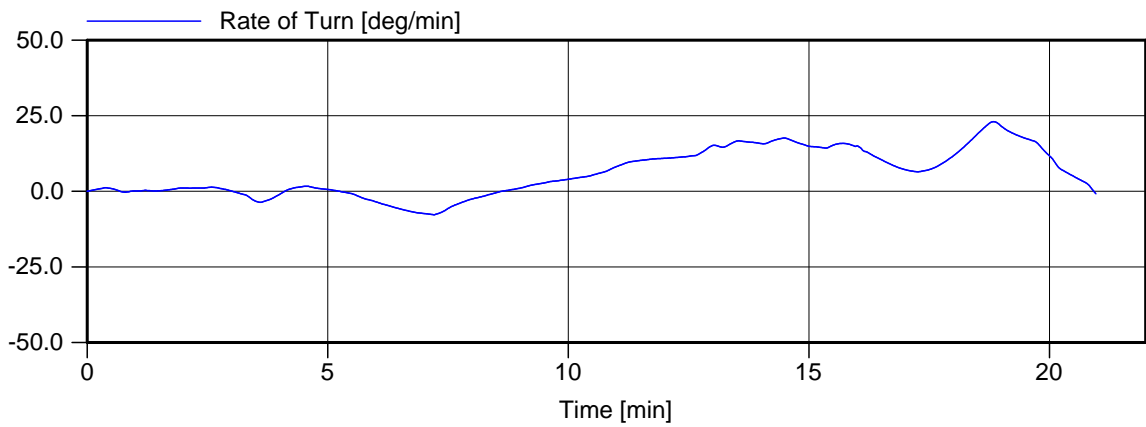
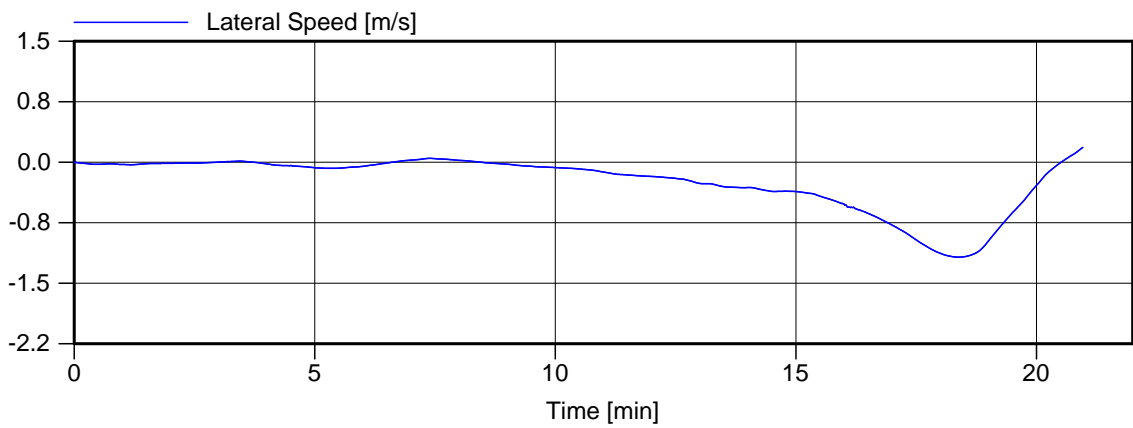
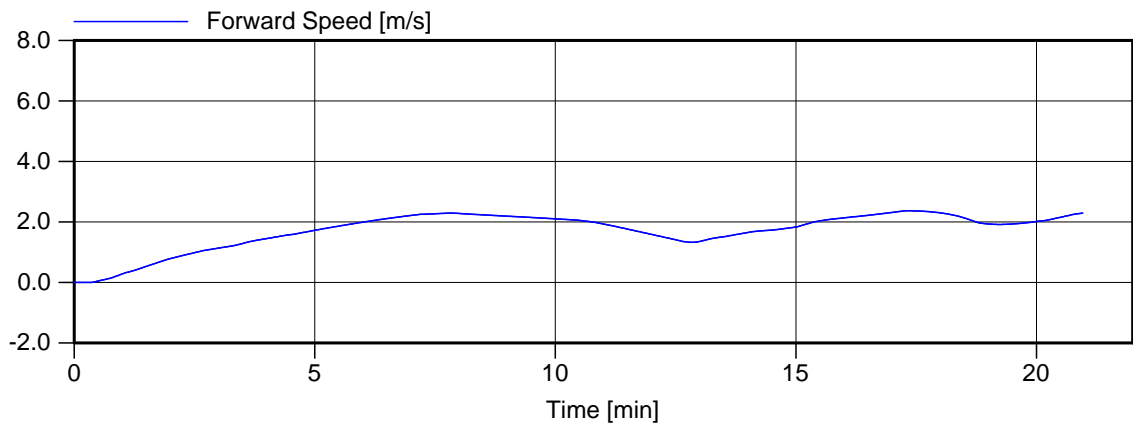
Wind , 13.8 m/s E, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

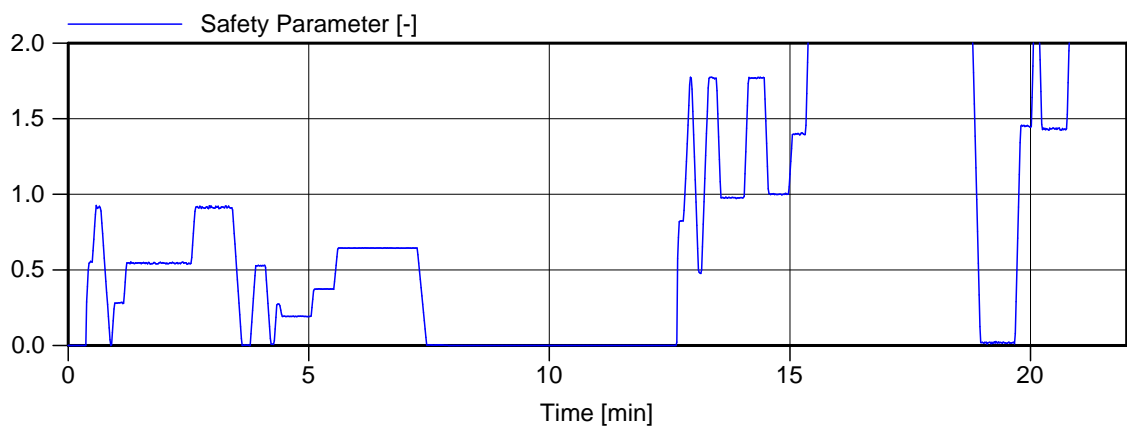
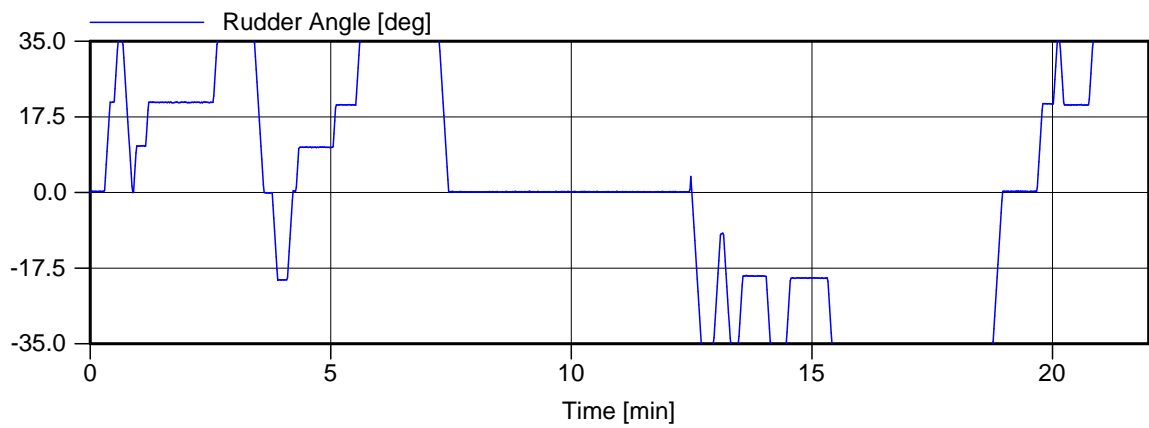
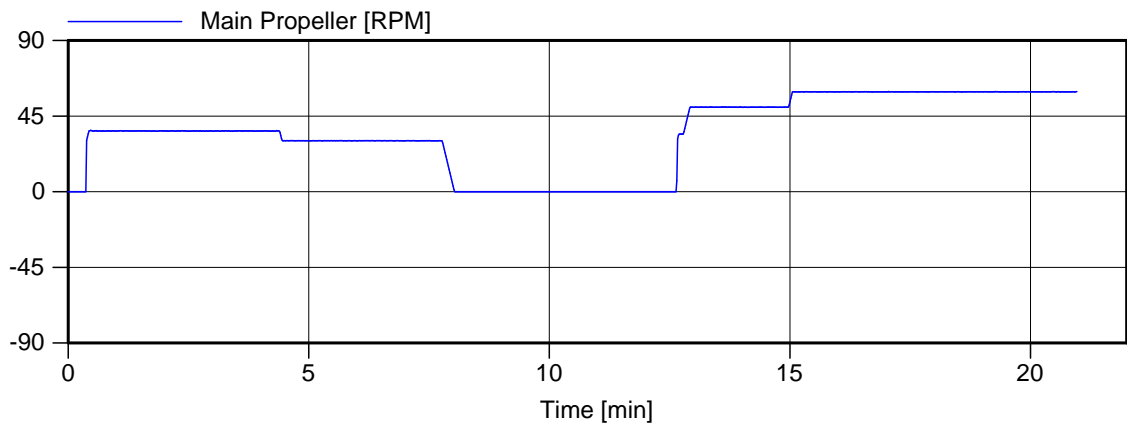
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 11.d





Noord -	Wind , 13.8 m/s E
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen	Run 12, 3 kts eb, 13:00
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figure 12.b



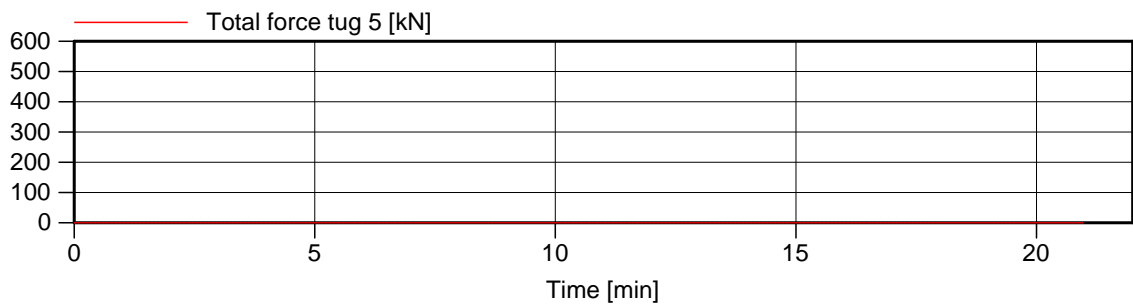
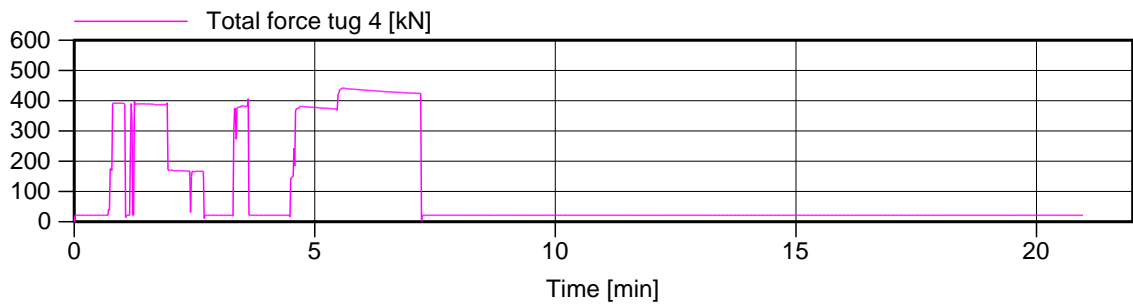
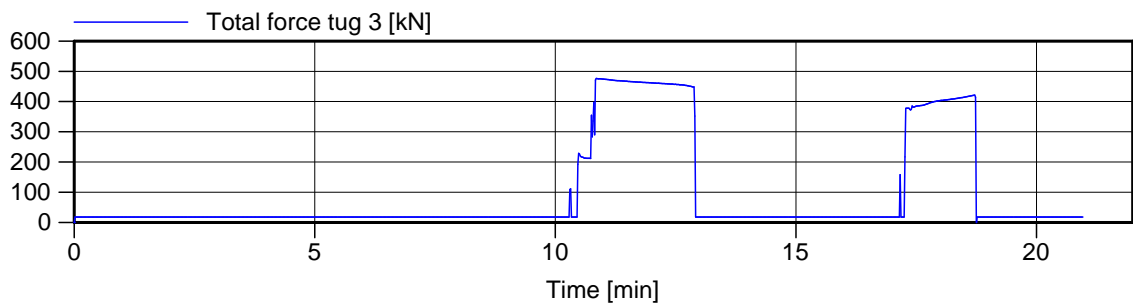
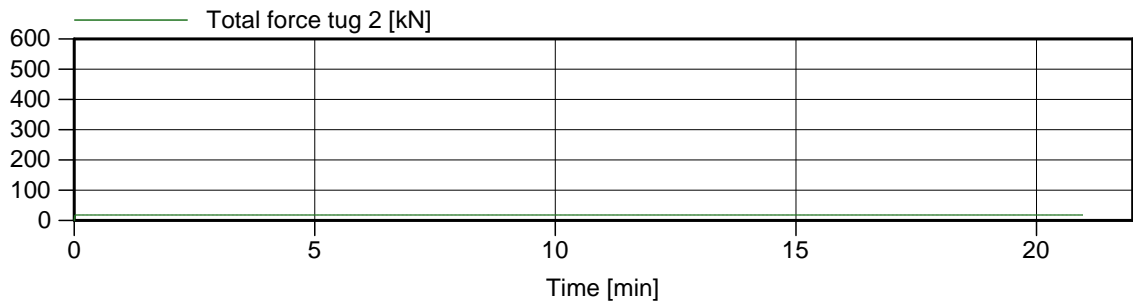
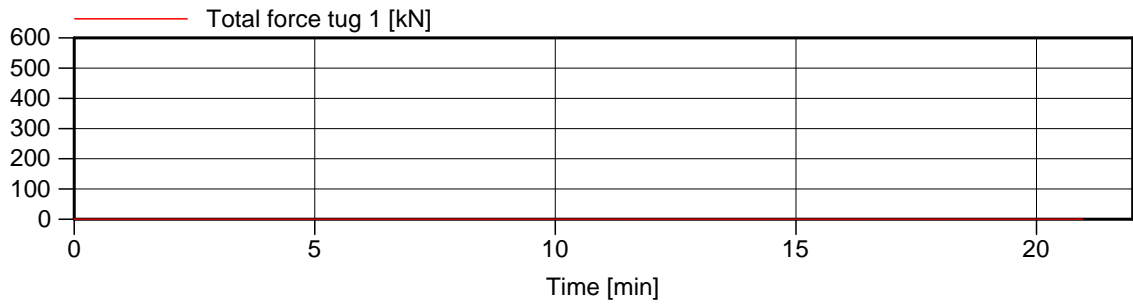
Voorkeursvariant - Run 12

Wind , 13.8 m/s E, 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 12.c



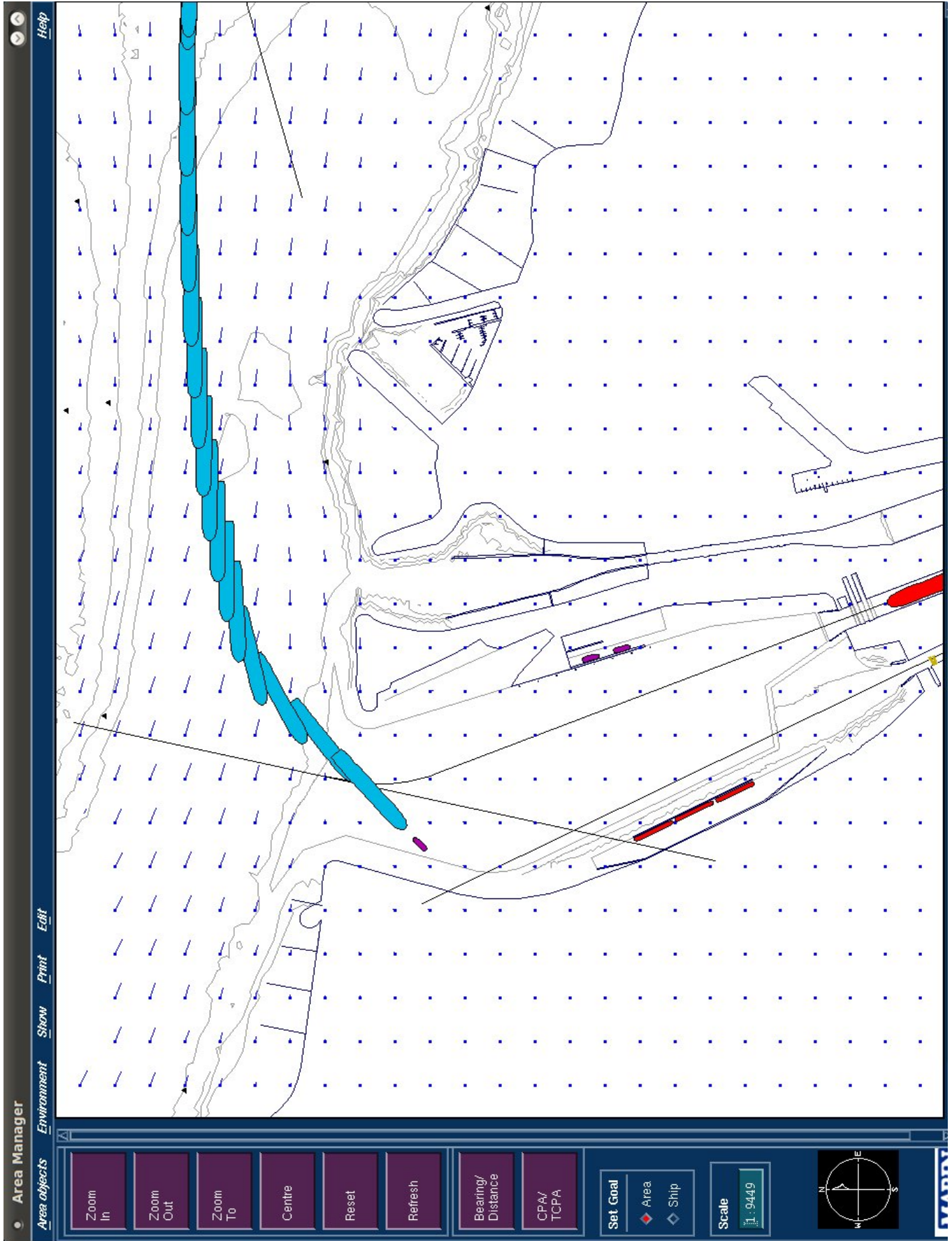
Voorkeursvariant - Run 12

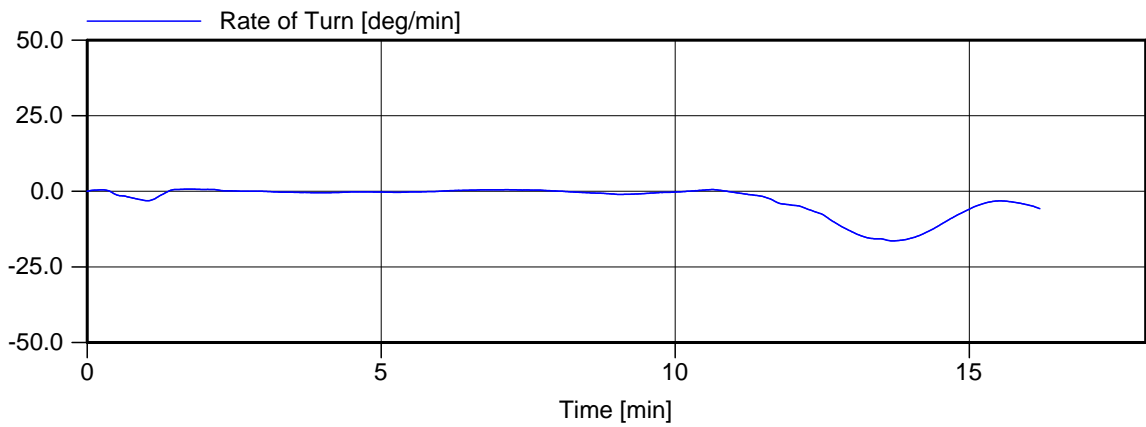
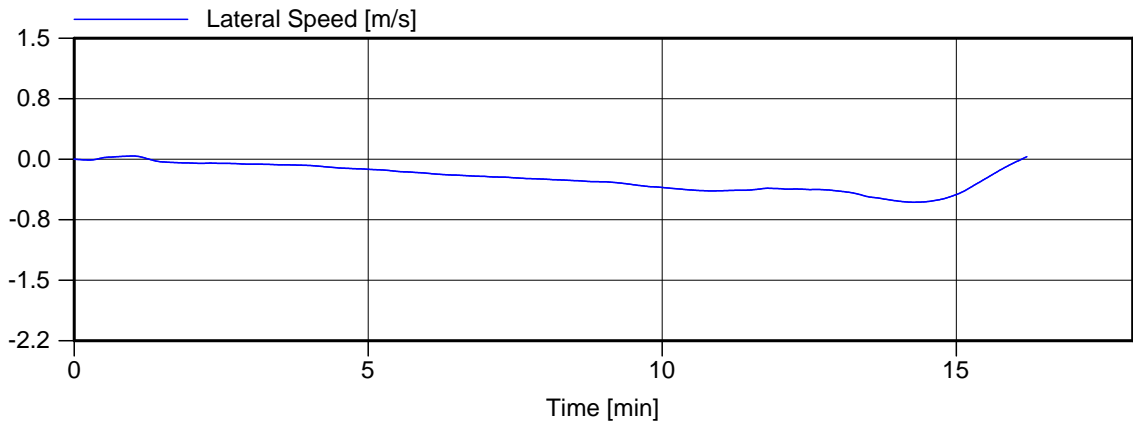
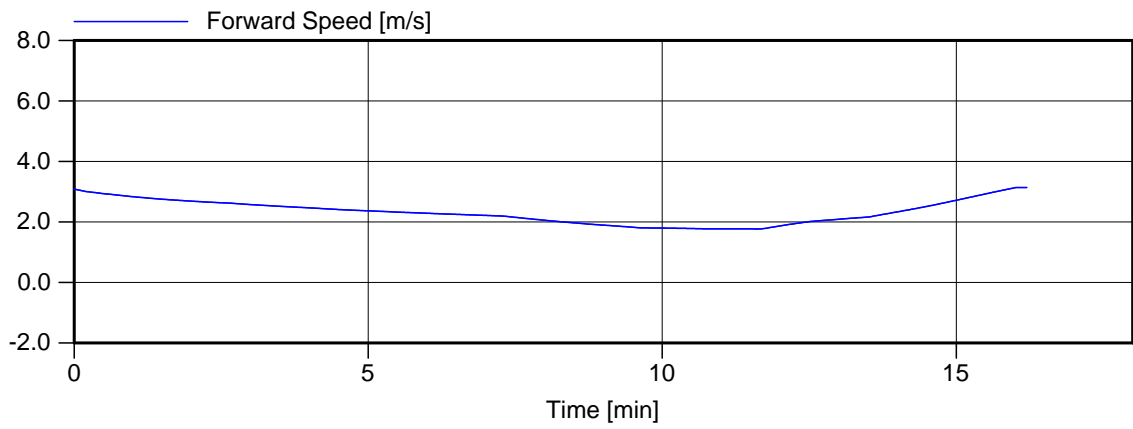
Wind , 13.8 m/s E, 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

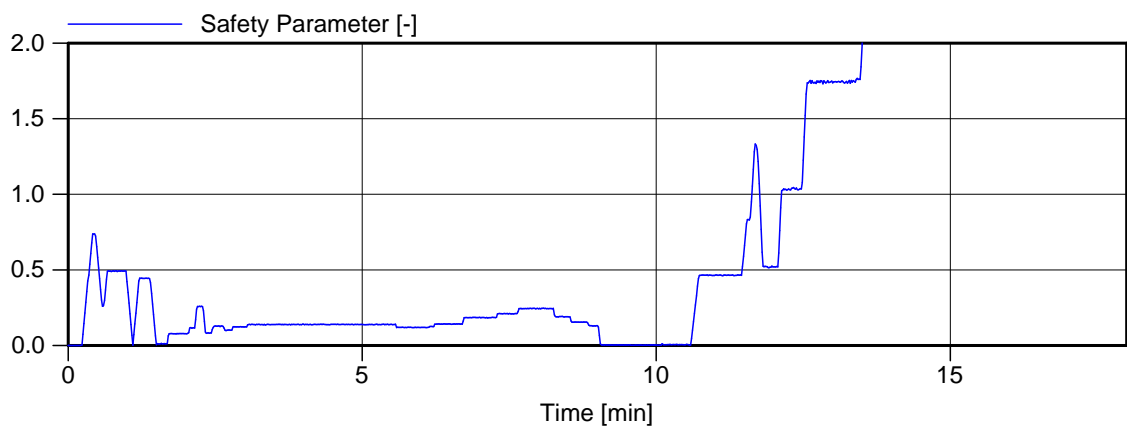
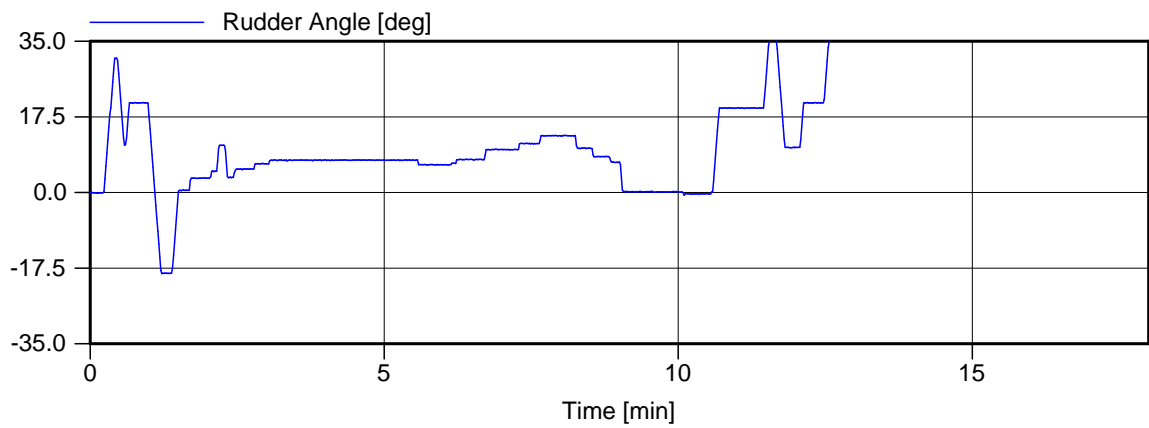
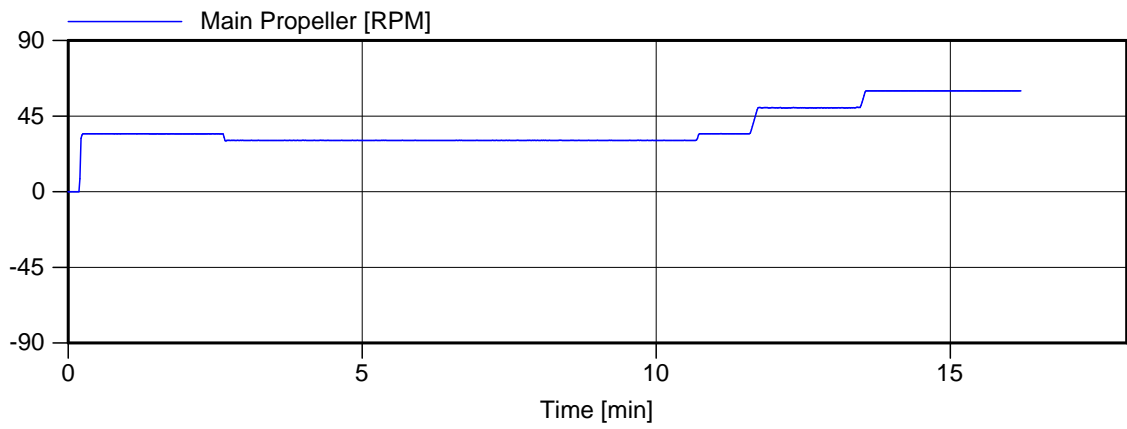
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 12.d





Voorkeursvariant - Run 13	Wind , 13.8 m/s NW, 2.5 kts vloed, 8:20
Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 13.b



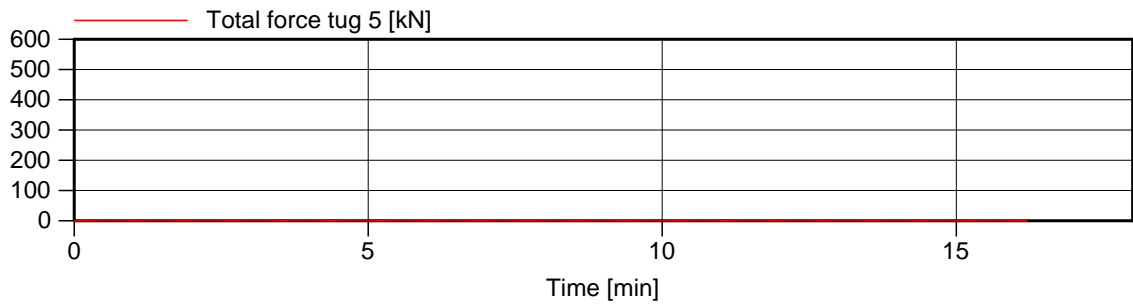
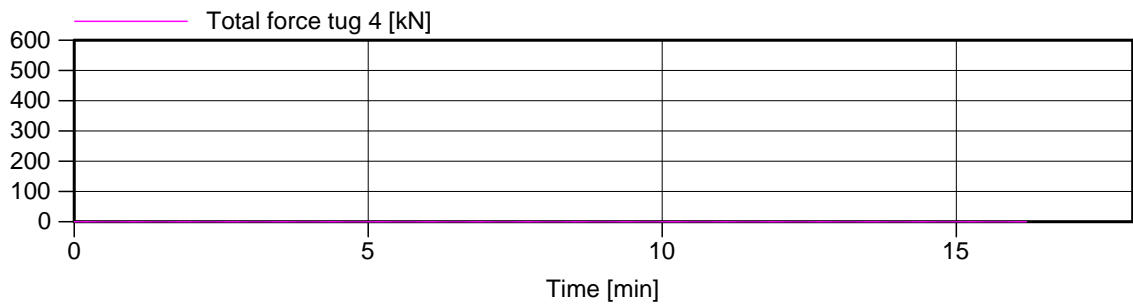
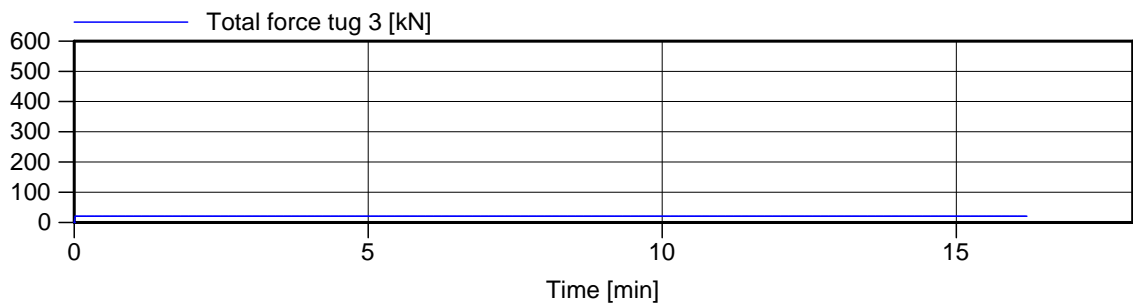
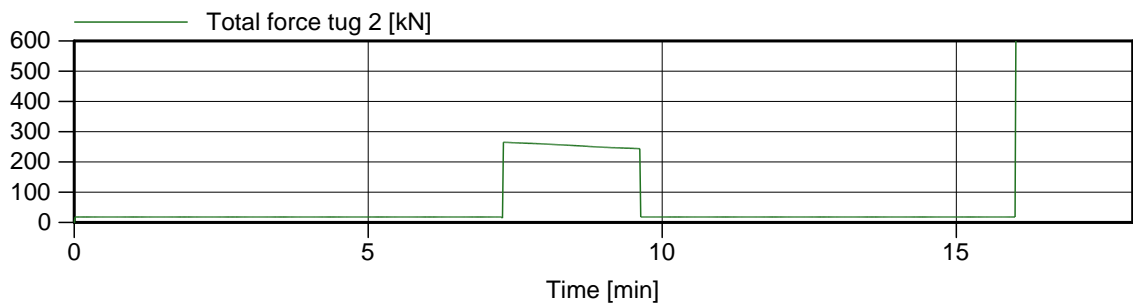
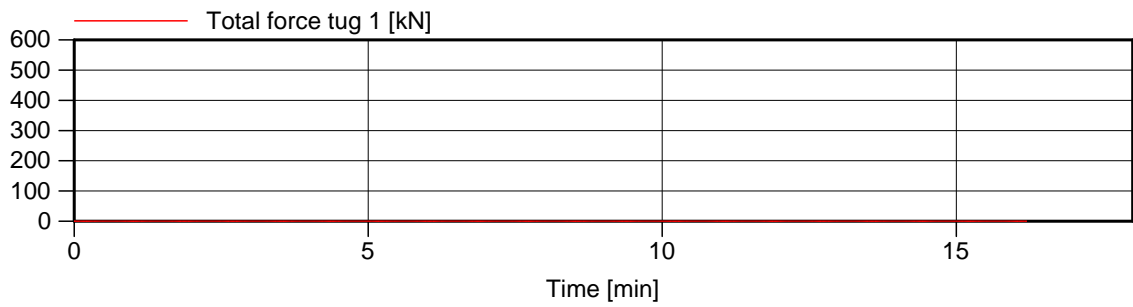
Voorkeursvariant - Run 13

Wind , 13.8 m/s NW, 2.5 kts vloed, 8:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 13.c



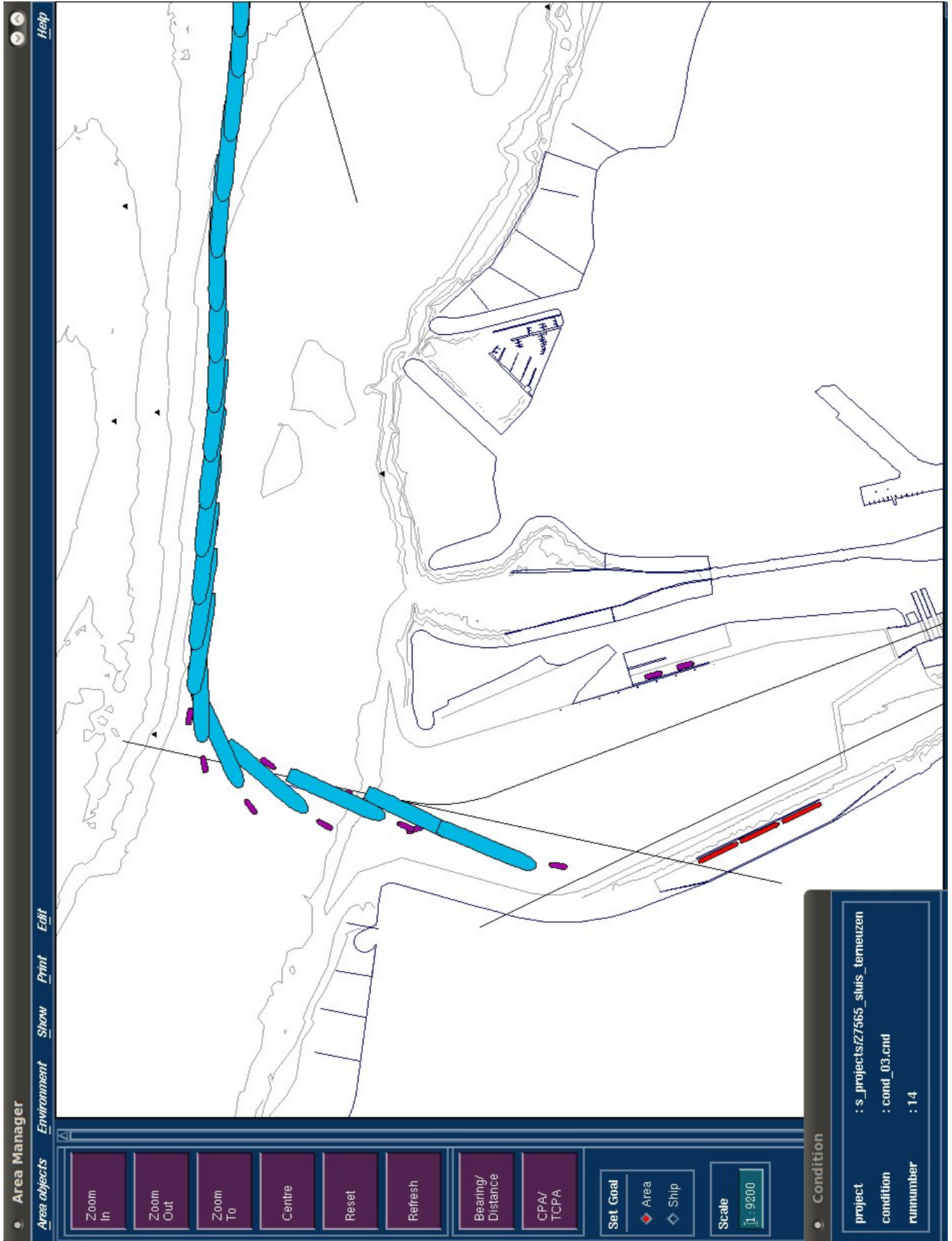
Voorkeursvariant - Run 13

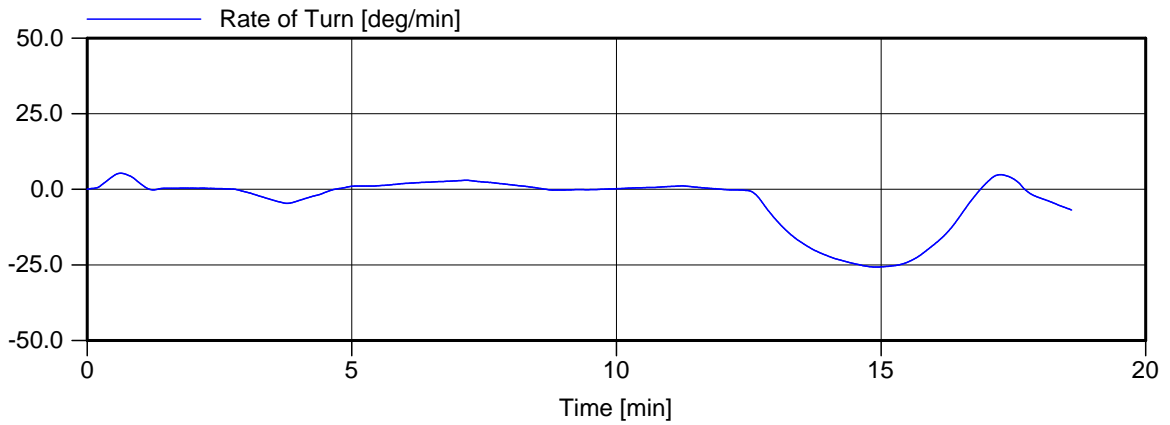
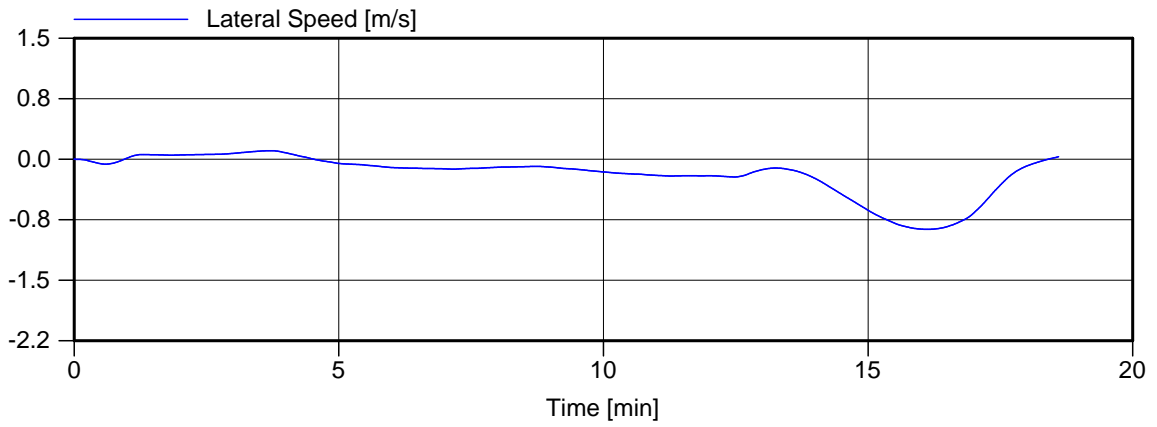
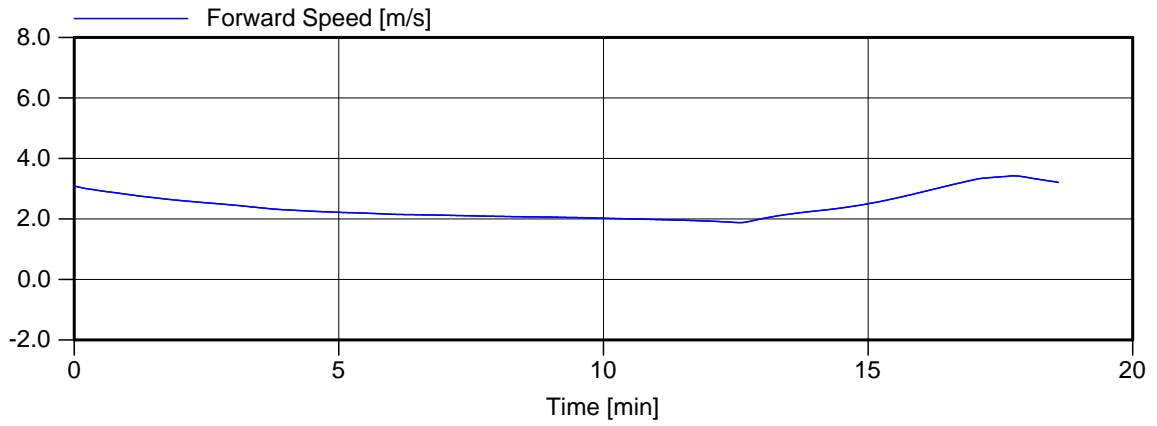
Wind , 13.8 m/s NW, 2.5 kts vloed, 8:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 13.d





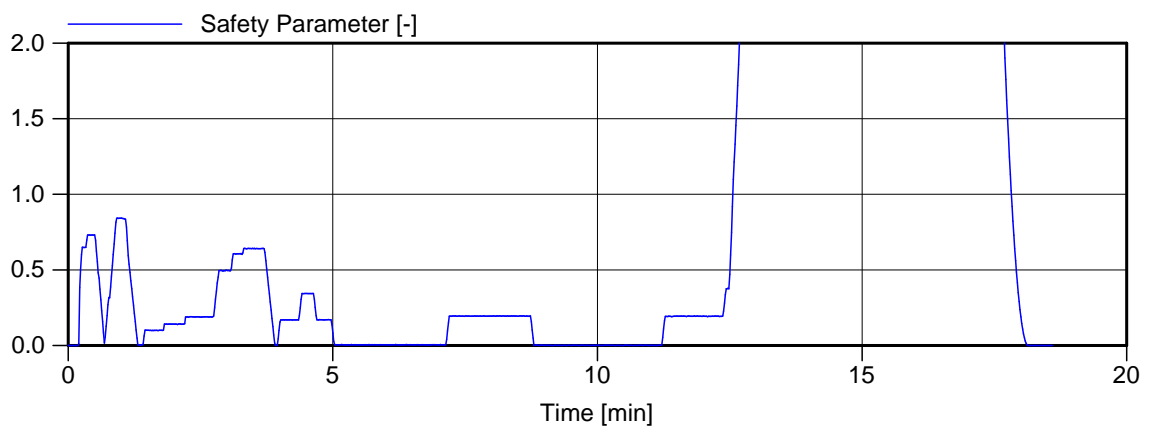
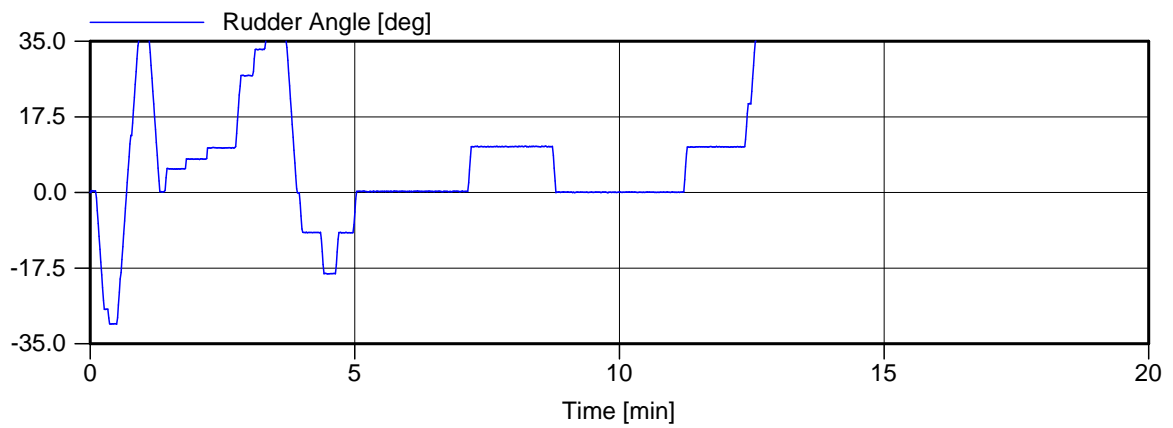
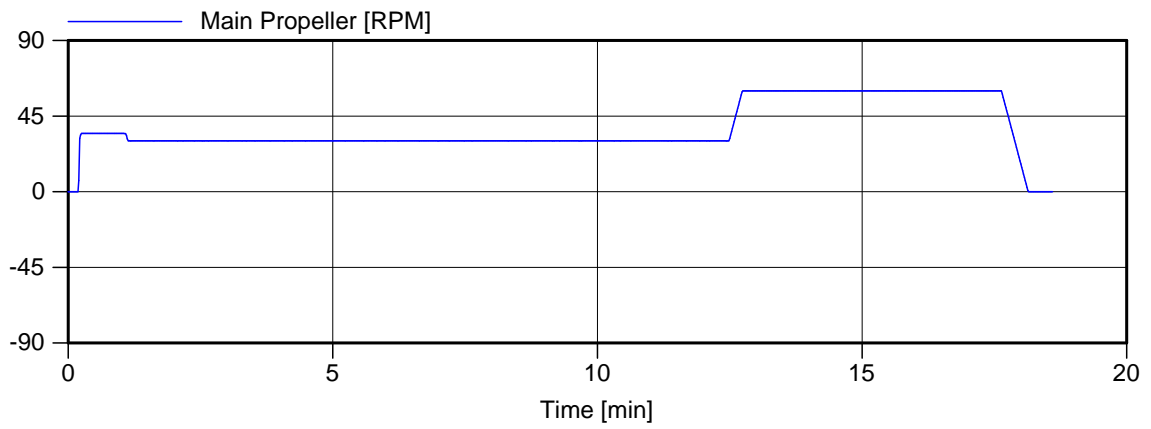
Voorkeursvariant - Run 14

Wind , 13.8 m/s NW, 2.5 kts vloed, 8:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 14.b



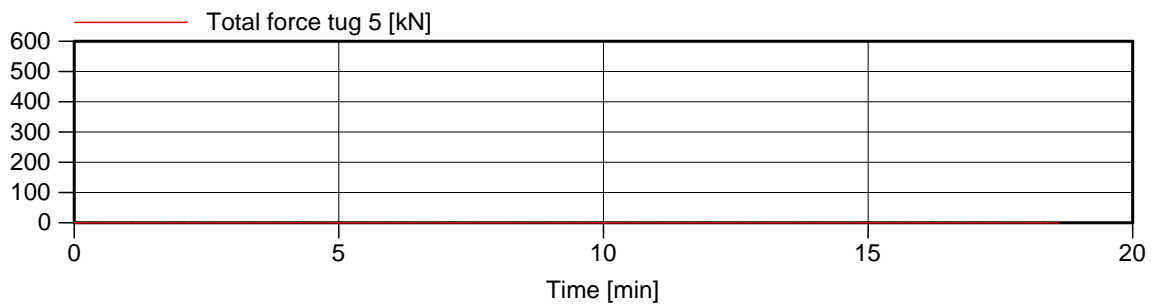
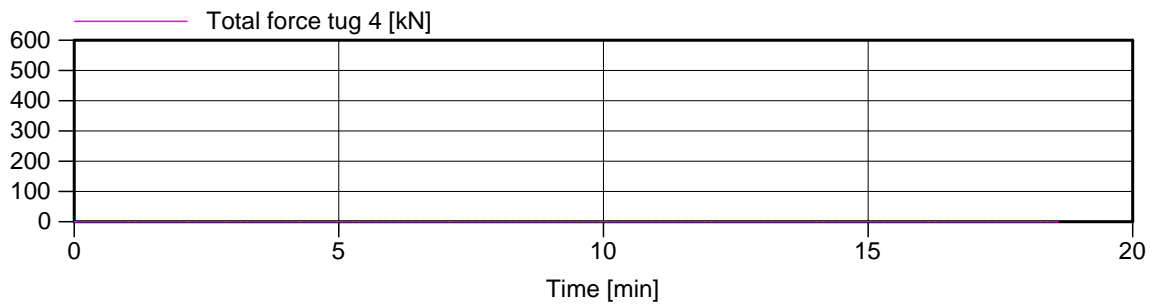
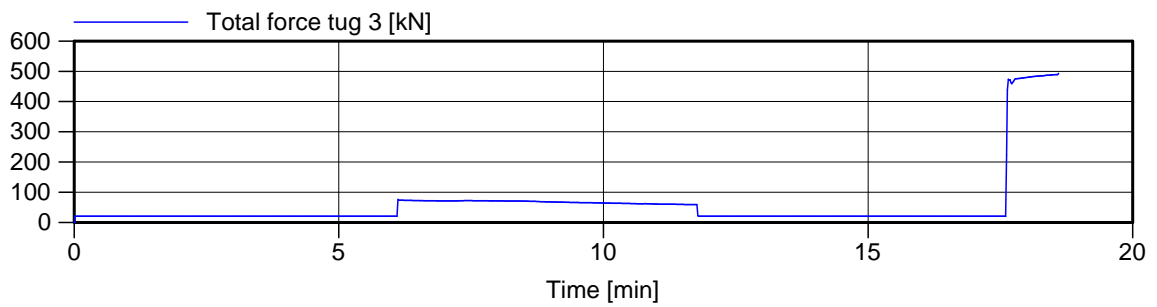
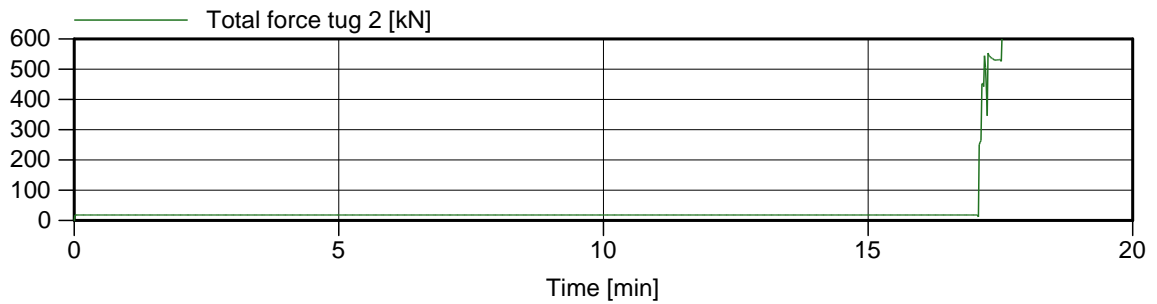
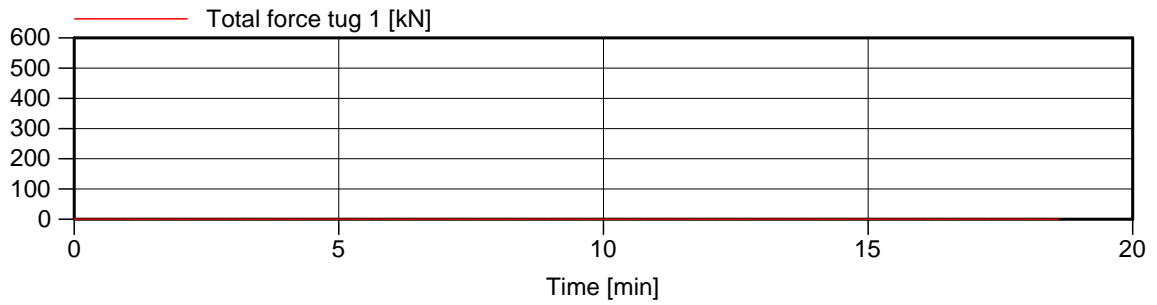
Voorkeursvariant - Run 14

Wind , 13.8 m/s NW, 2.5 kts vloed, 8:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 14.c



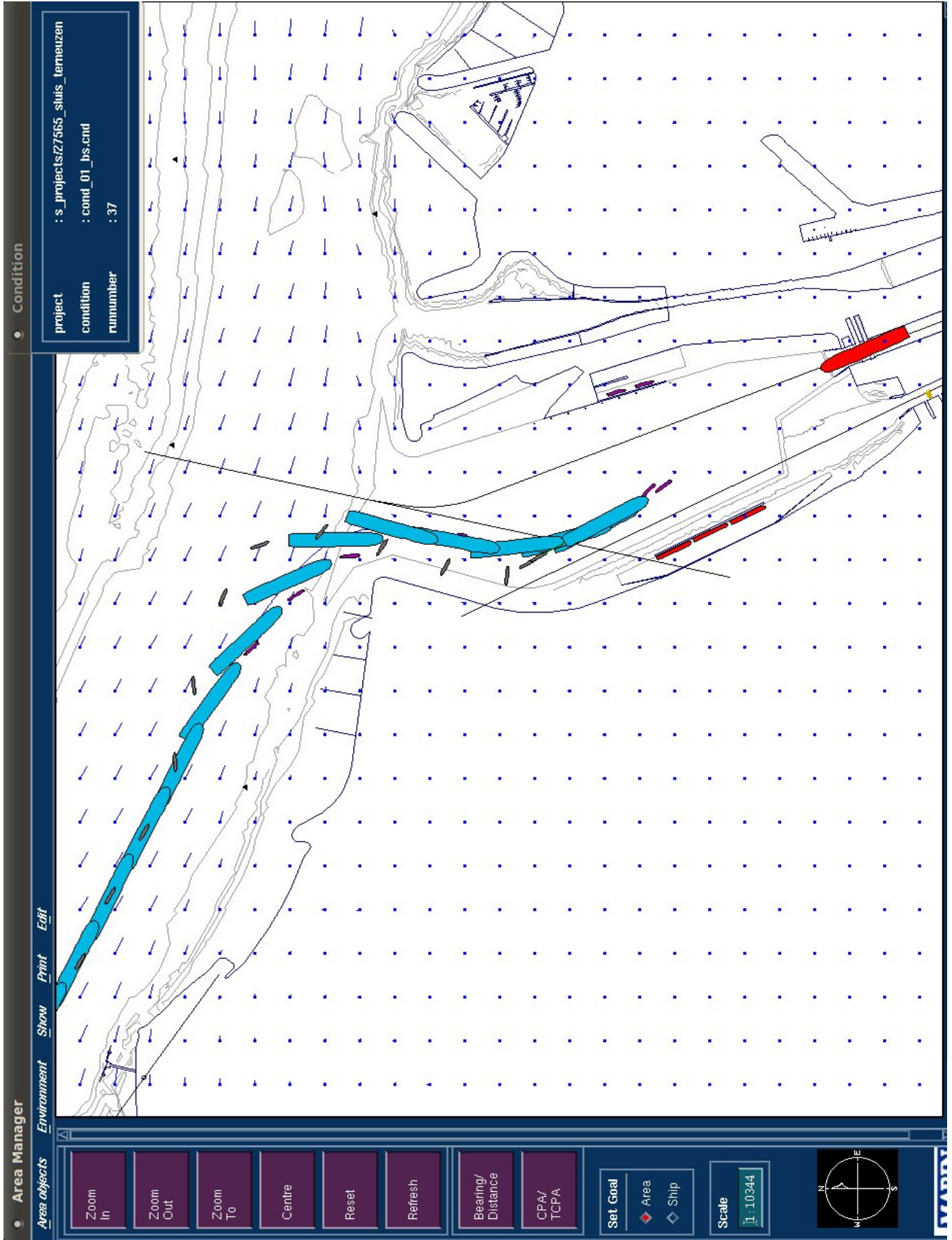
Voorkeursvariant - Run 14

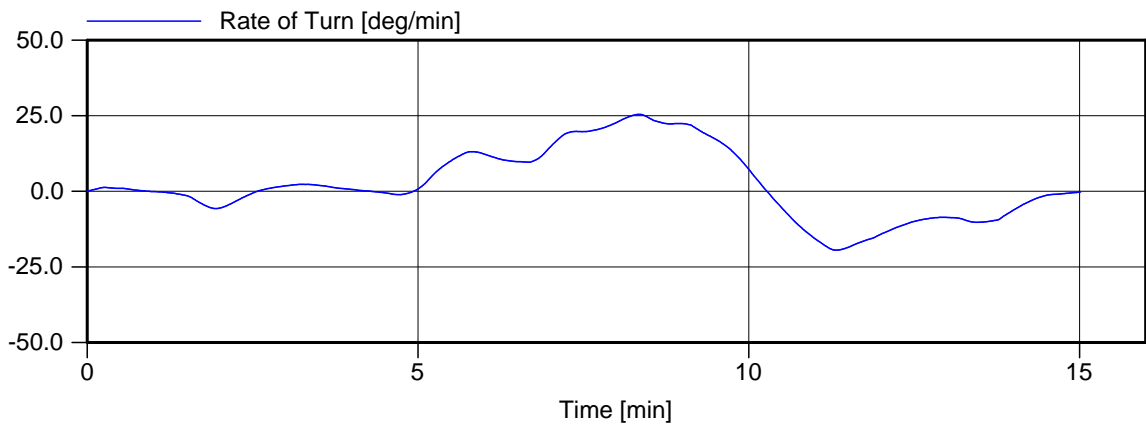
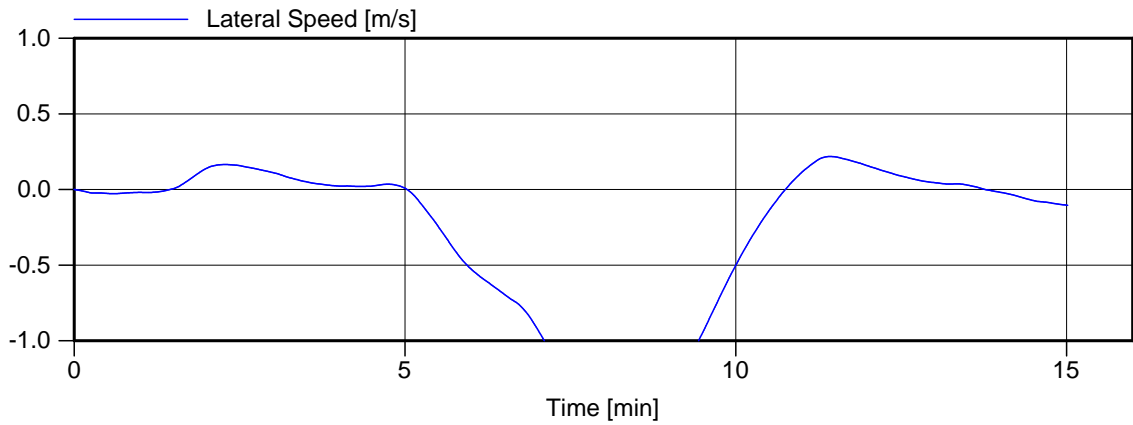
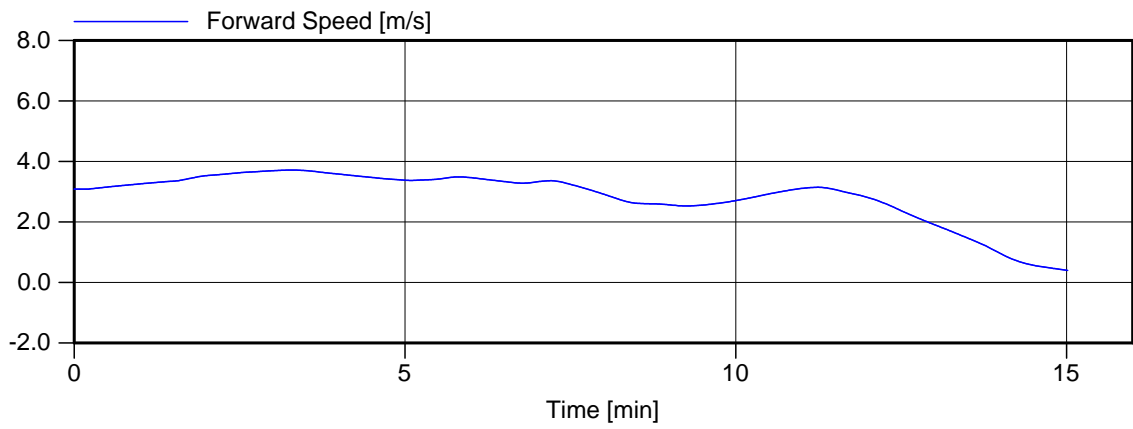
Wind , 13.8 m/s NW, 2.5 kts vloed, 8:20

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

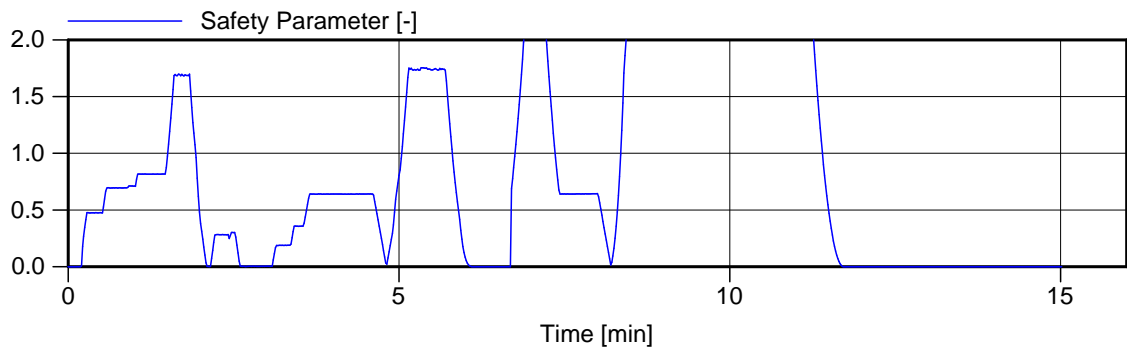
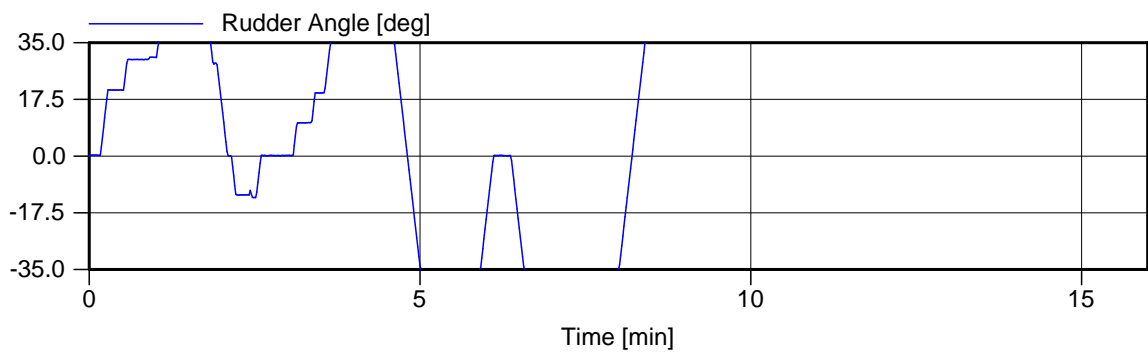
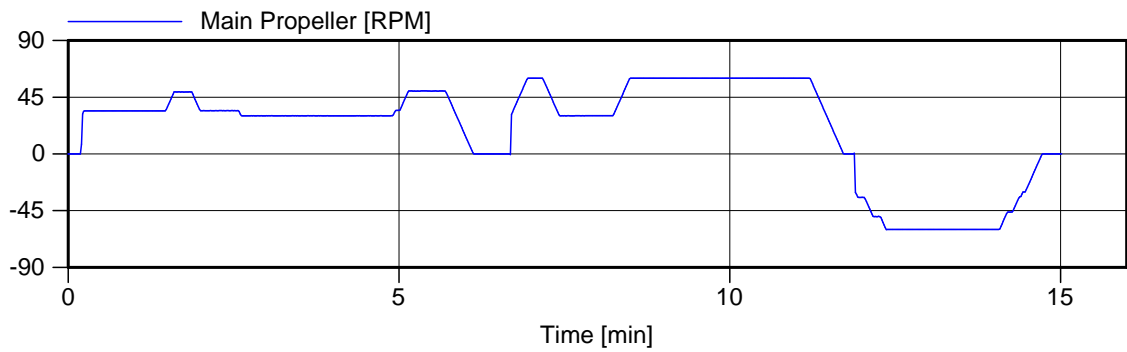
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 14.d





Voorkeursvariant - Run 37	Wind , 1 m/s ZW, 3.5 kts vloed, 9:20
Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figure 37.b



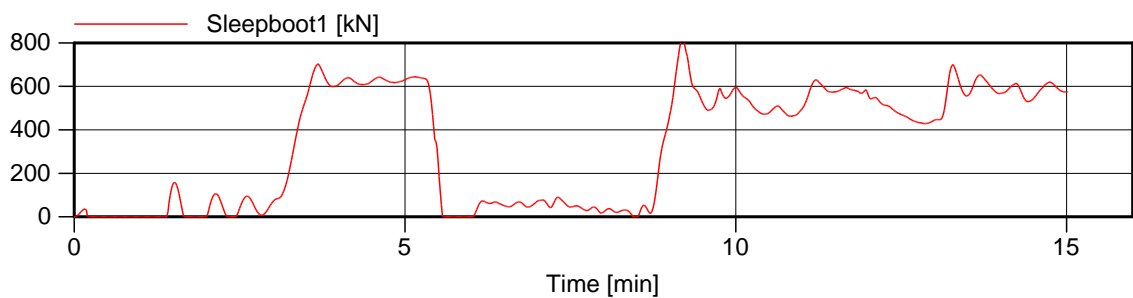
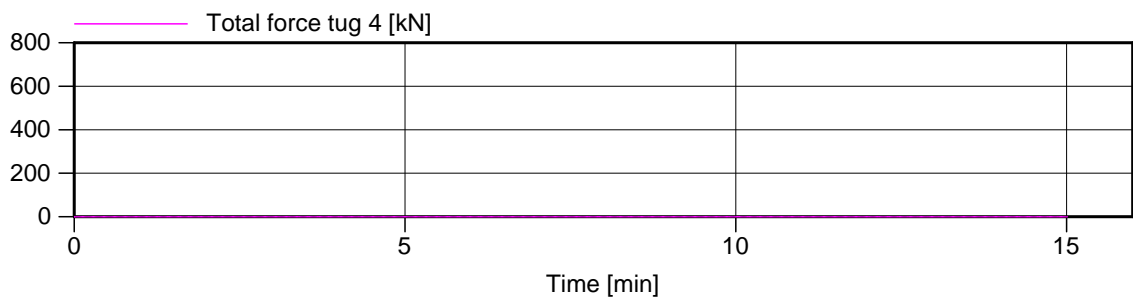
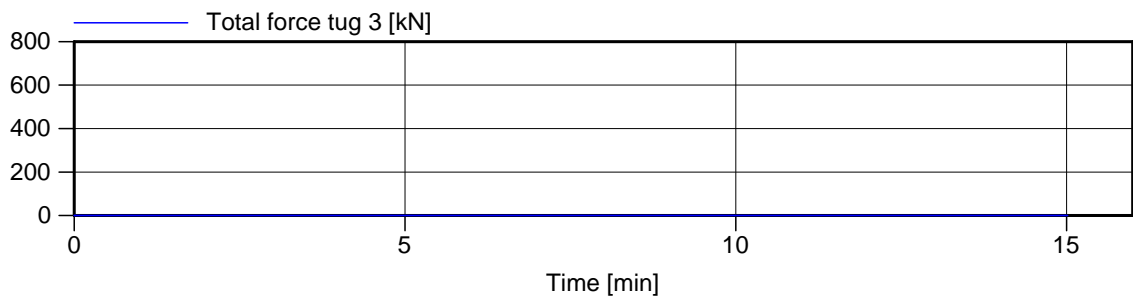
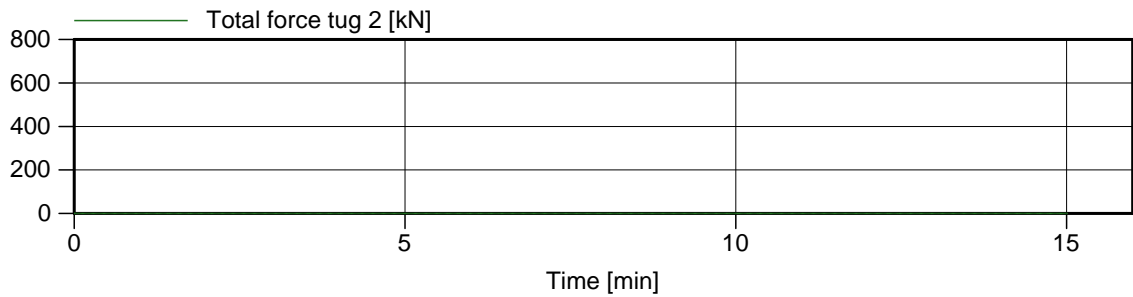
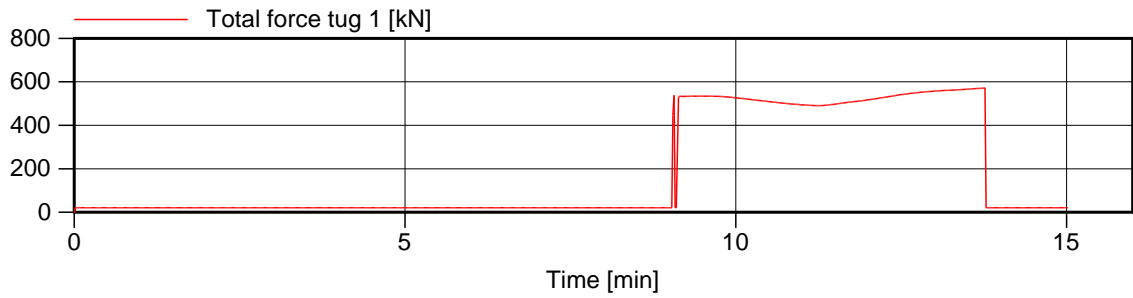
Voorkeursvariant - Run 37

Wind , 1 m/s ZW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 37.c



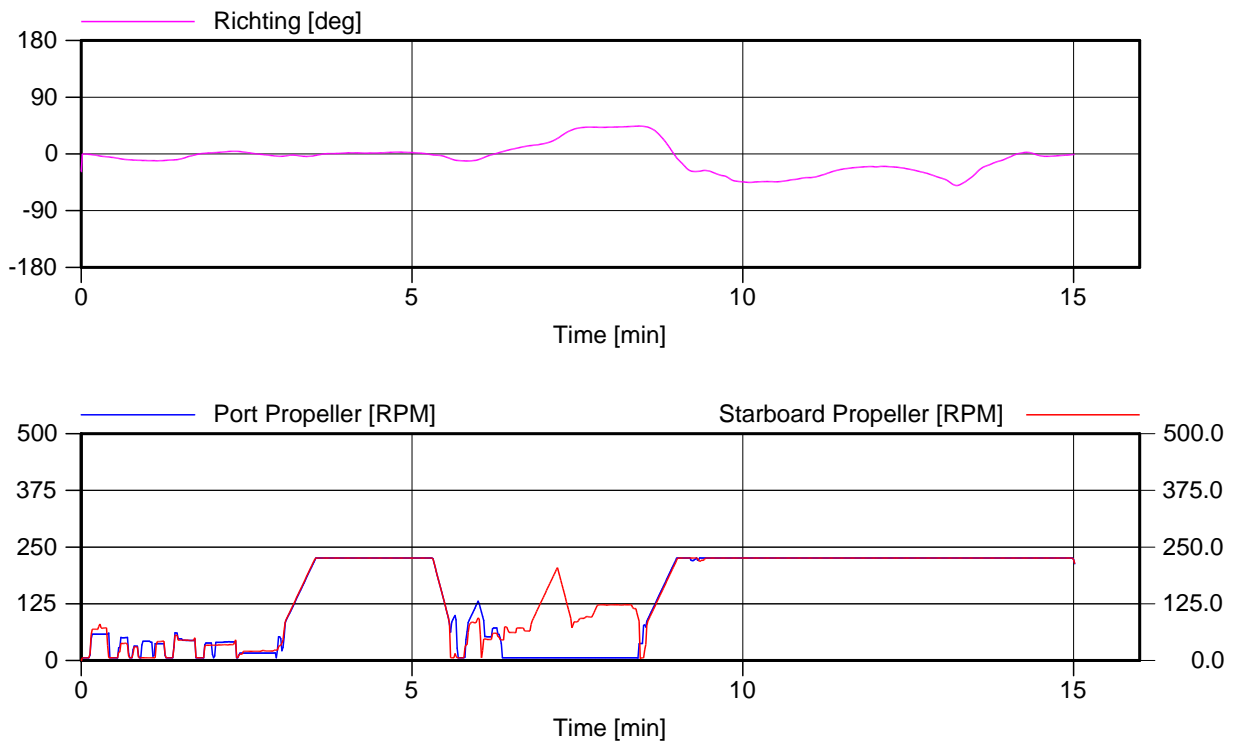
Voorkeursvariant - Run 37

Wind , 1 m/s ZW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 37.d



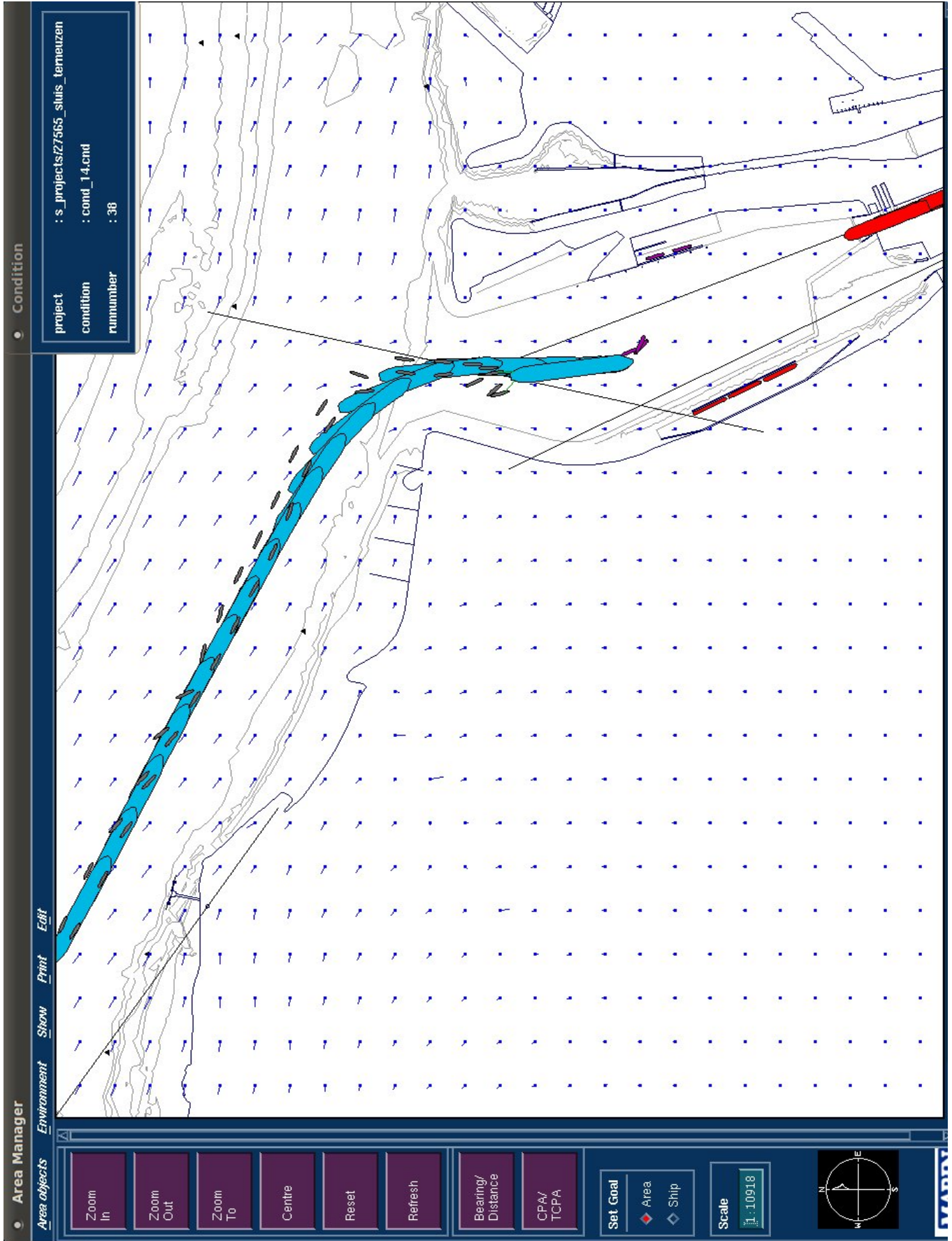
Voorkeursvariant - Run 37

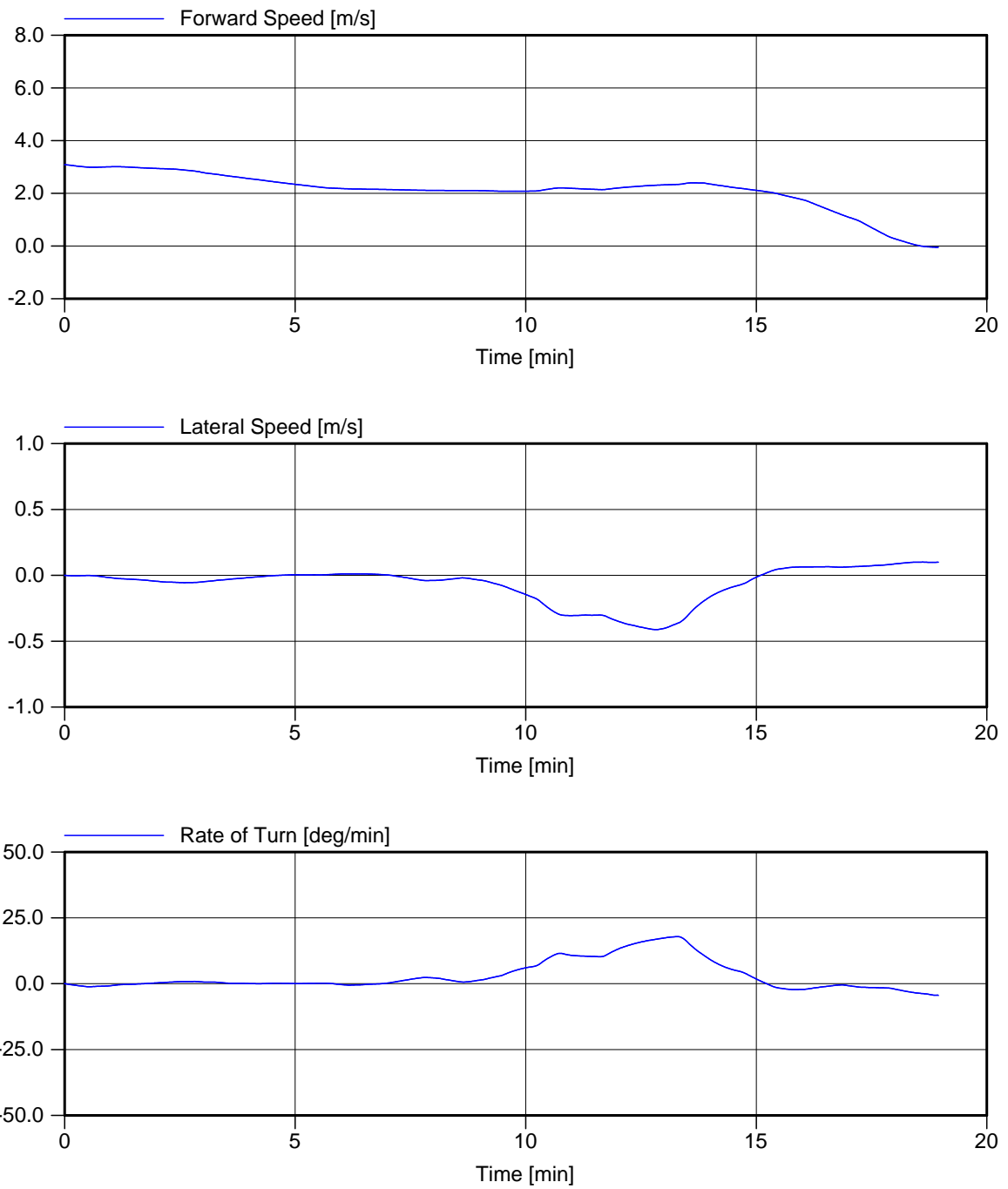
Wind , 1 m/s ZW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 37.e





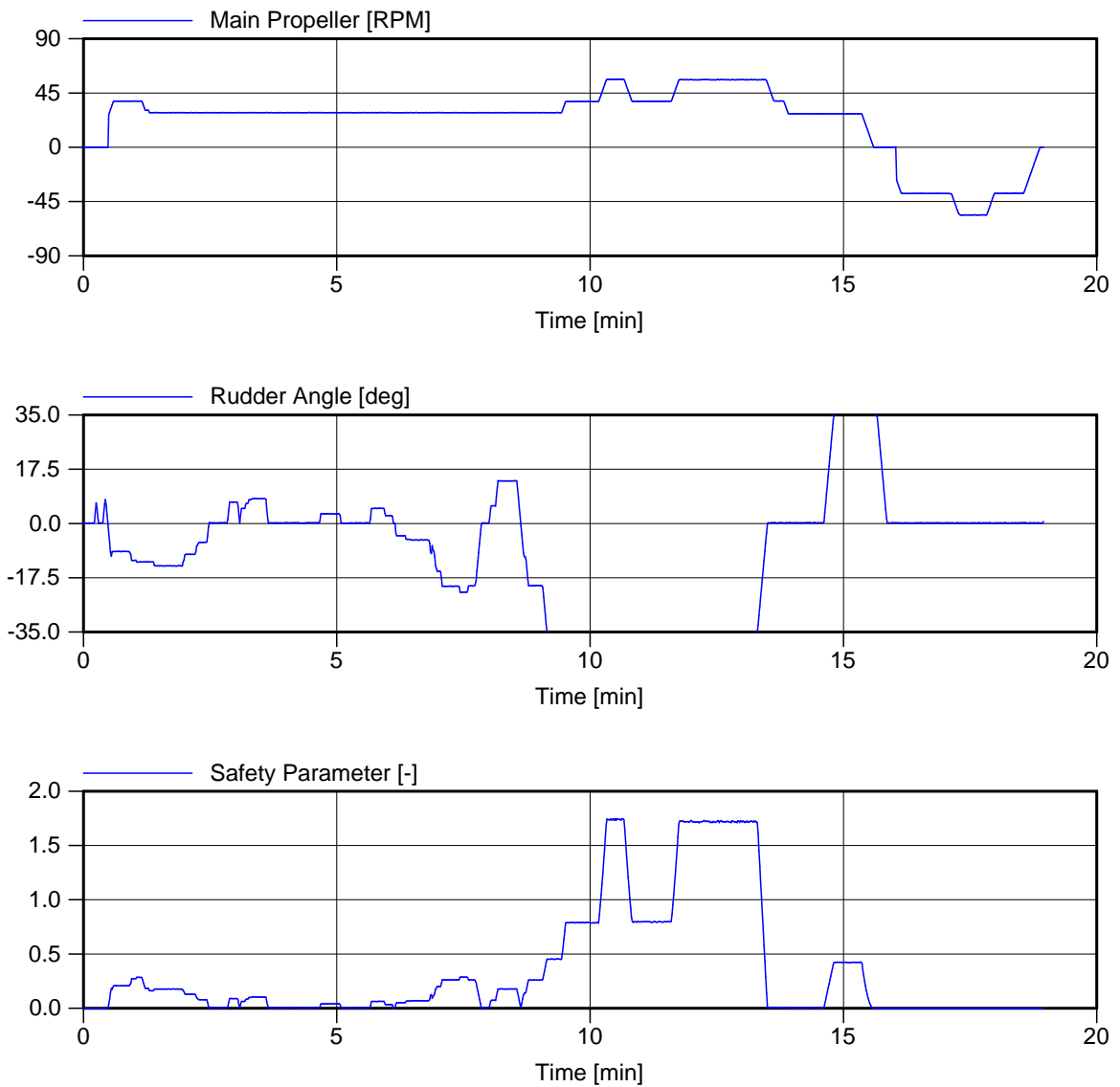
Voorkeursvariant - Run 38

Wind , 13.8 m/s E, stil van hoog, 11:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figure 38.b



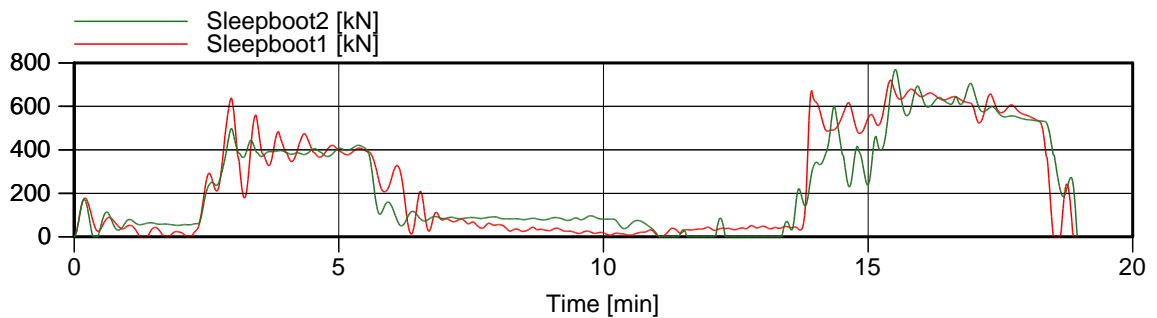
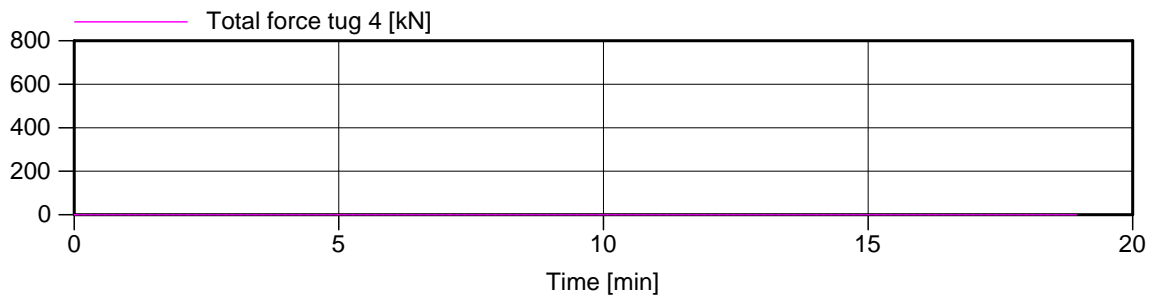
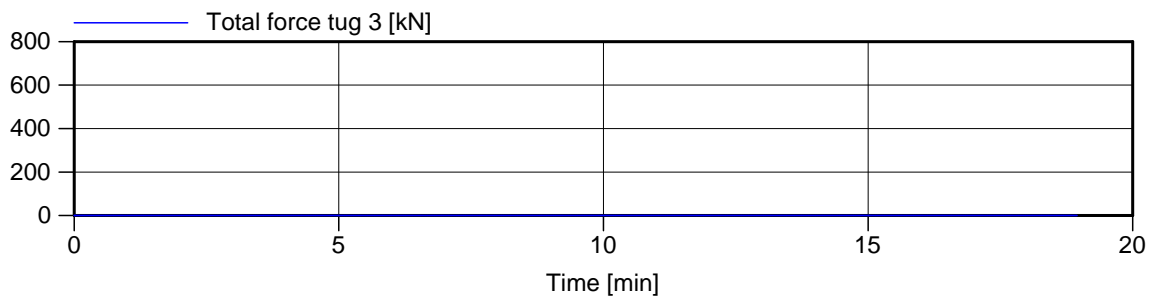
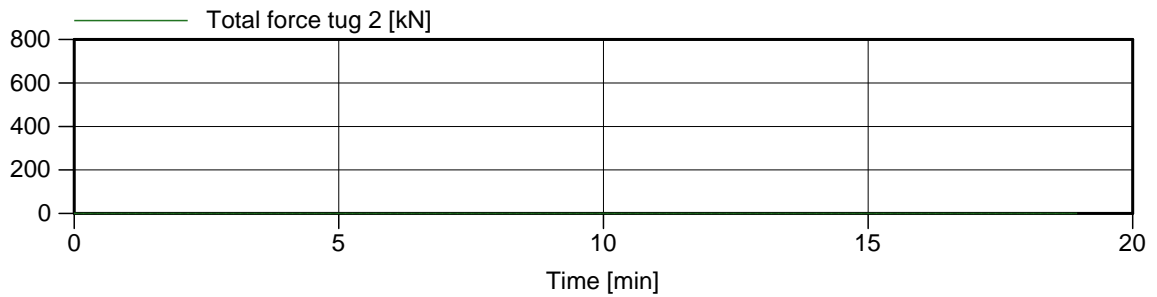
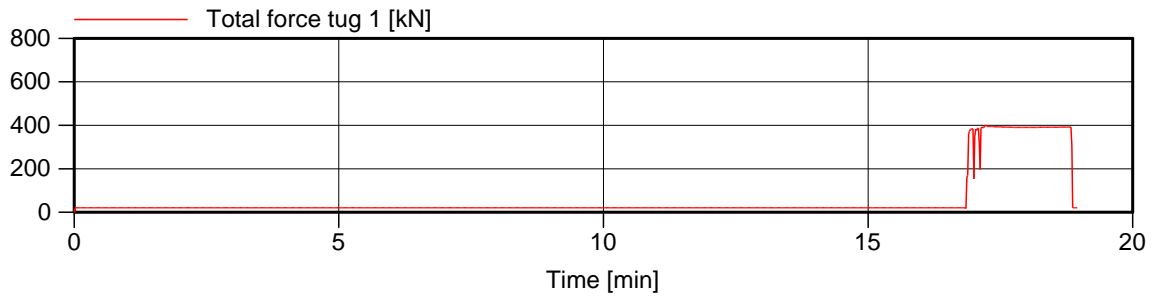
Voorkeursvariant - Run 38

Wind , 13.8 m/s E , stil van hoog, 11:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 38.c



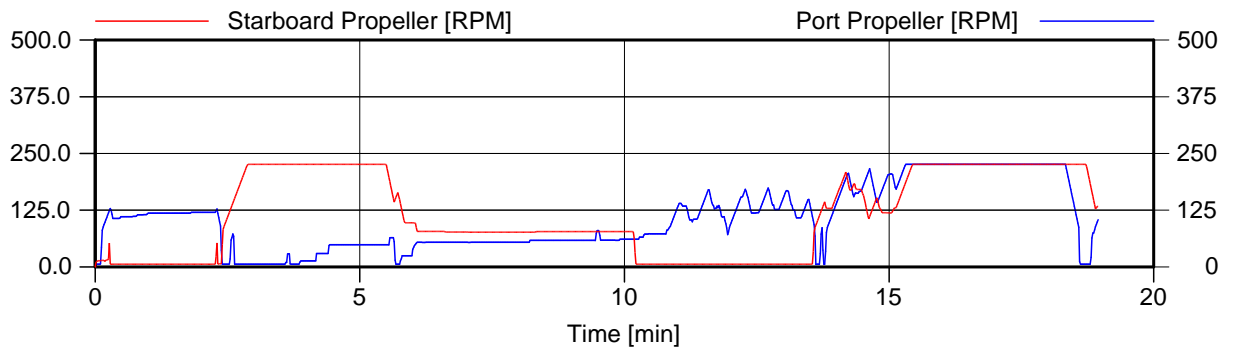
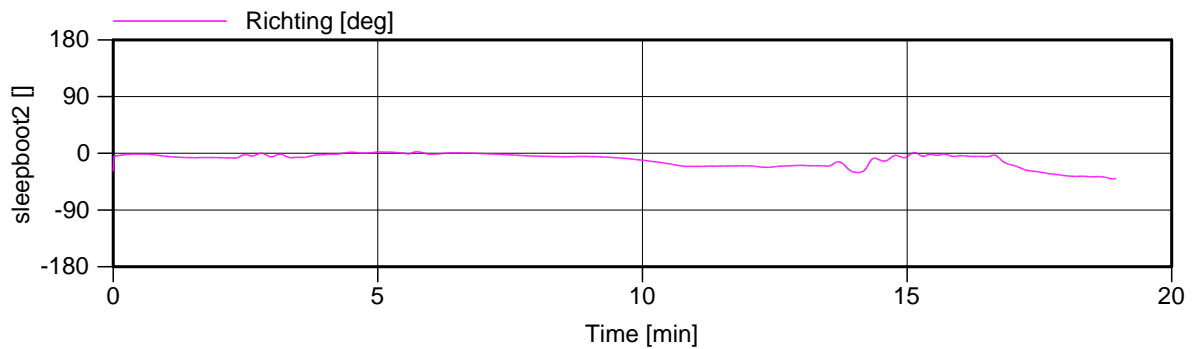
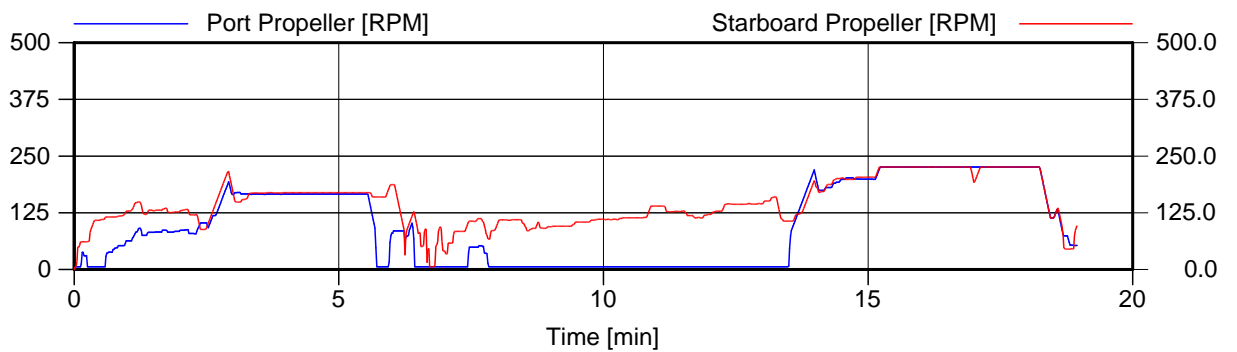
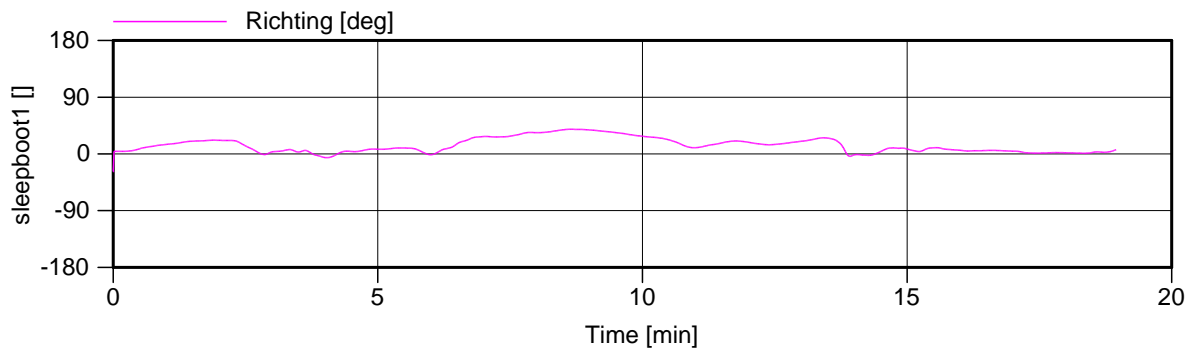
Voorkeursvariant - Run 38

Wind , 13.8 m/s E , stil van hoog, 11:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 38.d



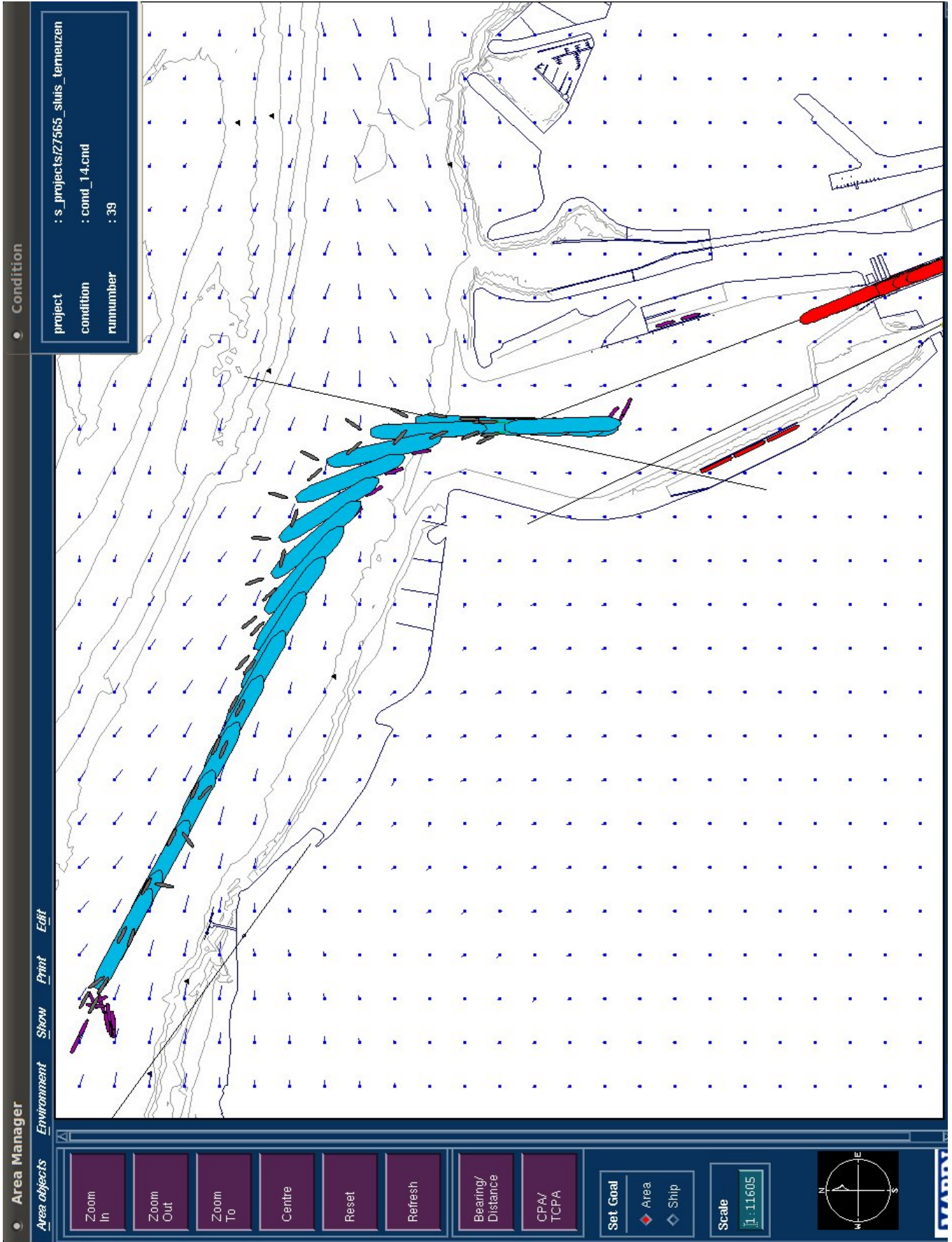
Voorkeursvariant - Run 38

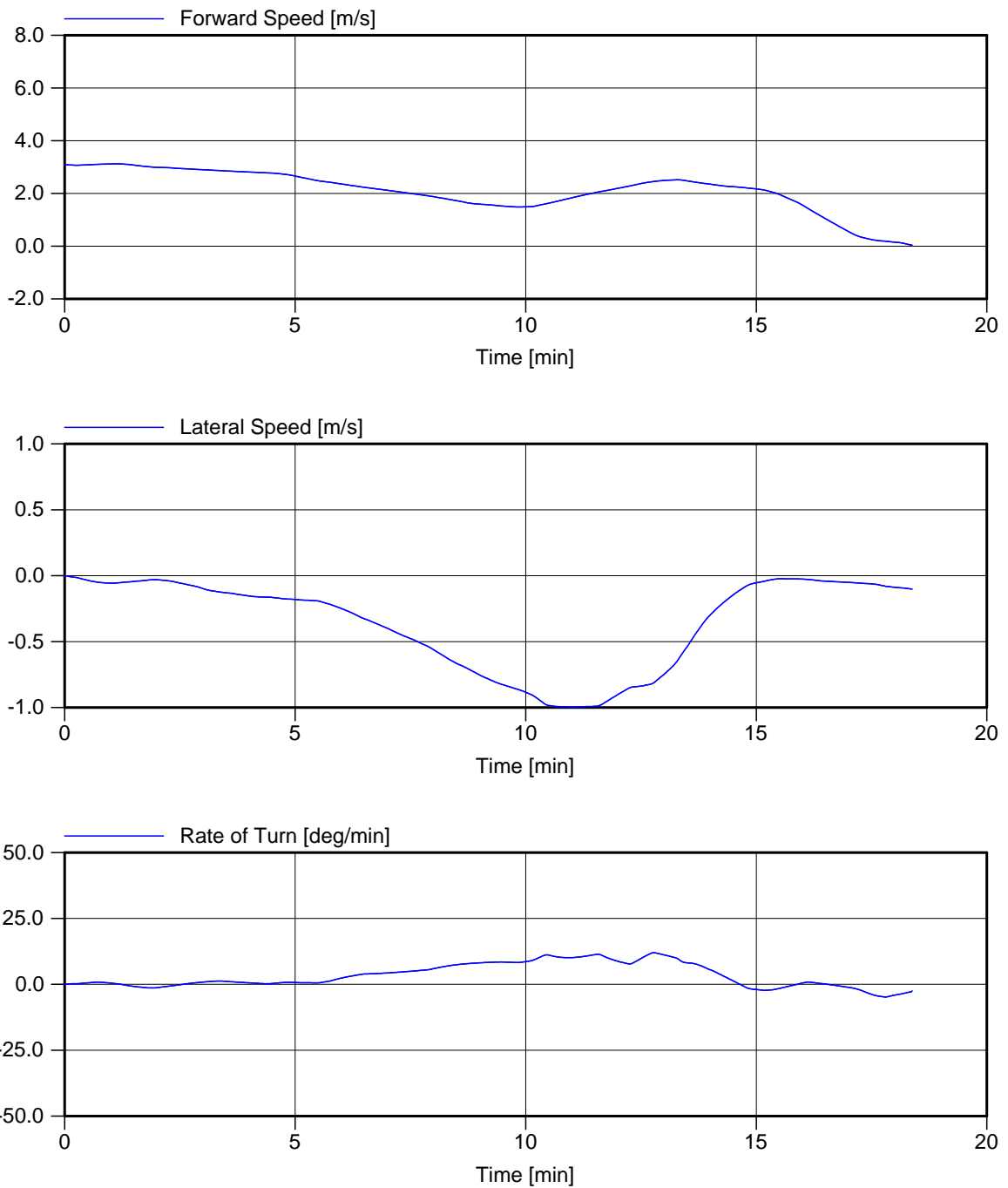
Wind , 13.8 m/s E , stil van hoog, 11:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 38.e





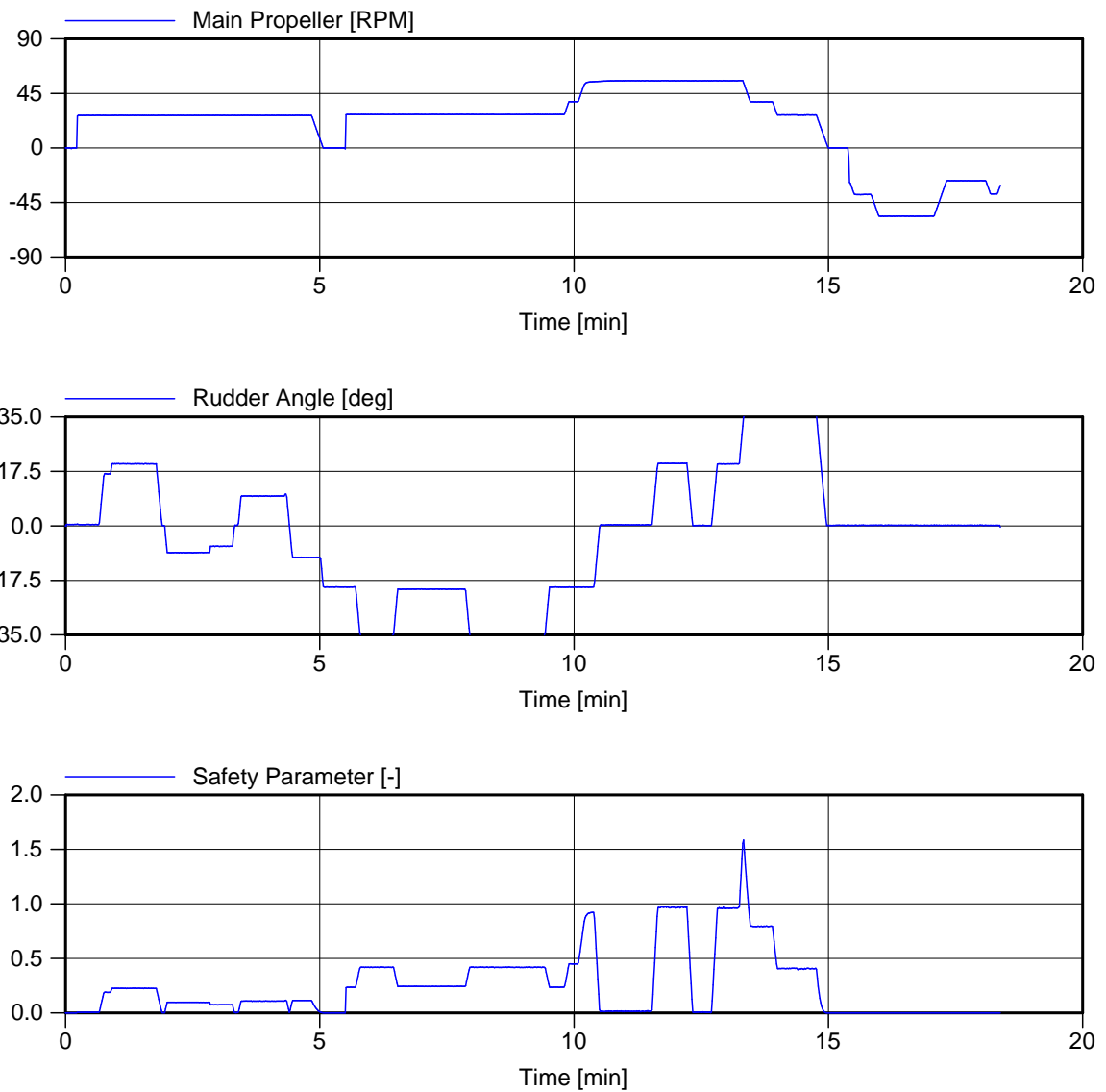
Voorkeursvariant - Run 39

Wind , 13.8 m/s ZW, vloed 1.1 m/s, 10:10

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figure 39.b



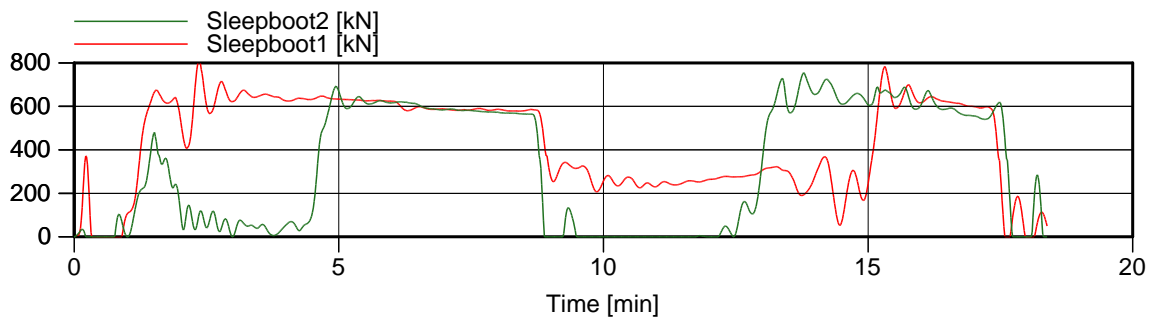
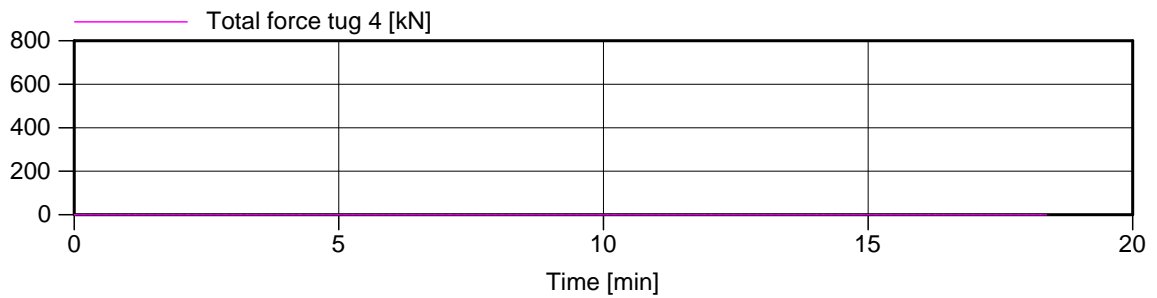
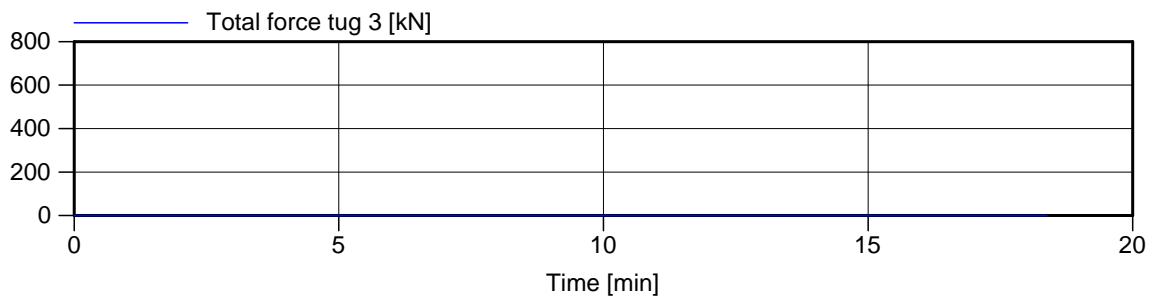
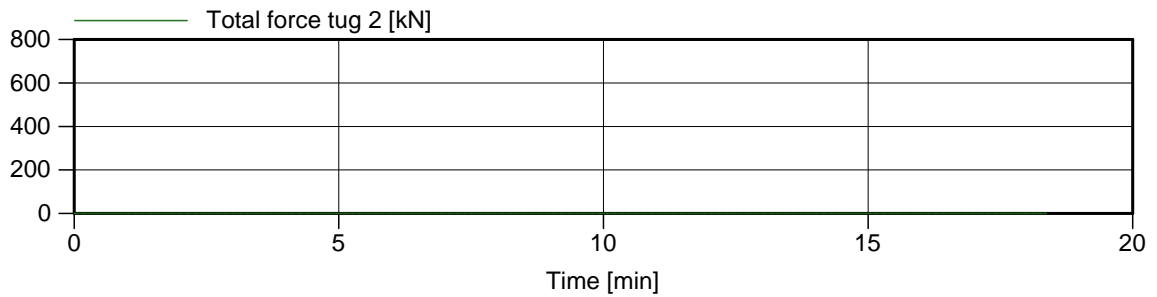
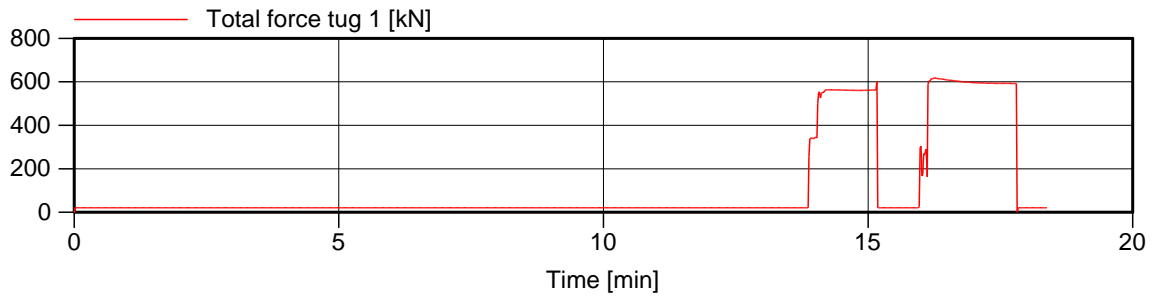
Voorkeursvariant - Run 39

Wind , 13.8 m/s ZW , vloed 1.1 m/s, 10:10

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 39.c



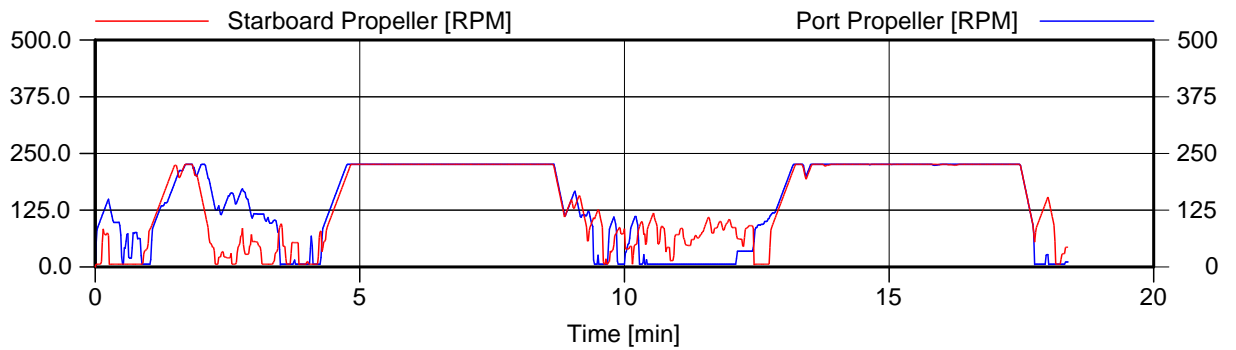
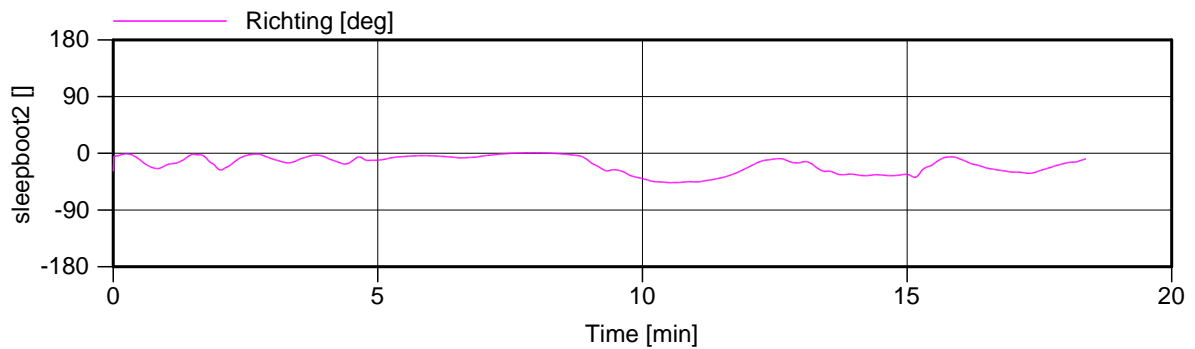
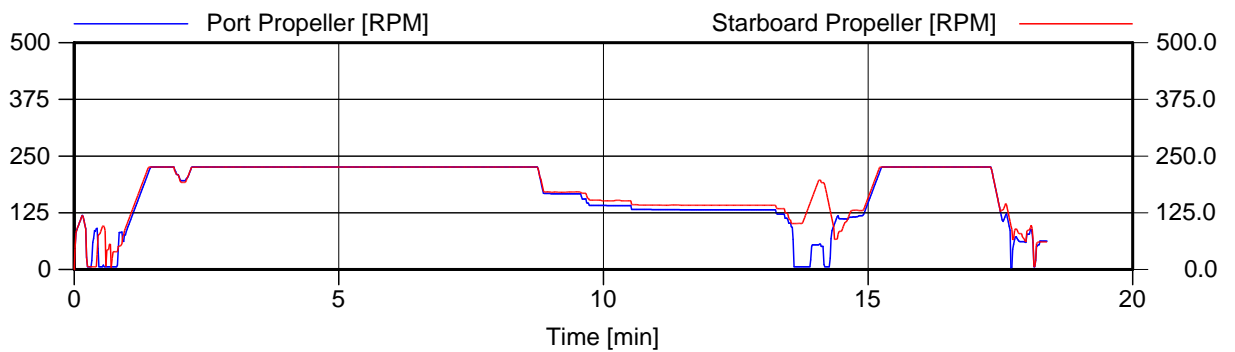
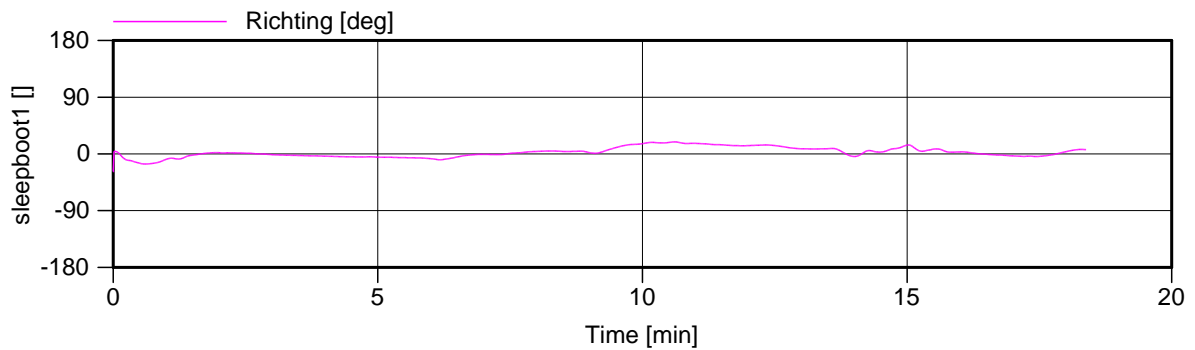
Voorkeursvariant - Run 39

Wind , 13.8 m/s ZW , vloed 1.1 m/s, 10:10

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 39.d



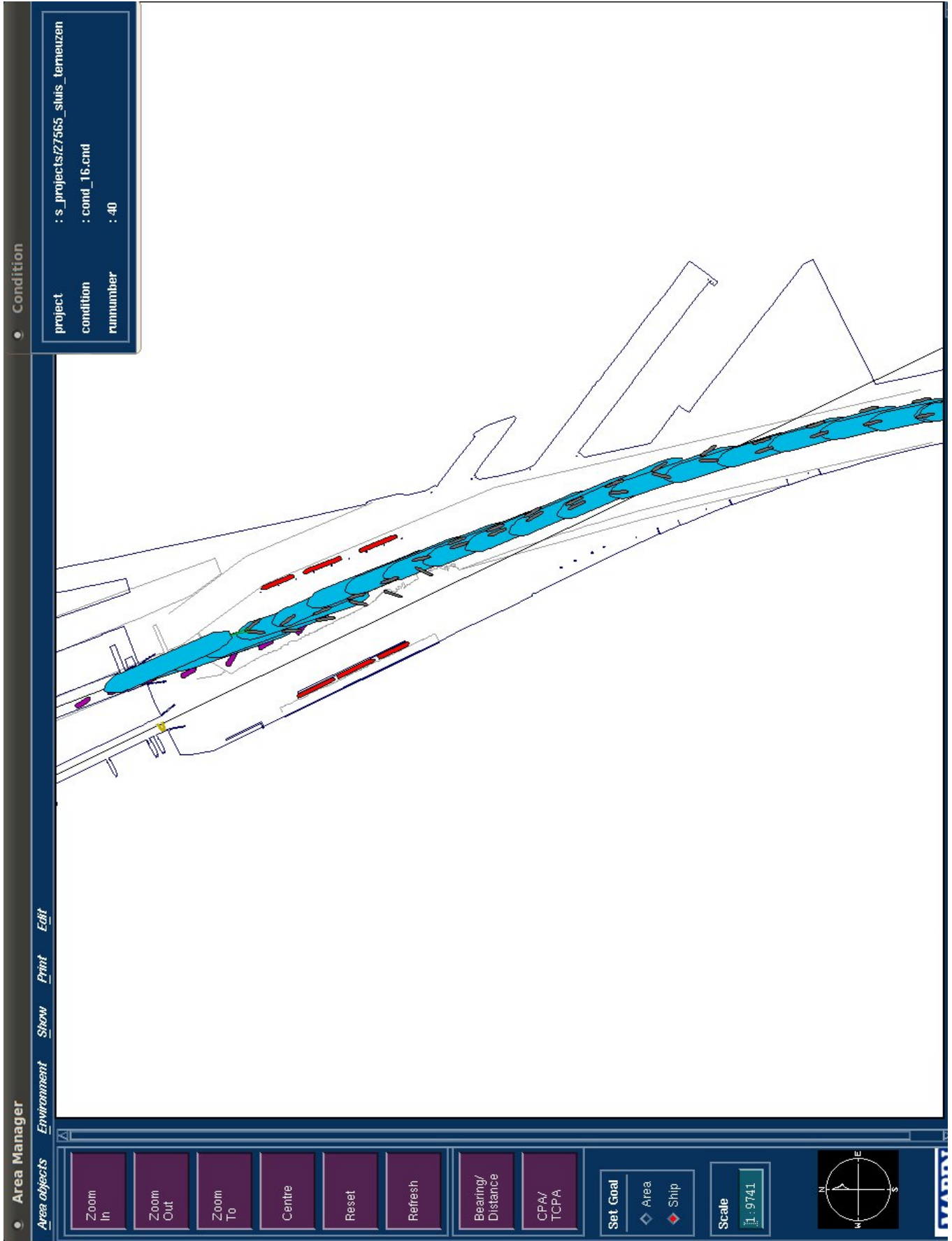
Voorkeursvariant - Run 39

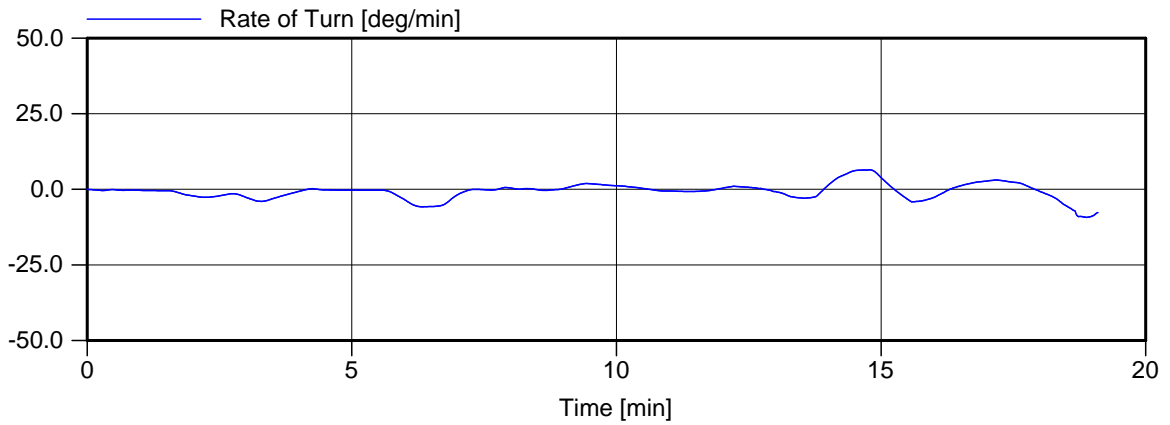
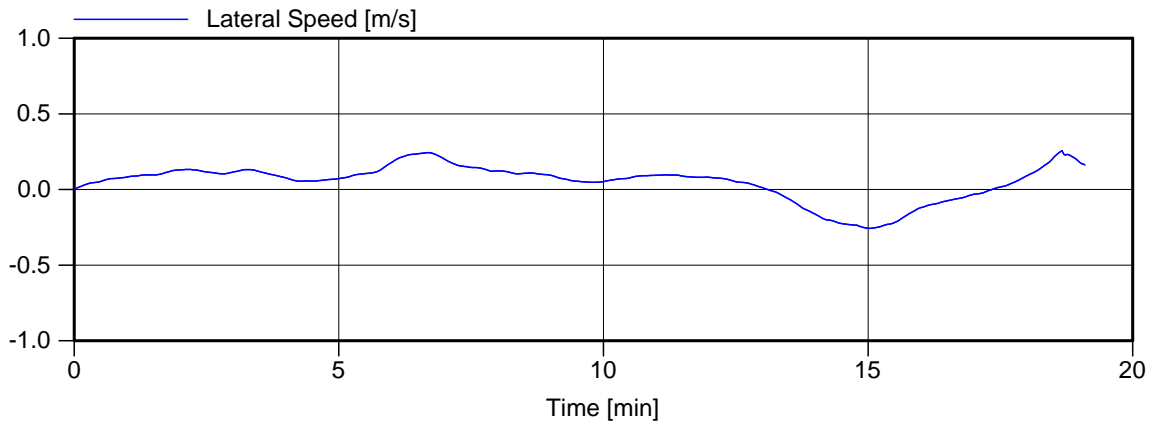
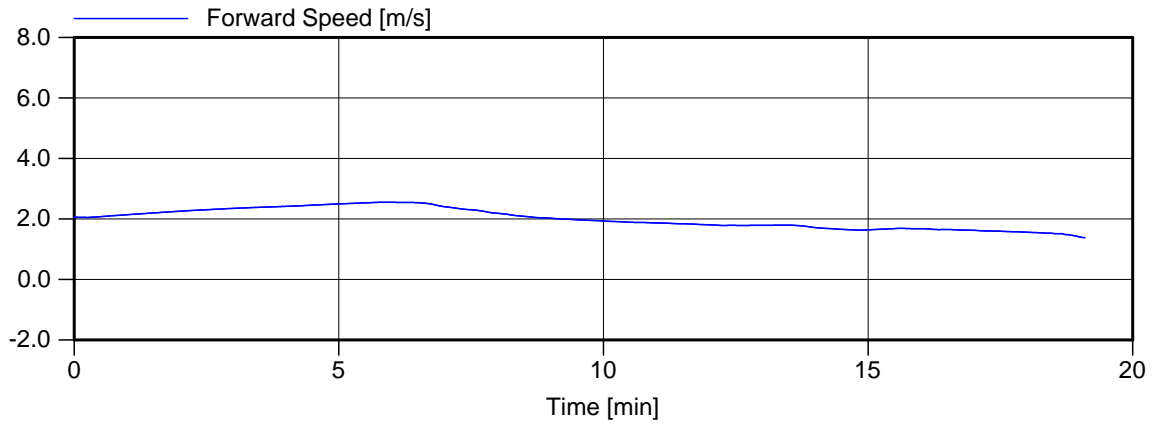
Wind , 13.8 m/s ZW , vloed 1.1 m/s, 10:10

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 39.e





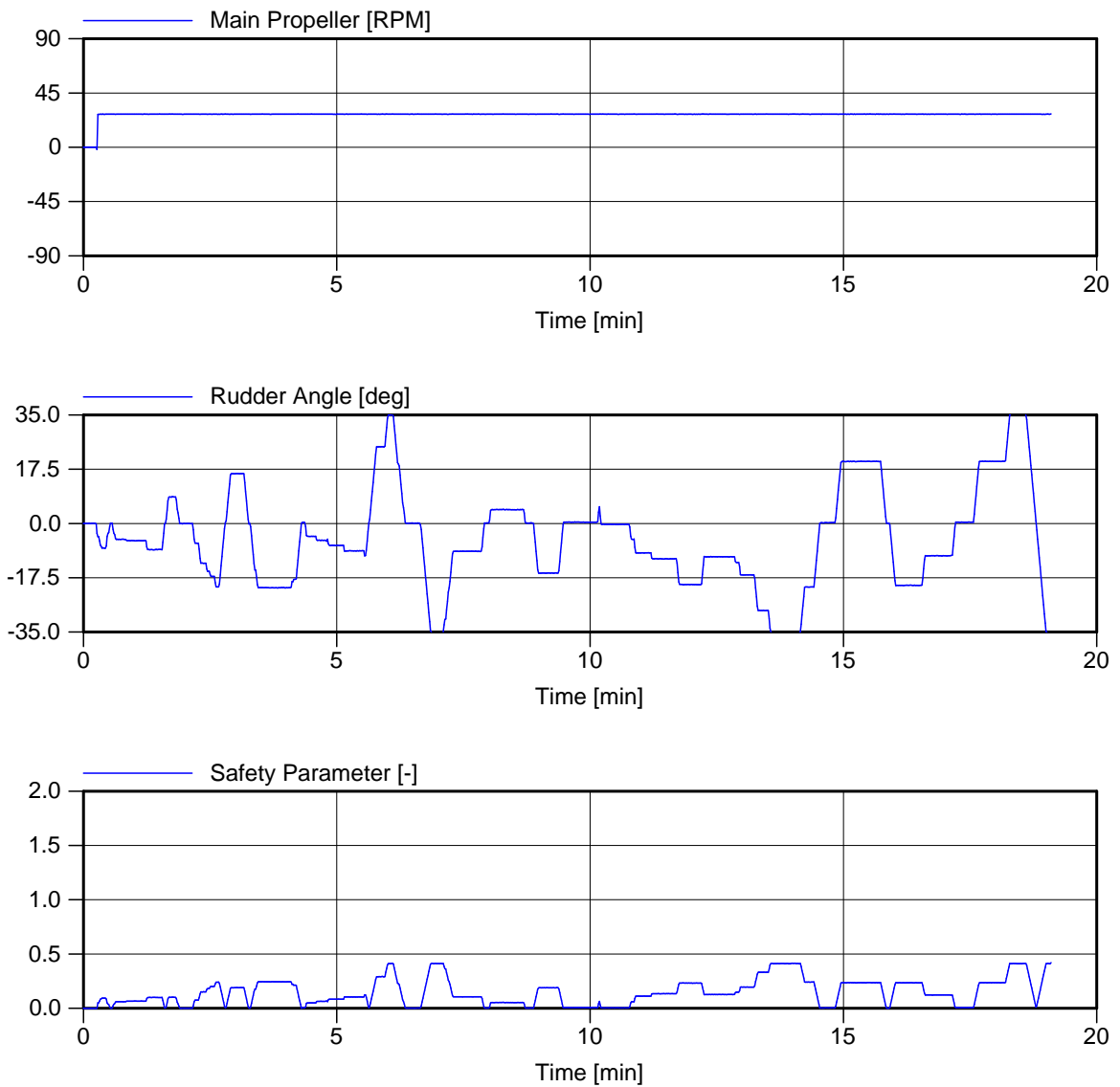
Voorkeursvariant - Run 40

Wind , 13.8 m/s ZW, nvt, 16:20

Manoeuvre: Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figure 40.b



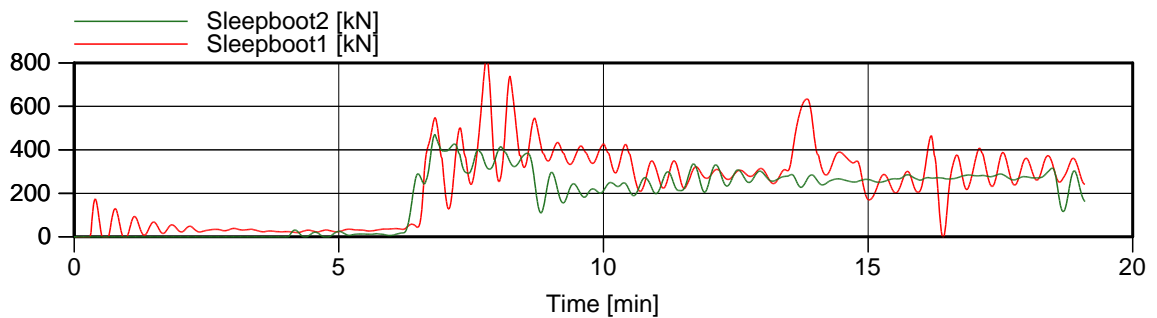
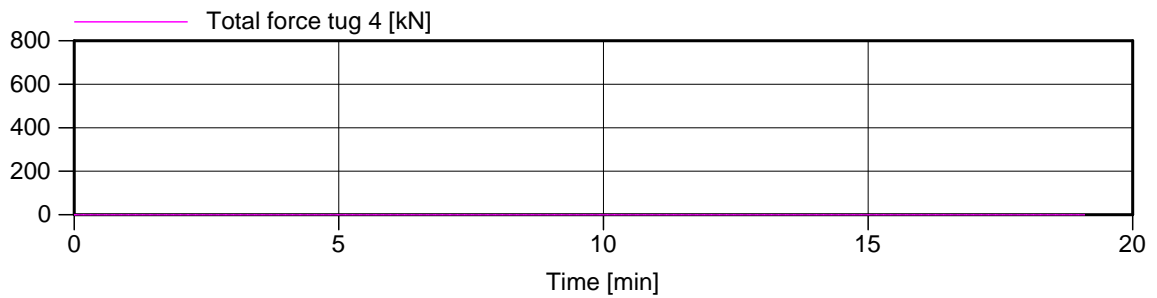
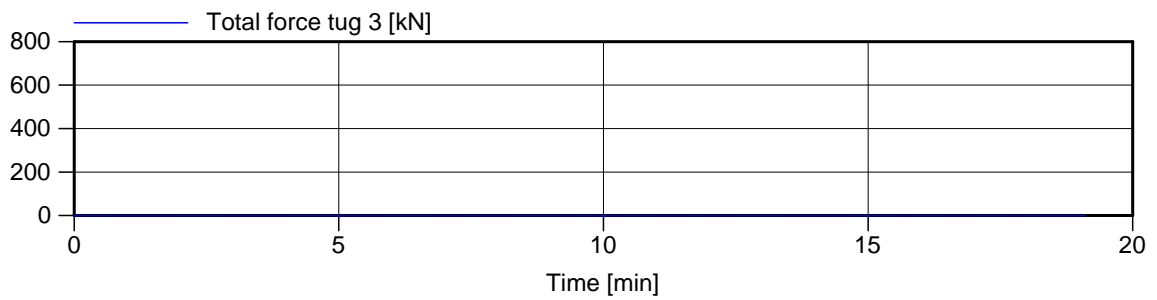
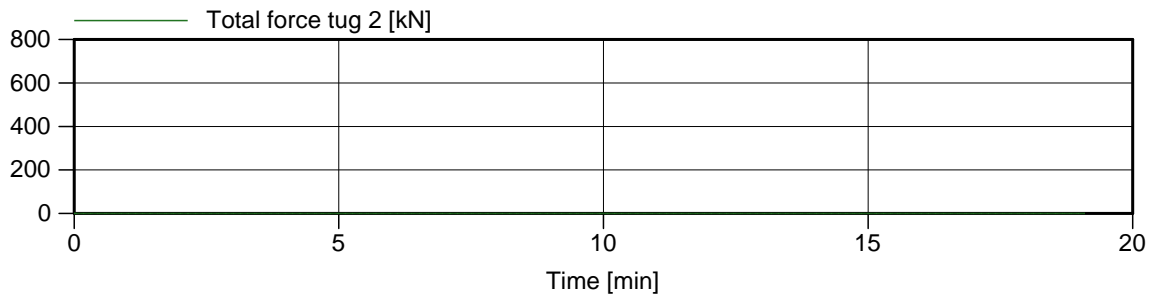
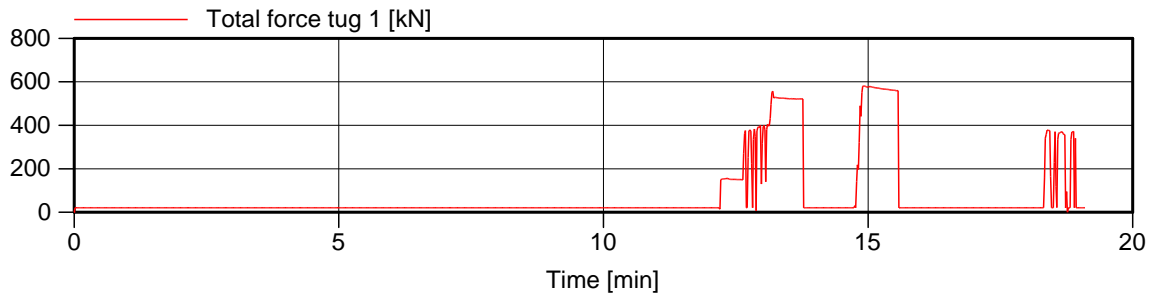
Voorkeursvariant - Run 40

Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20

Manoeuvre: Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 40.c



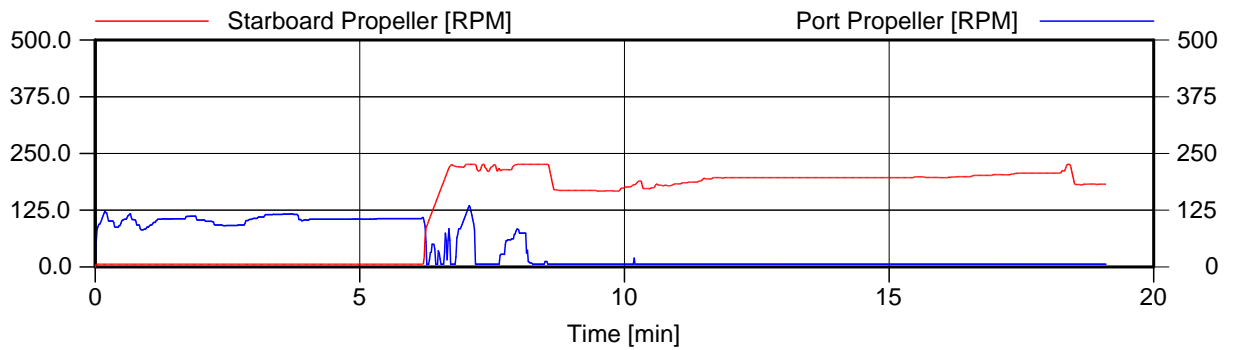
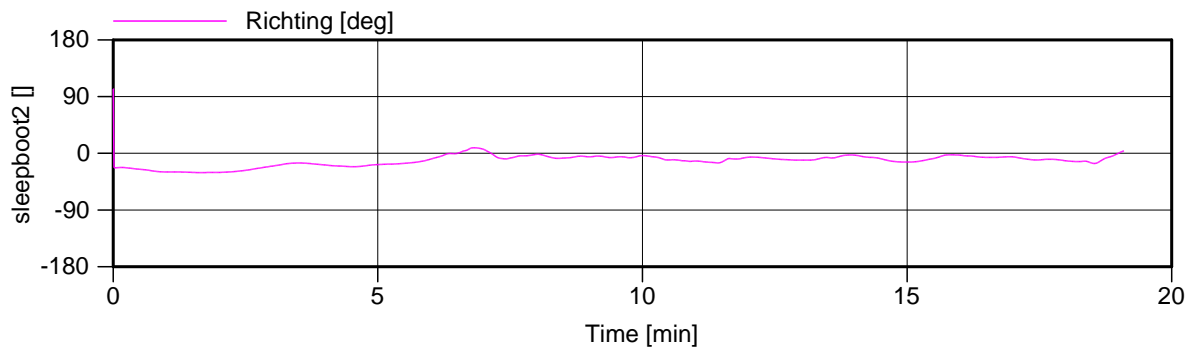
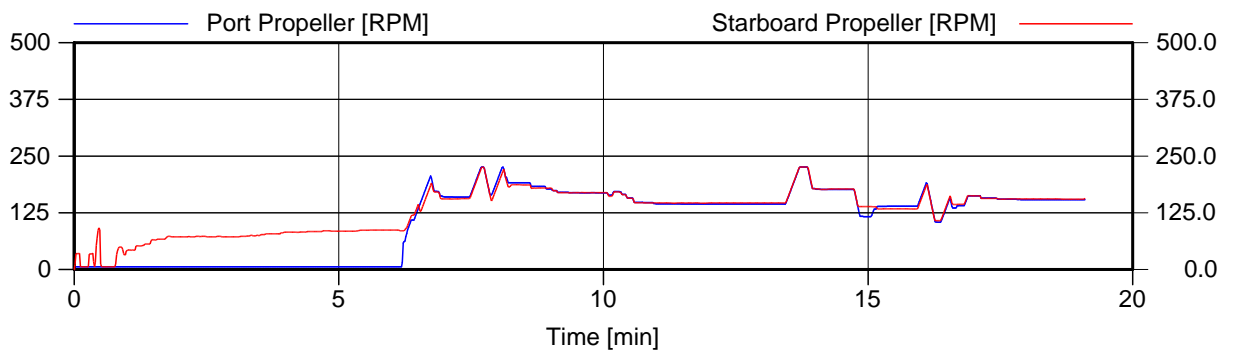
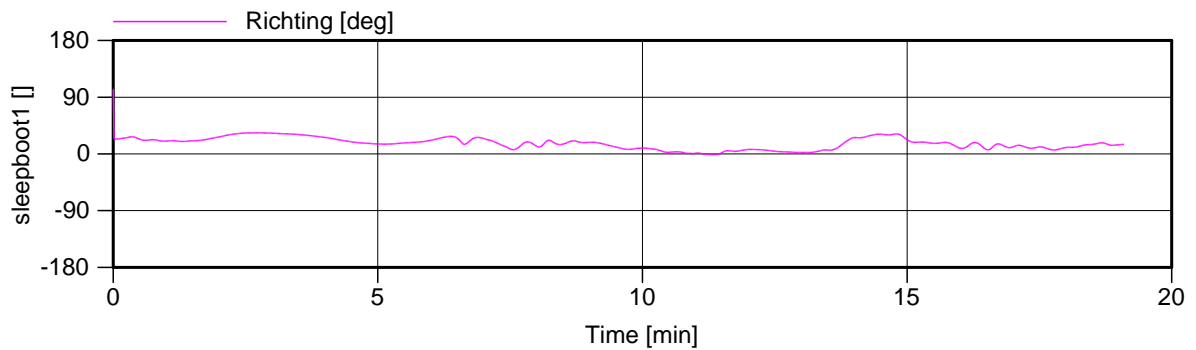
Voorkeursvariant - Run 40

Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20

Manoeuvre: Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 40.d



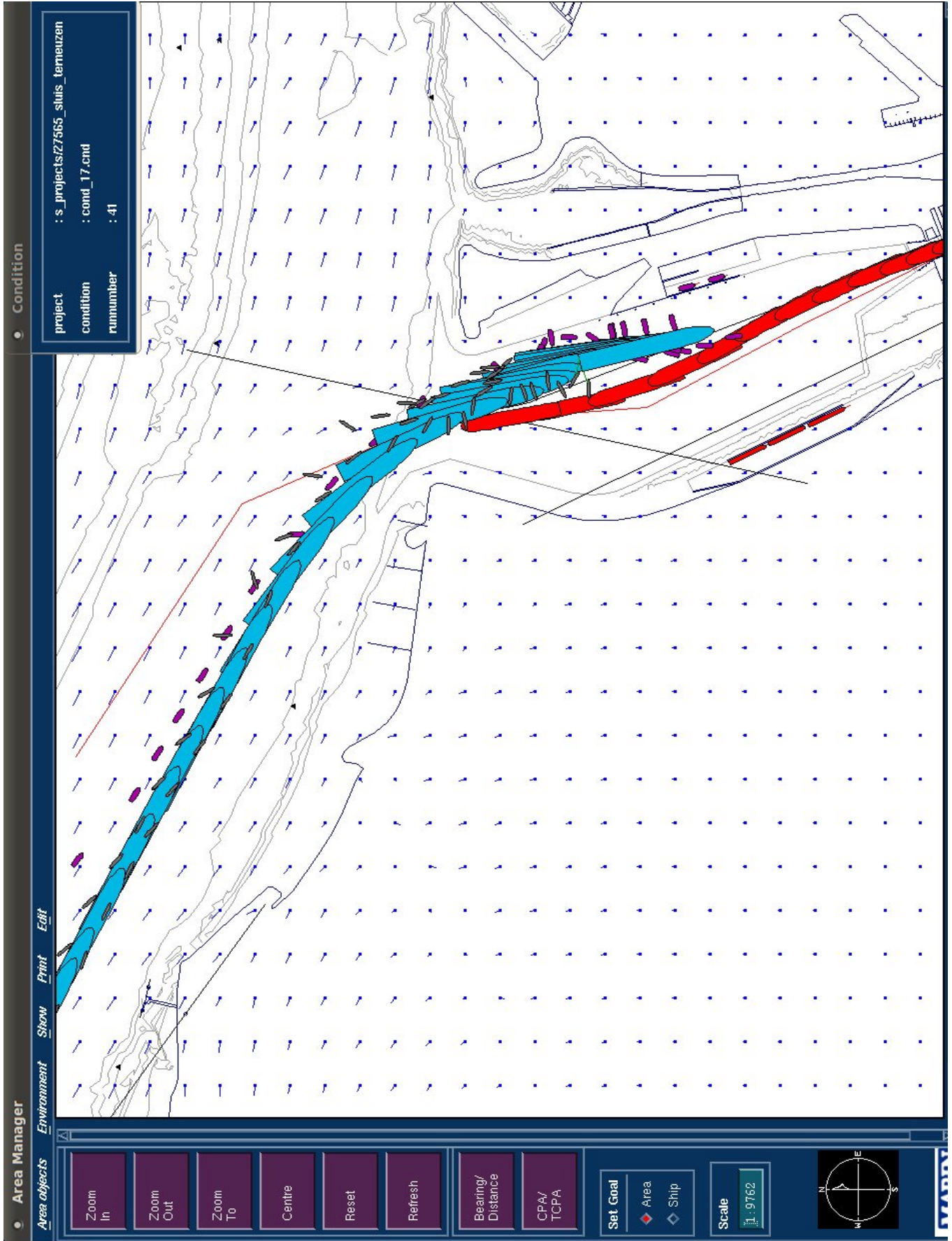
Voorkeursvariant - Run 40

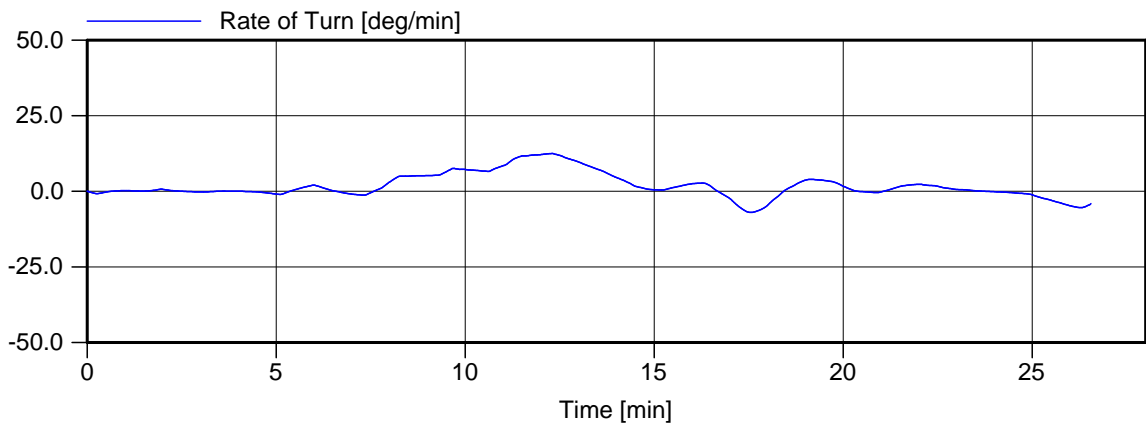
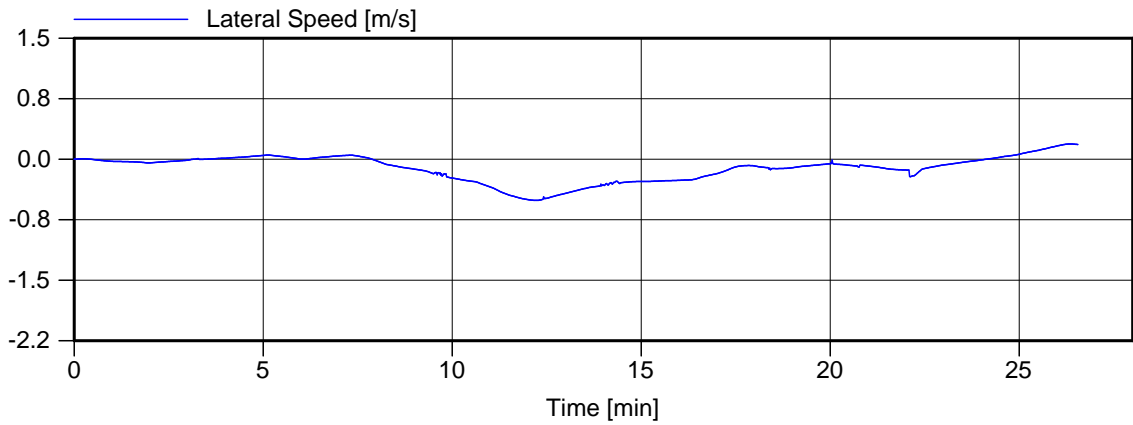
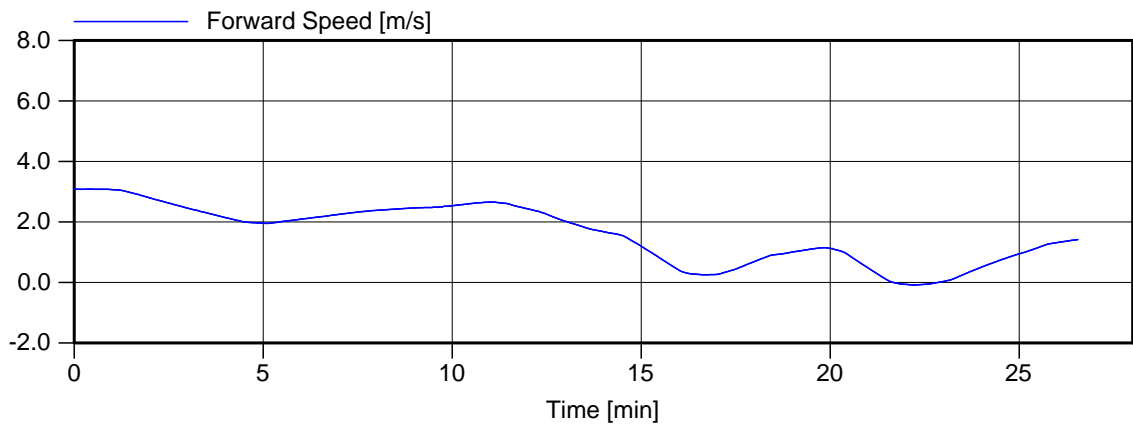
Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20

Manoeuvre: Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

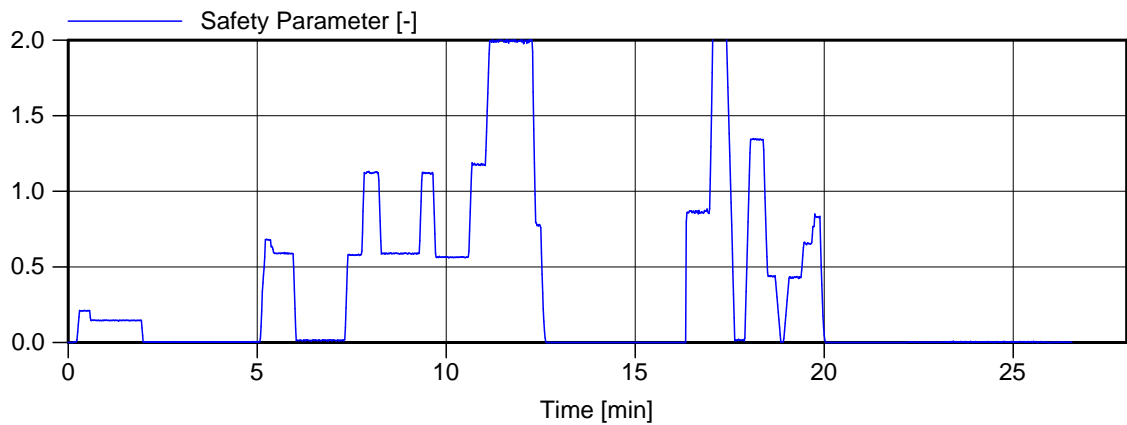
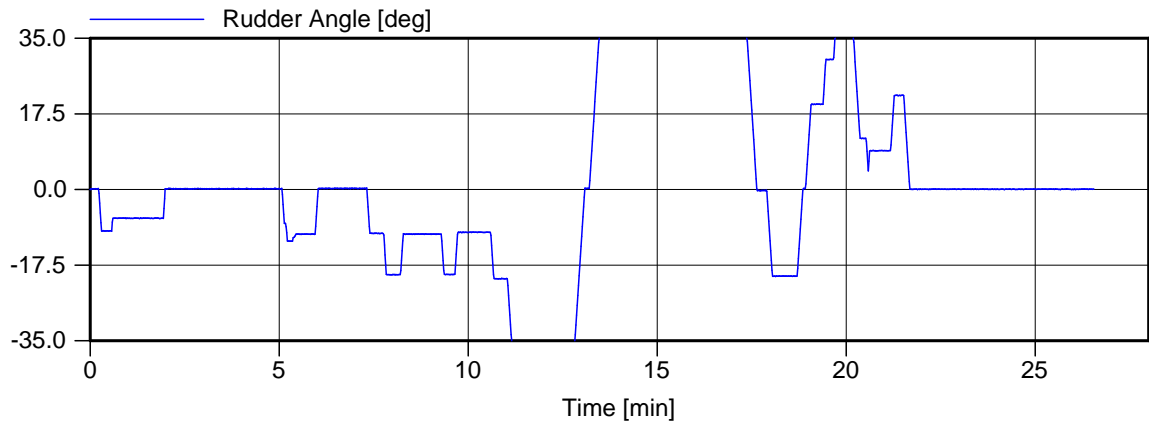
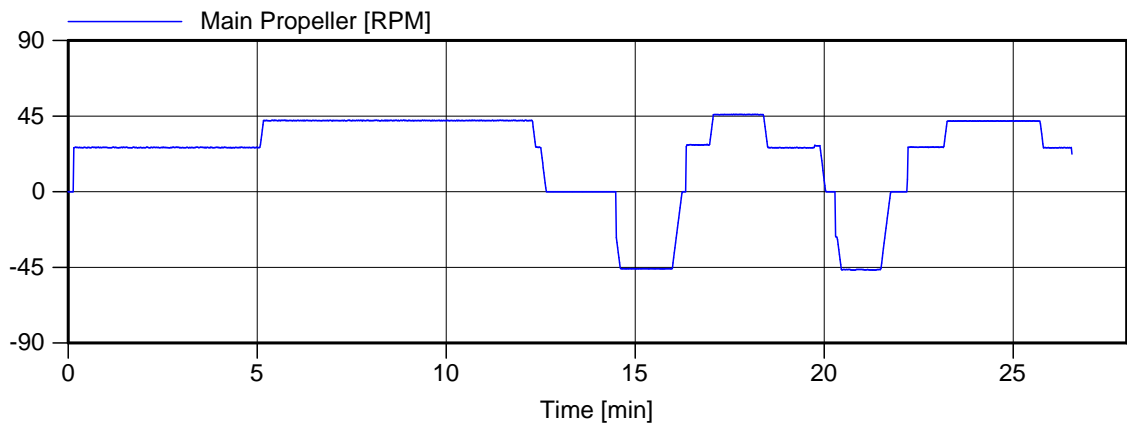
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 40.e





Voorkeursvariant - Run 41	Wind , 10.7 m/s NW , stil van hoog, 11:20
Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 41.b



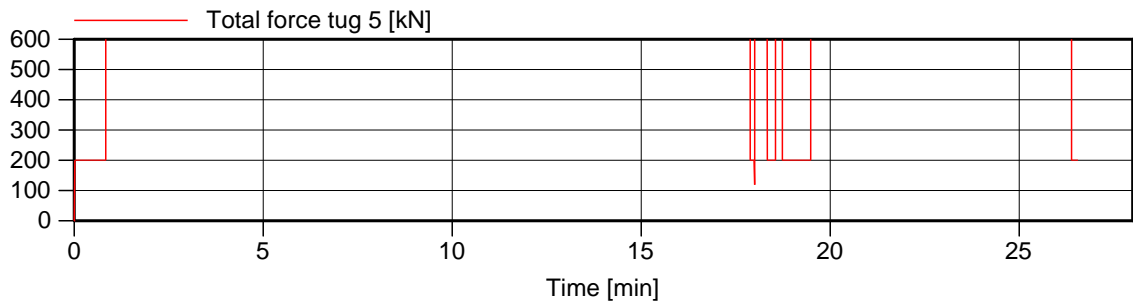
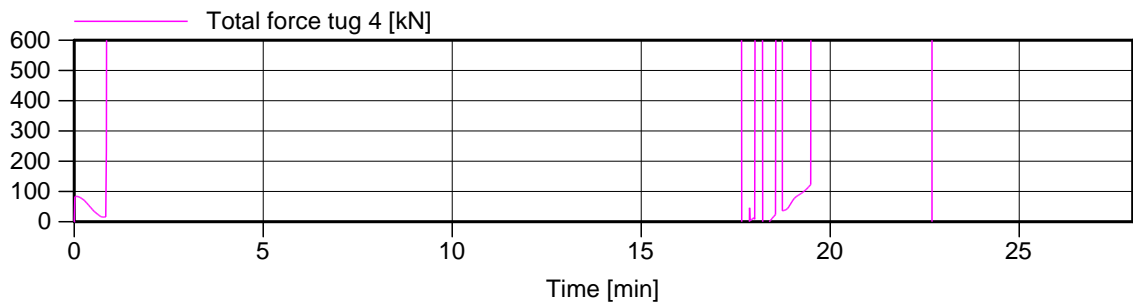
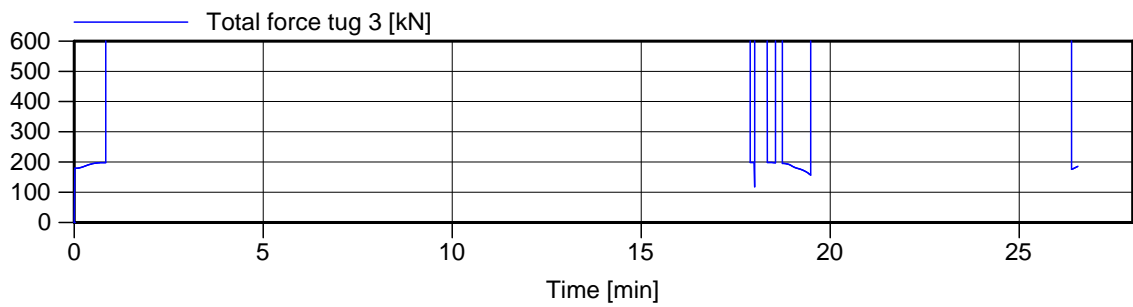
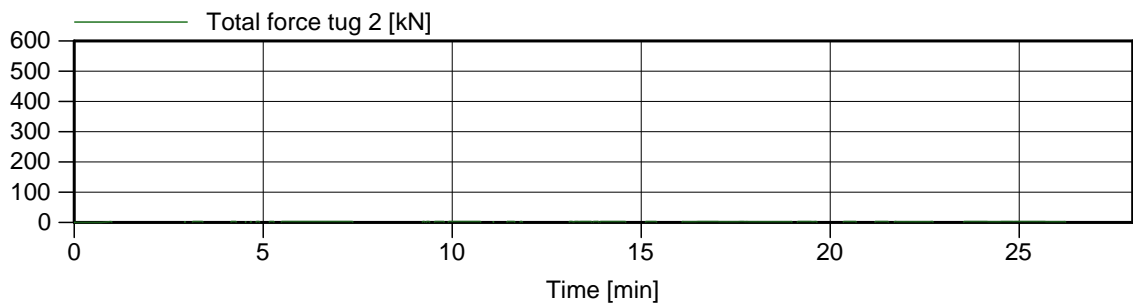
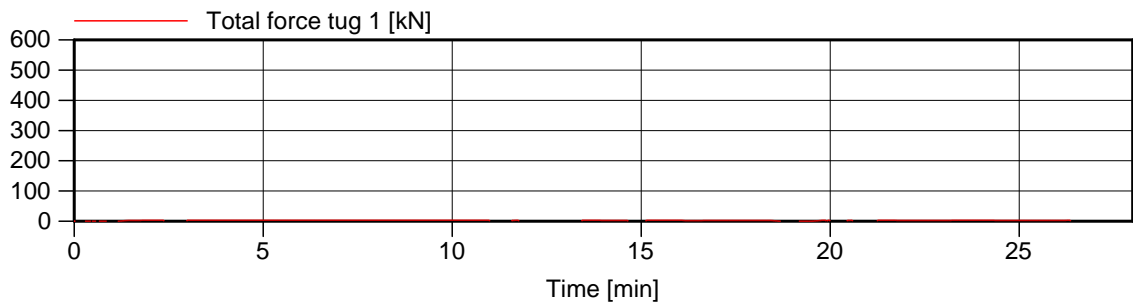
Voorkeursvariant - Run 41

Wind , 10.7 m/s NW , stil van hoog, 11:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 41.c



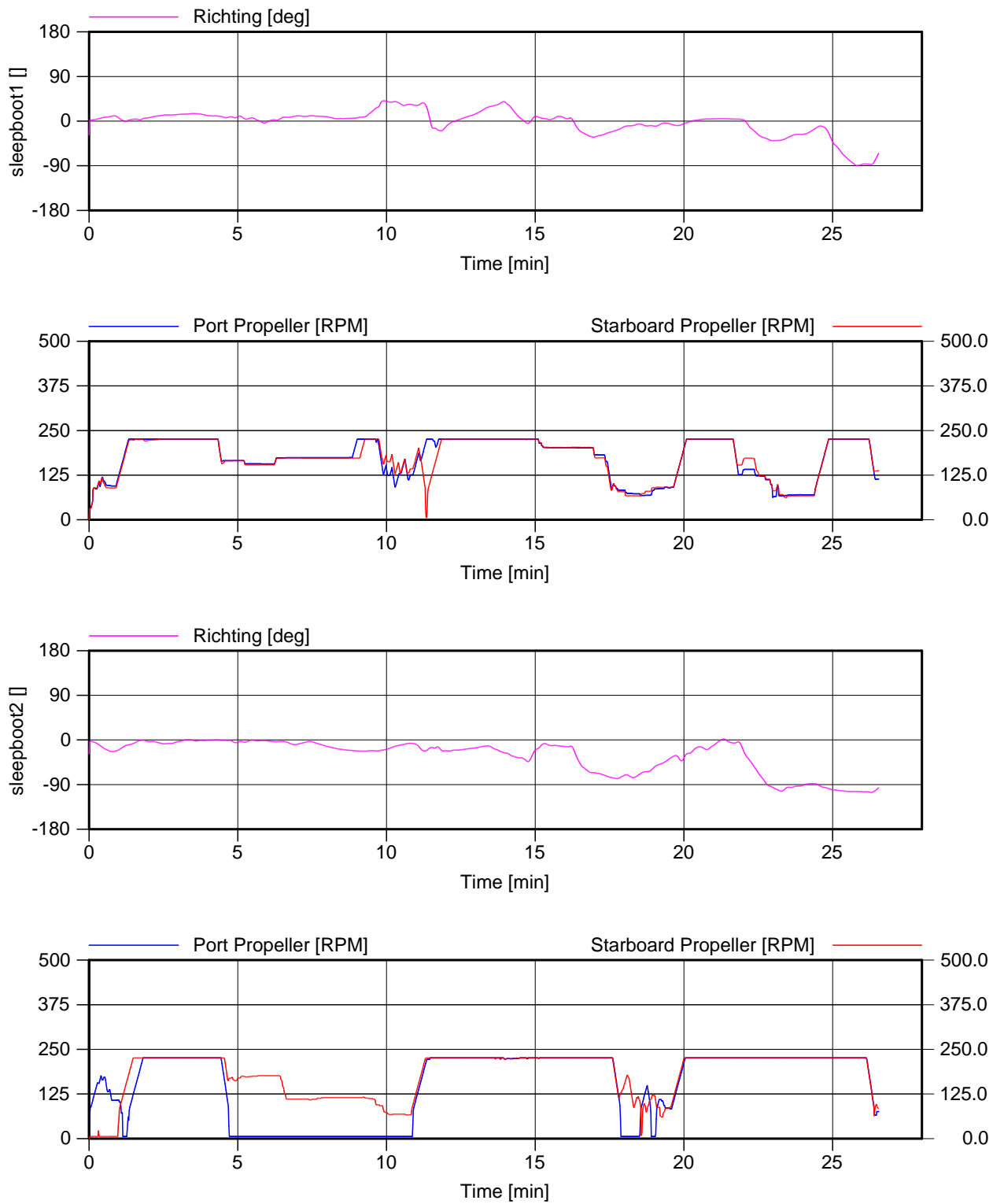
Voorkeursvariant - Run 41

Wind , 10.7 m/s NW , stil van hoog, 11:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 41.d



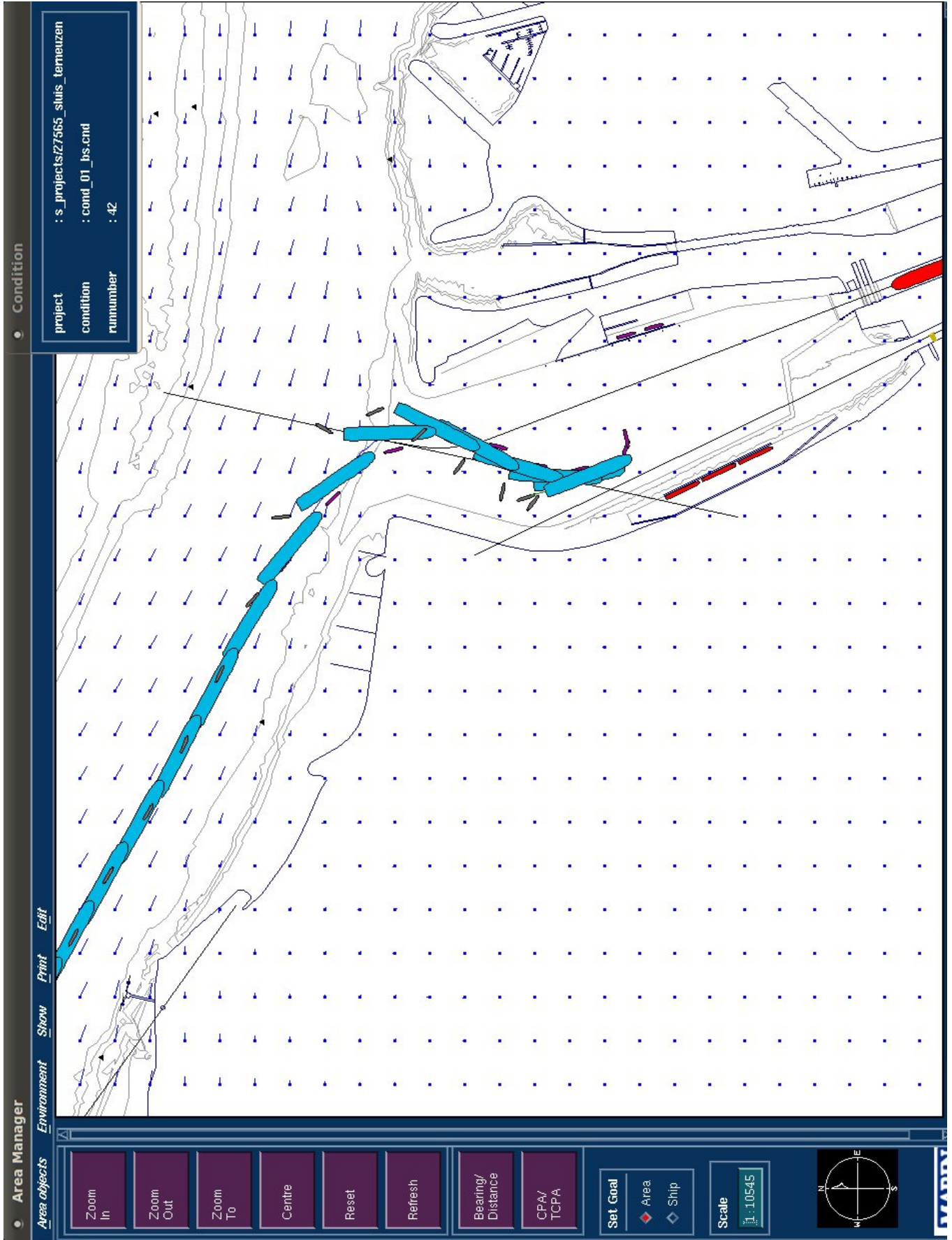
Voorkeursvariant - Run 41

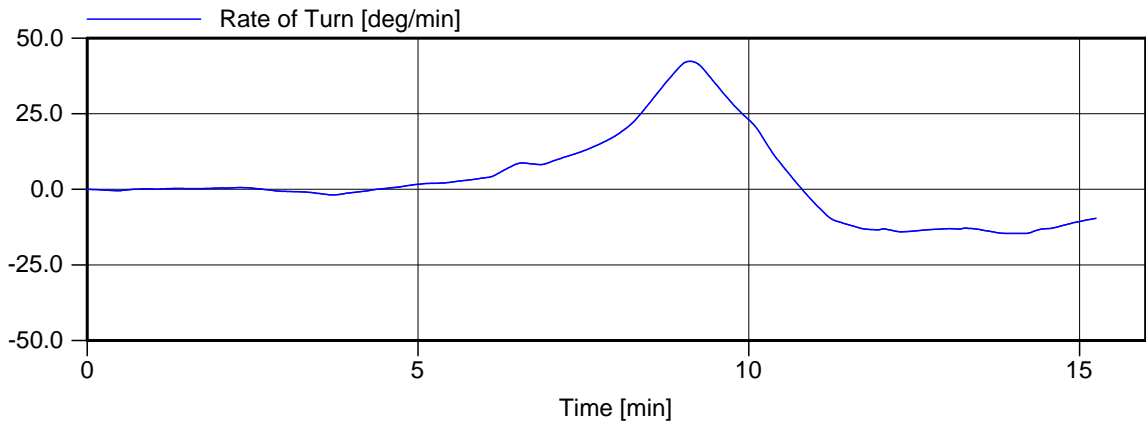
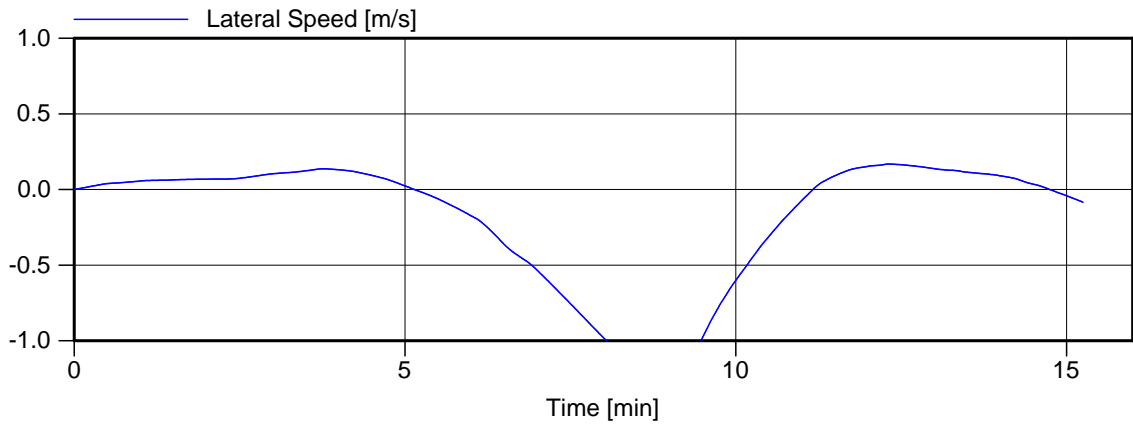
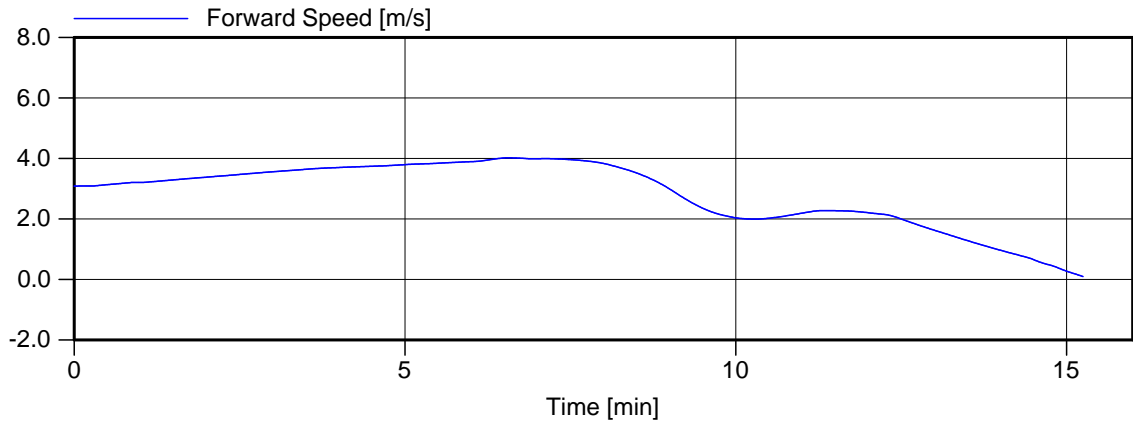
Wind , 10.7 m/s NW , stil van hoog, 11:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 41.e





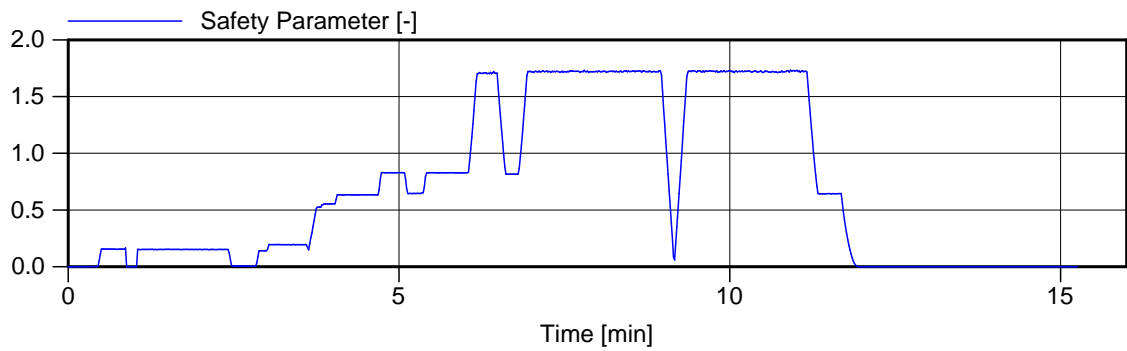
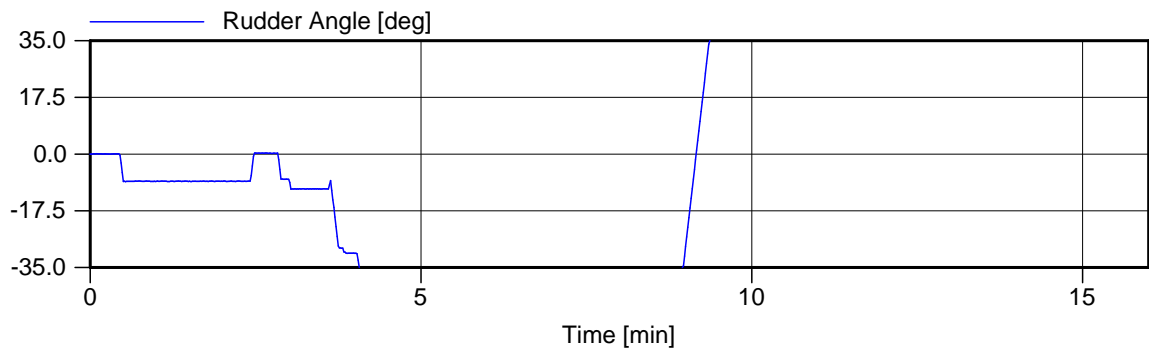
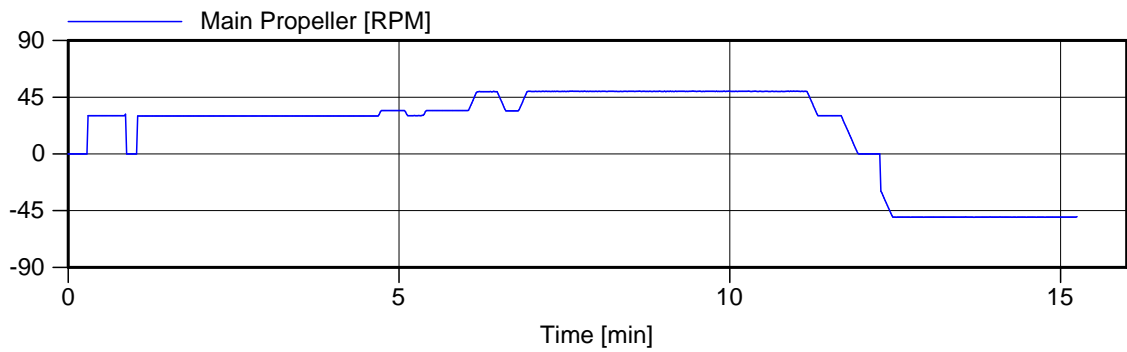
Voorkeursvariant - Run 42

Wind , 13.8 m/s NW, 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figure 42.b



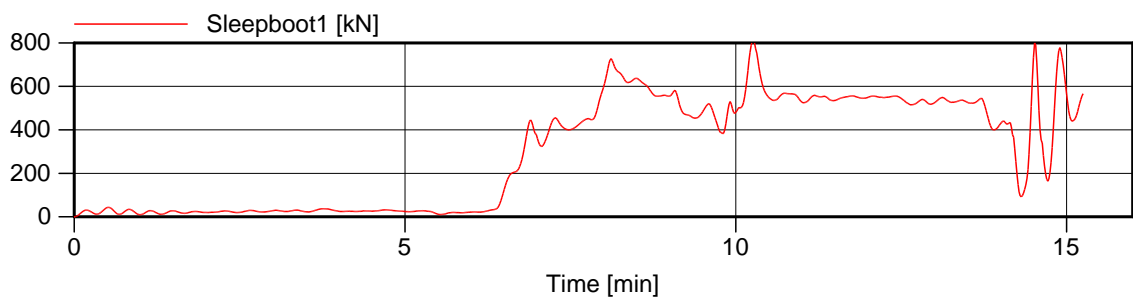
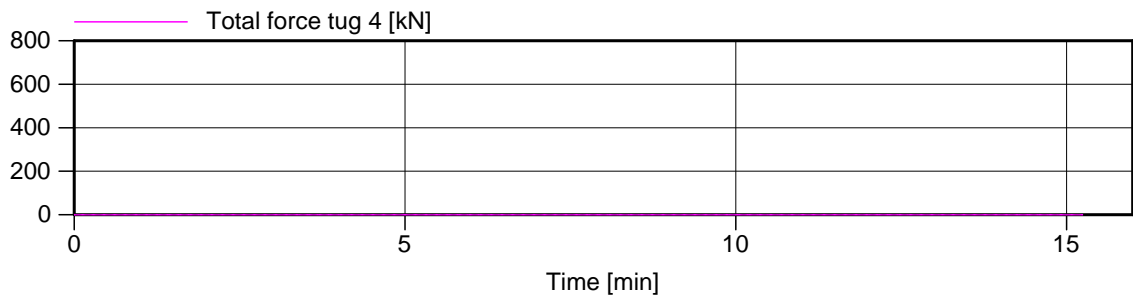
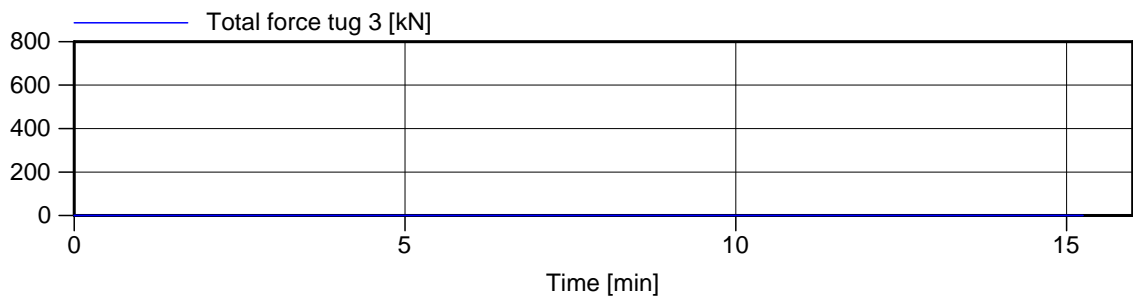
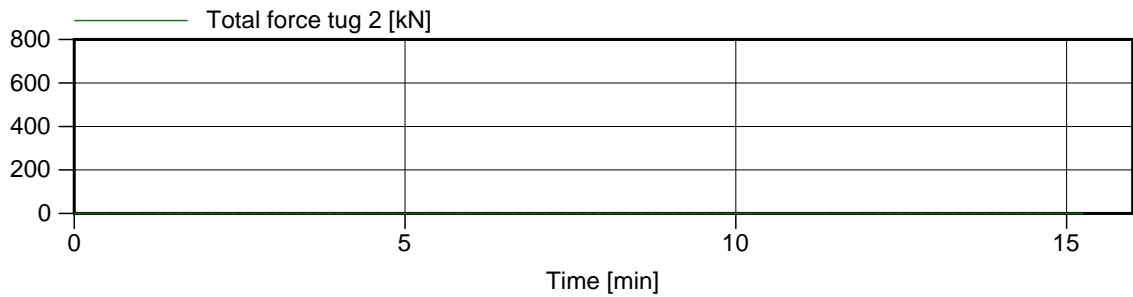
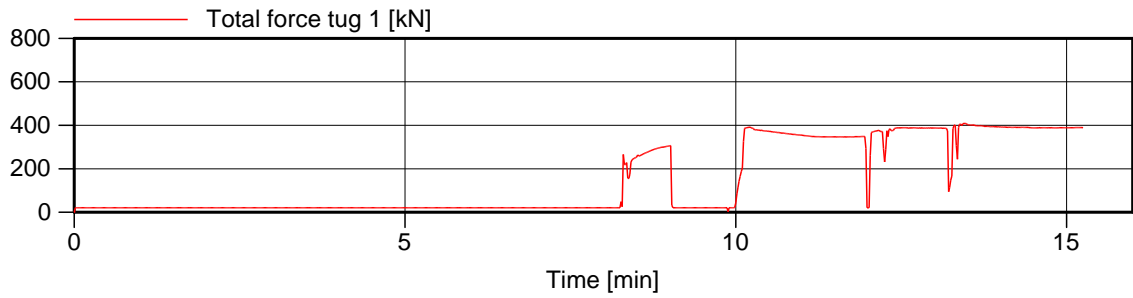
Voorkeursvariant - Run 42

Wind , 13.8 m/s NW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 42.c



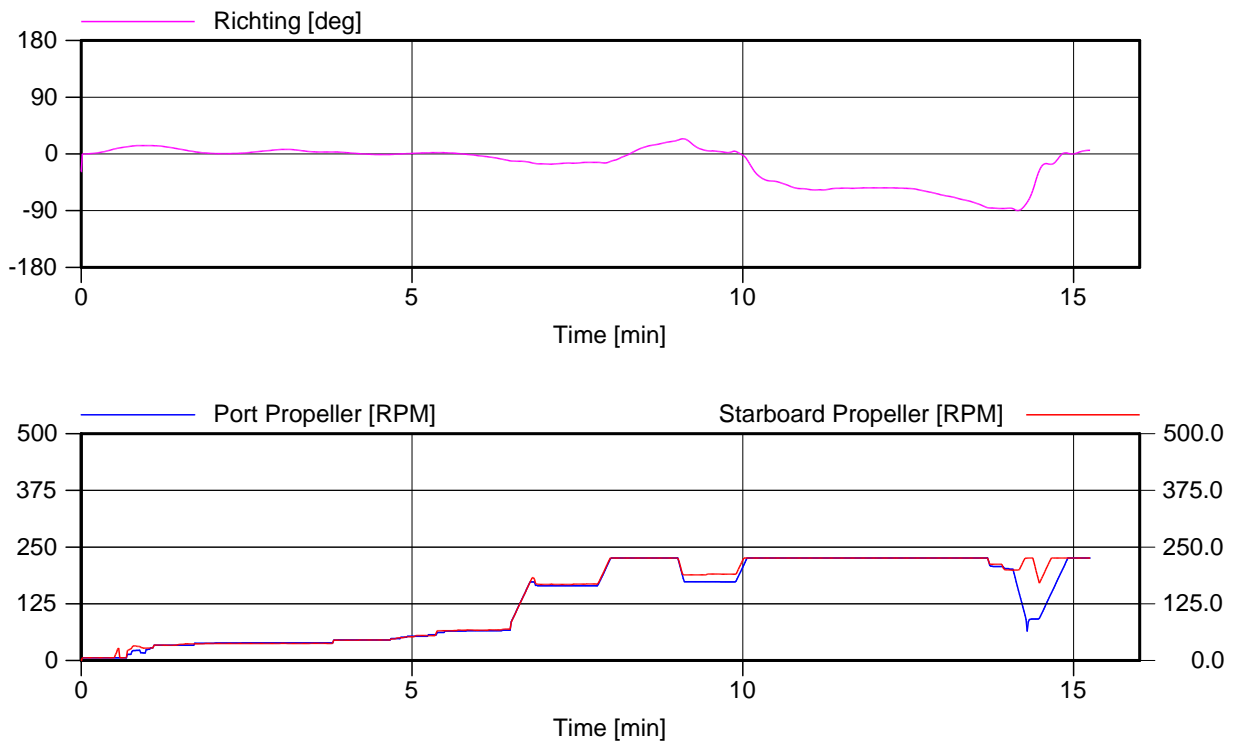
Voorkeursvariant - Run 42

Wind , 13.8 m/s NW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 42.d



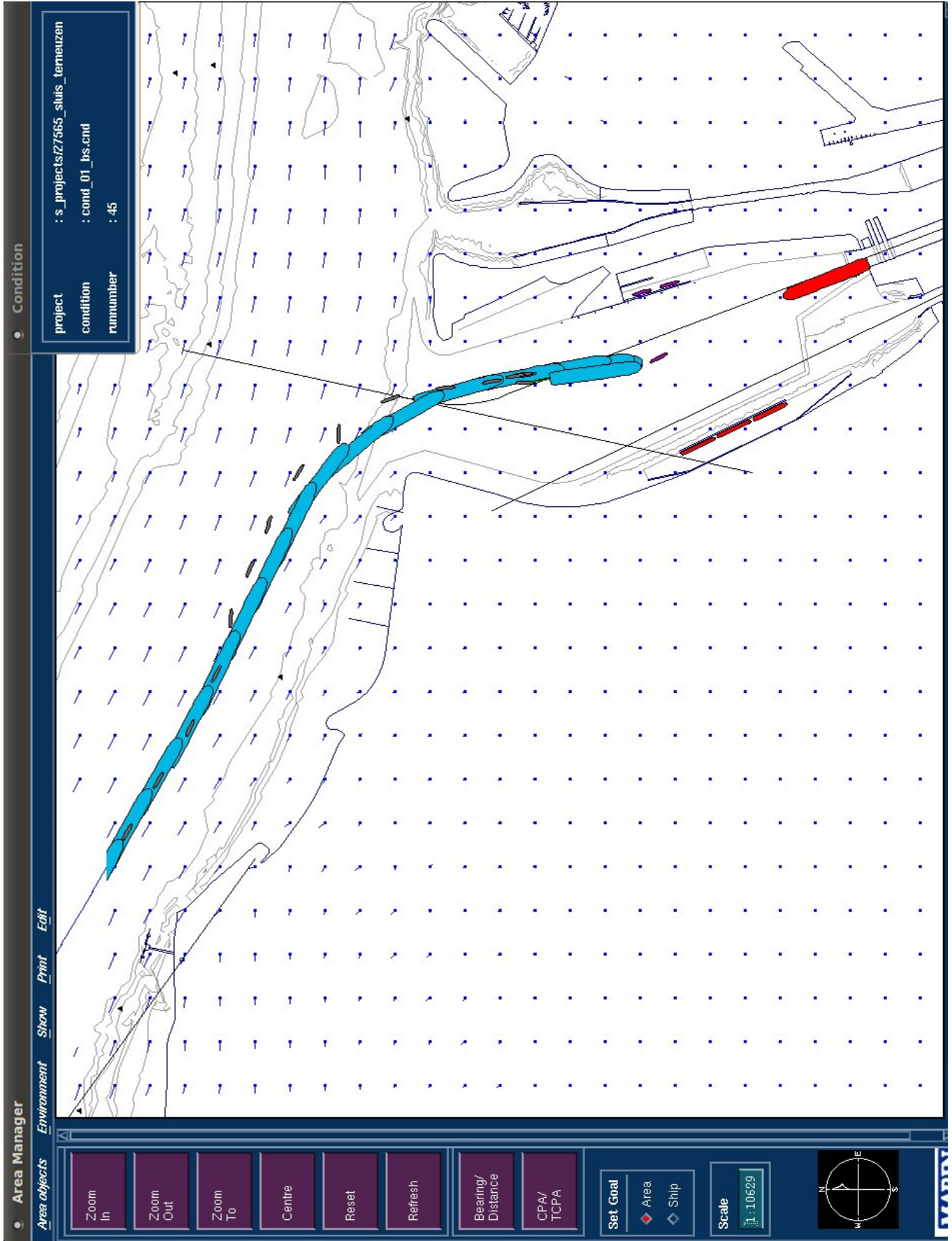
Voorkeursvariant - Run 42

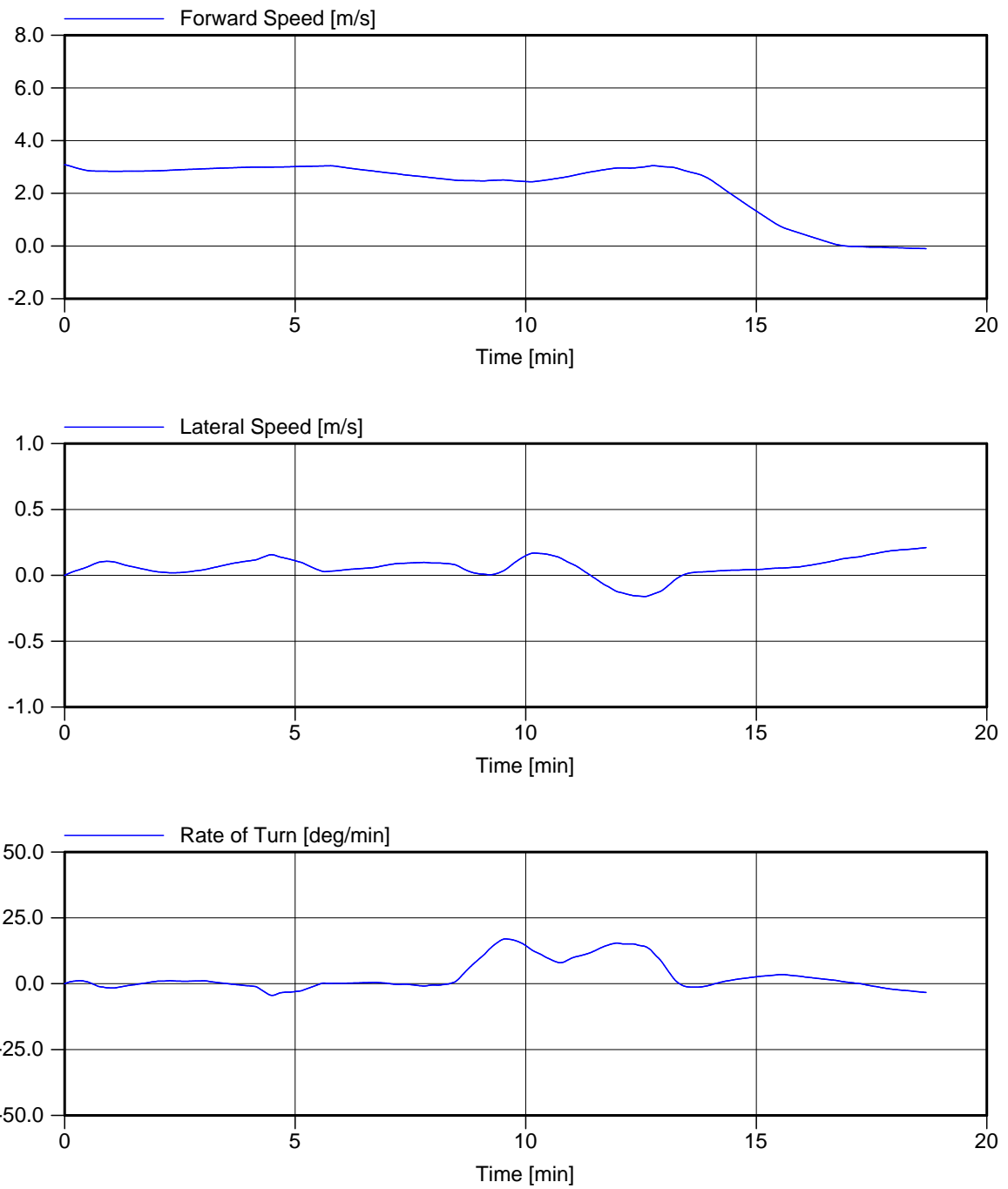
Wind , 13.8 m/s NW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 42.e





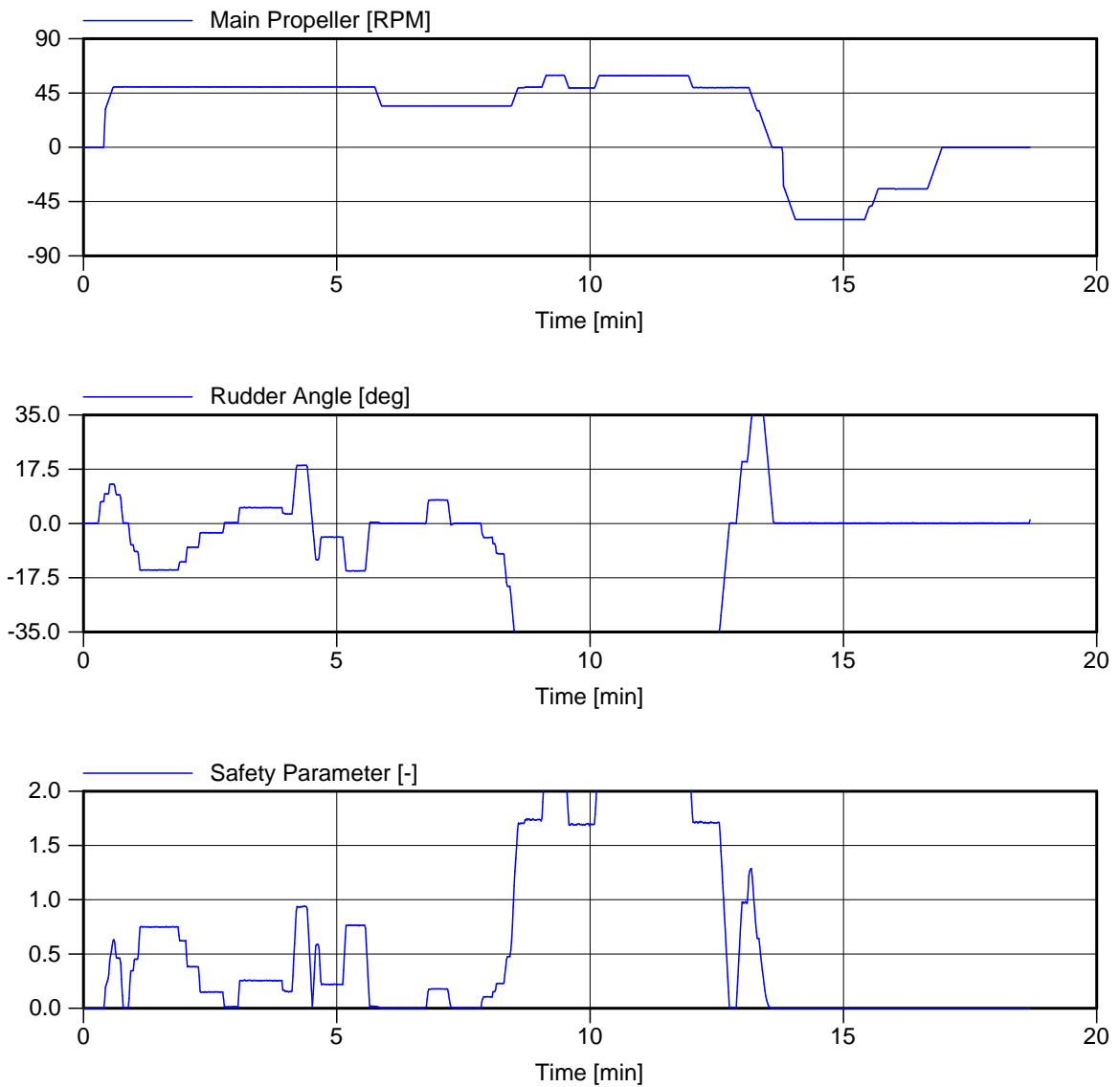
Voorkeursvariant - Run 45

Wind , 13.8 m/s E, 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figure 45.b



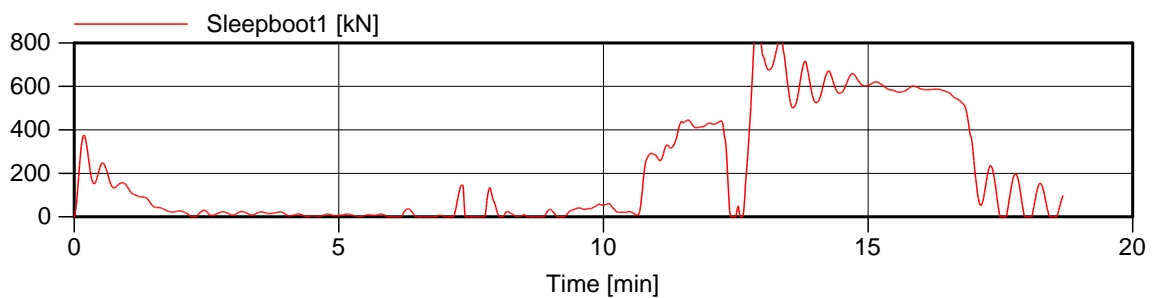
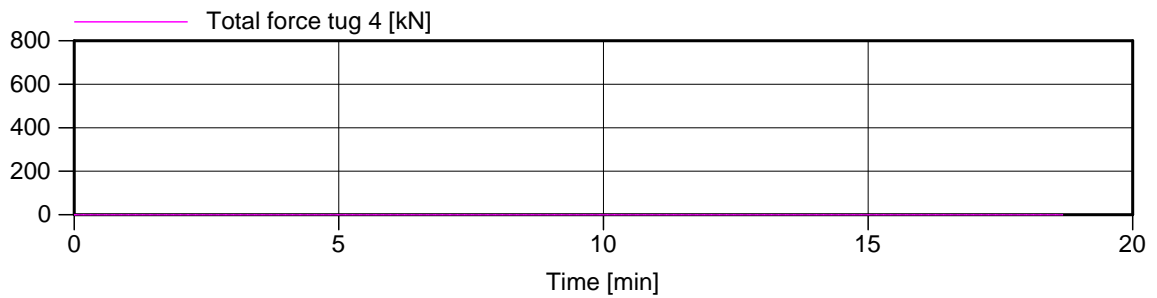
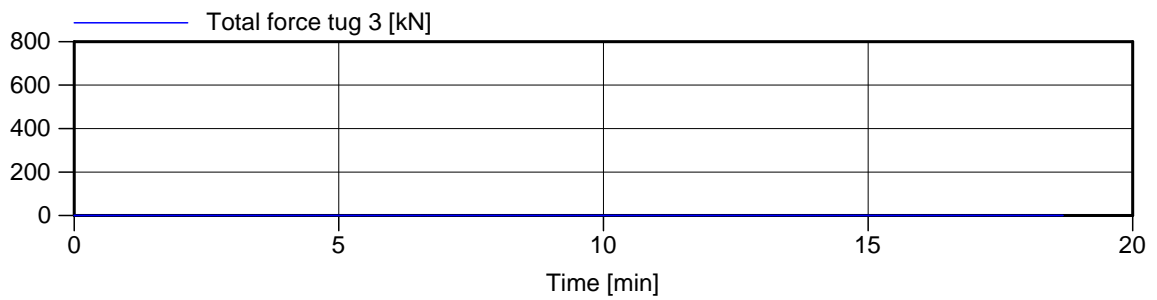
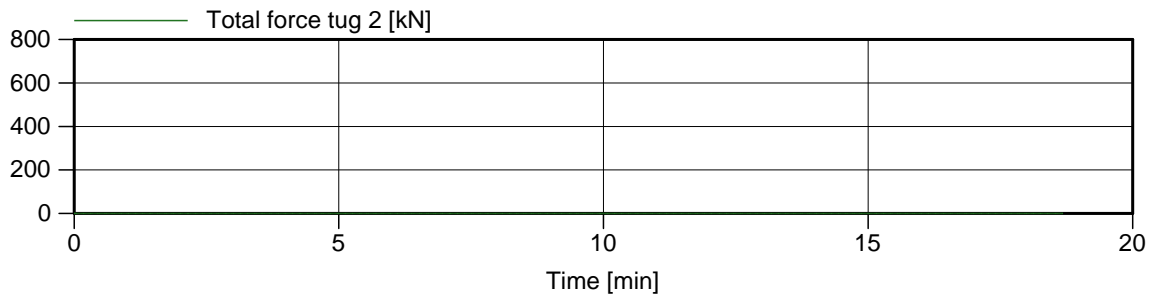
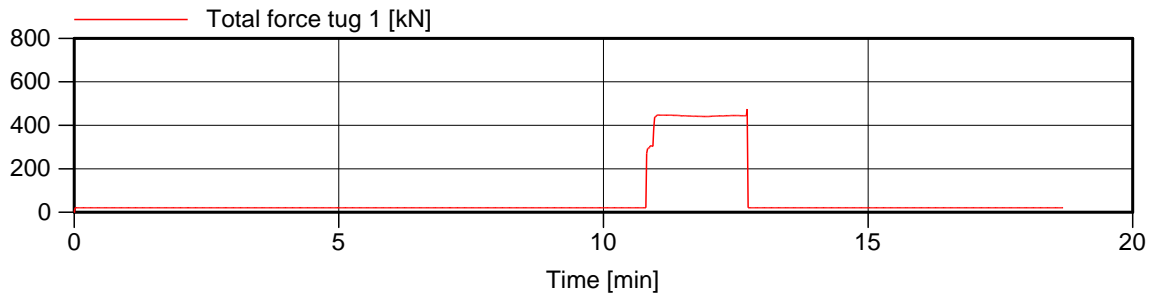
Voorkeursvariant - Run 45

Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 45.c



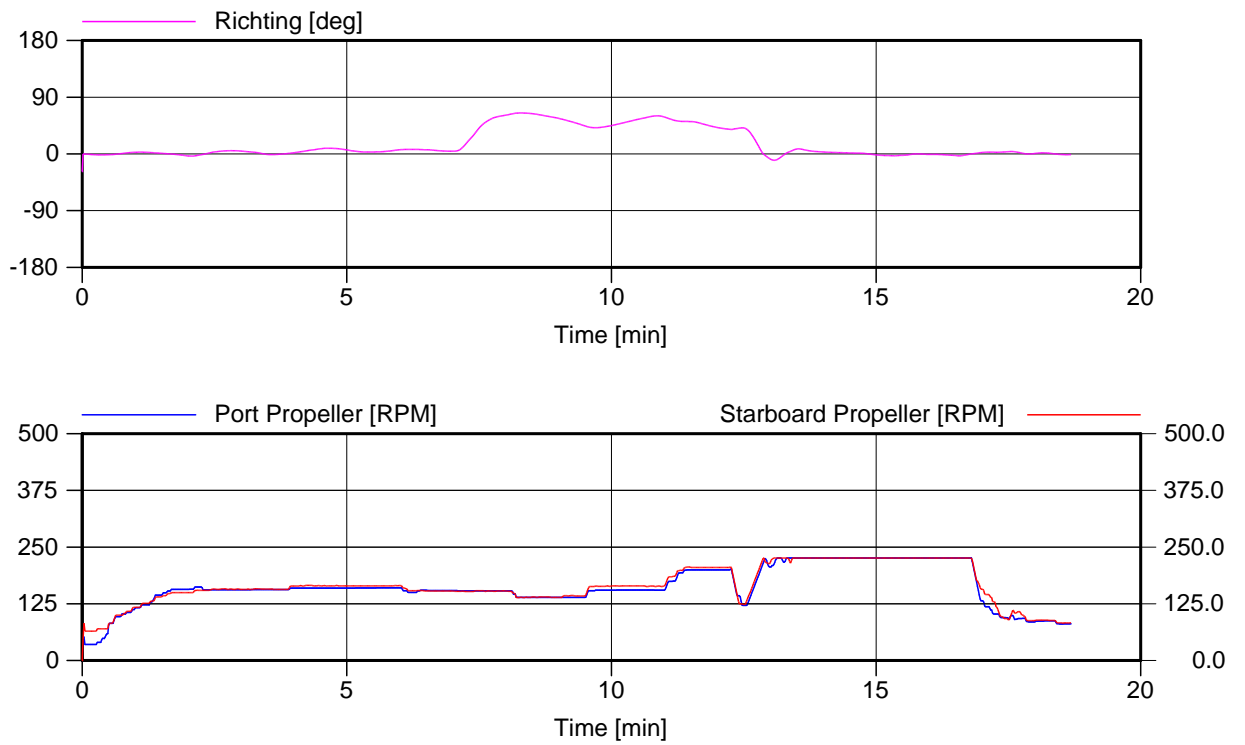
Voorkeursvariant - Run 45

Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 45.d



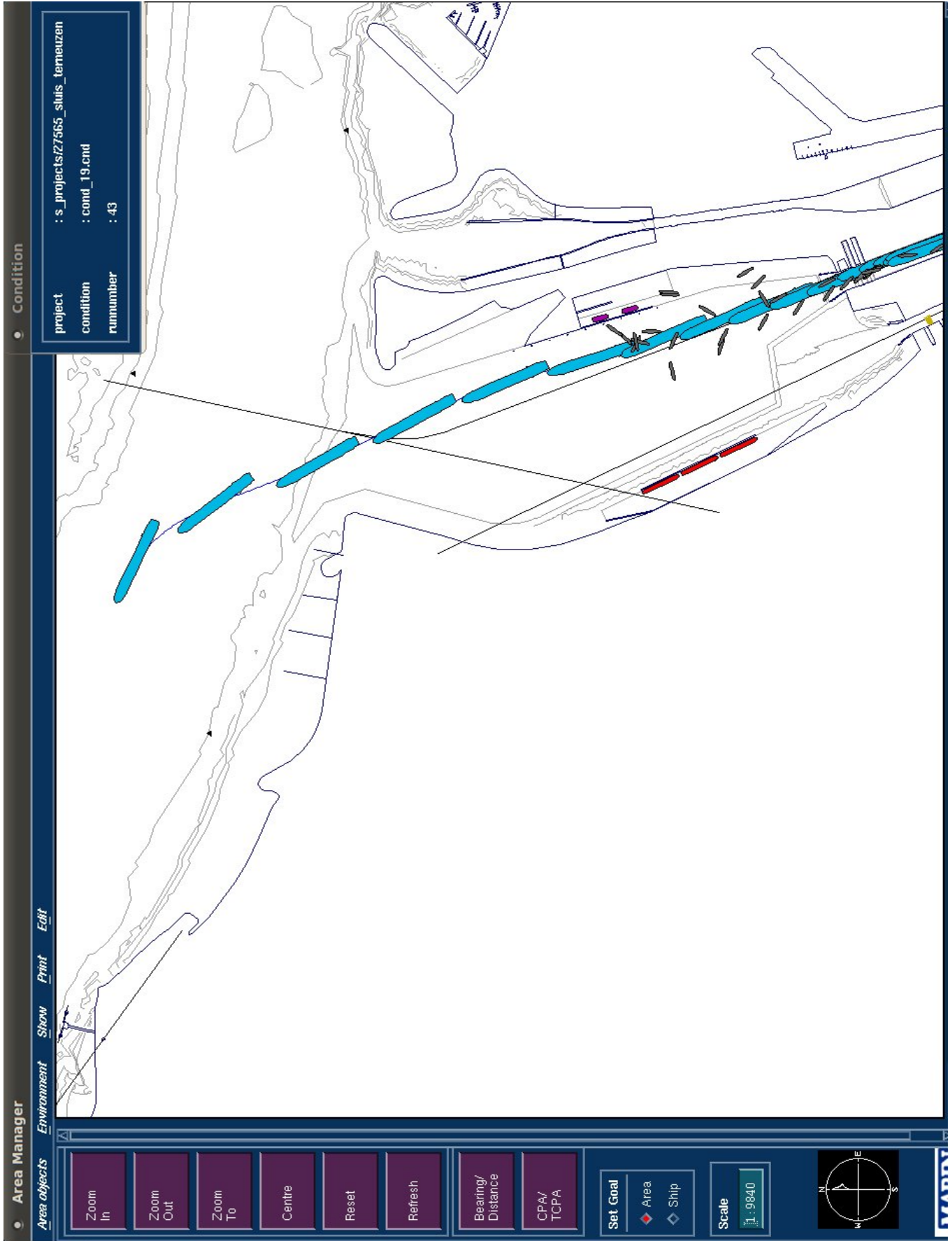
Voorkeursvariant - Run 45

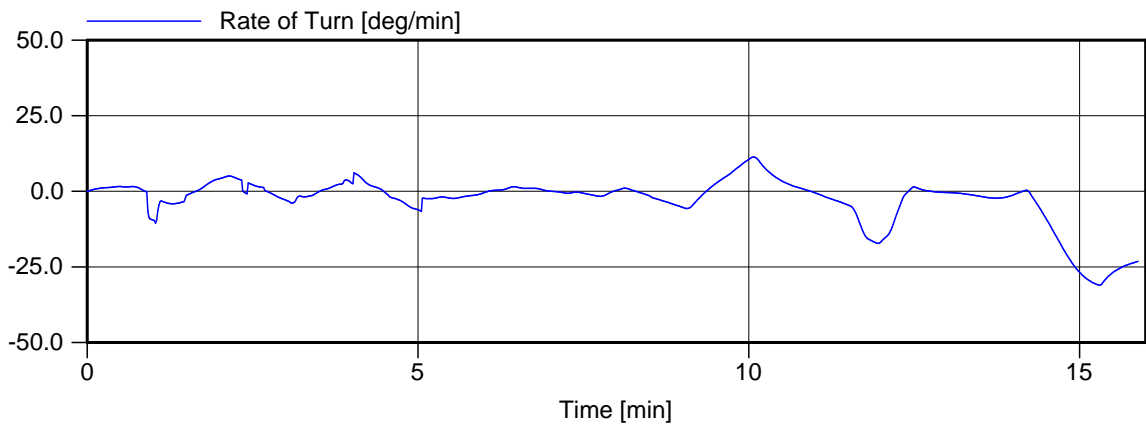
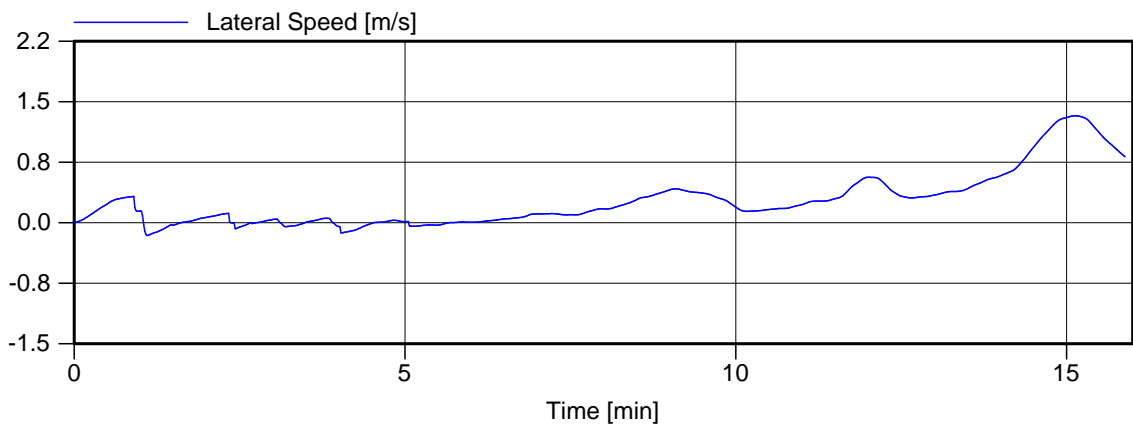
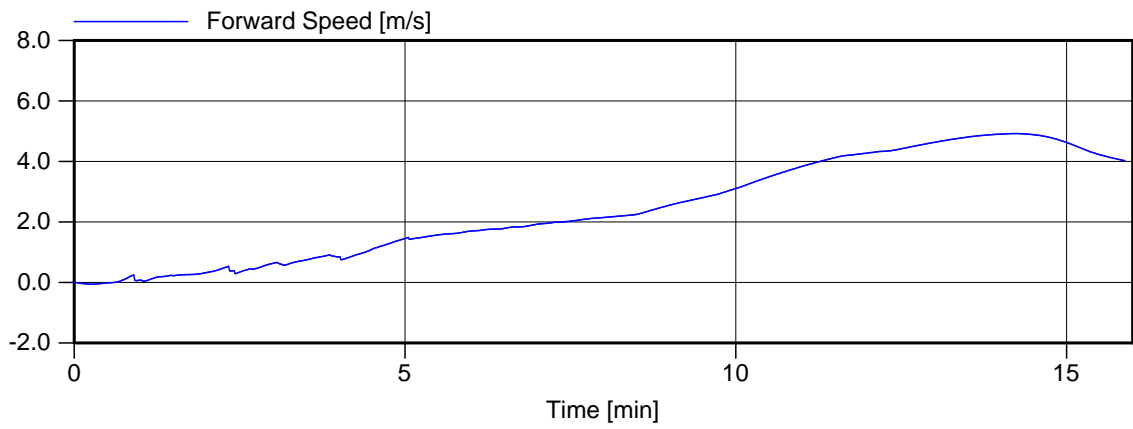
Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Invaart zee - Nieuwe zeesluis

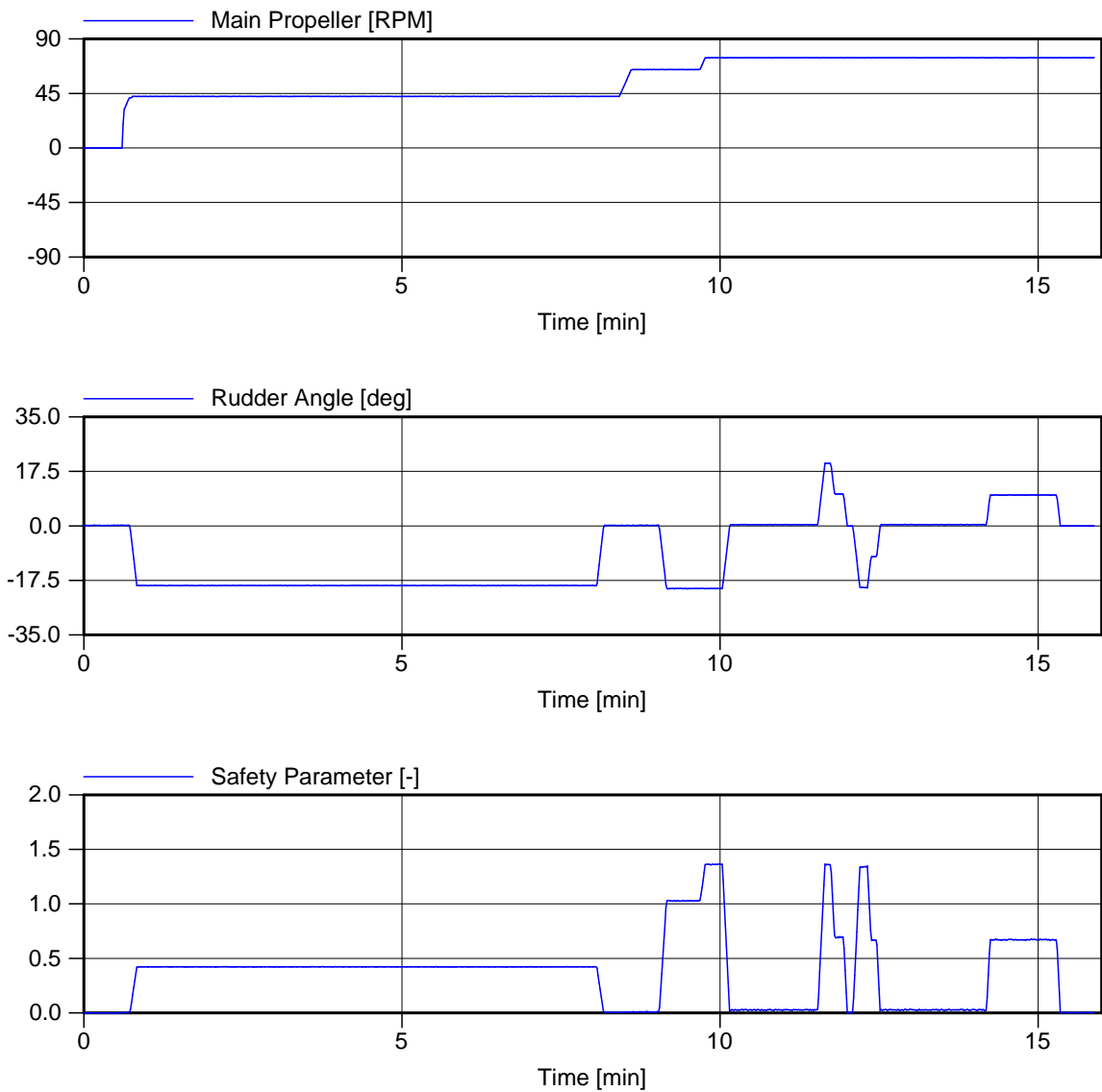
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 45.e





Voorkeursvariant - Run 43	Wind , 20 m/s ZW , 3.5 kn vloed, 9:20
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 43.b



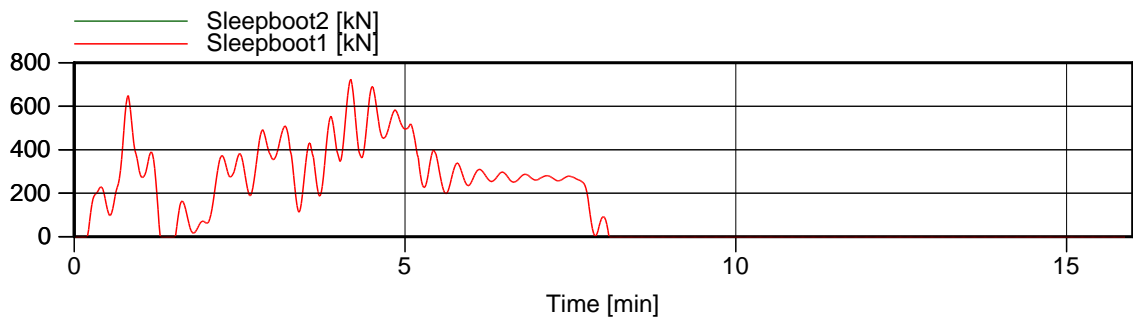
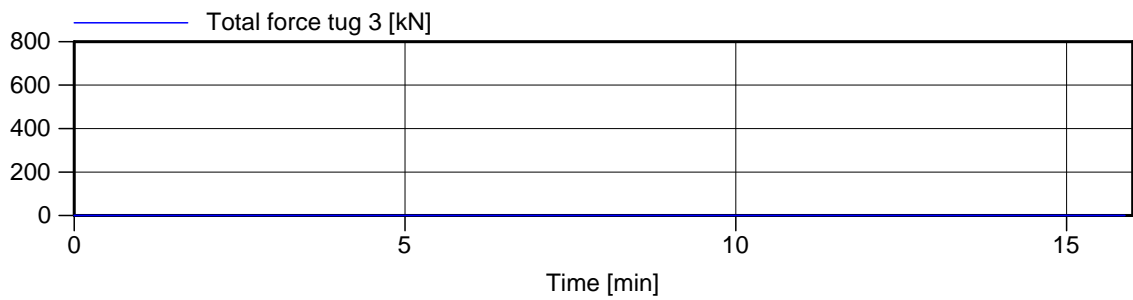
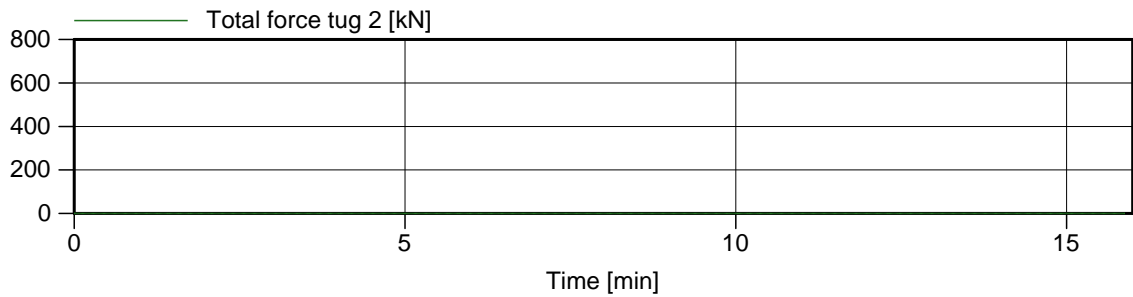
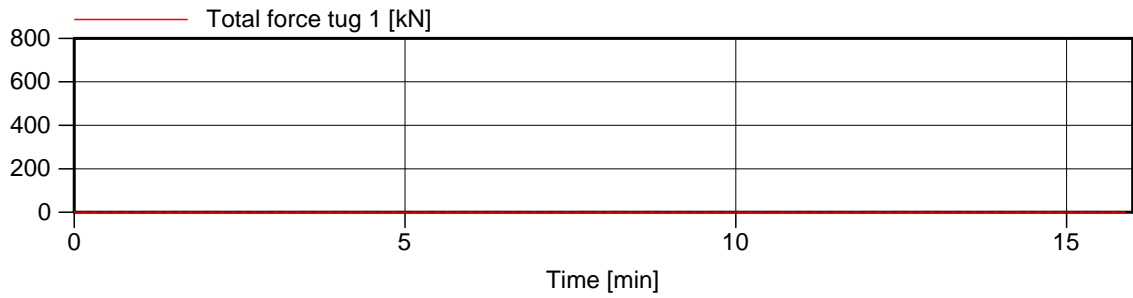
Voorkeursvariant - Run 43

Wind , 20 m/s ZW , 3.5 kn vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaa

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 43.c



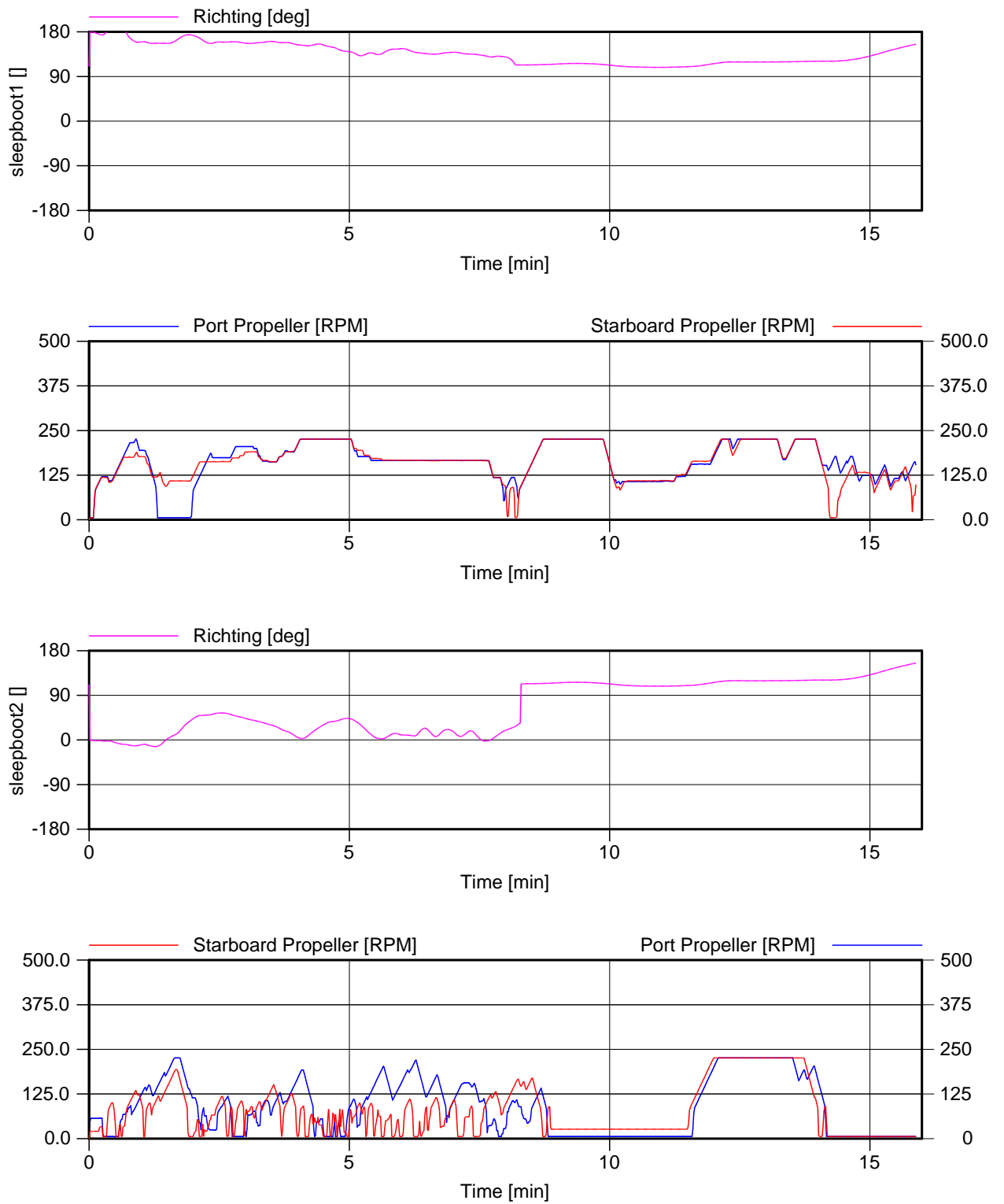
Voorkeursvariant - Run 43

Wind , 20 m/s ZW , 3.5 kn vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaa

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 43.d



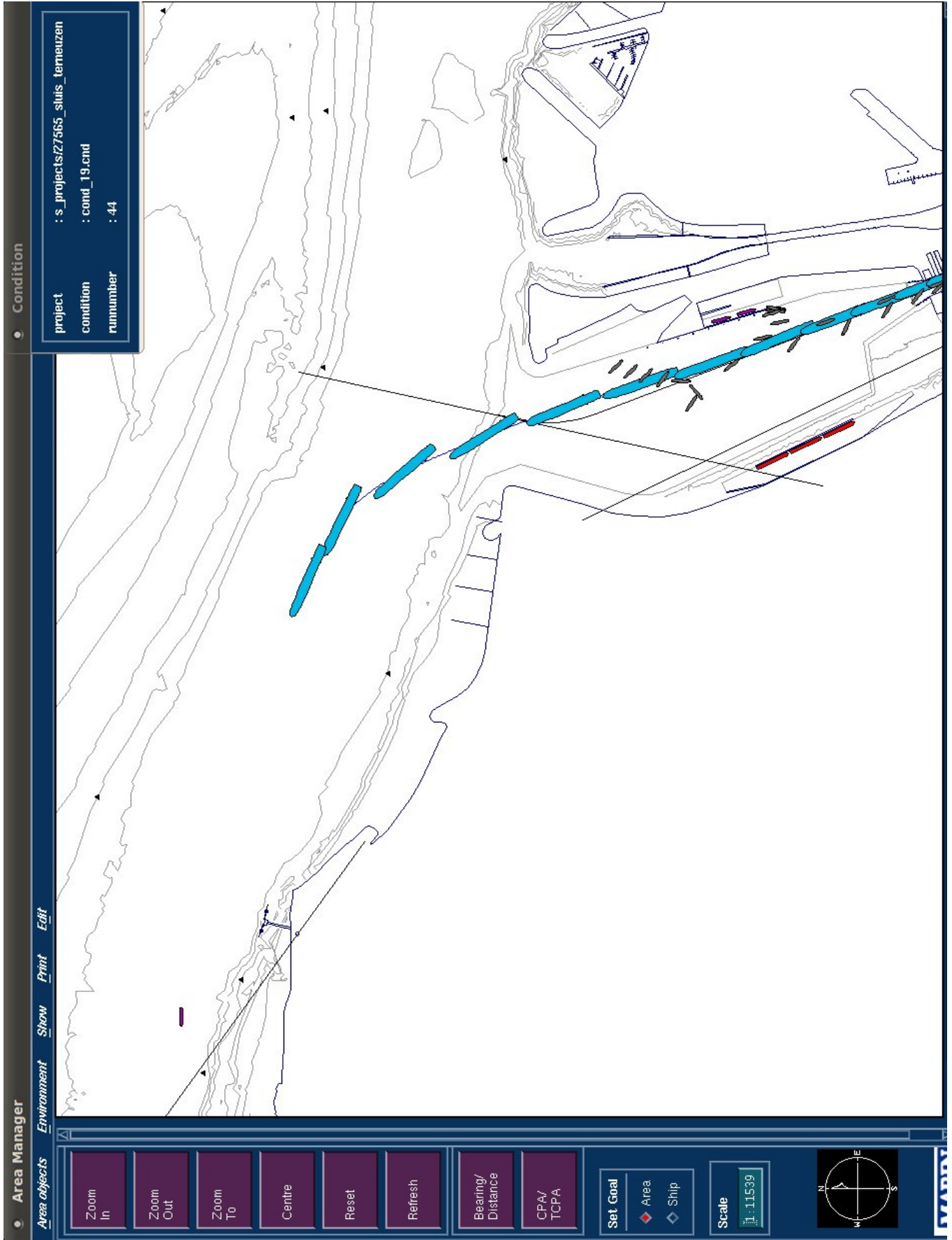
Voorkeursvariant - Run 43

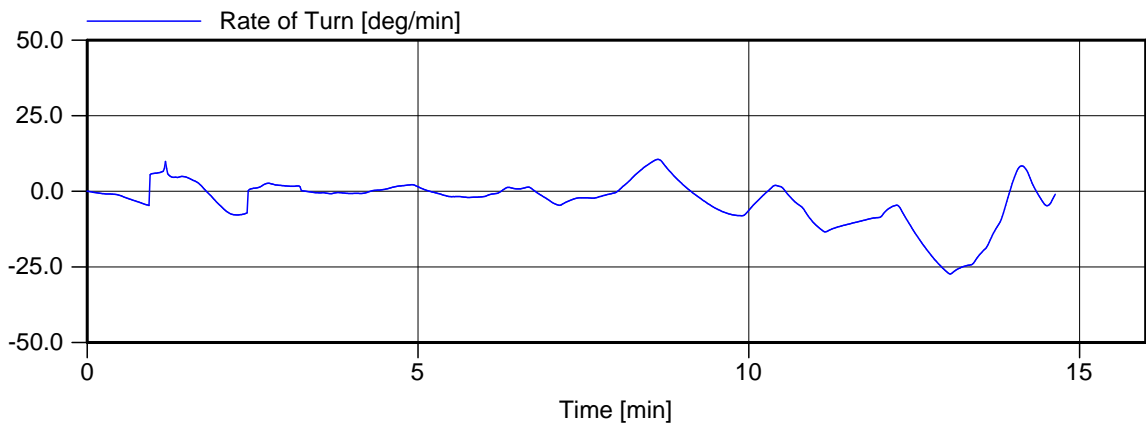
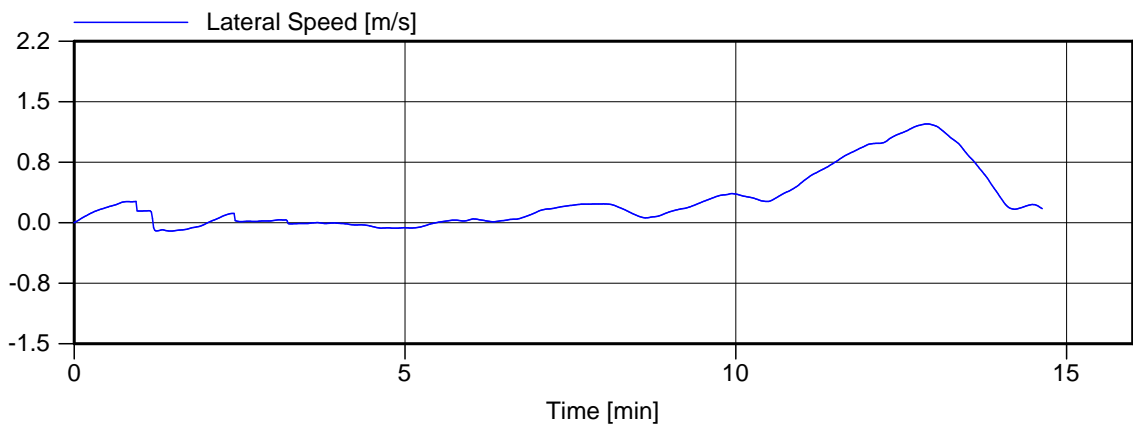
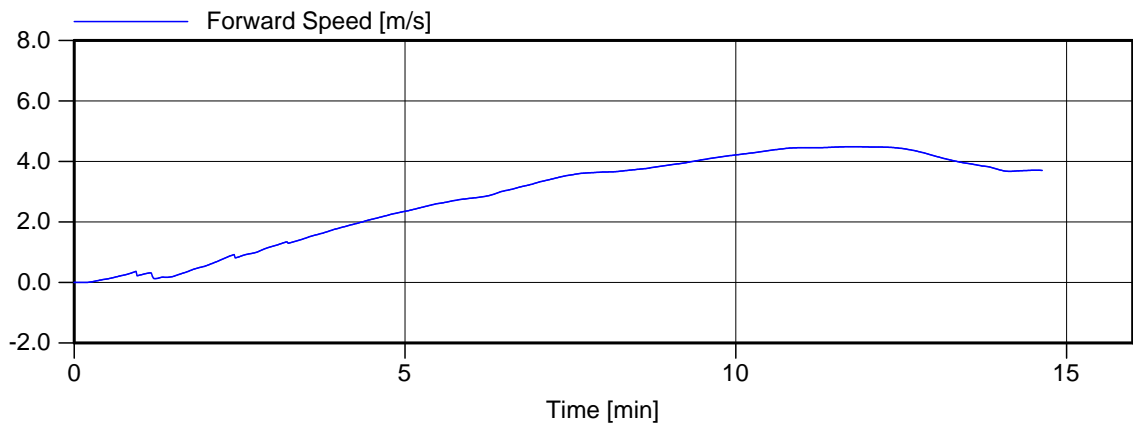
Wind , 20 m/s ZW , 3.5 kn vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal

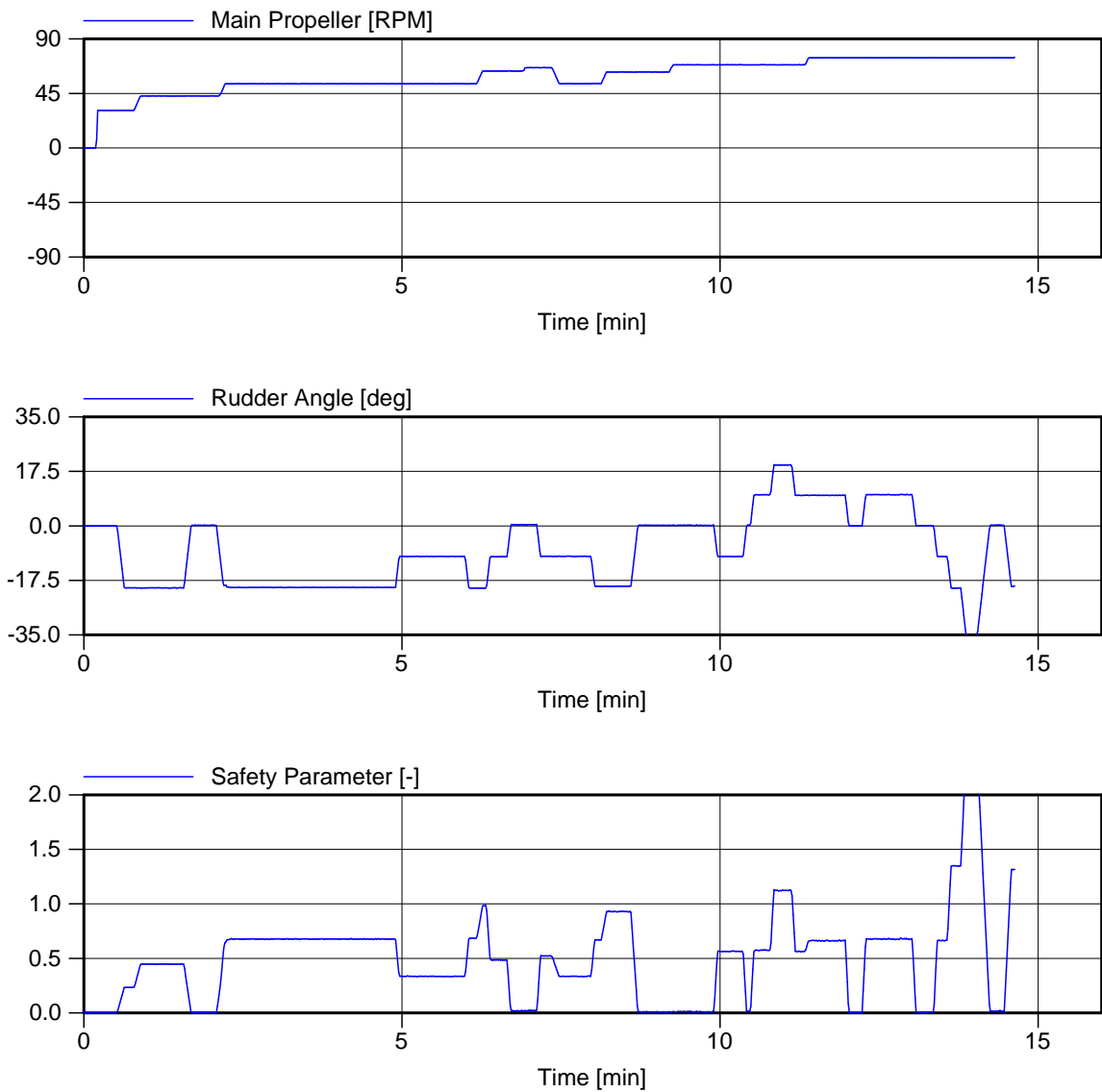
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 43.e





Voorkeursvariant - Run 44	Wind , 20 m/s ZW , 3.5 kn vloed, 9:20
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 44.b



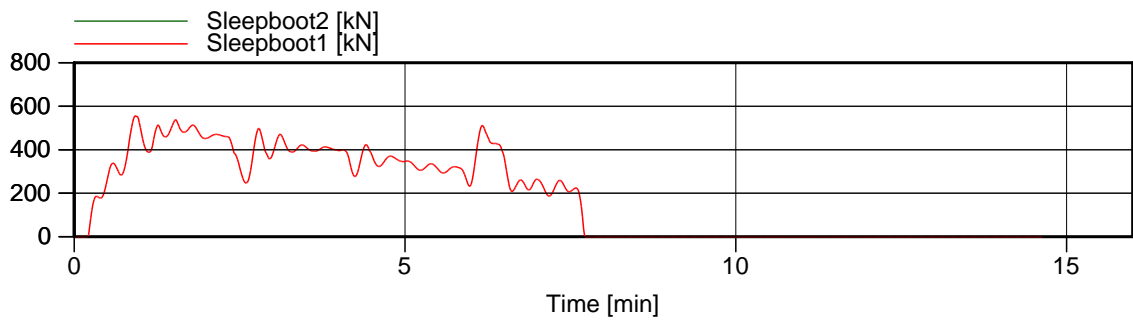
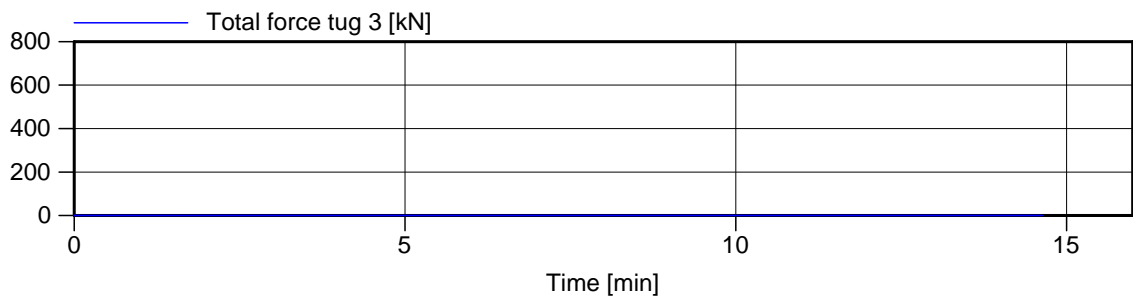
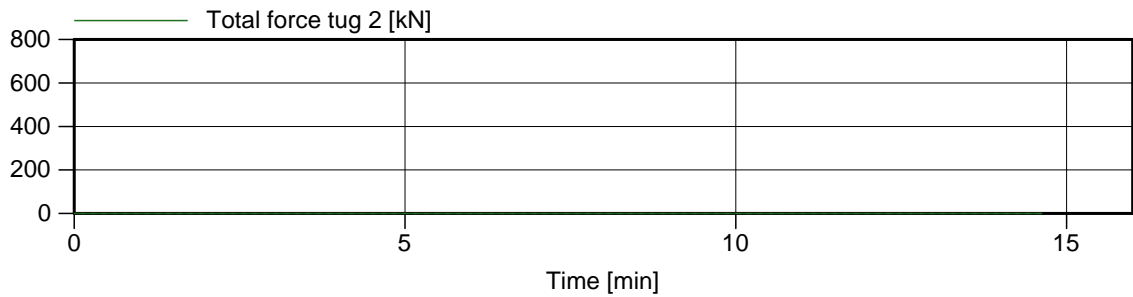
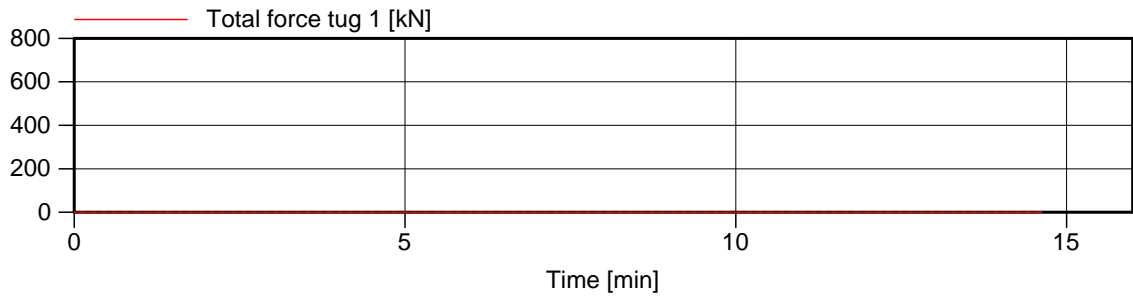
Voorkeursvariant - Run 44

Wind , 20 m/s ZW , 3.5 kn vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaa

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 44.c



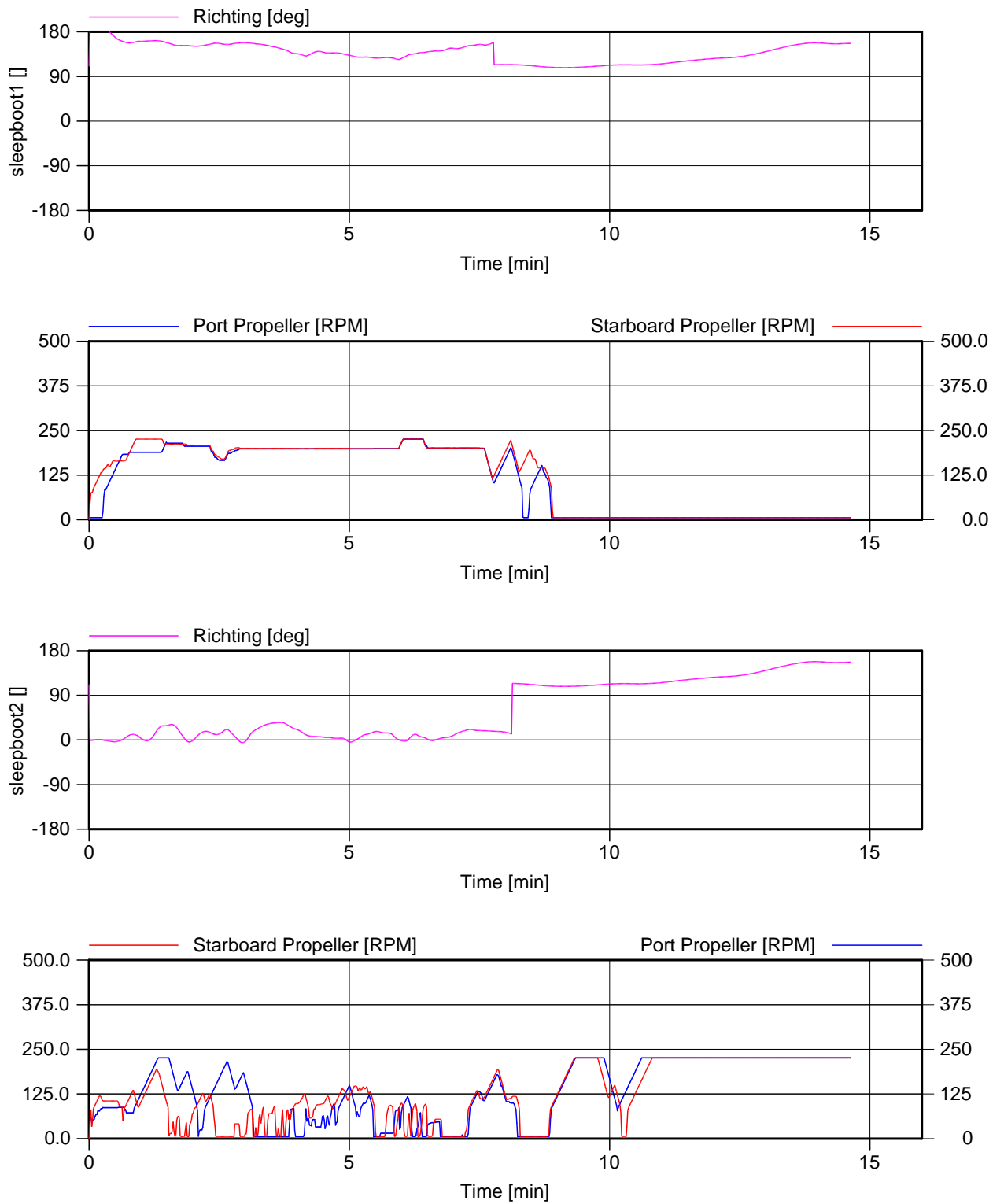
Voorkeursvariant - Run 44

Wind , 20 m/s ZW , 3.5 kn vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaa

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 44.d



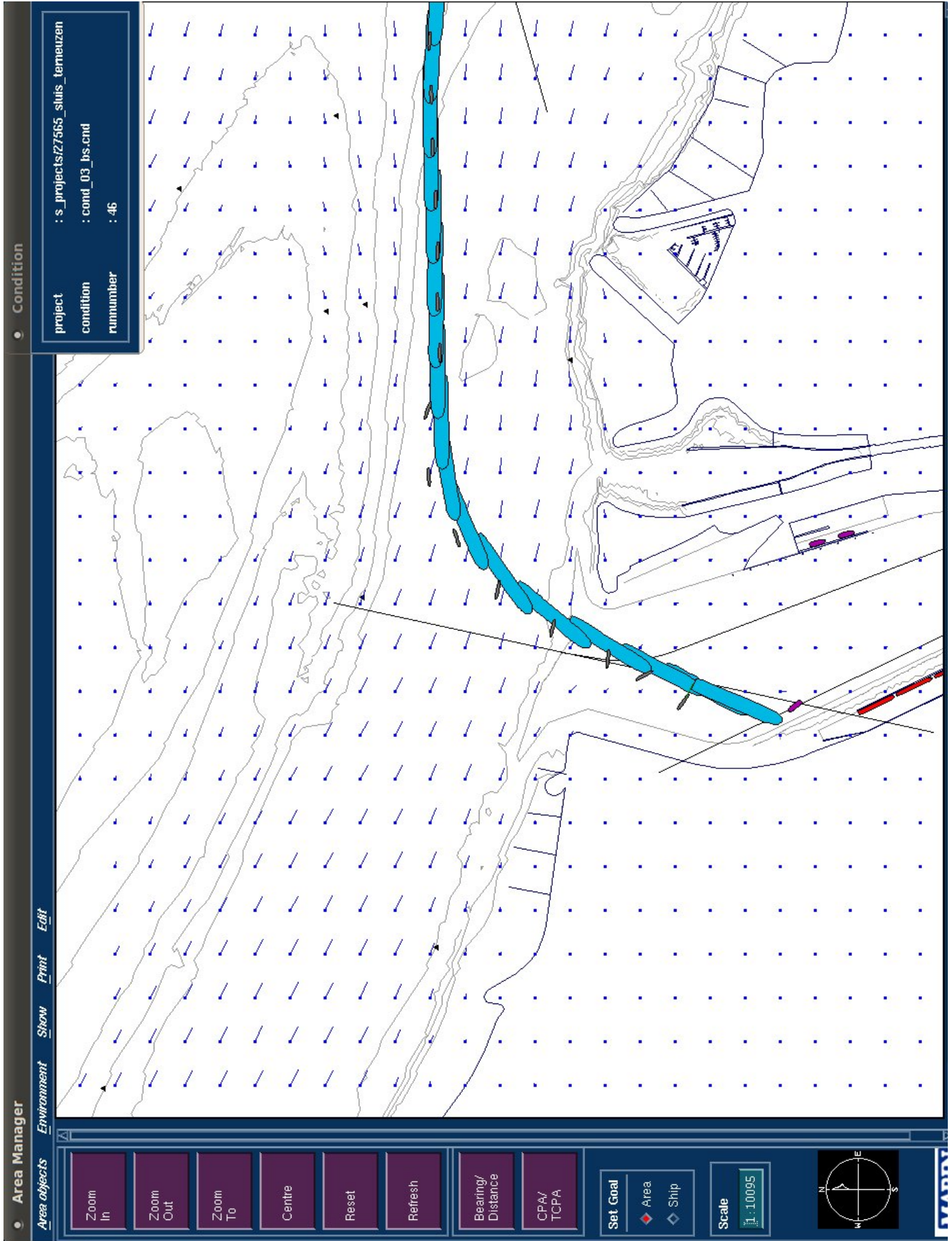
Voorkeursvariant - Run 44

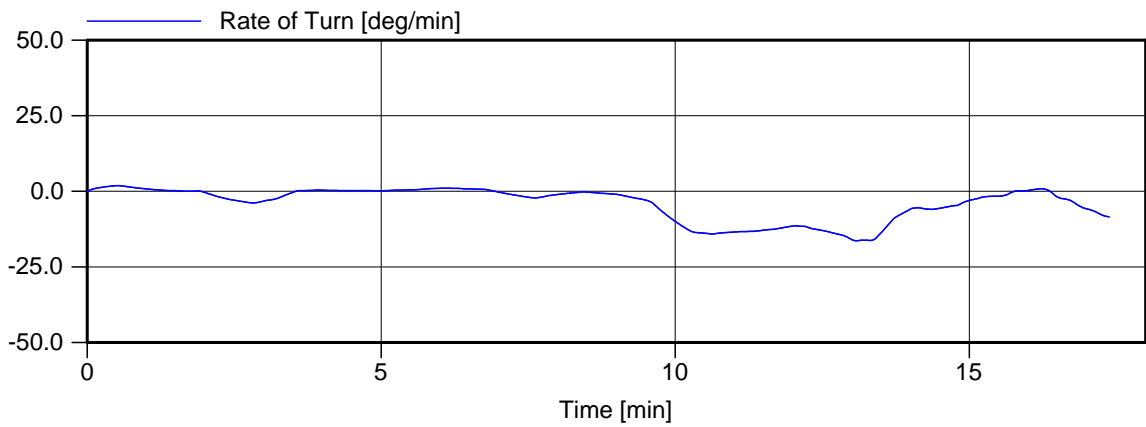
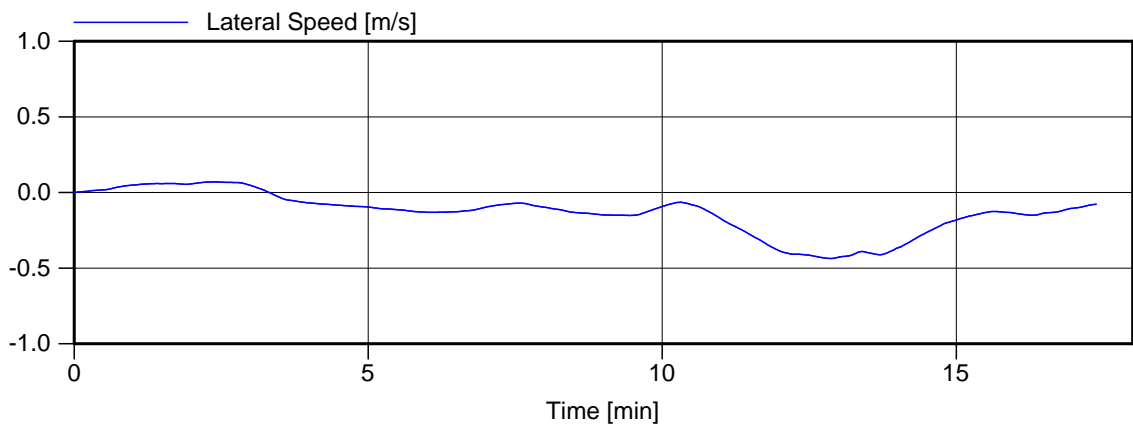
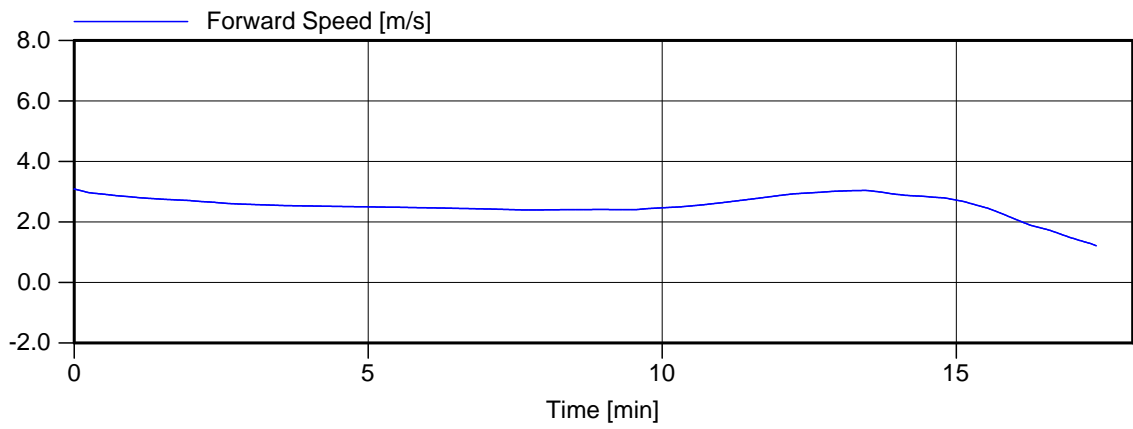
Wind , 20 m/s ZW , 3.5 kn vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal

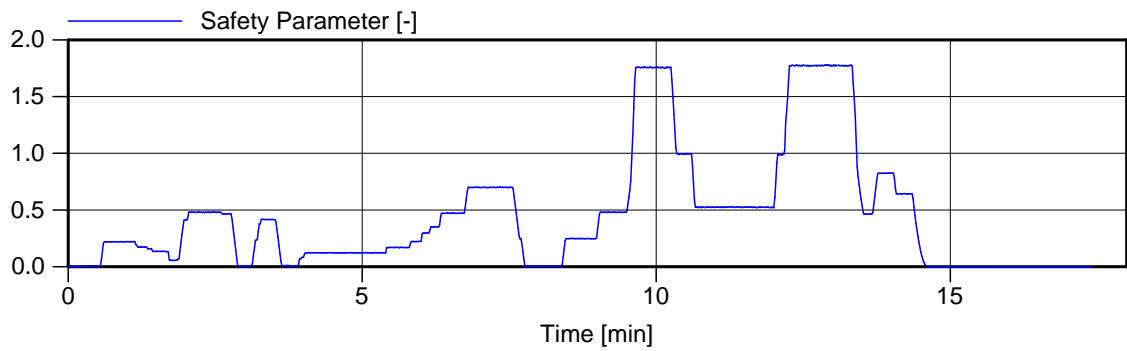
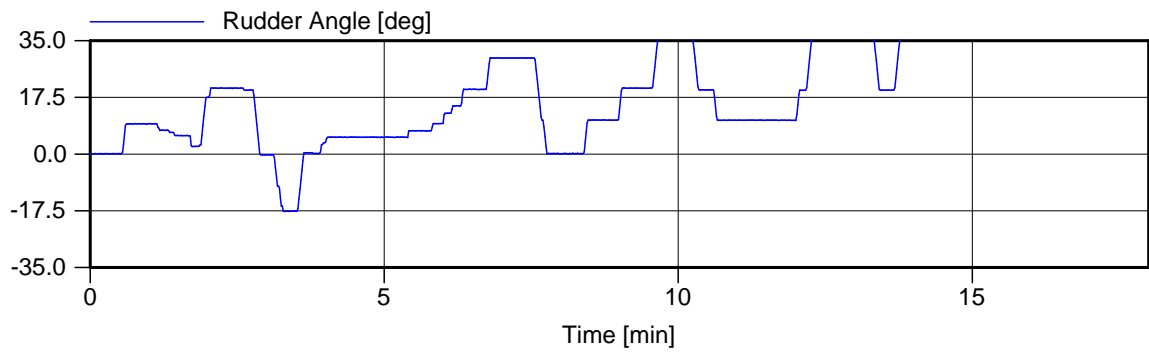
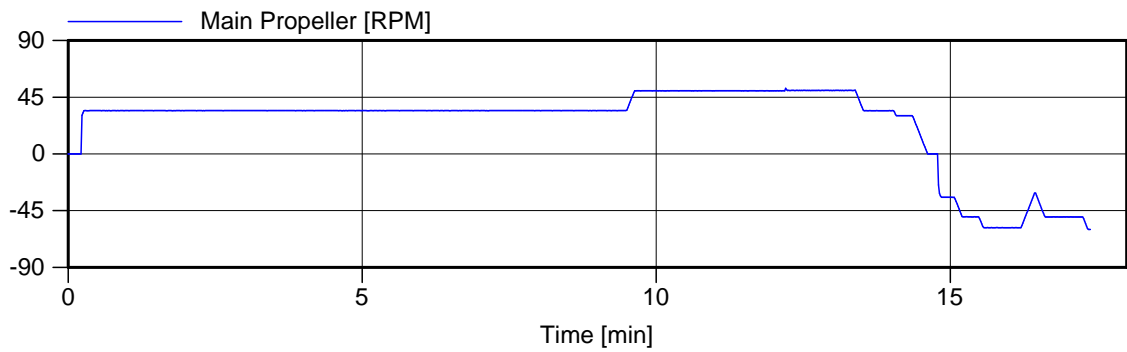
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 44.e





Voorkeursvariant - Run 46	Wind , 13.8 m/s NW, 1.5 kts vloed, 6:45
Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figure 46.b



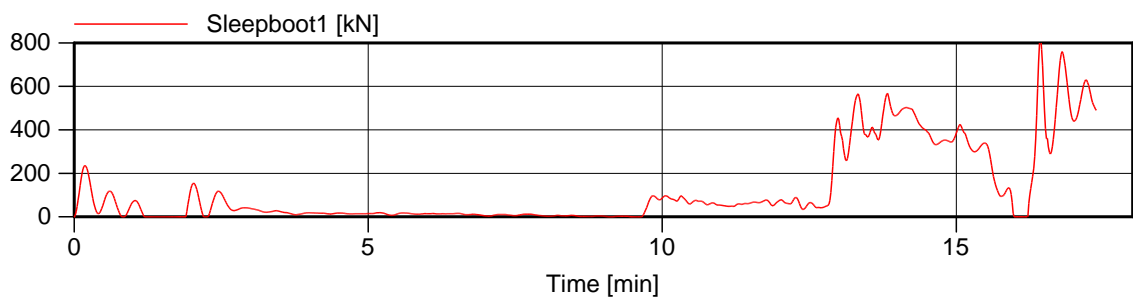
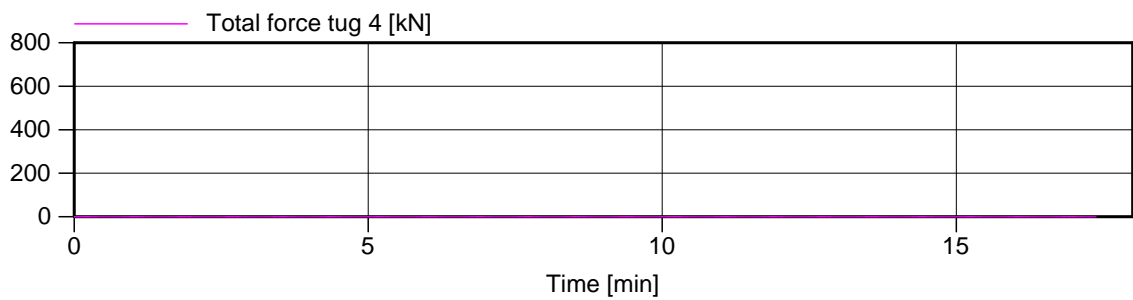
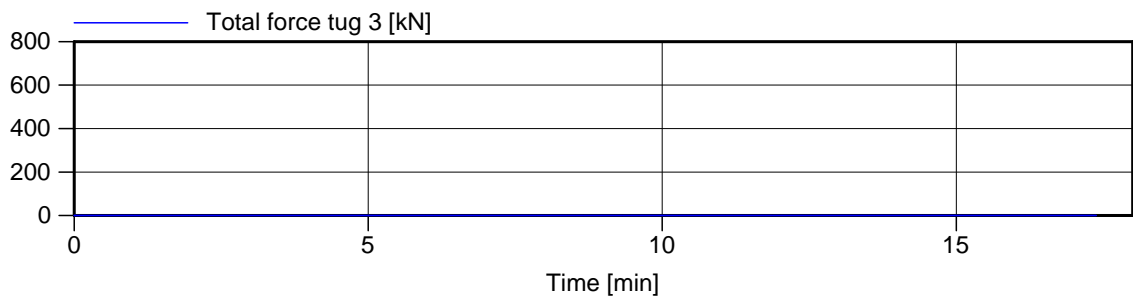
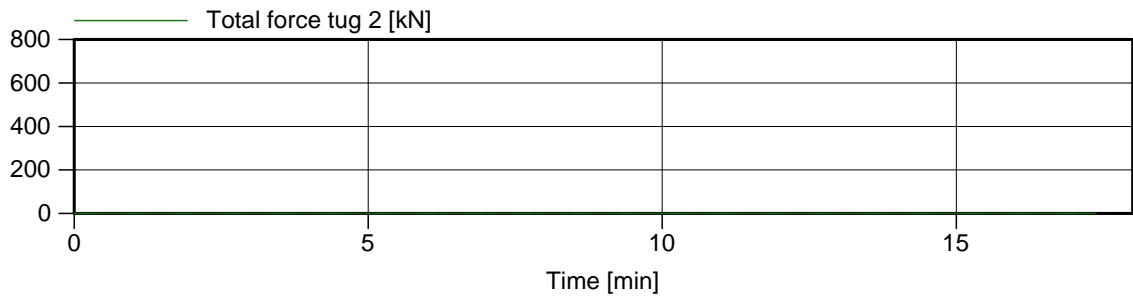
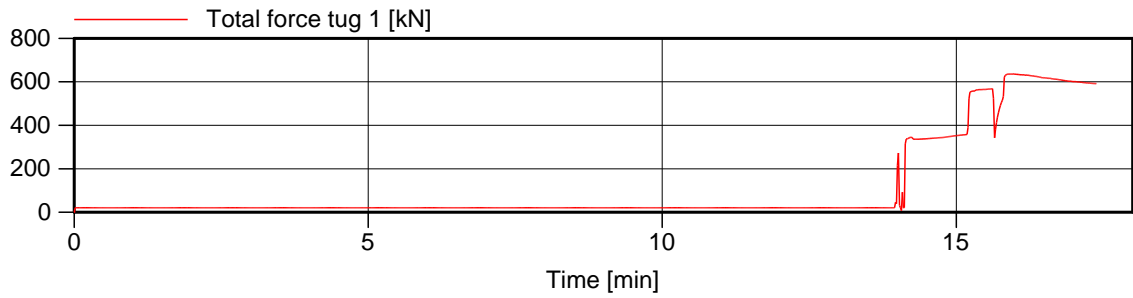
Voorkeursvariant - Run 46

Wind , 13.8 m/s NW , 1.5 kts vloed, 6:45

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 46.c



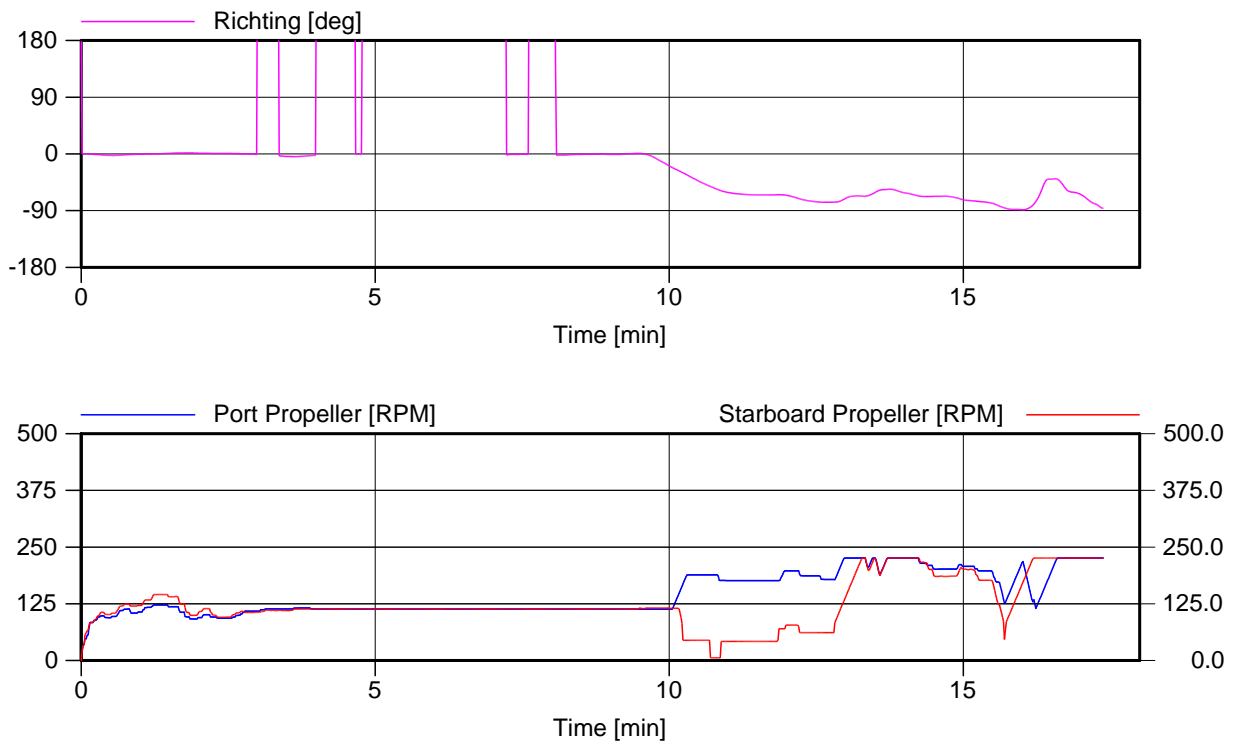
Voorkeursvariant - Run 46

Wind , 13.8 m/s NW , 1.5 kts vloed, 6:45

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 46.d



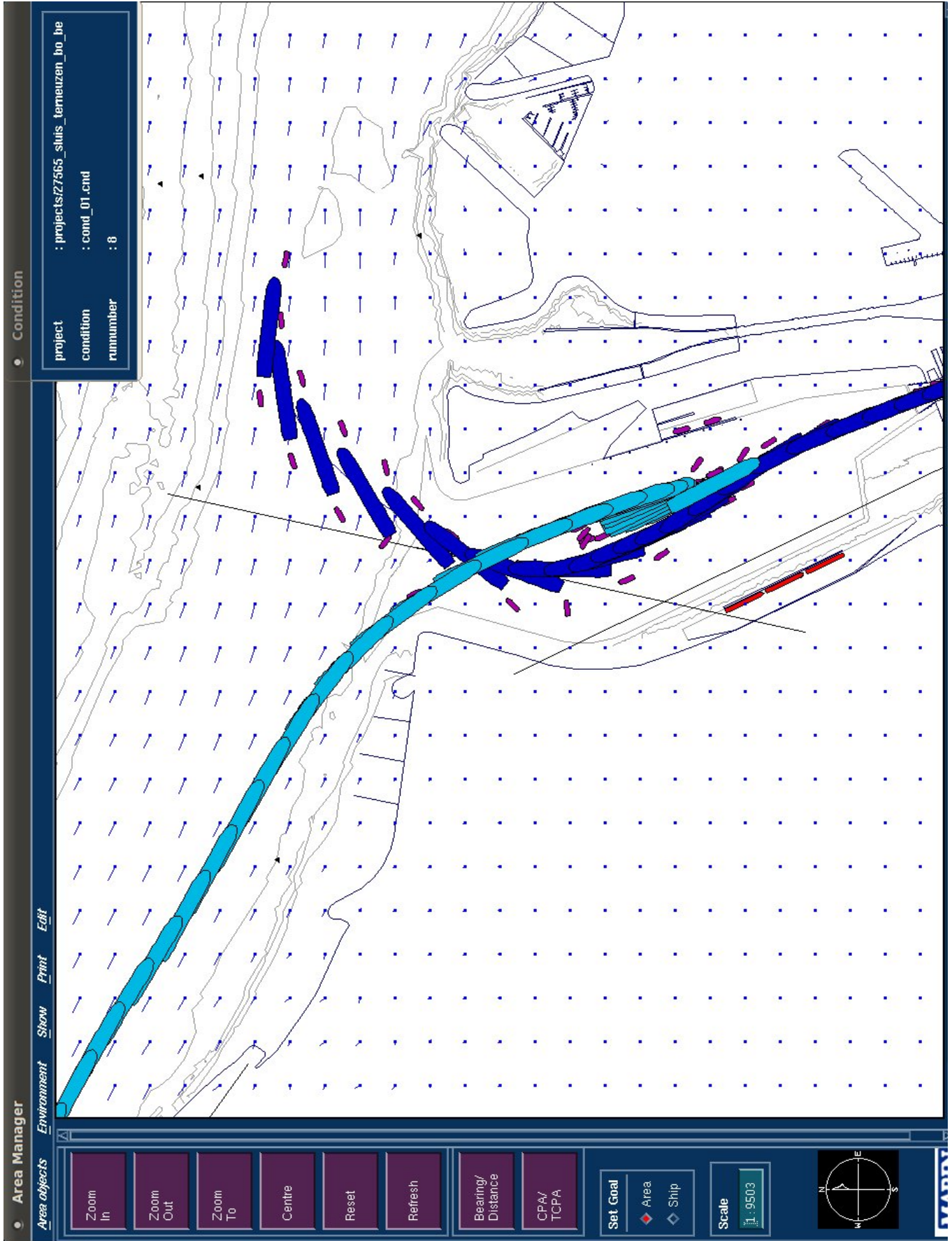
Voorkeursvariant - Run 46

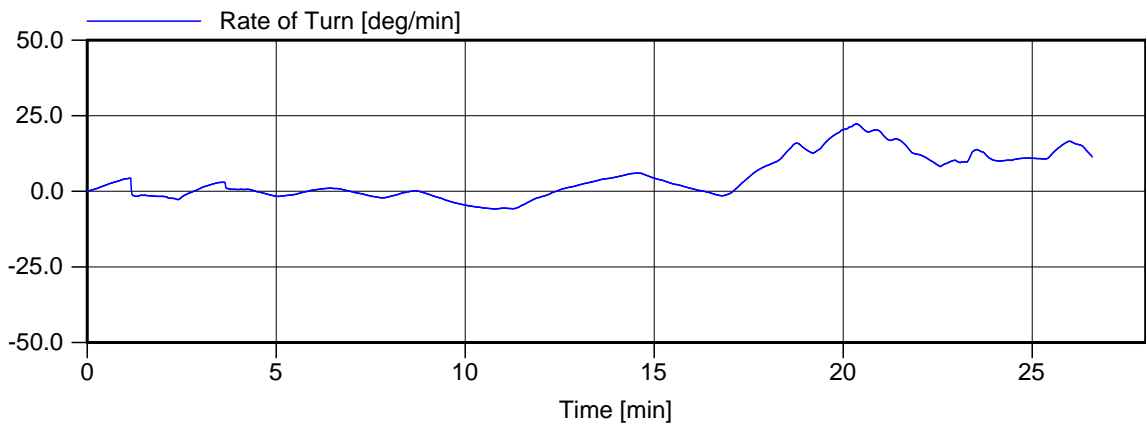
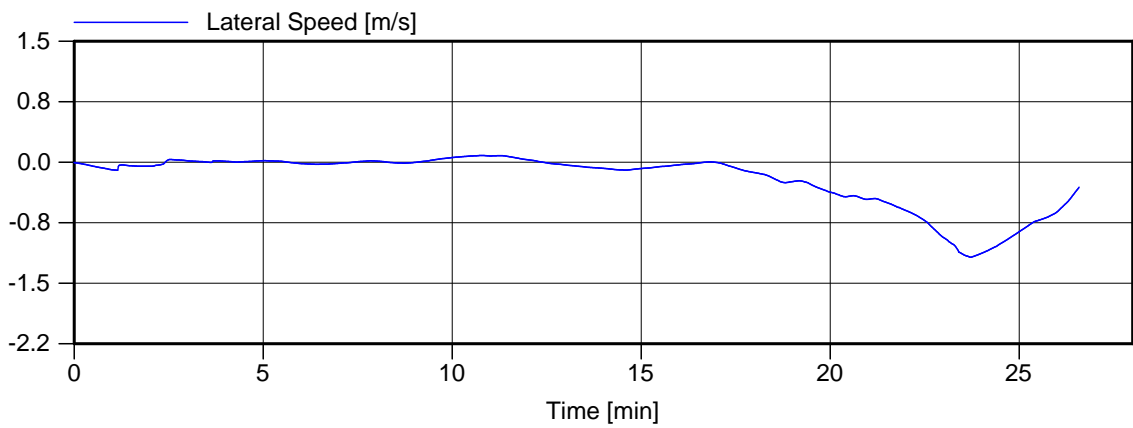
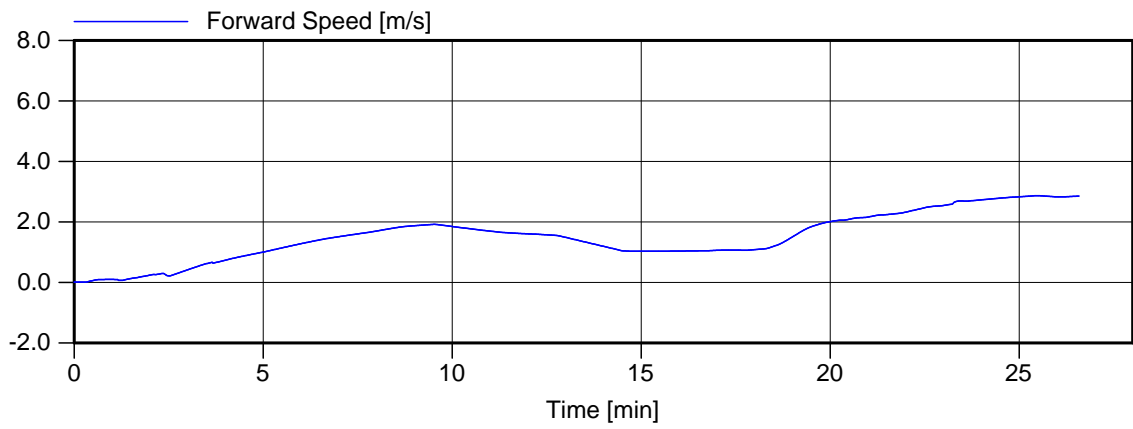
Wind , 13.8 m/s NW , 1.5 kts vloed, 6:45

Manoeuvre: Invaart Antwerpen - Nieuwe zeesluis

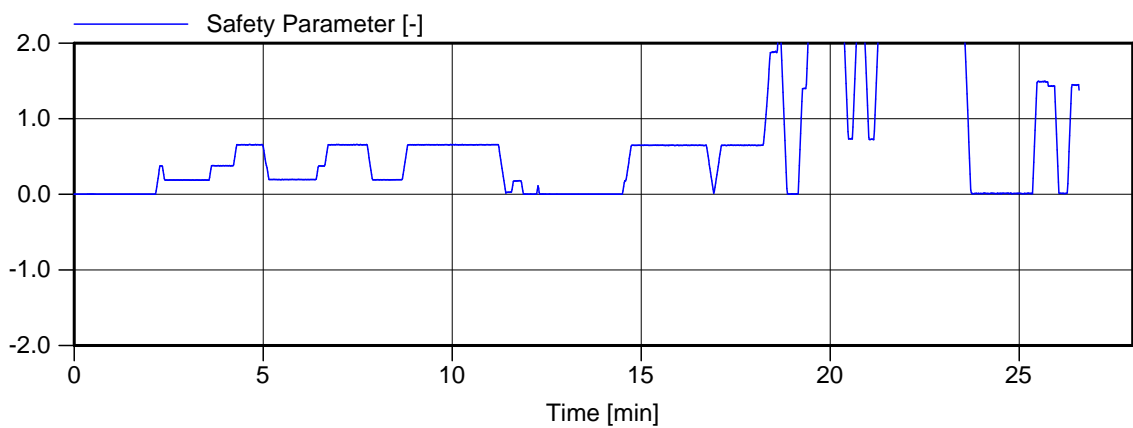
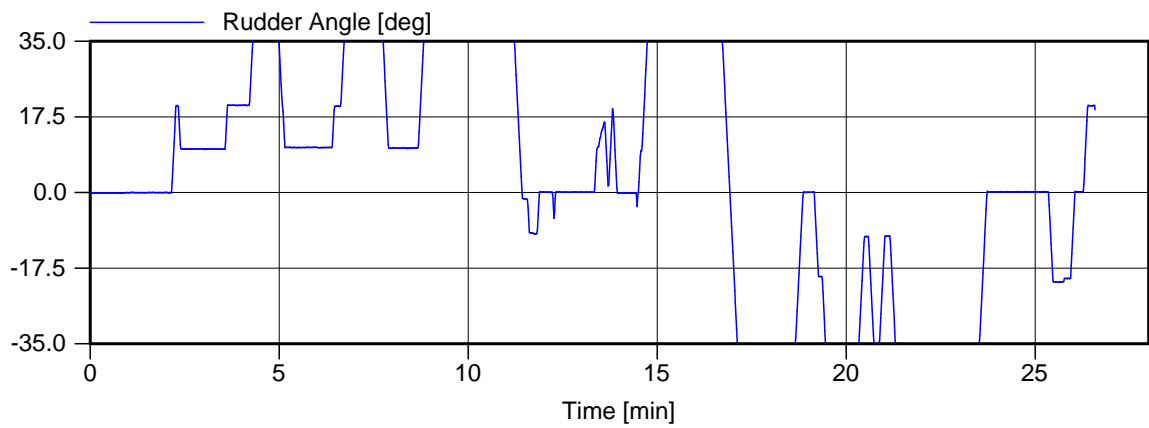
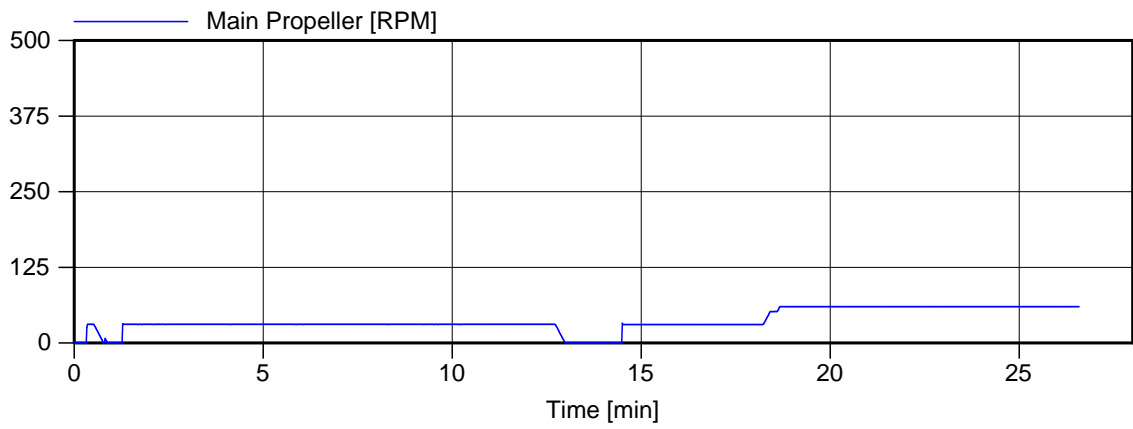
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 46.e





Voorkeursvariant - Run 8	Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen	Invaart zee - Nieuwe zeesluis
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 8.b



Voorkeursvariant - Run 8

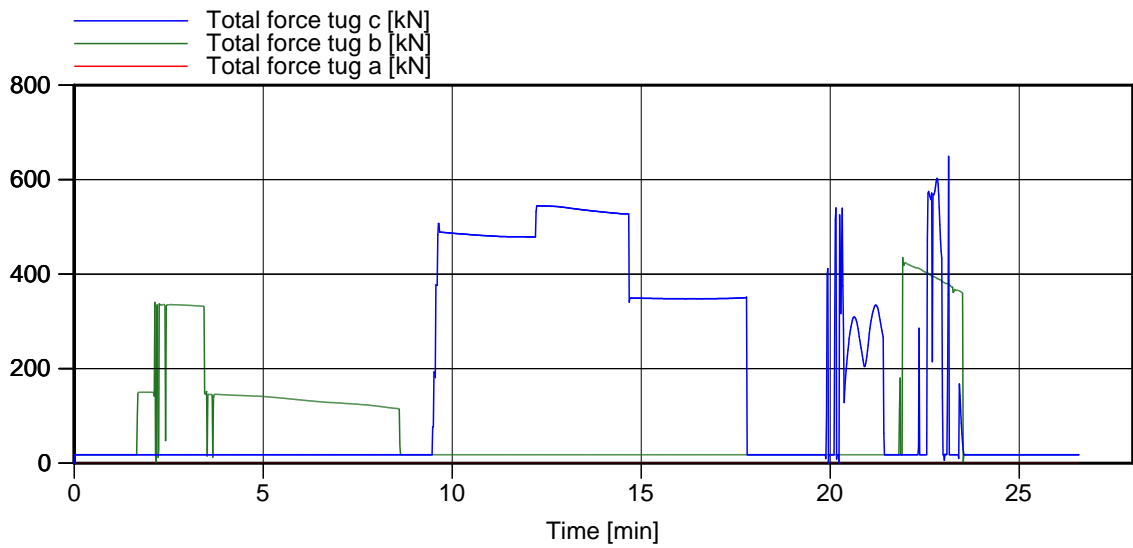
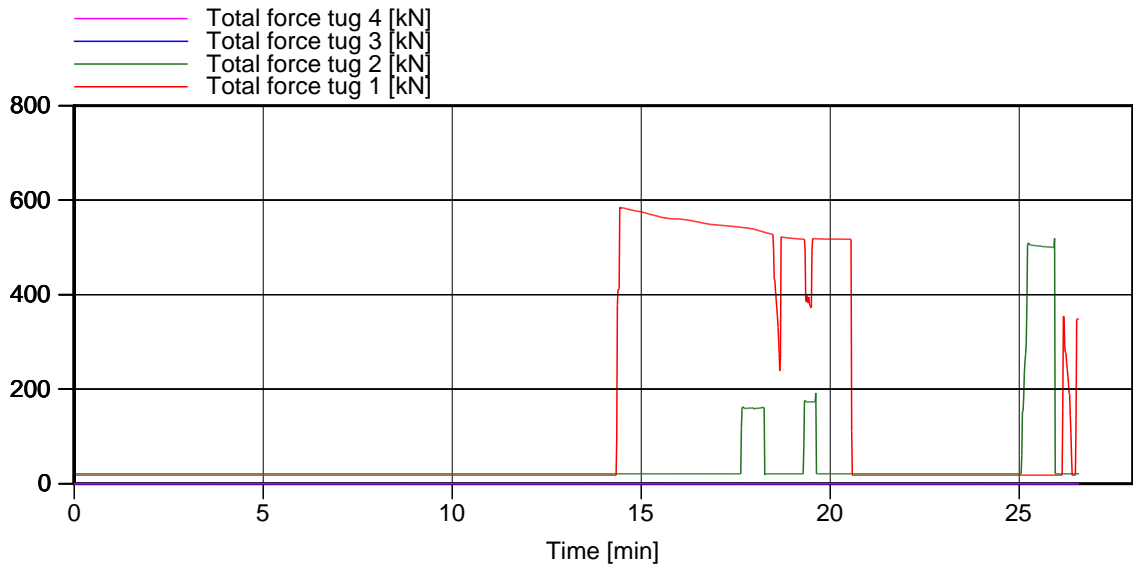
Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 8.c



Voorkeursvariant - Run 8

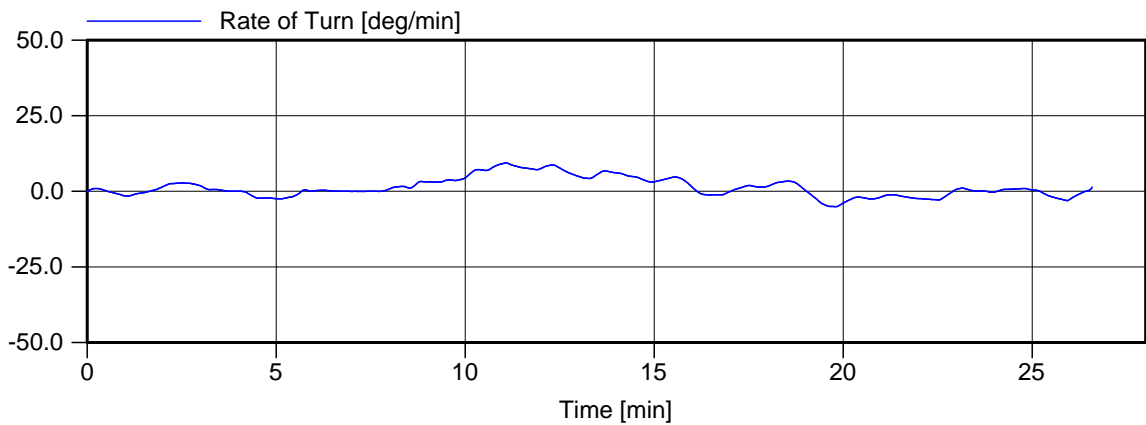
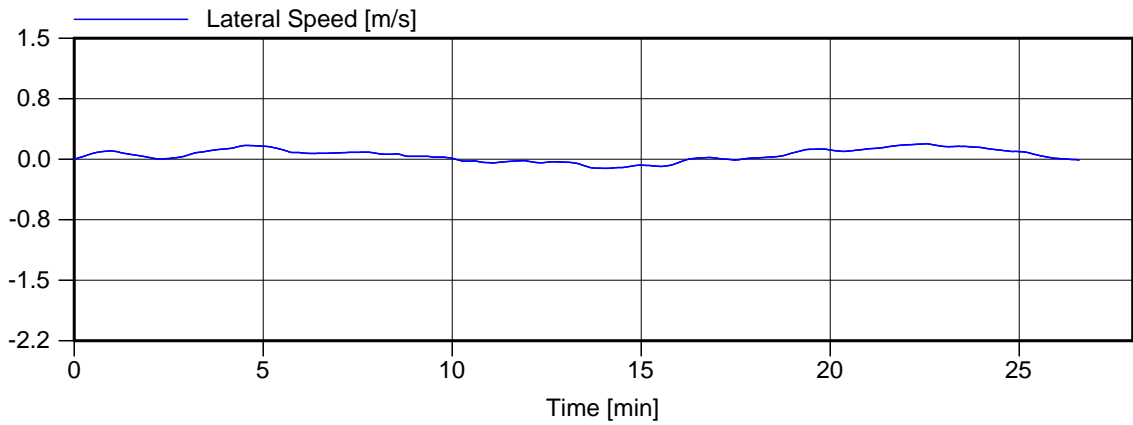
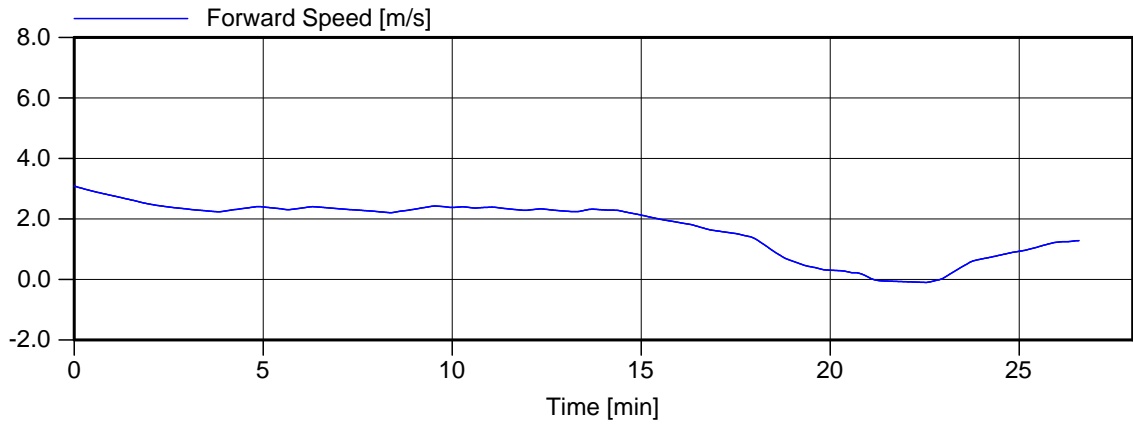
Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 8.d



Voorkeursvariant - Run 8

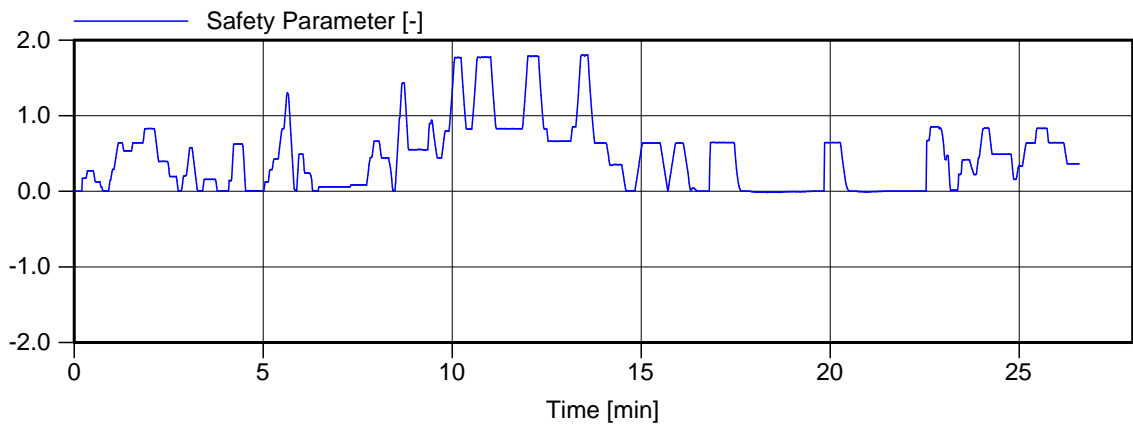
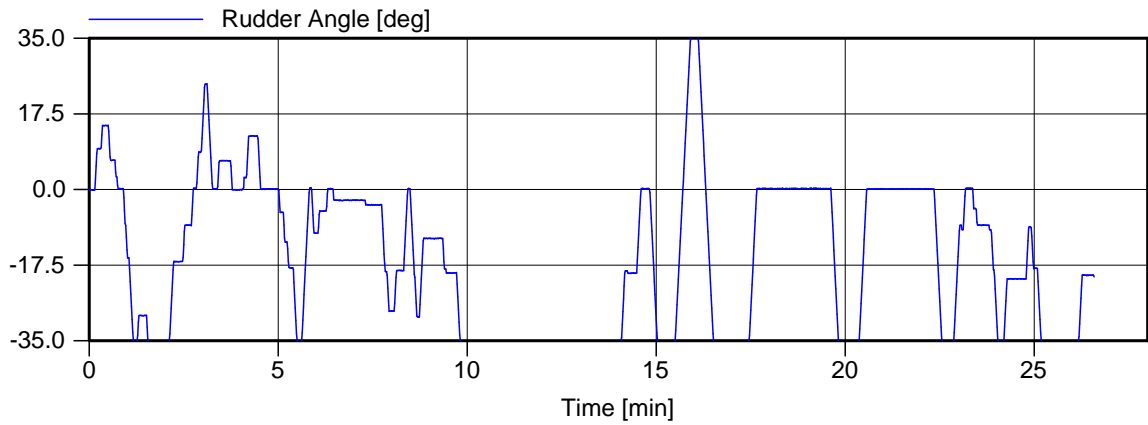
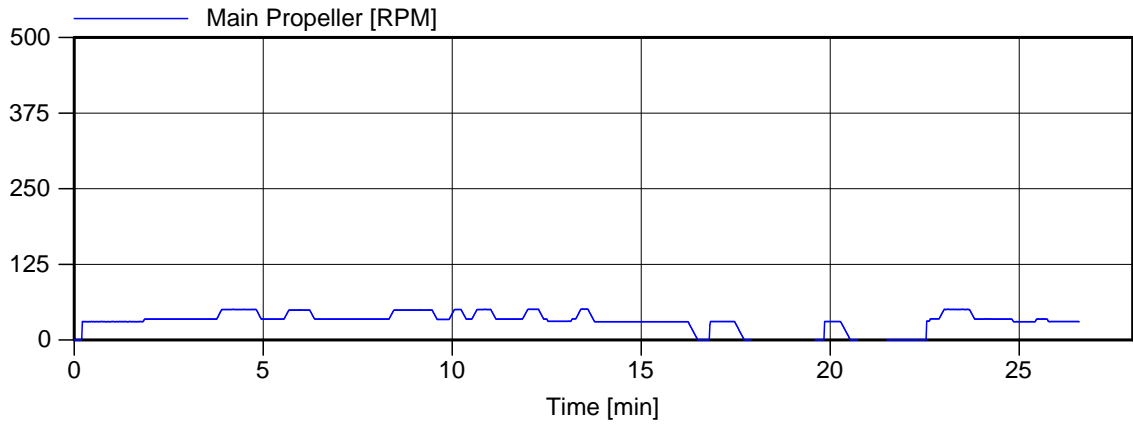
Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 8.f



Voorkeursvariant - Run 8

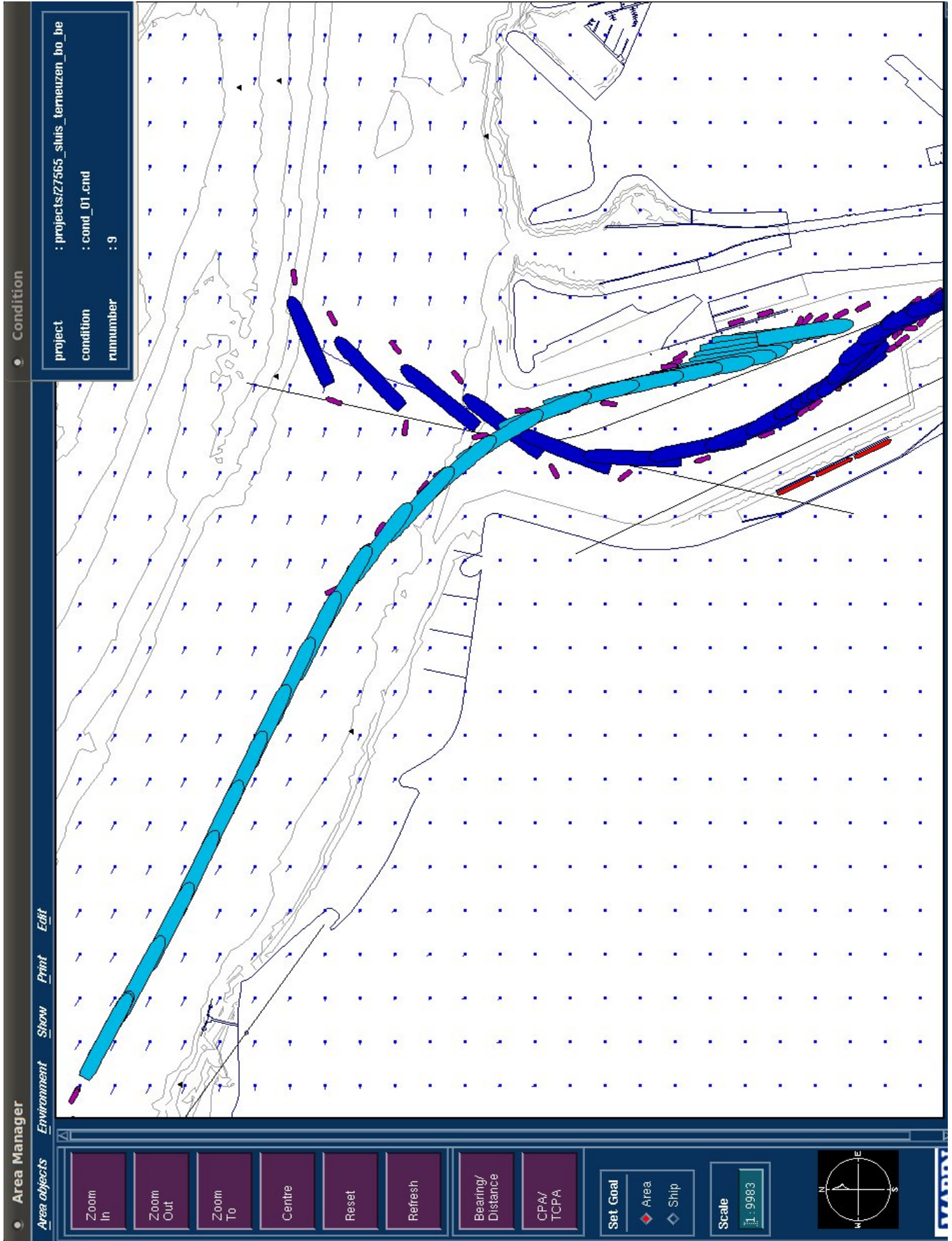
Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

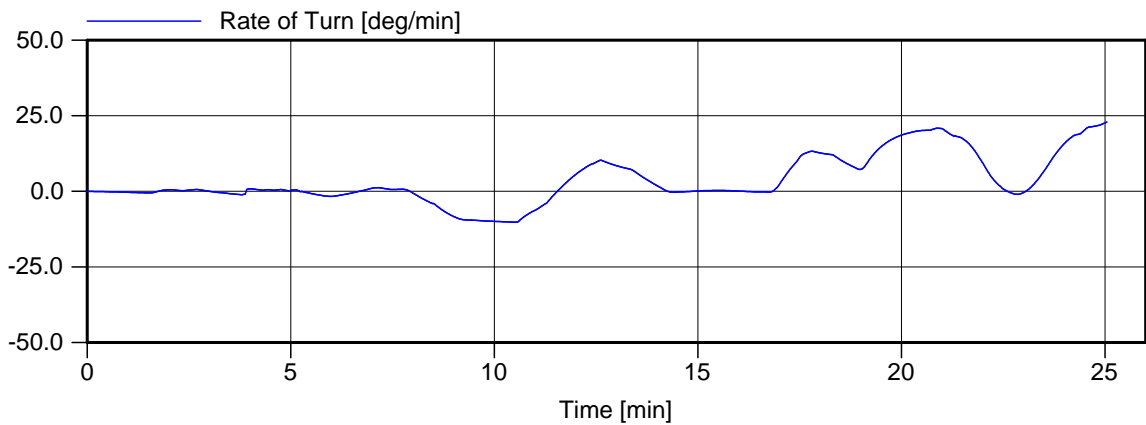
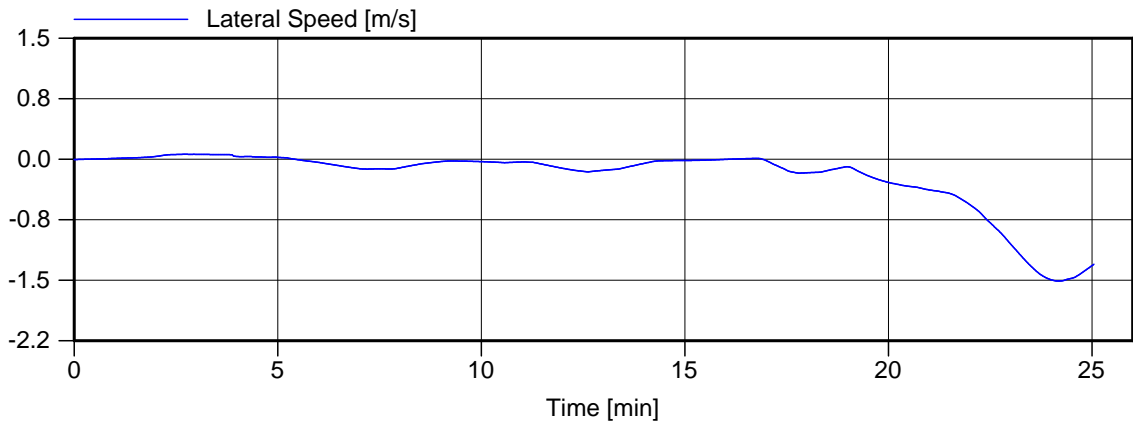
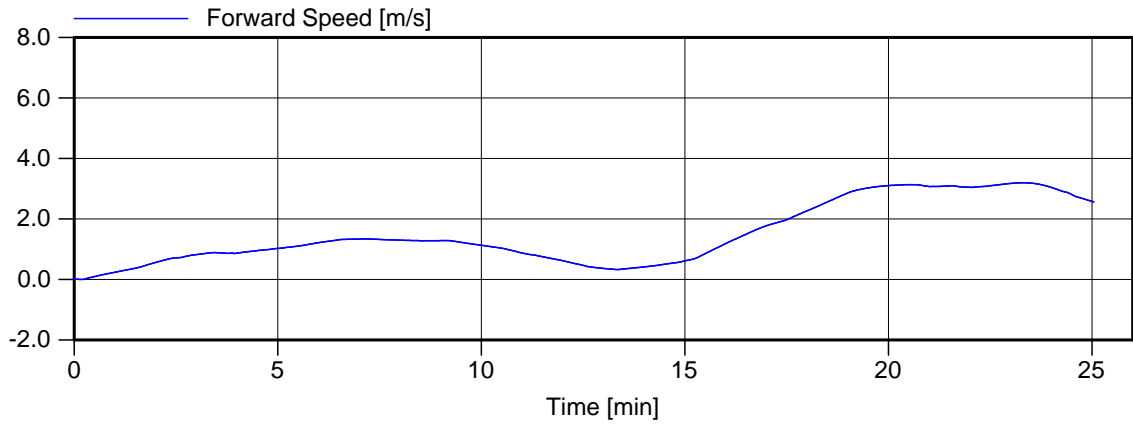
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 8.g





Voorkeursvariant - Run 9

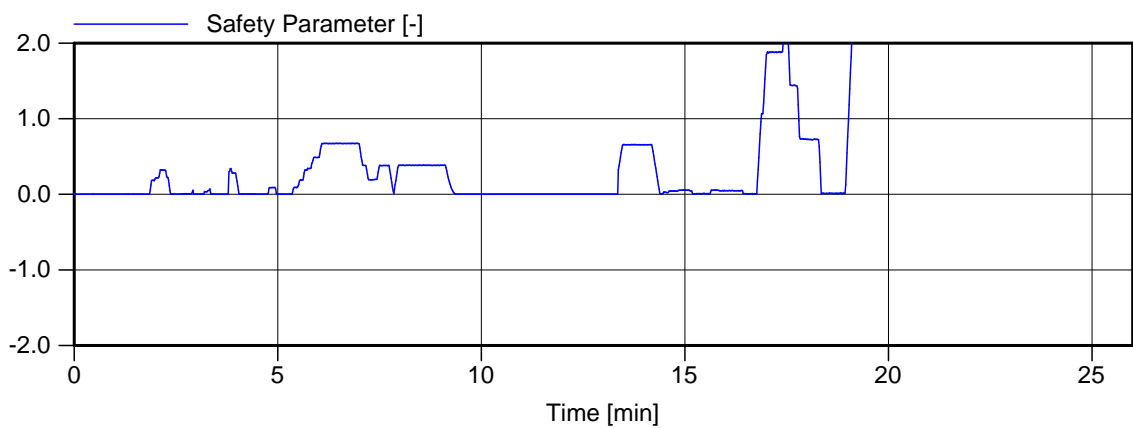
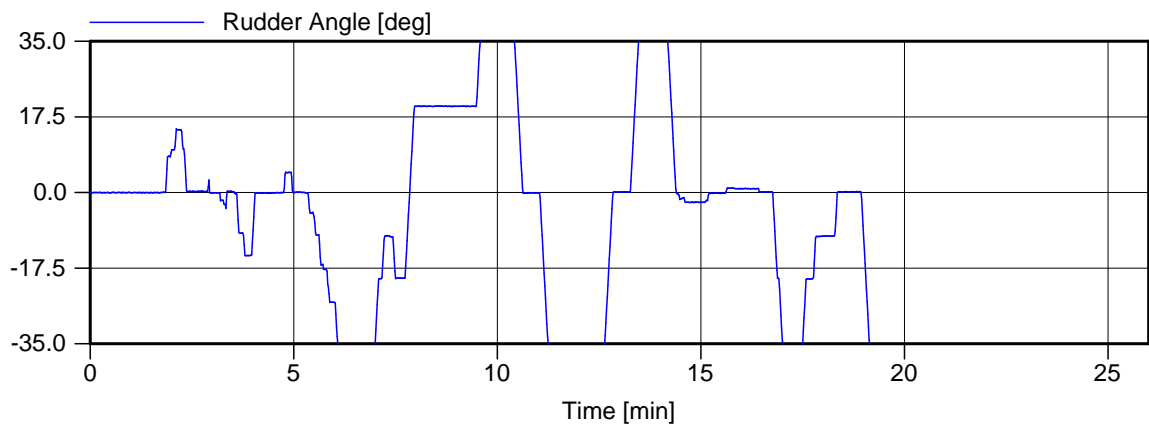
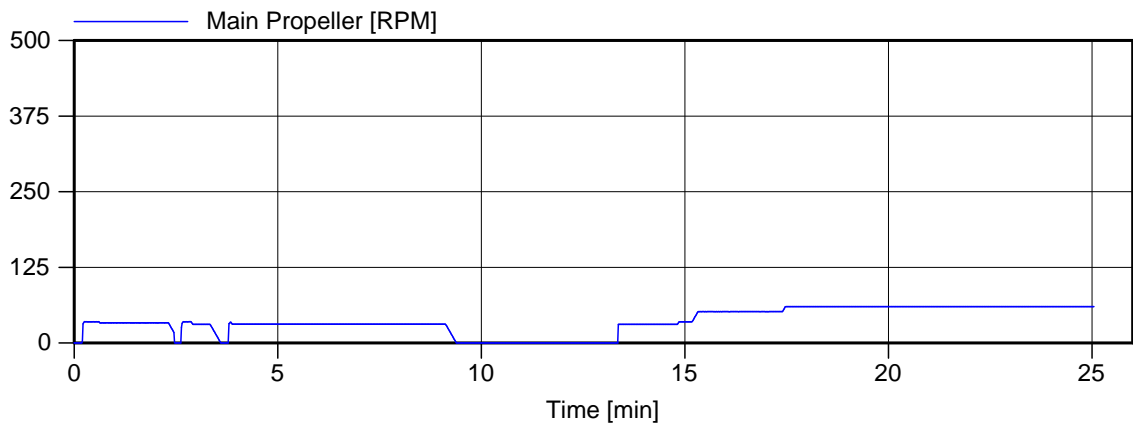
Wind , 13.8 m/s NW , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

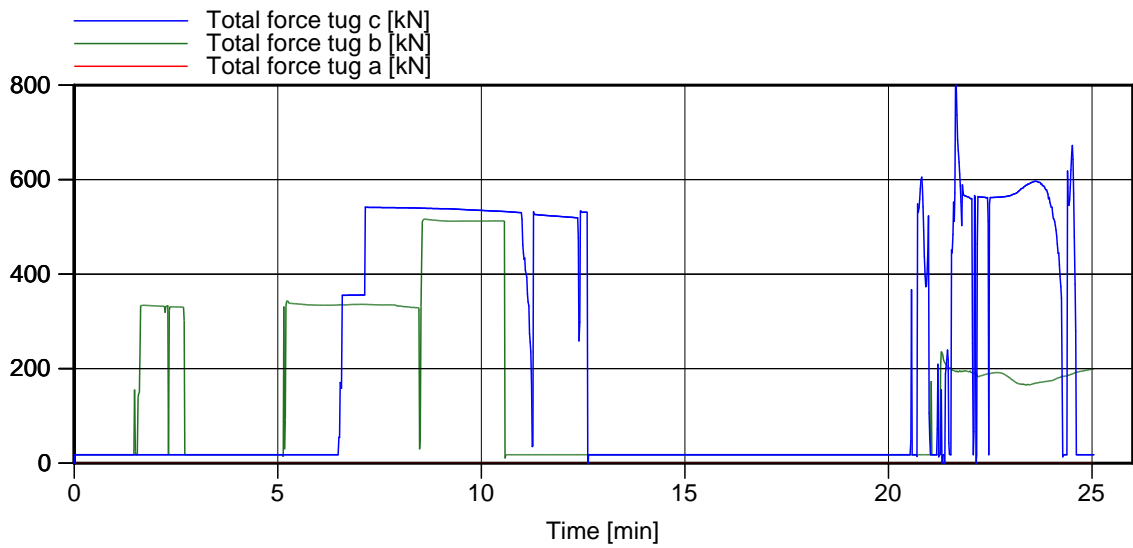
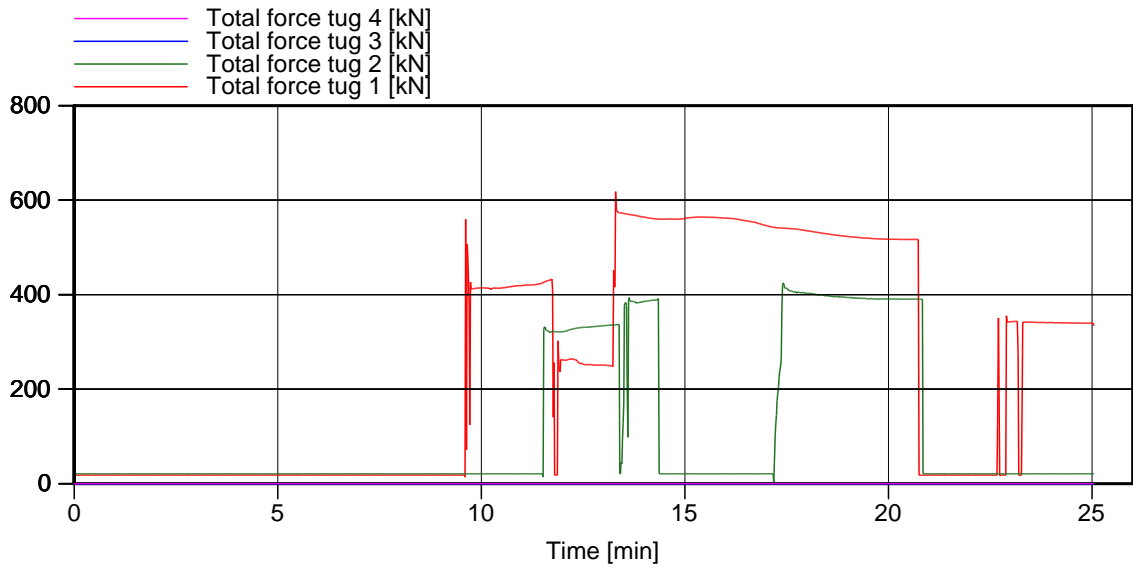
Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 9.b



Voorkeursvariant - Run 9	Wind , 13.8 m/s NW , 3 kts eb, 13:00
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen	Invaart zee - Nieuwe zeesluis
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 9.c



Voorkeursvariant - Run 9

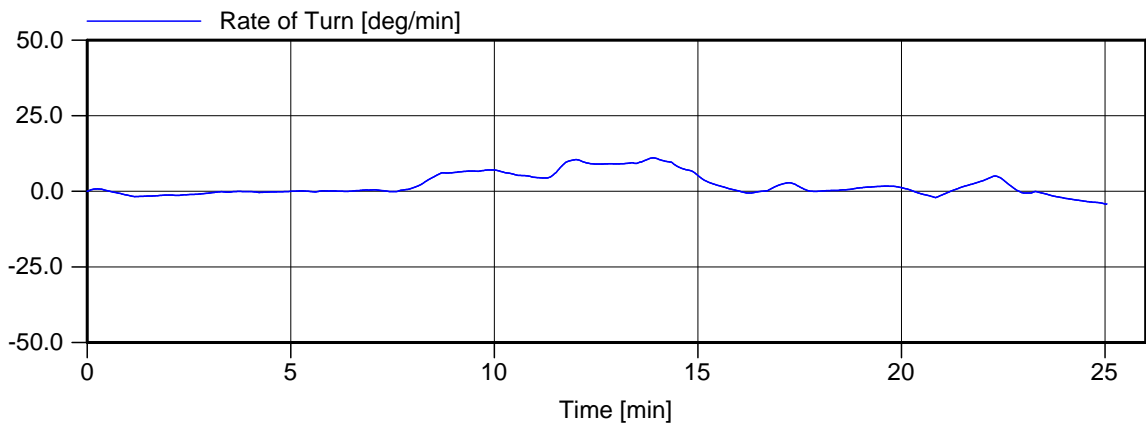
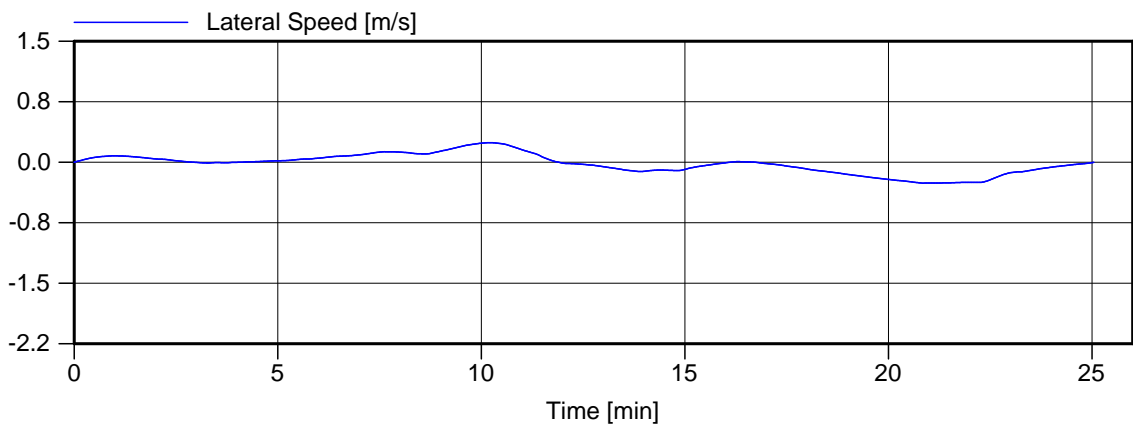
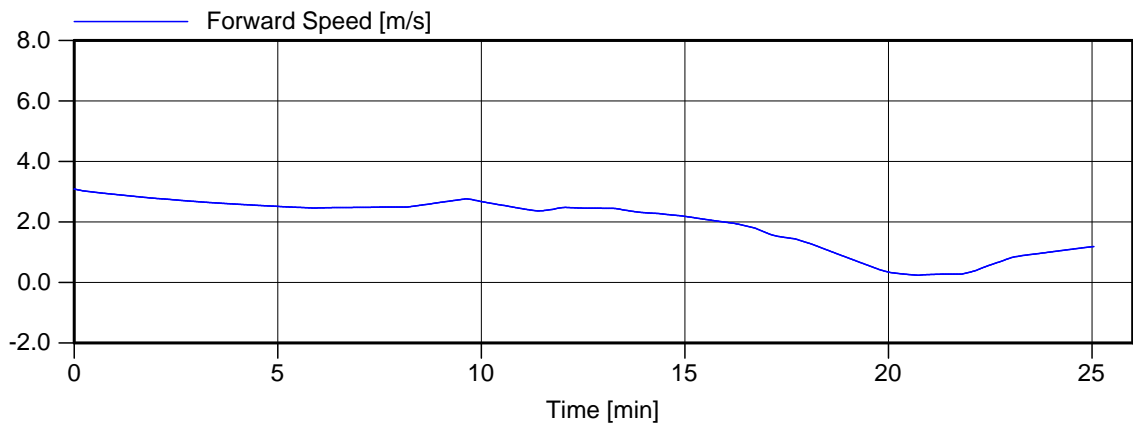
Wind , 13.8 m/s NW , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

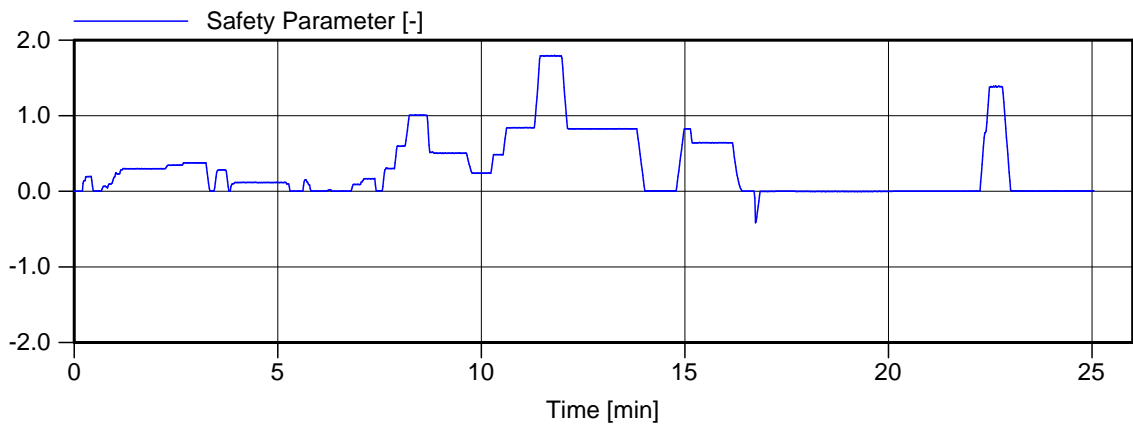
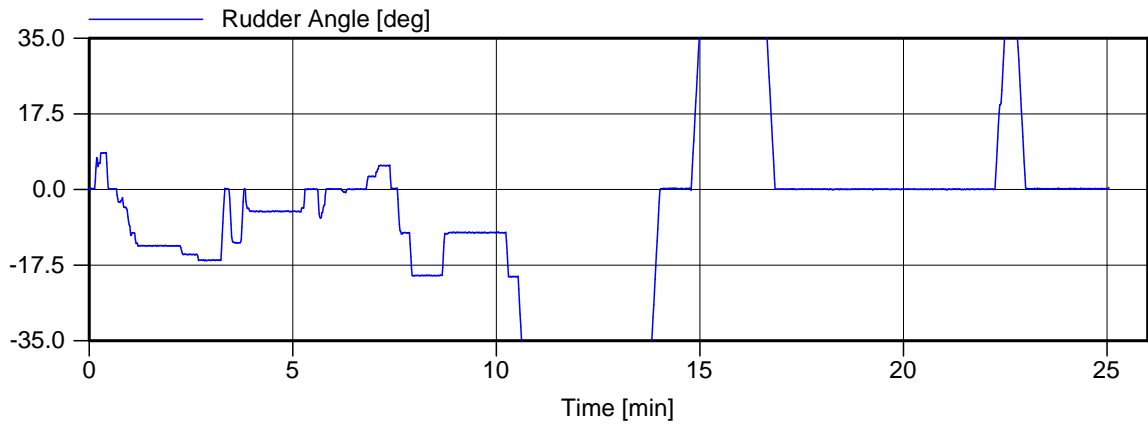
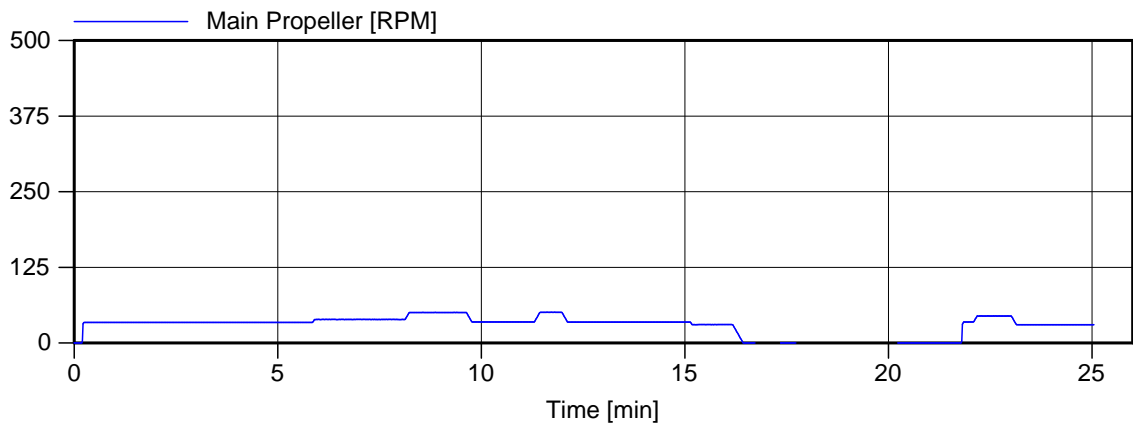
Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 9.d



Voorkeursvariant - Run 9	Wind , 13.8 m/s NW , 3 kts eb, 13:00
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen	Invaart zee - Nieuwe zeesluis
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 9.f



Voorkeursvariant - Run 9

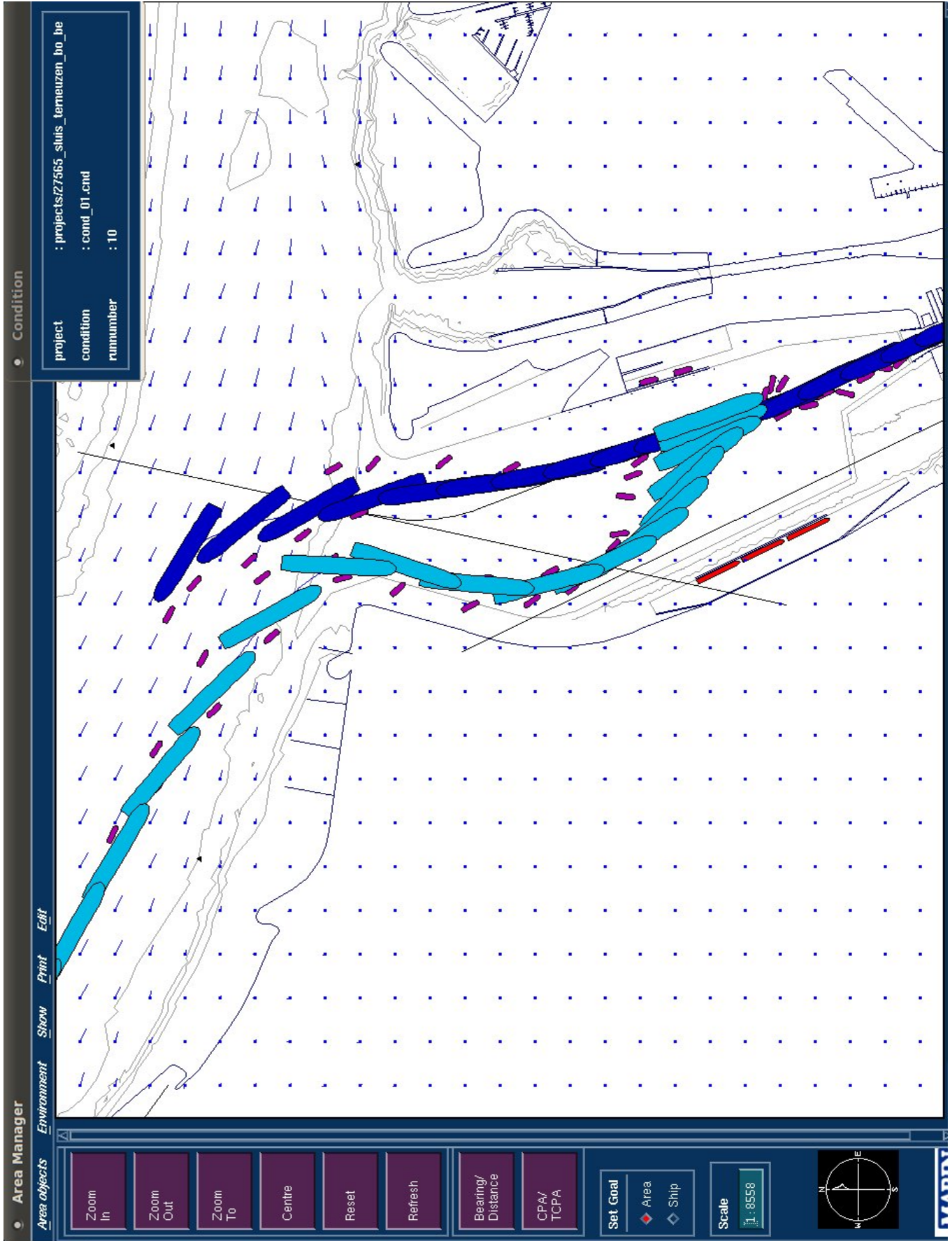
Wind , 13.8 m/s NW , 3 kts eb, 13:00

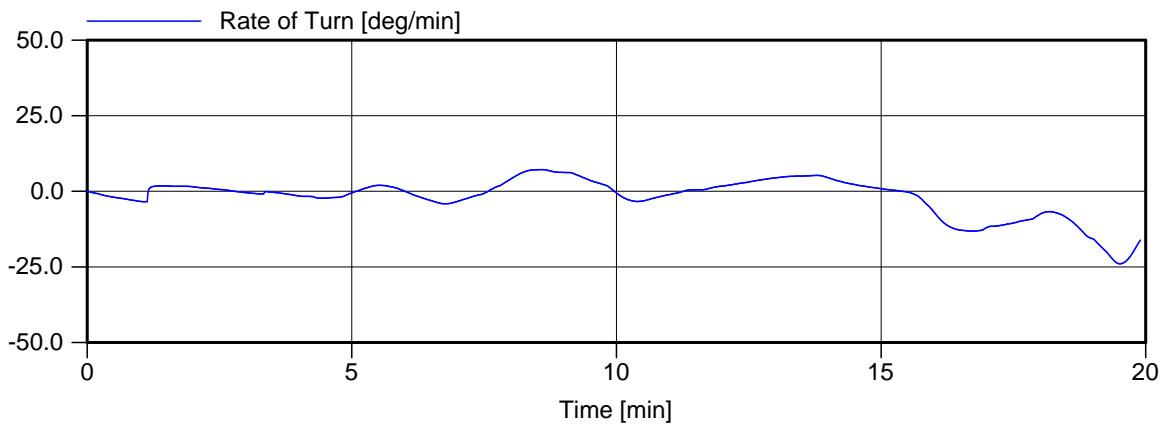
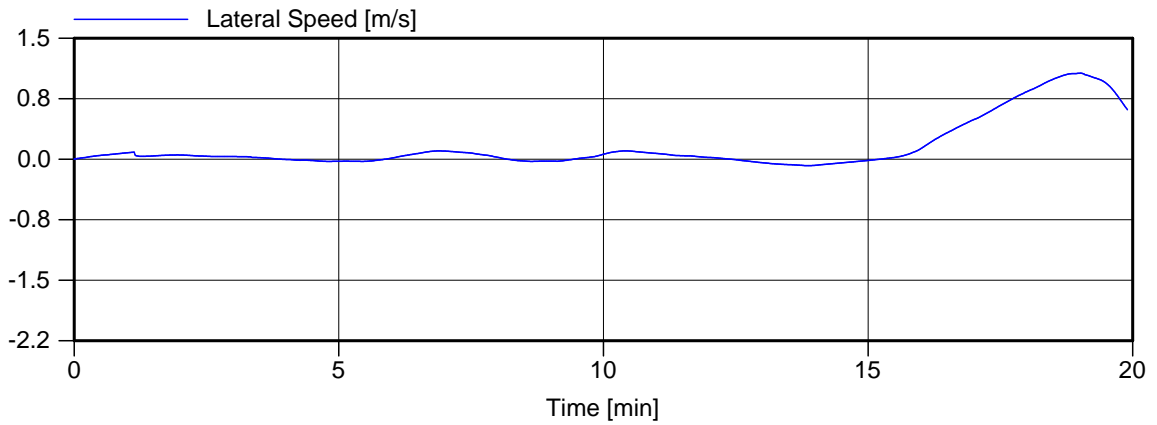
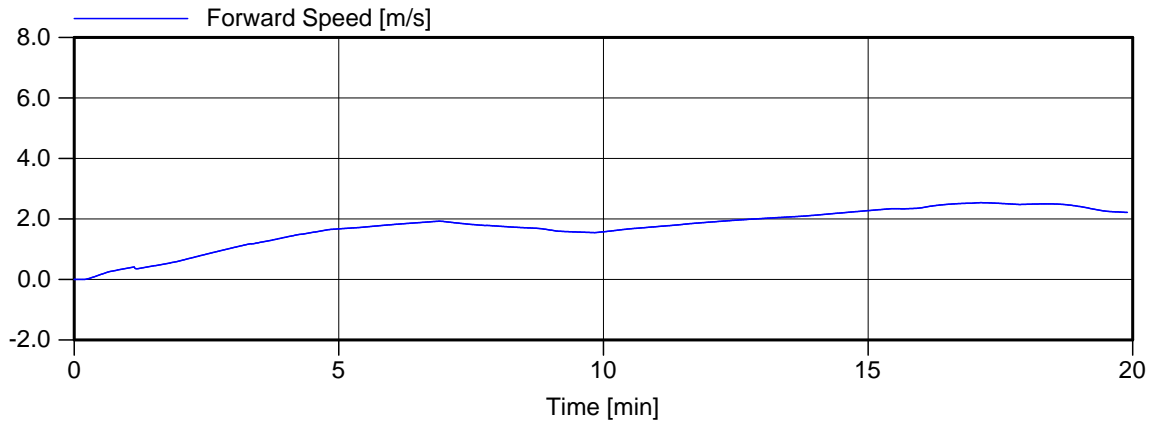
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 9.g





Voorkeursvariant - Run 10

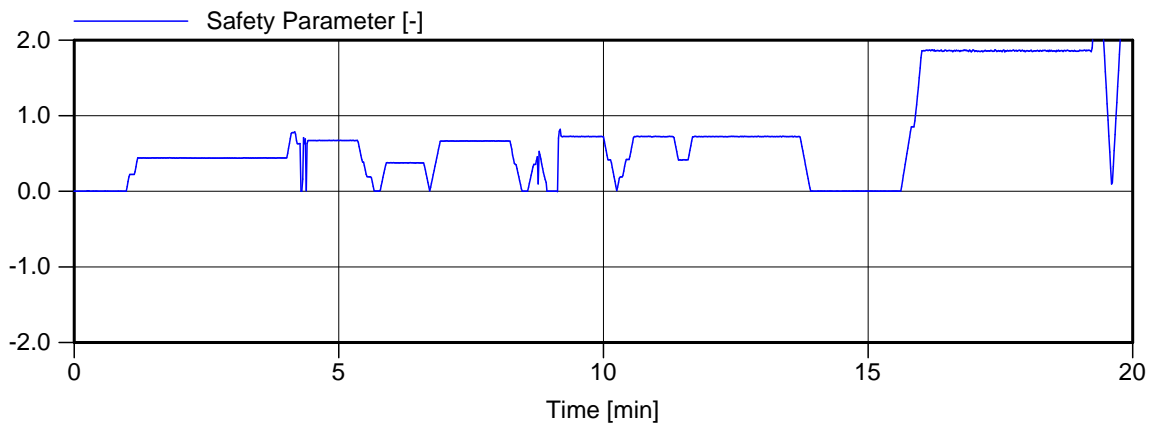
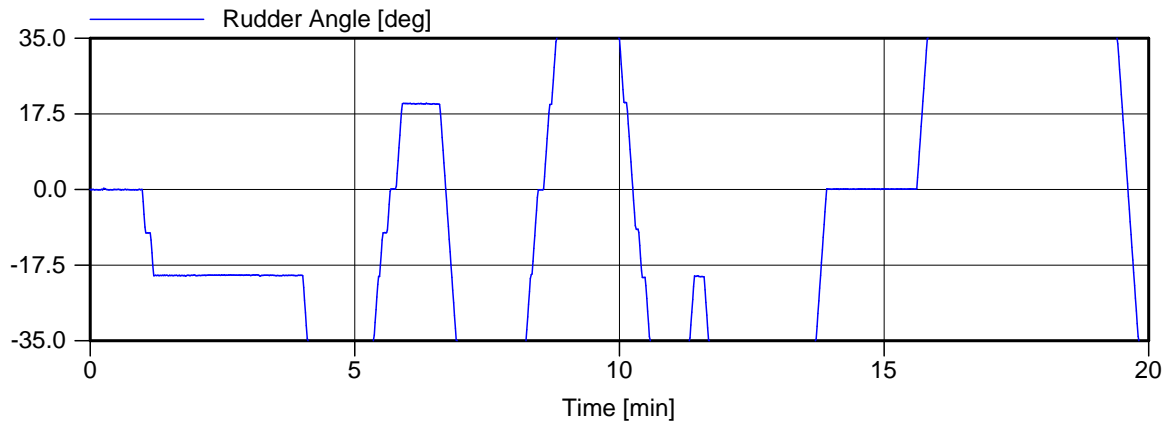
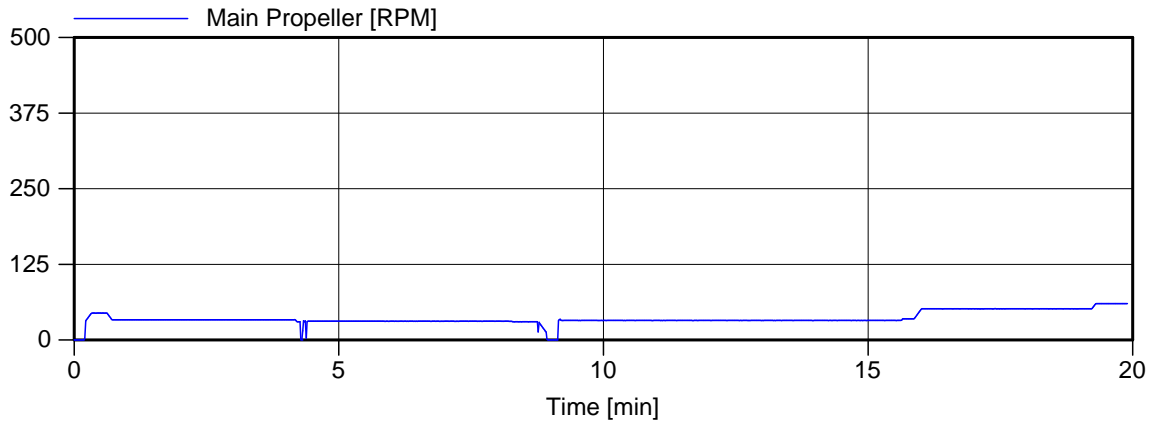
Wind , 13.8 m/s ZW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 10.b



Voorkeursvariant - Run 10

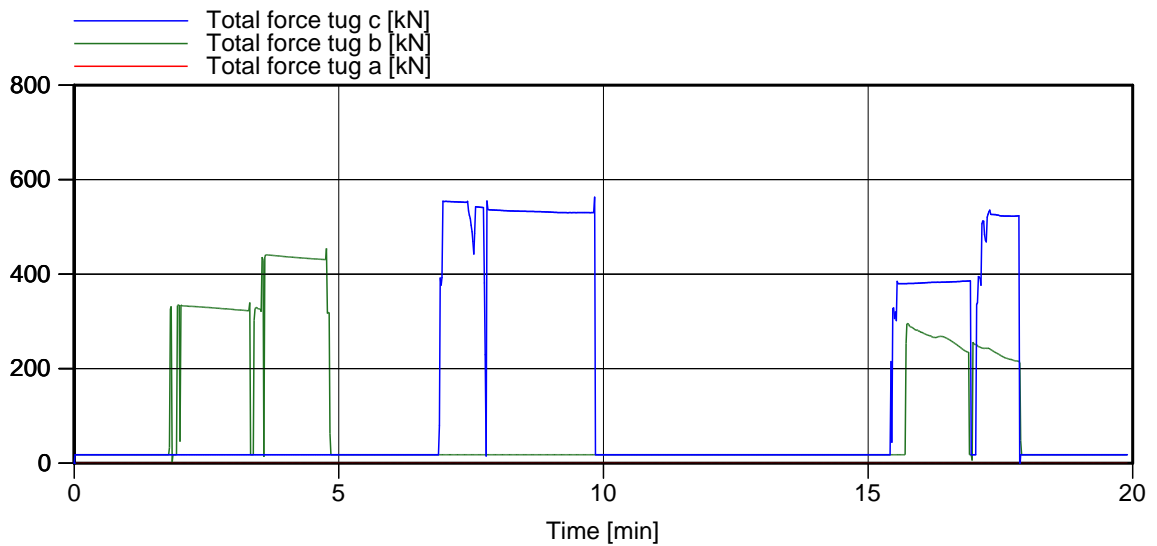
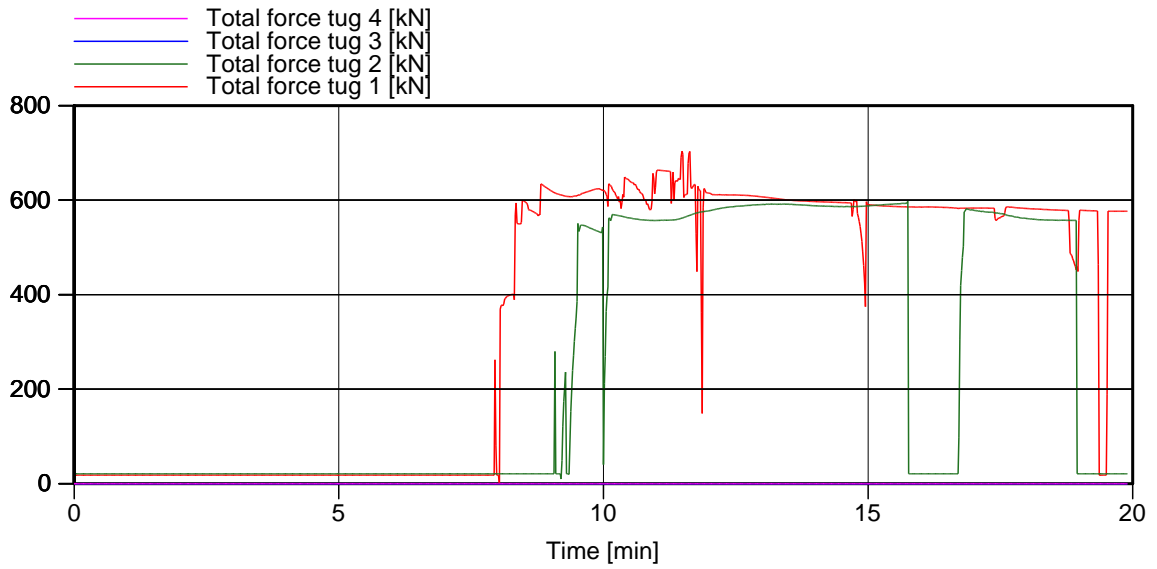
Wind , 13.8 m/s ZW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 10.c



Voorkeursvariant - Run 10

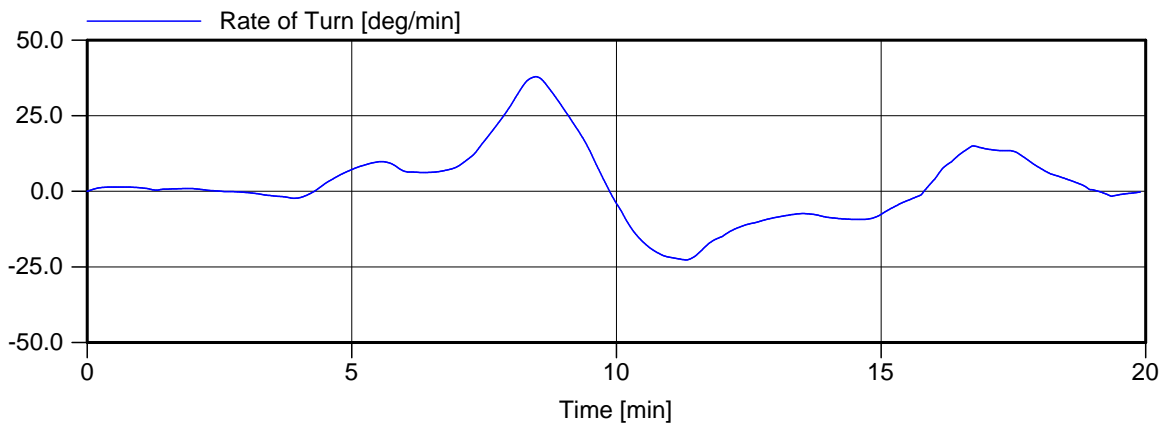
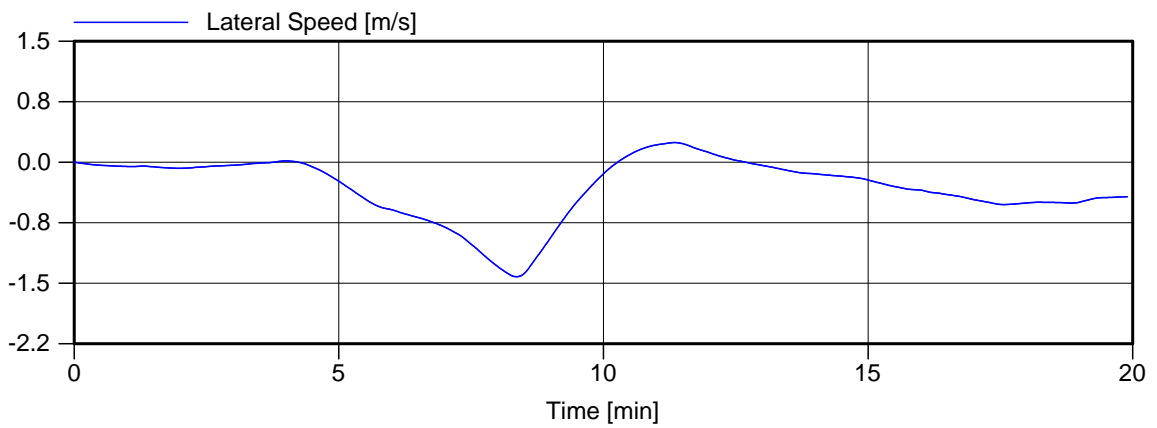
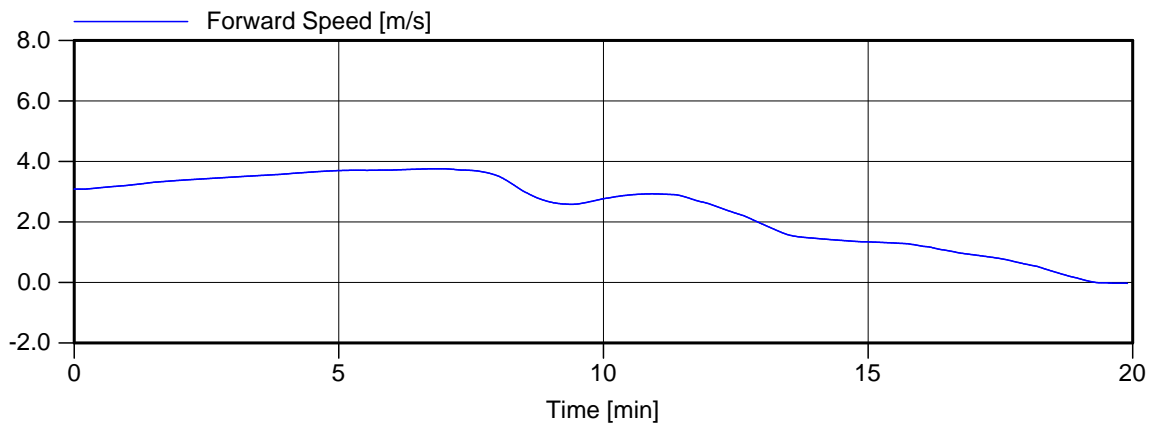
Wind , 13.8 m/s ZW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

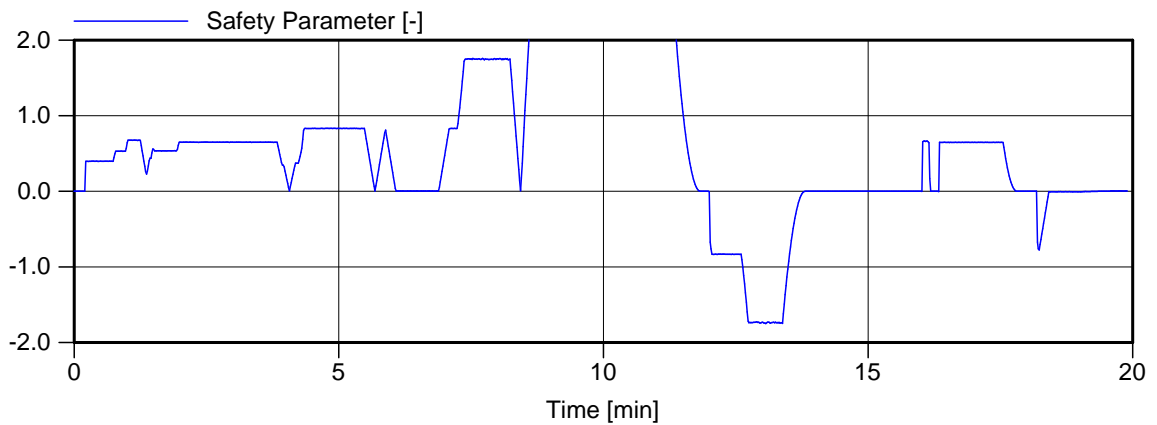
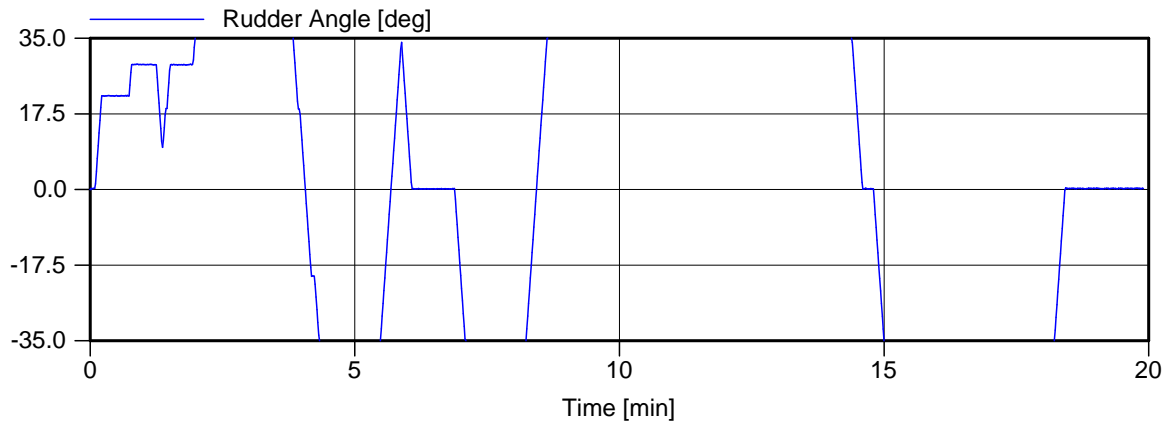
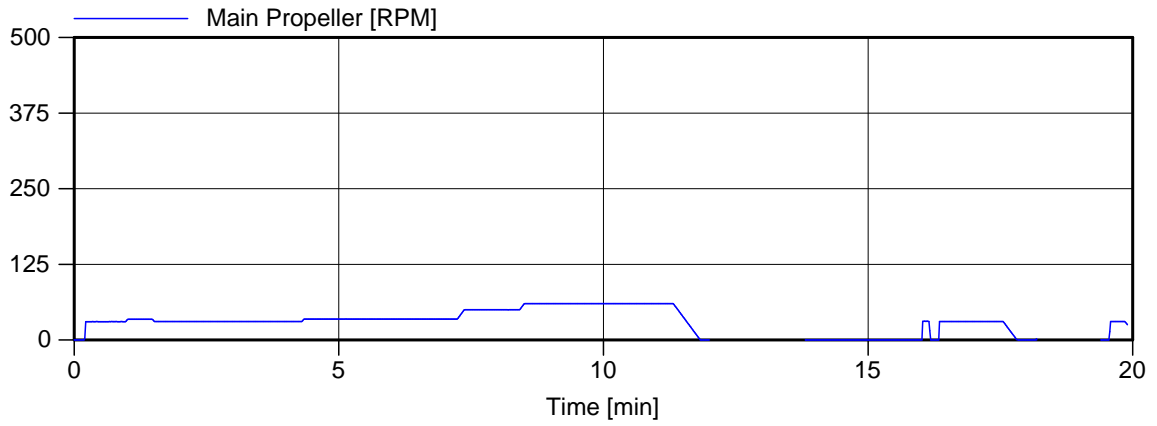
Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 10.d



Voorkeursvariant - Run 10	Wind , 13.8 m/s ZW , 3.5 kts vloed, 9:20
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee	Invaart zee - Nieuwe zeesluis
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 10.f



Voorkeursvariant - Run 10

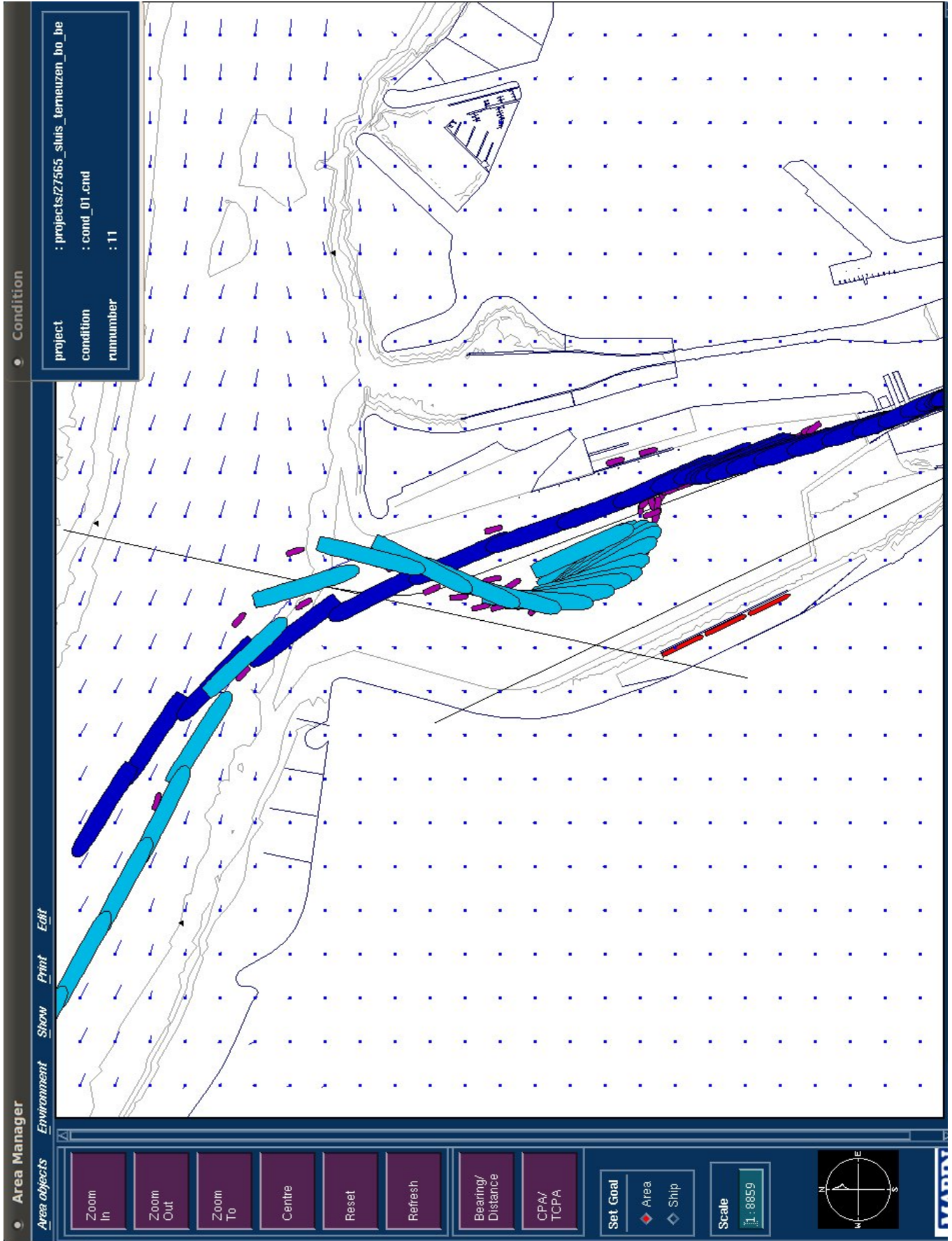
Wind , 13.8 m/s ZW , 3.5 kts vloed, 9:20

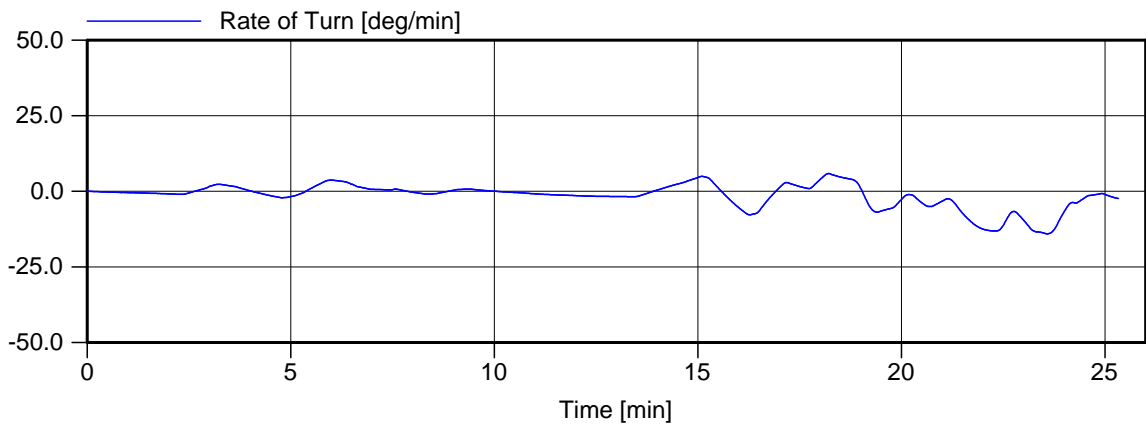
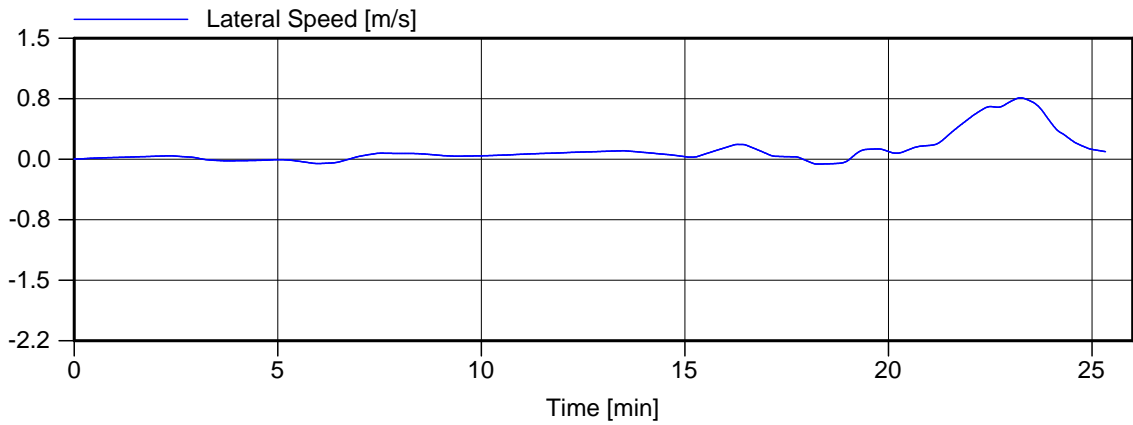
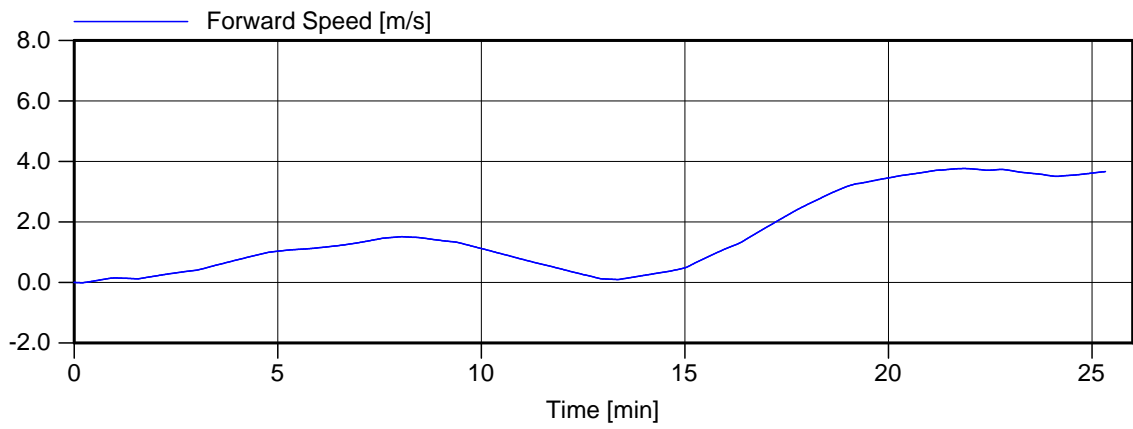
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

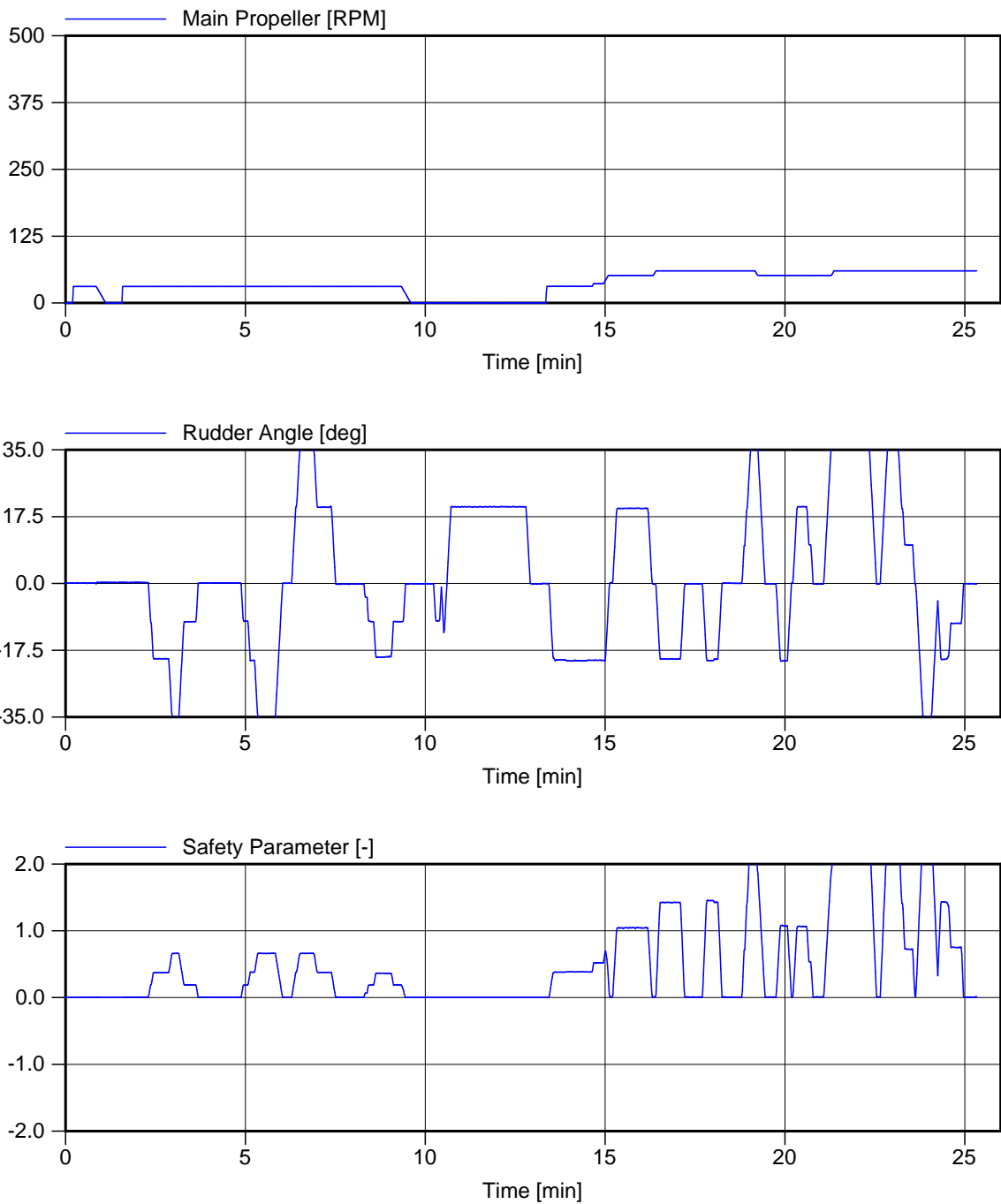
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 10.g





Voorkeursvariant - Run 11	Wind , 13.8 m/s NW , 3.5 kts vloed, 9:20
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee	Invaart zee - Nieuwe zeesluis
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 11.b



Voorkeursvariant - Run 11

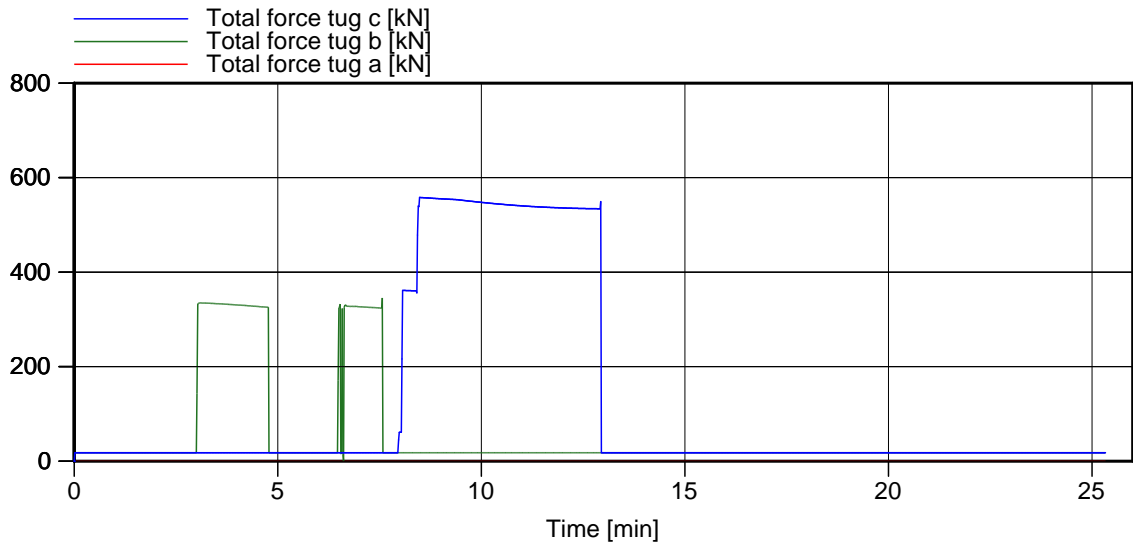
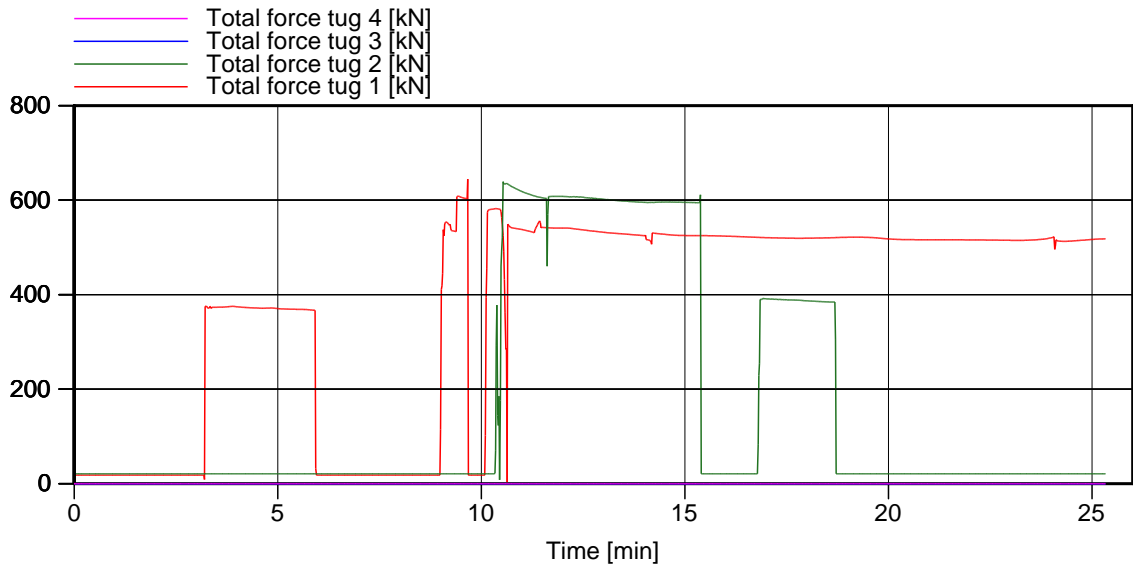
Wind , 13.8 m/s NW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 11.c



Voorkeursvariant - Run 11

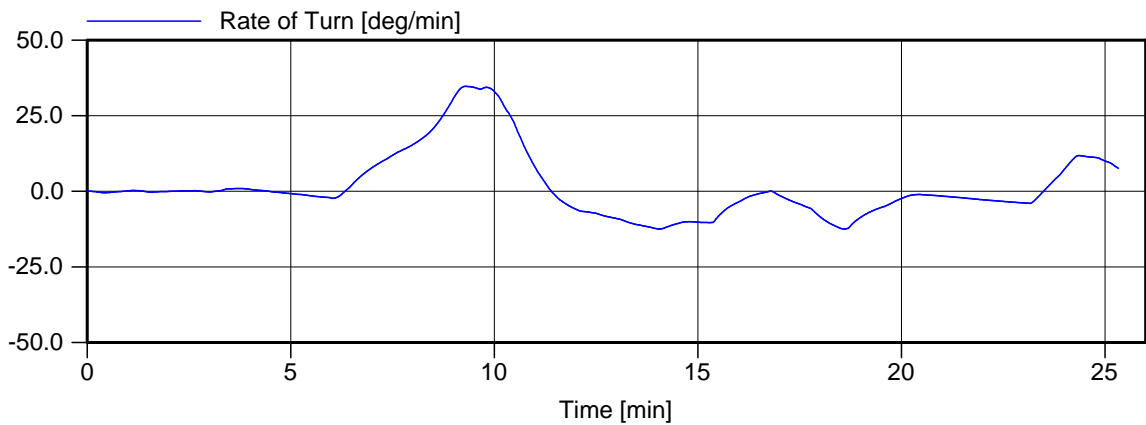
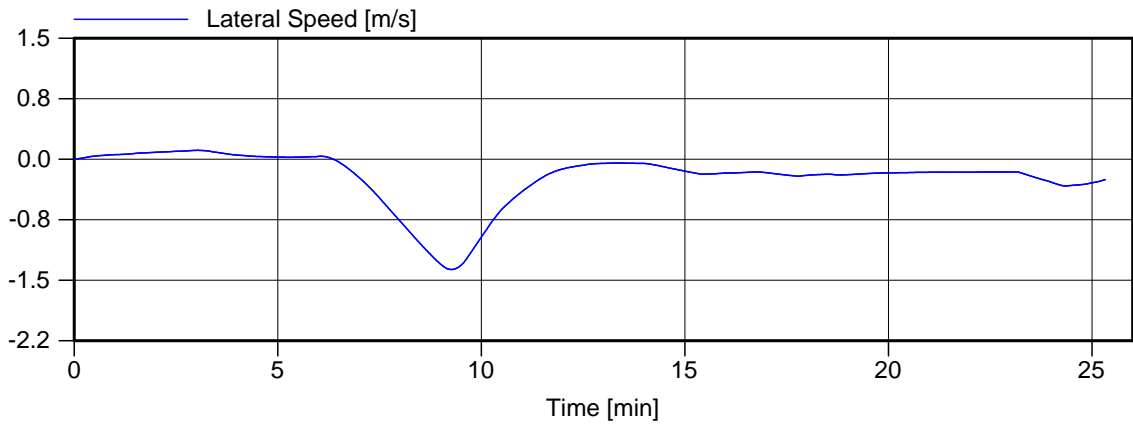
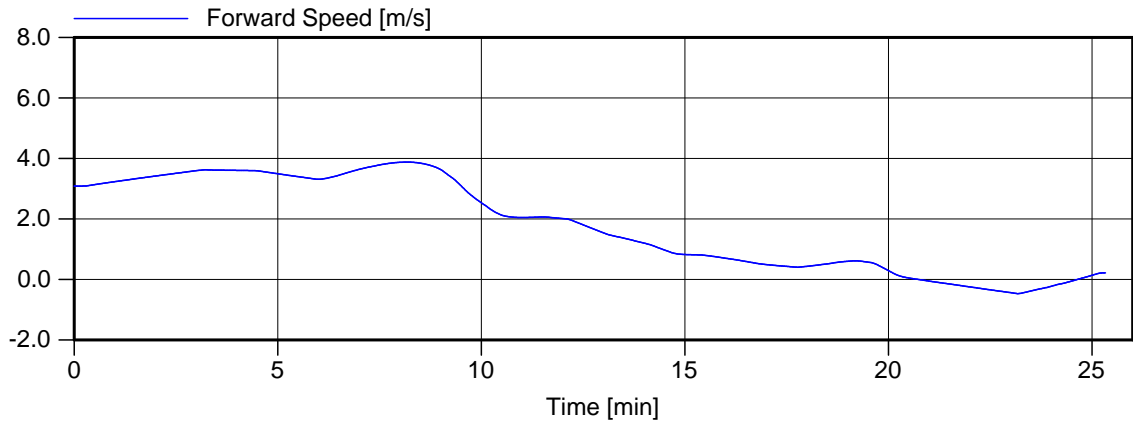
Wind , 13.8 m/s NW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 11.d



Voorkeursvariant - Run 11

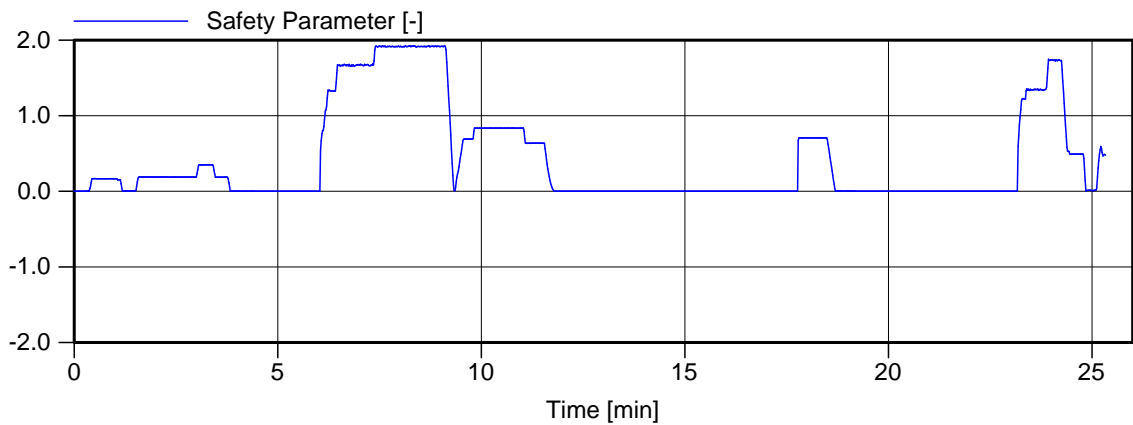
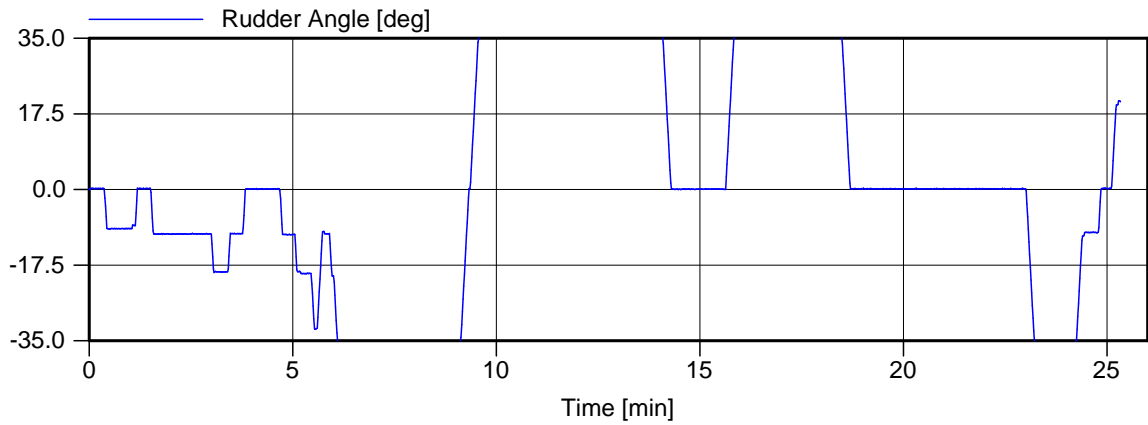
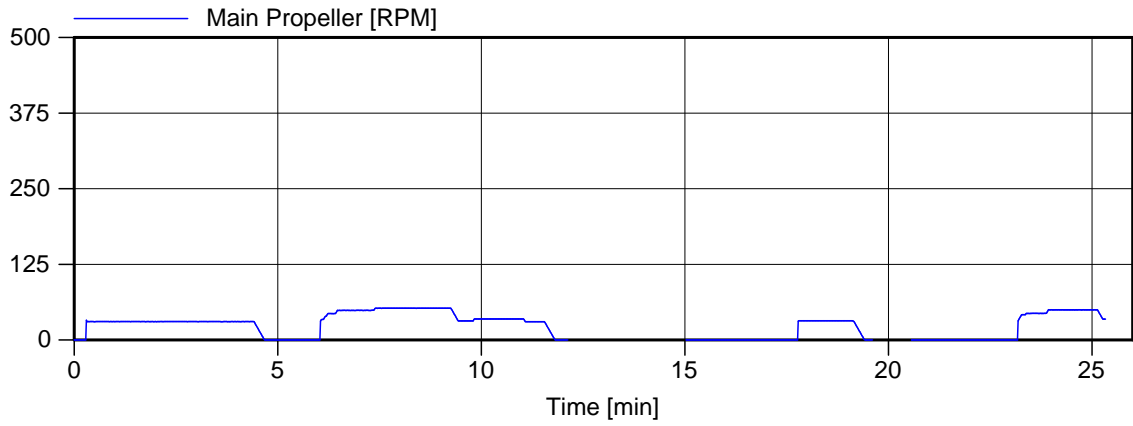
Wind , 13.8 m/s NW , 3.5 kts vloed, 9:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 11.f



Voorkeursvariant - Run 11

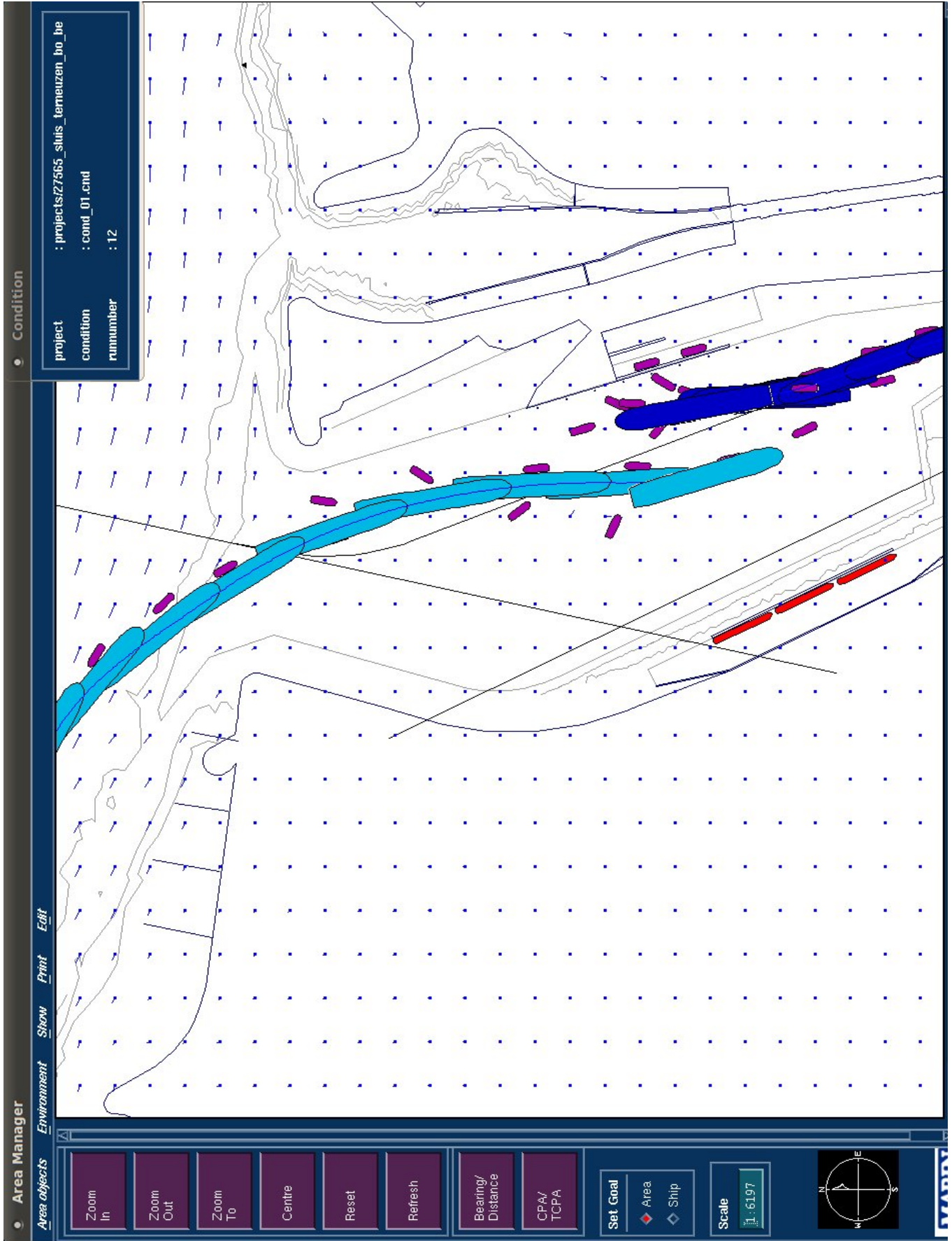
Wind , 13.8 m/s NW , 3.5 kts vloed, 9:20

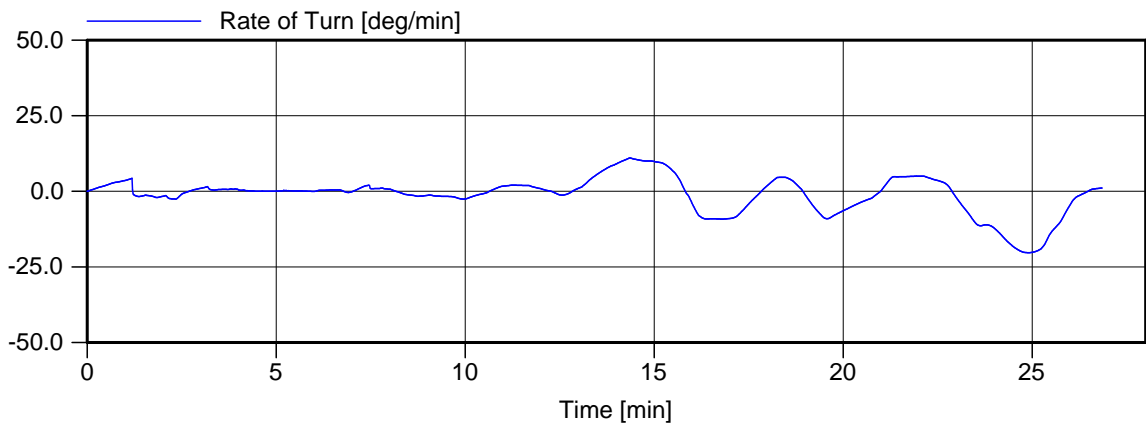
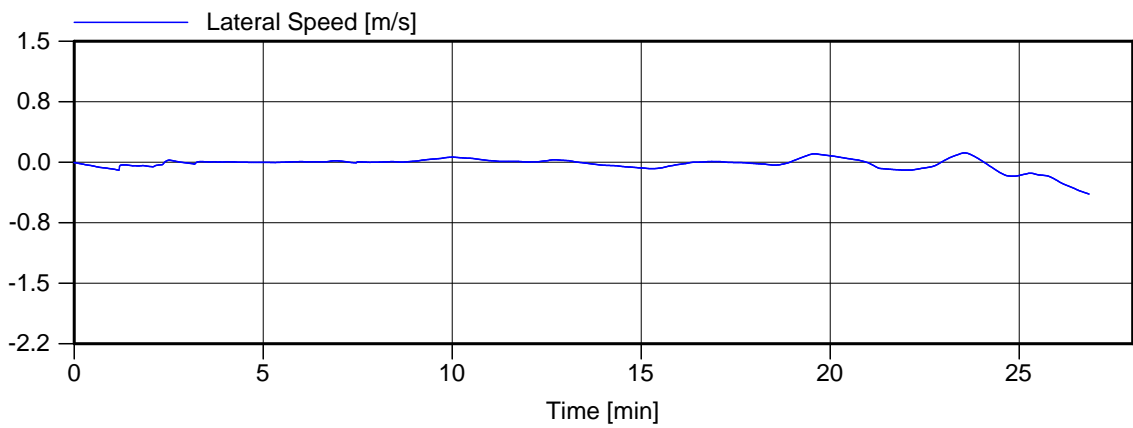
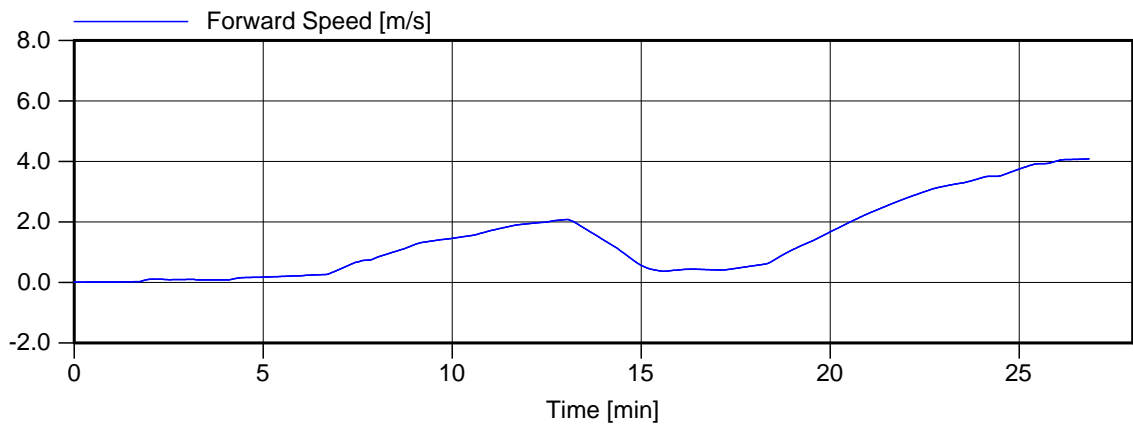
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

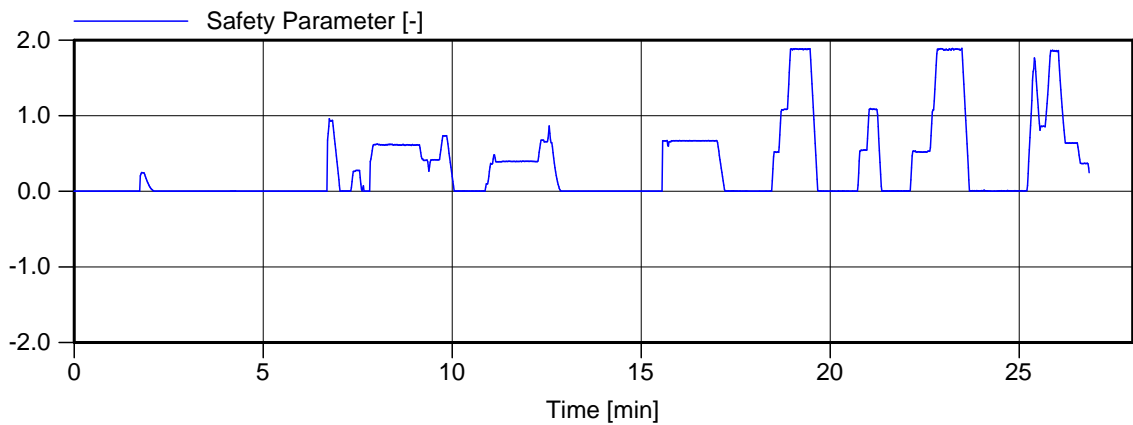
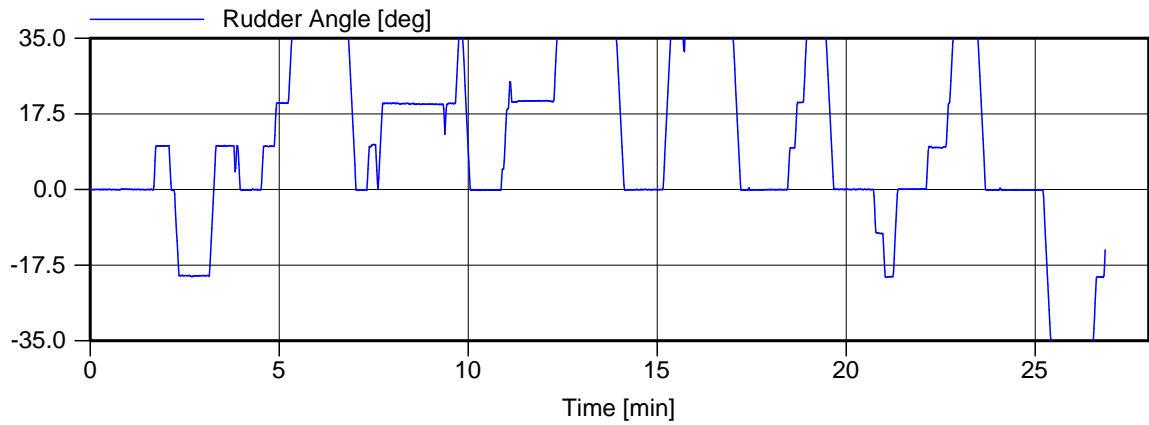
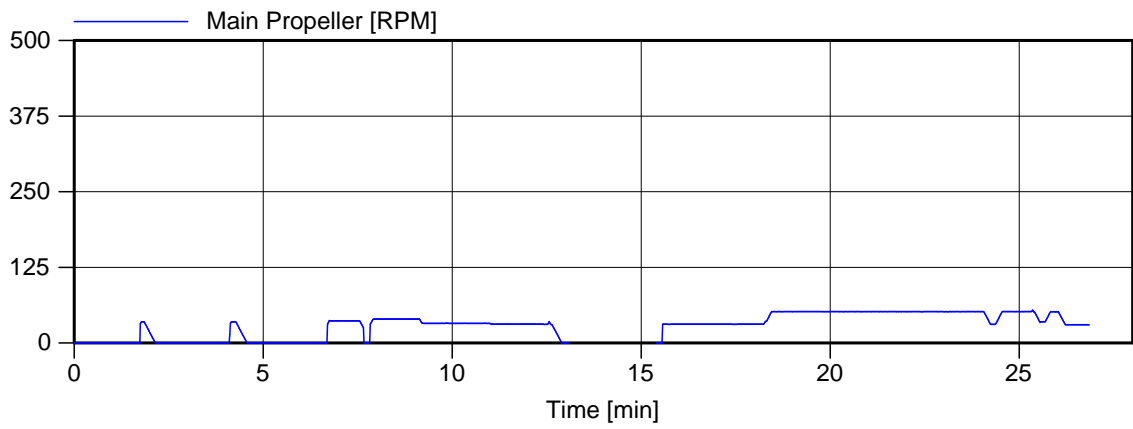
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 11.g





Voorkeursvariant - Run 12	Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee	Invaart zee - Nieuwe zeesluis
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 12.b



Voorkeursvariant - Run 12

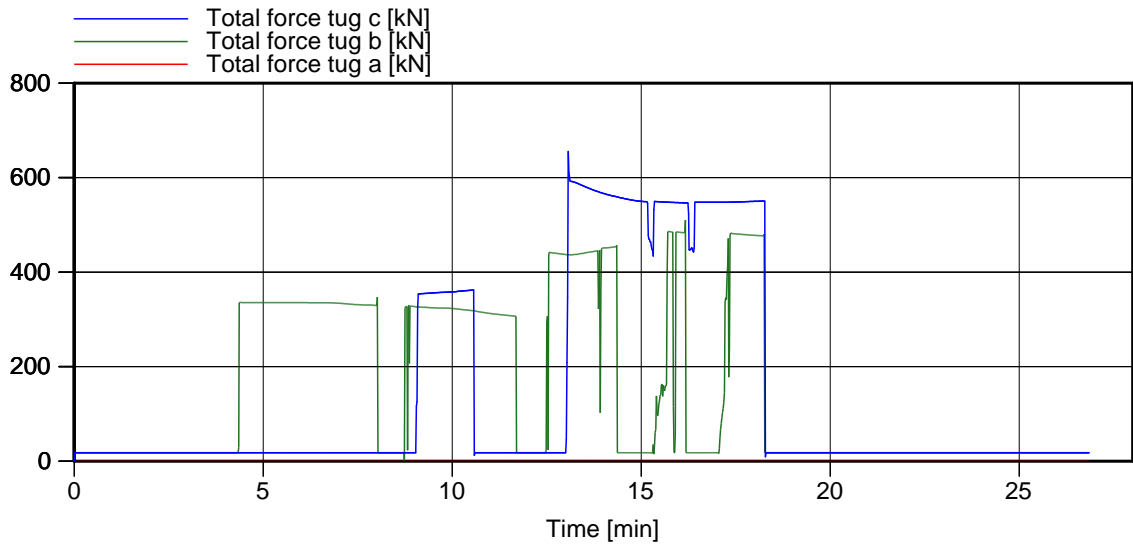
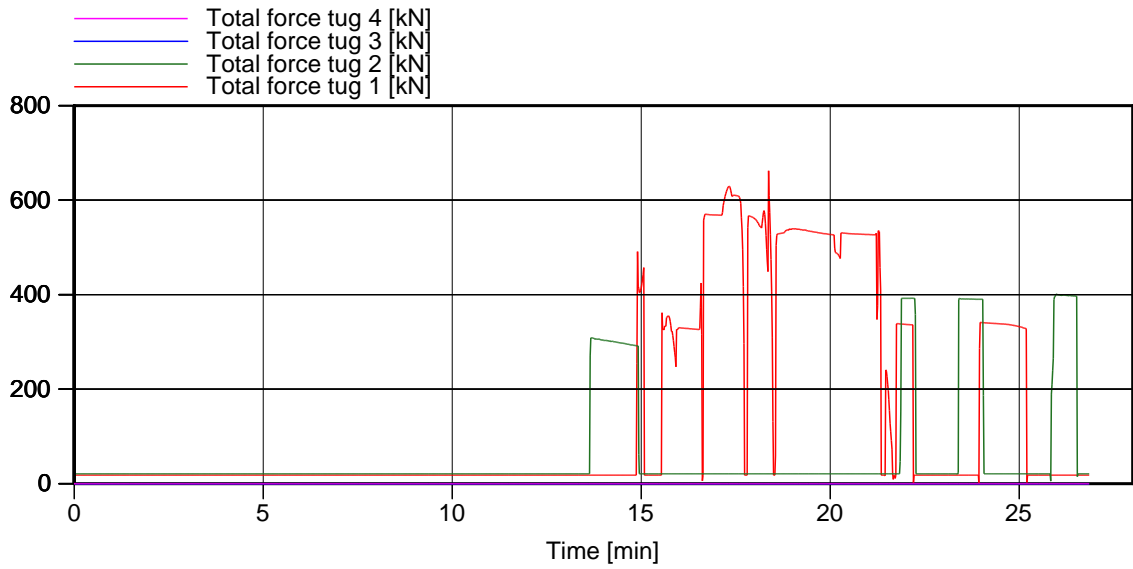
Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 12.c



Voorkeursvariant - Run 12

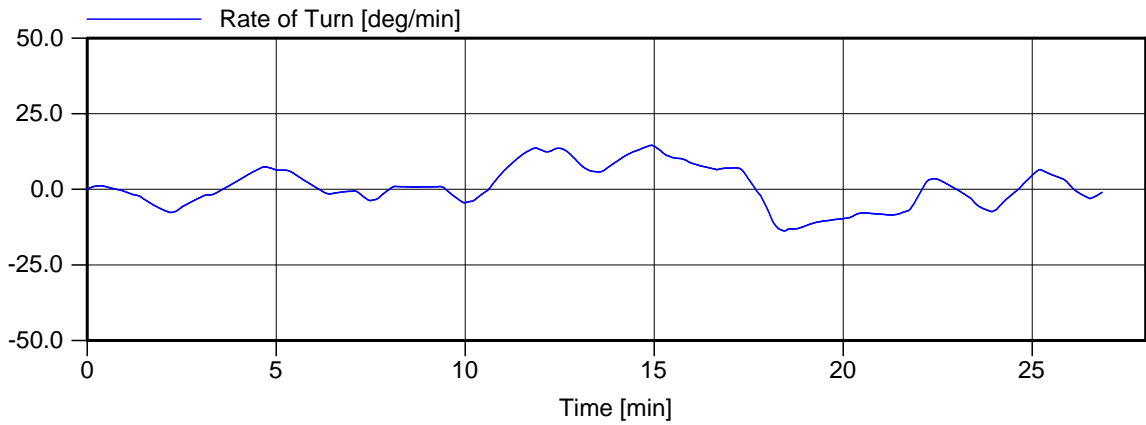
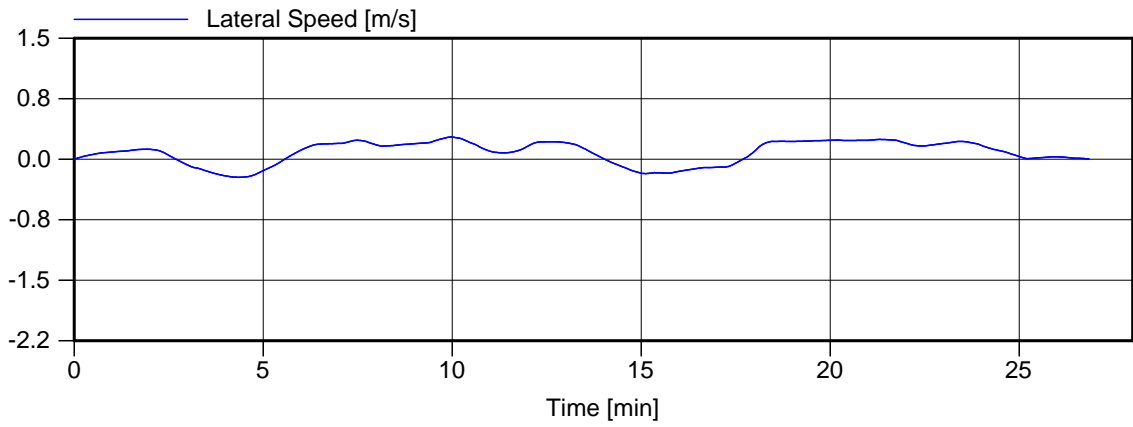
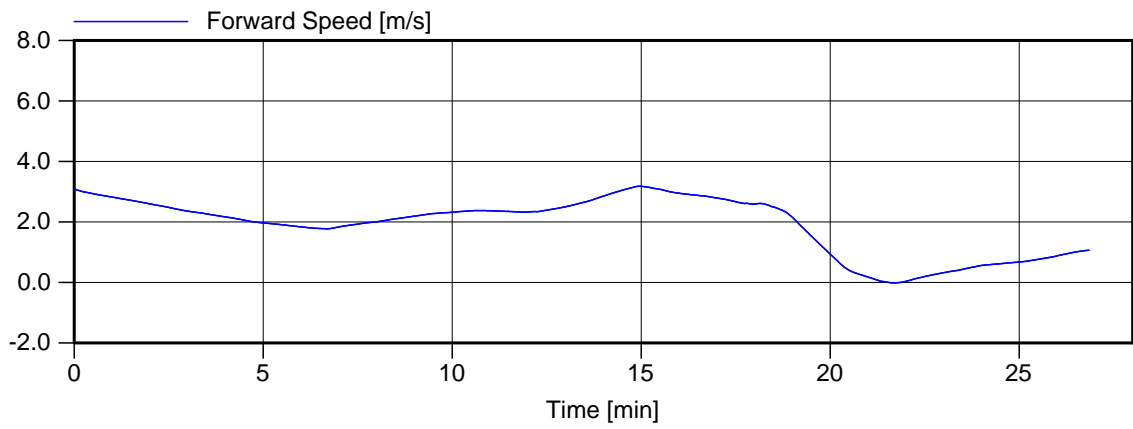
Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 12.d



Voorkeursvariant - Run 12

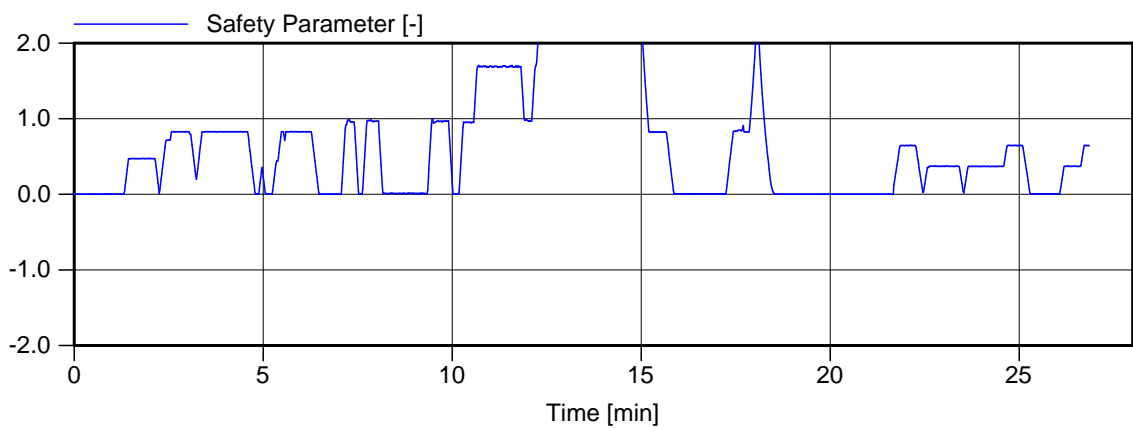
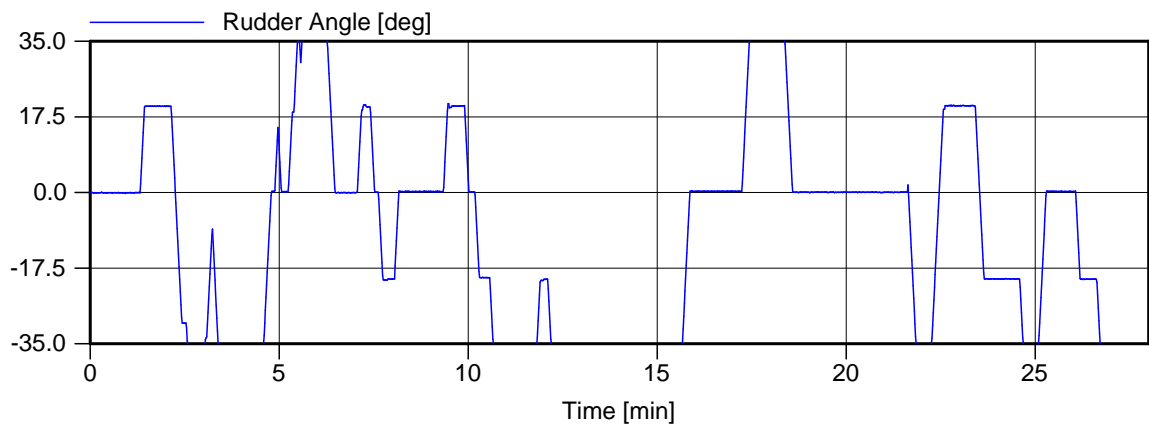
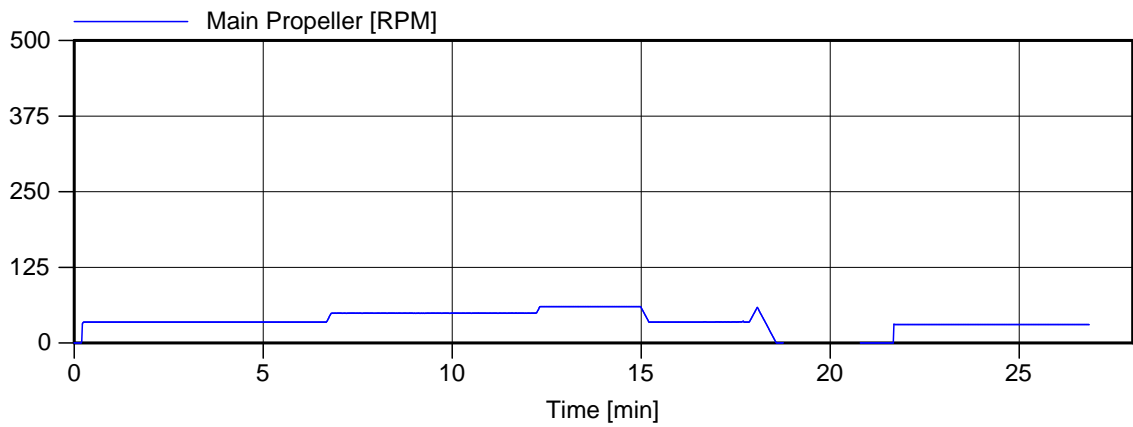
Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 12.f



Voorkeursvariant - Run 12

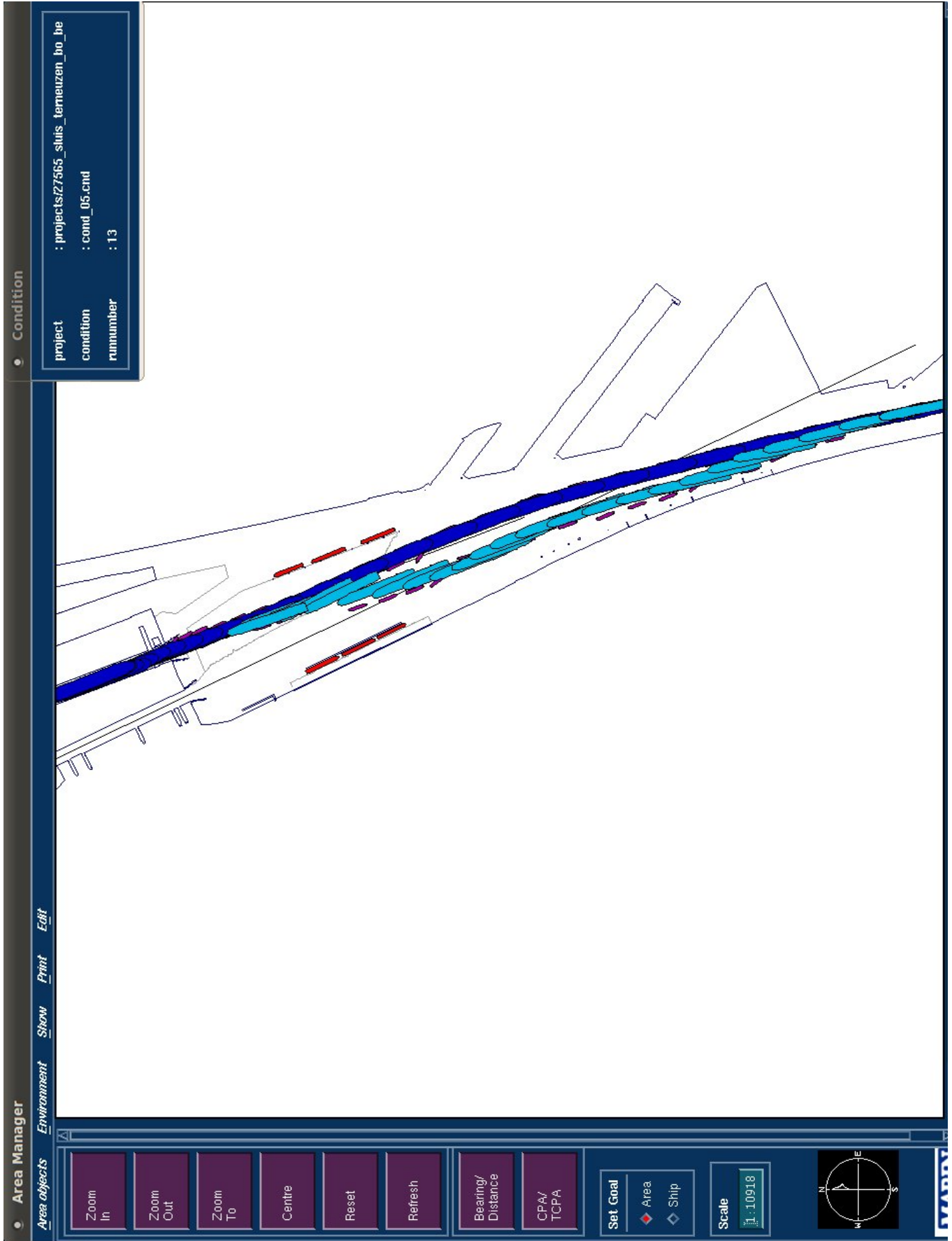
Wind , 13.8 m/s E , 3 kts eb, 13:00

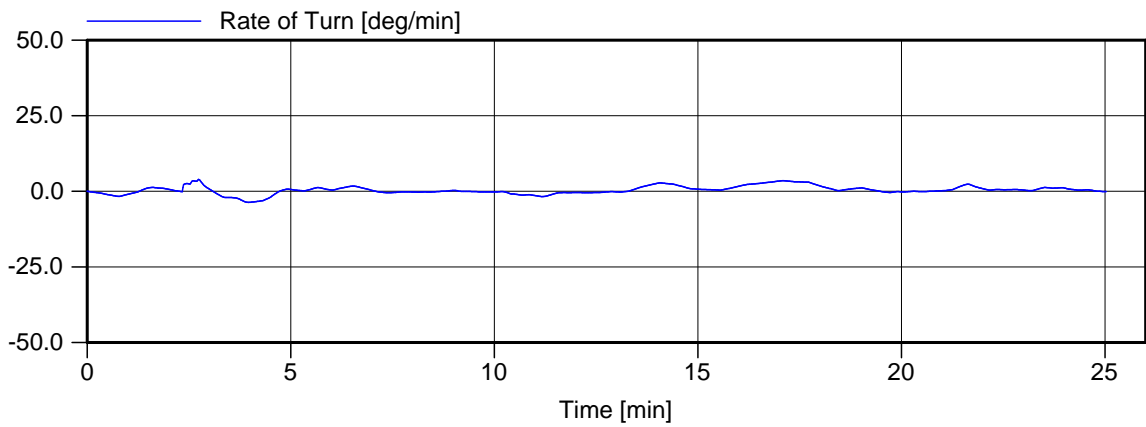
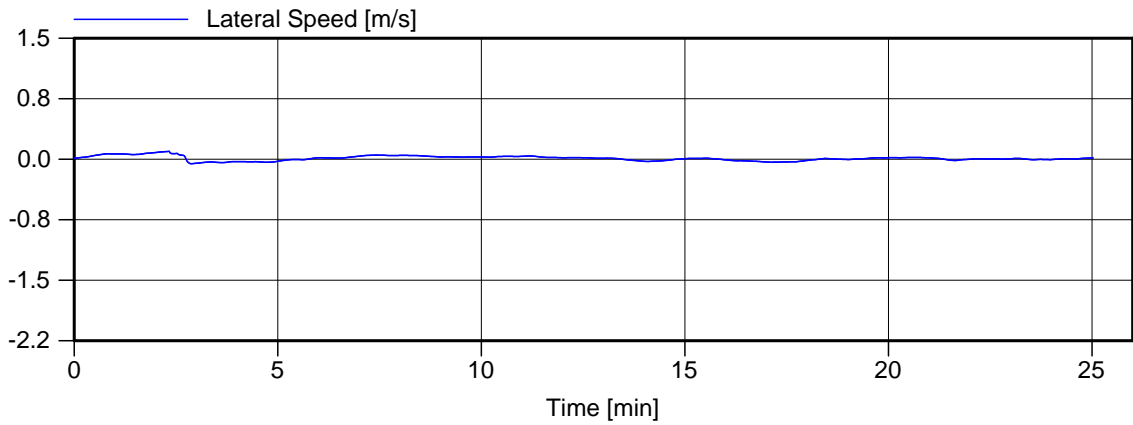
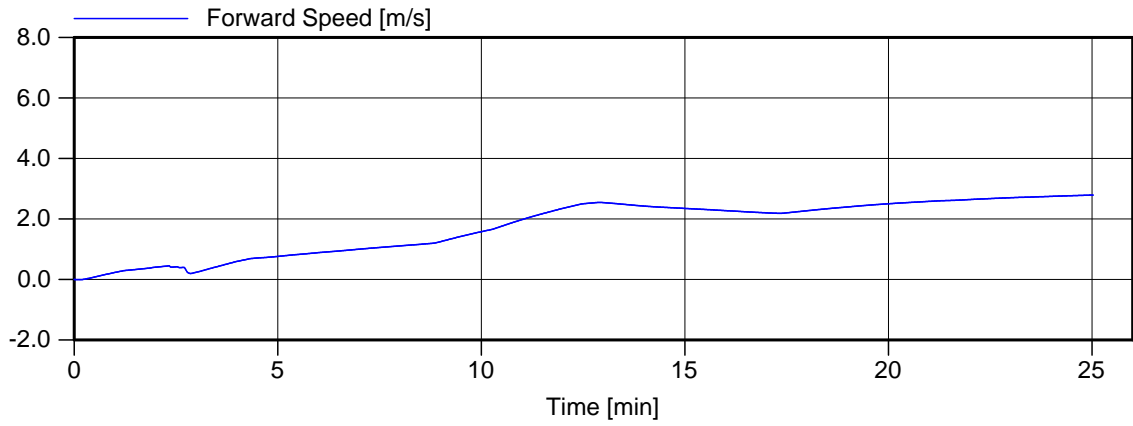
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - zee

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 12.g





Voorkeursvariant - Run 13

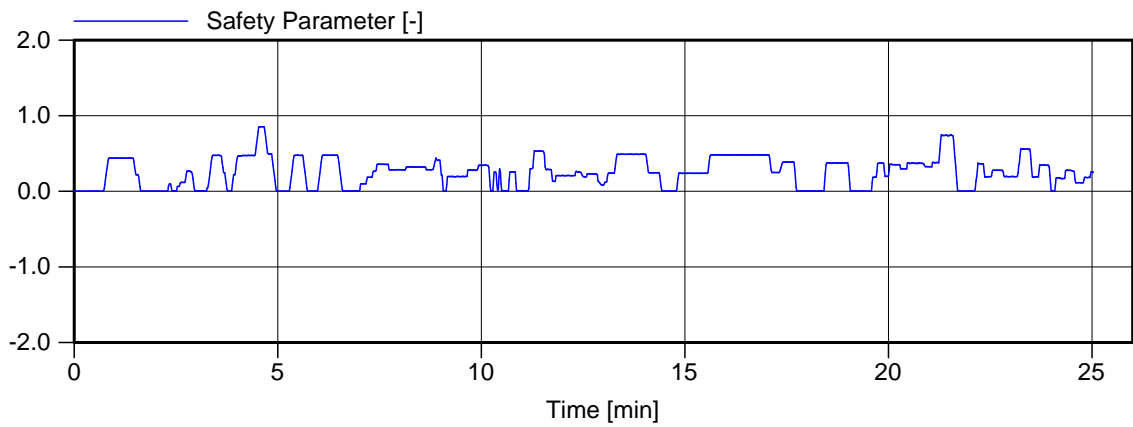
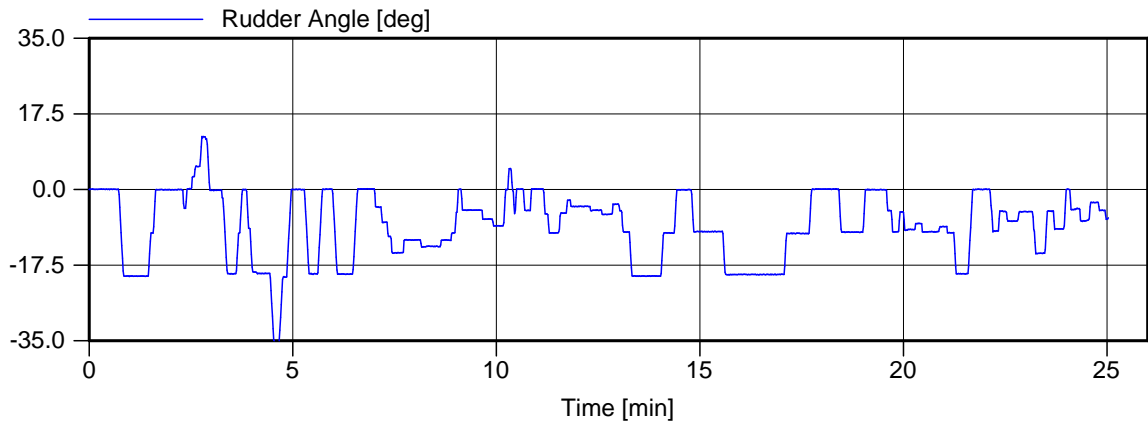
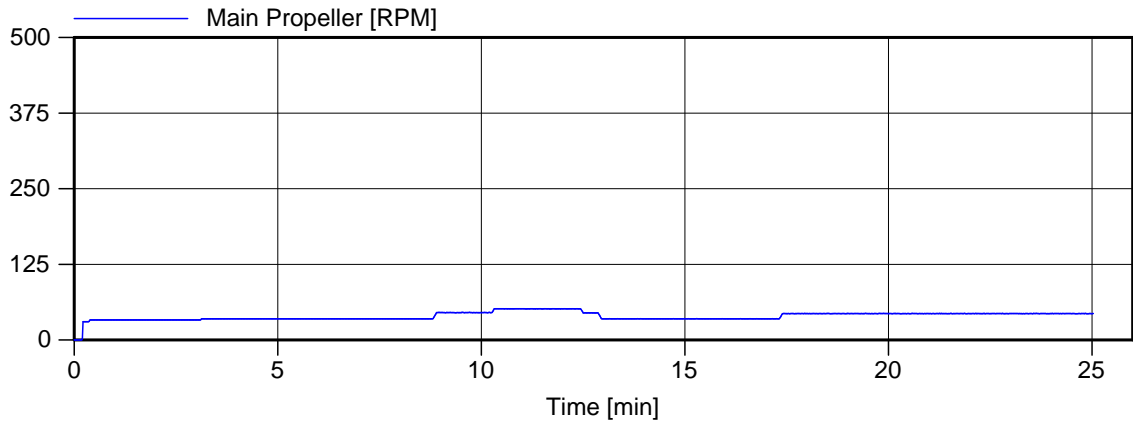
Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal

Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 13.b



Voorkeursvariant - Run 13

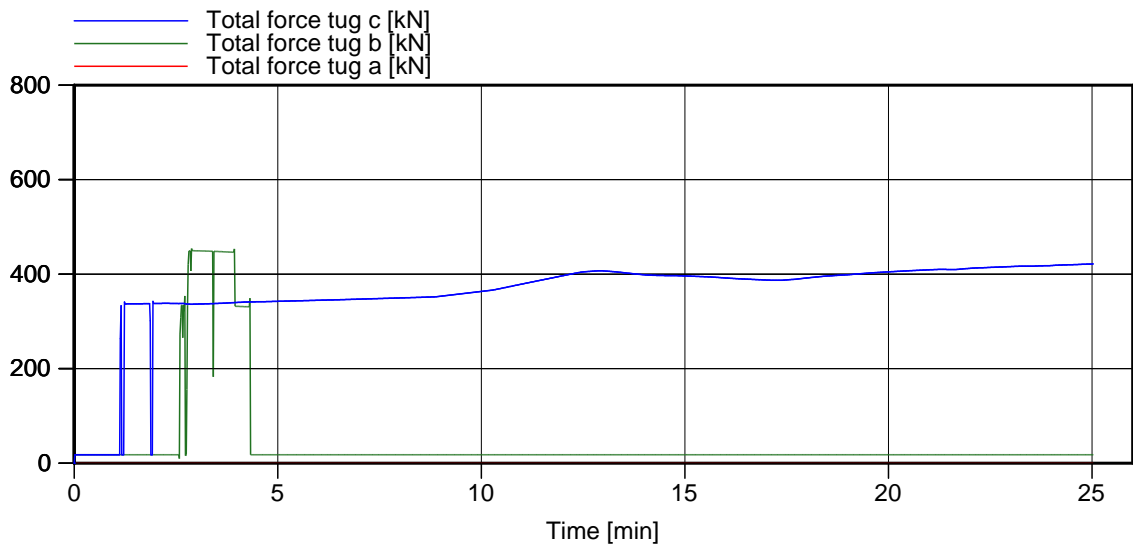
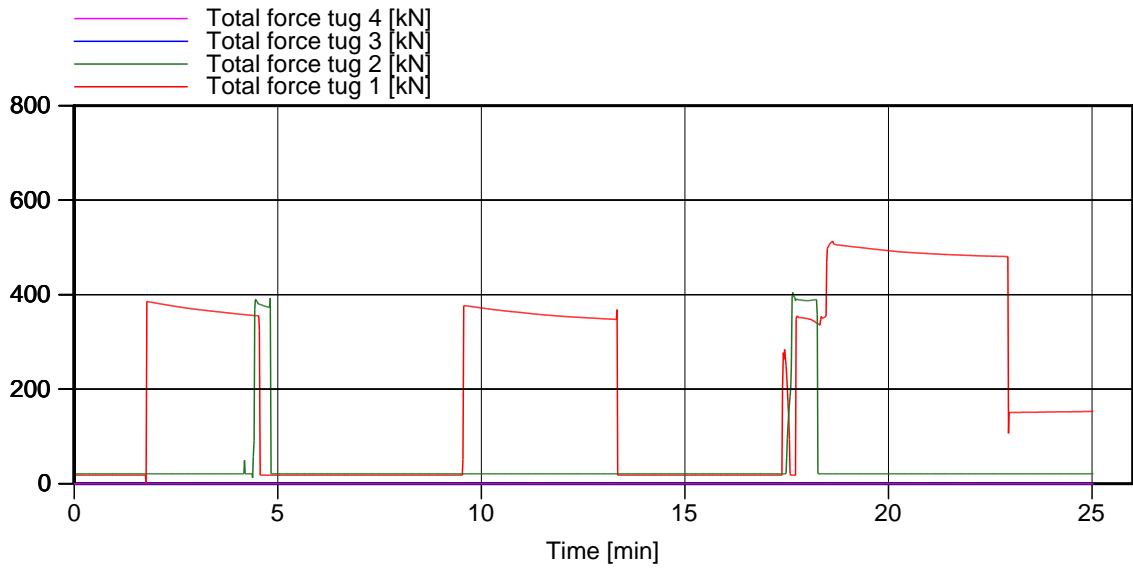
Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal

Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 13.c



Voorkeursvariant - Run 13

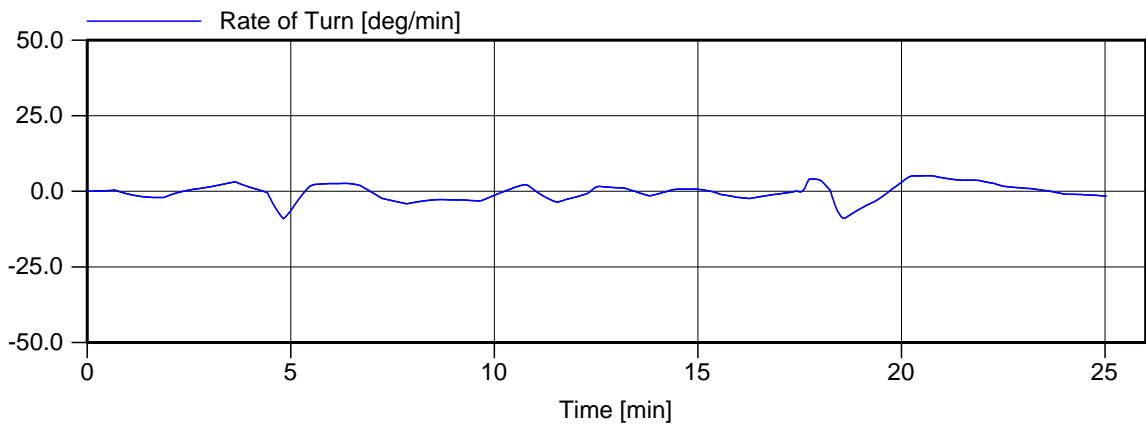
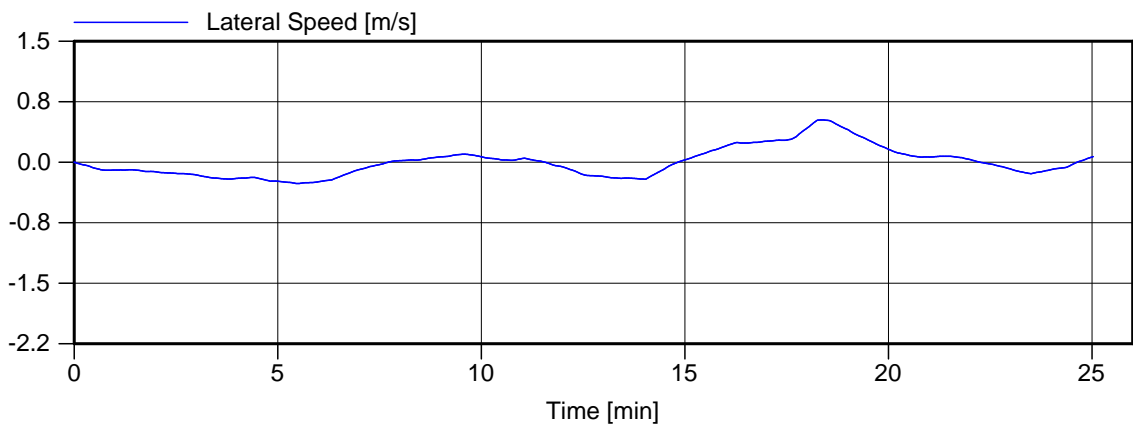
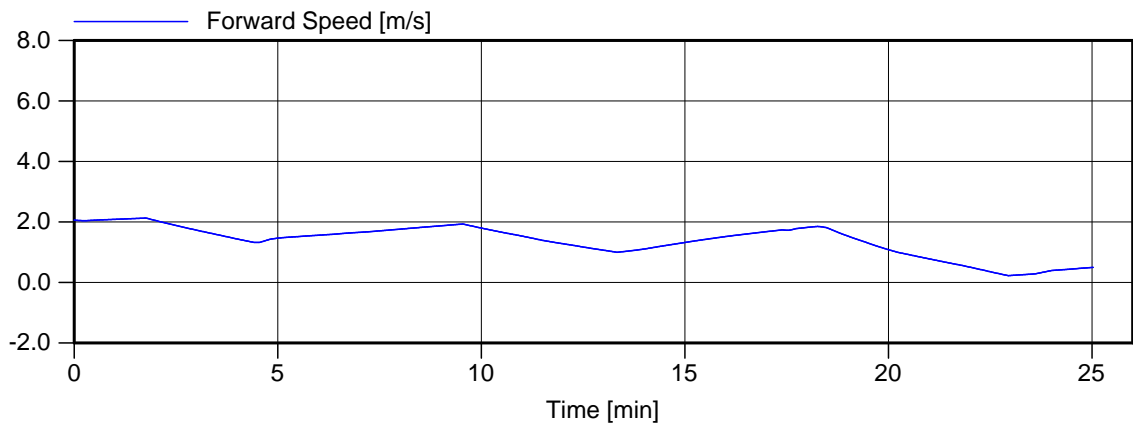
Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal

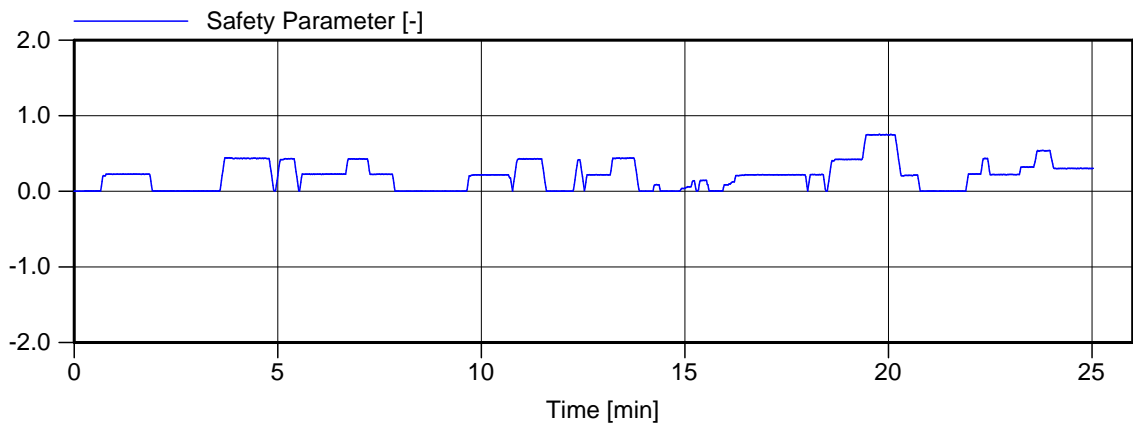
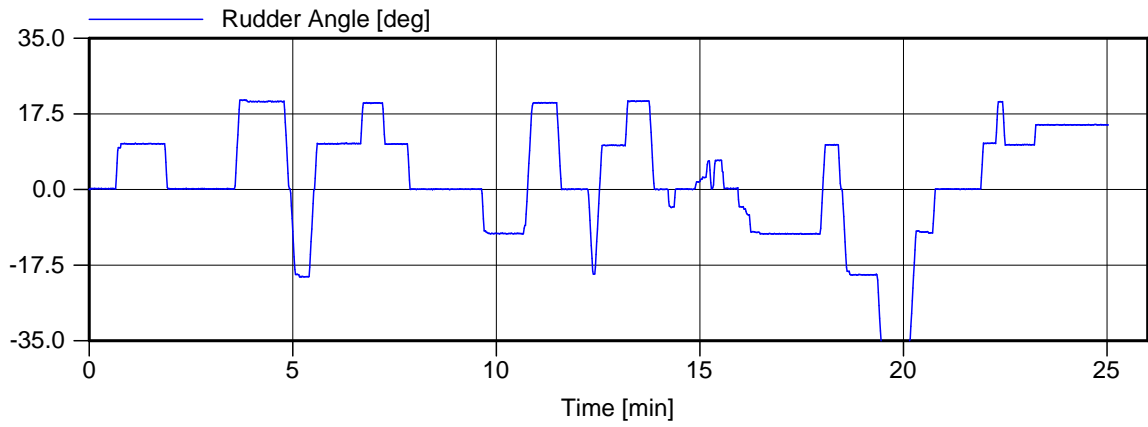
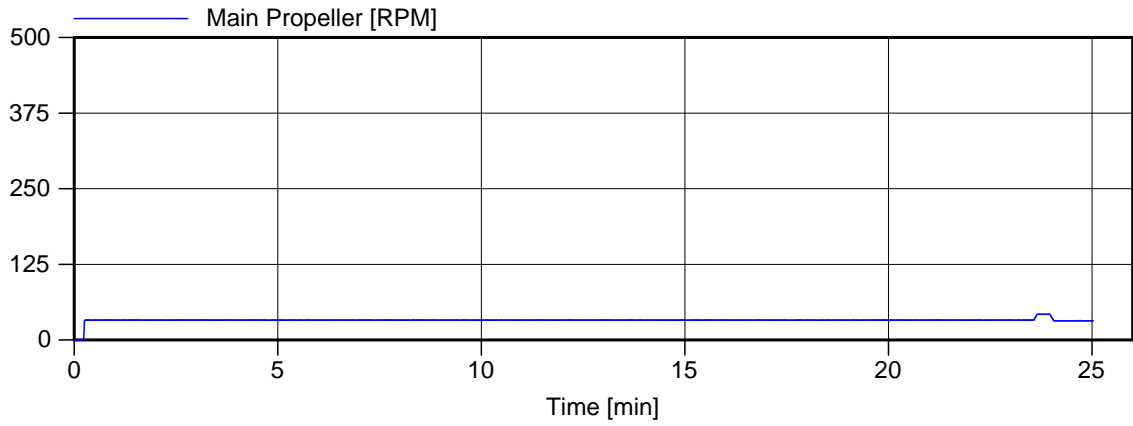
Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 13.d



Voorkeursvariant - Run 13	Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal	Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 13.f



Voorkeursvariant - Run 13

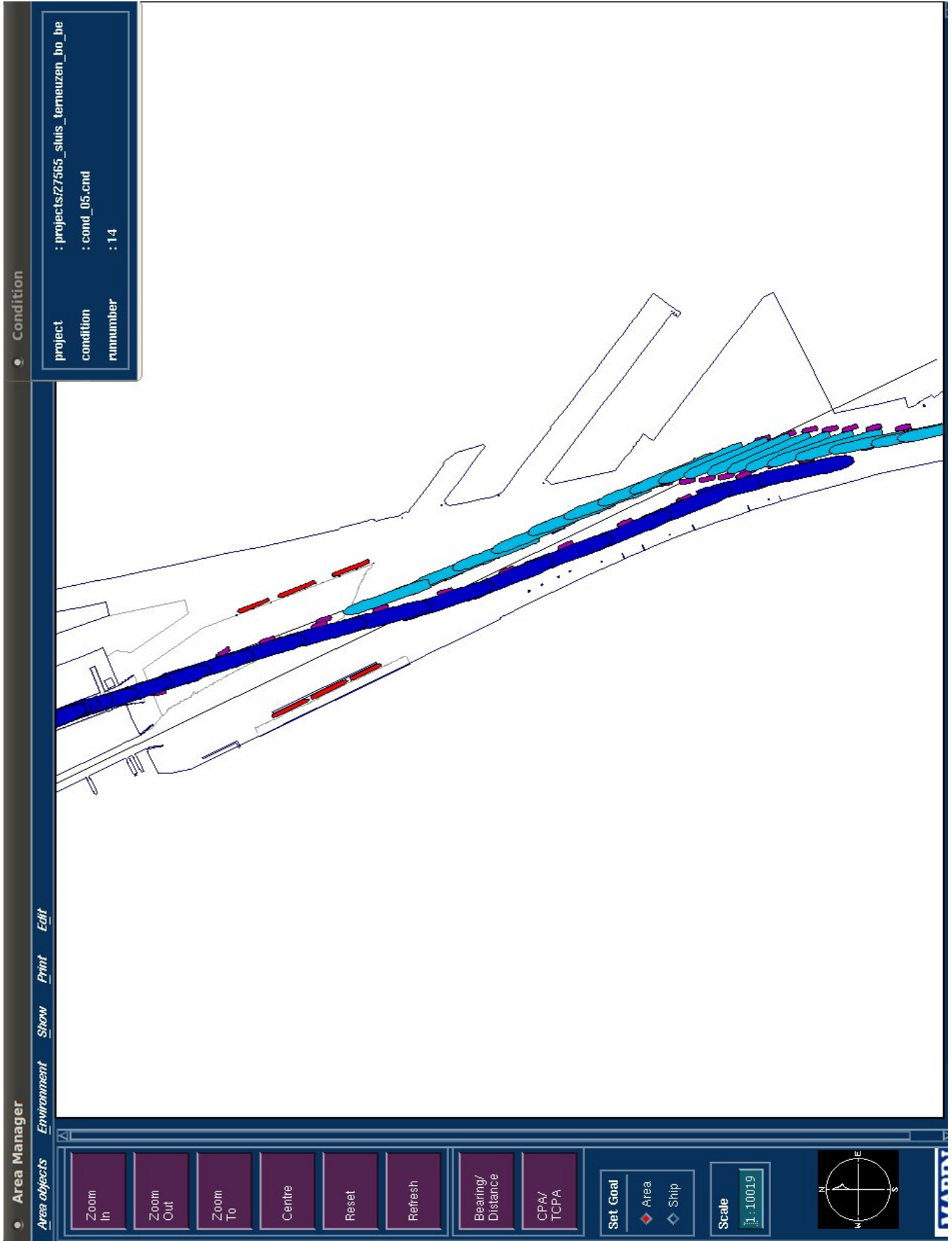
Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20

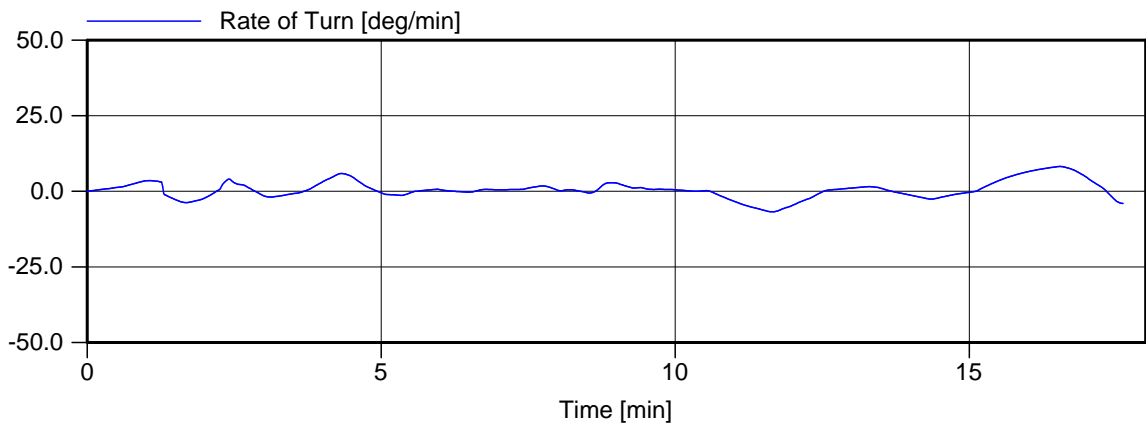
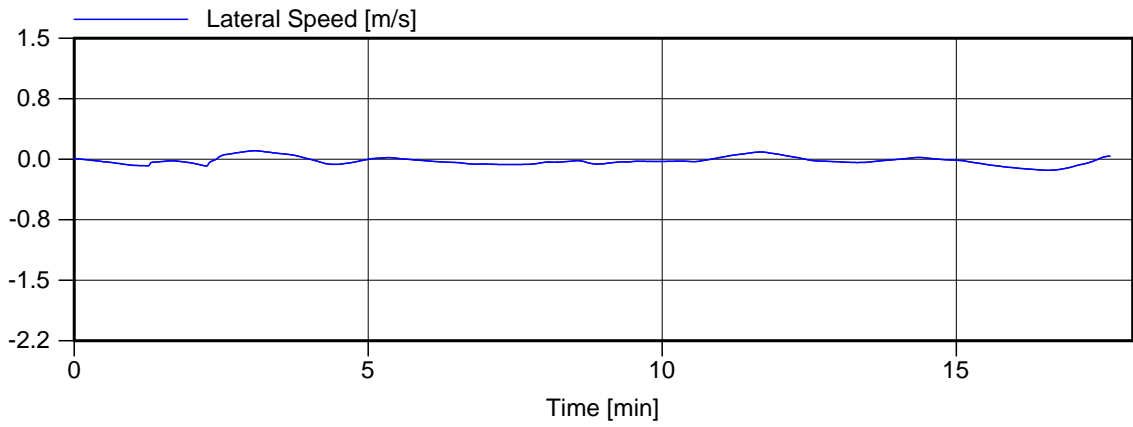
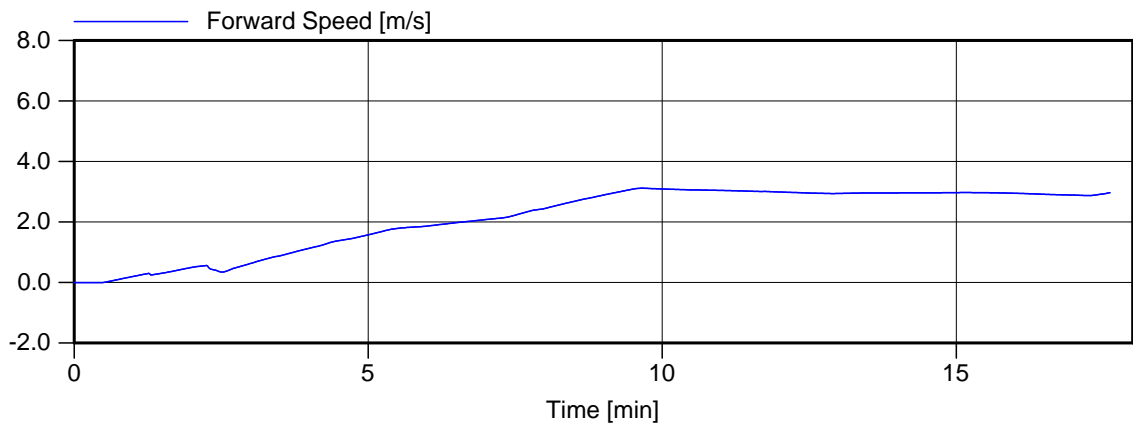
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal

Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

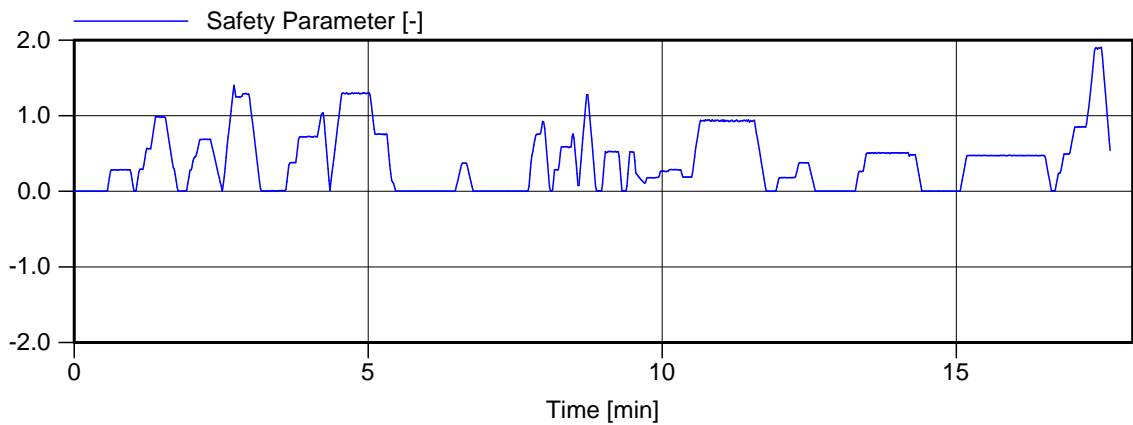
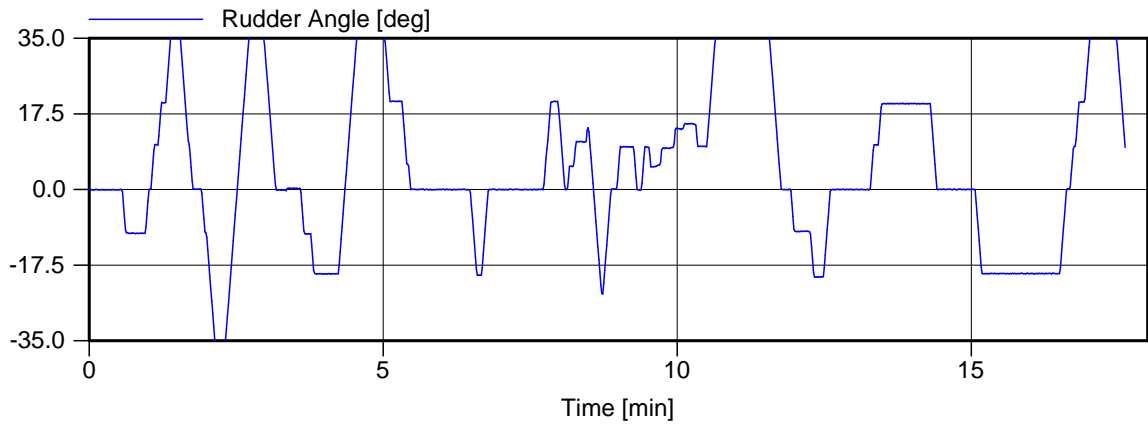
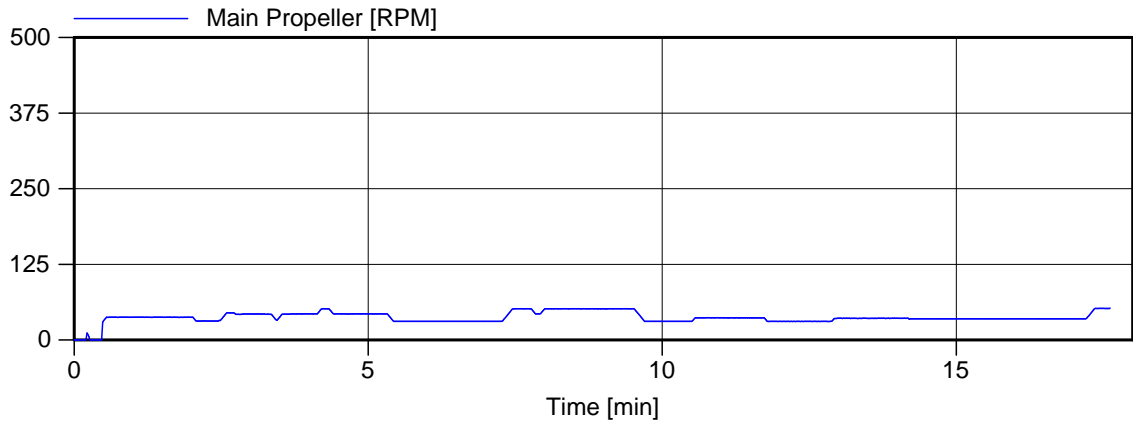
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 13.g





Voorkeursvariant - Run 14	Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal	Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 14.b



Voorkeursvariant - Run 14

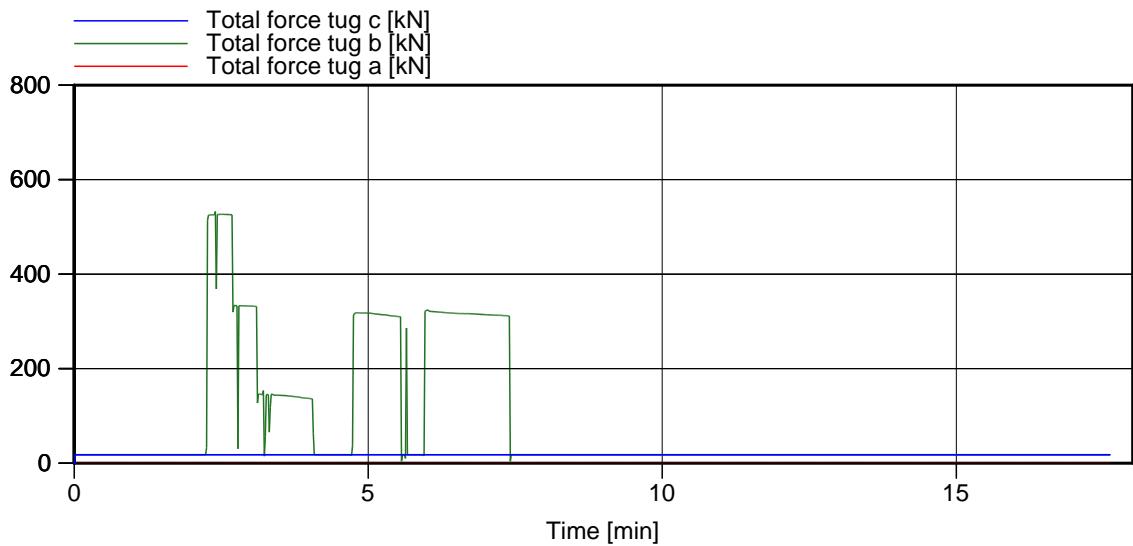
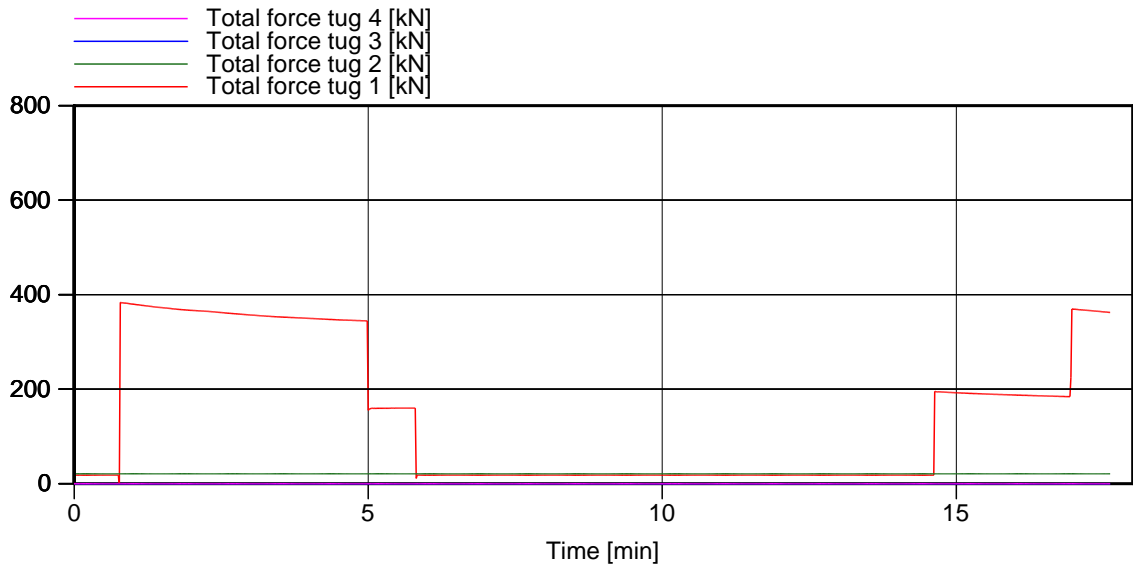
Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal

Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 14.c



Voorkeursvariant - Run 14

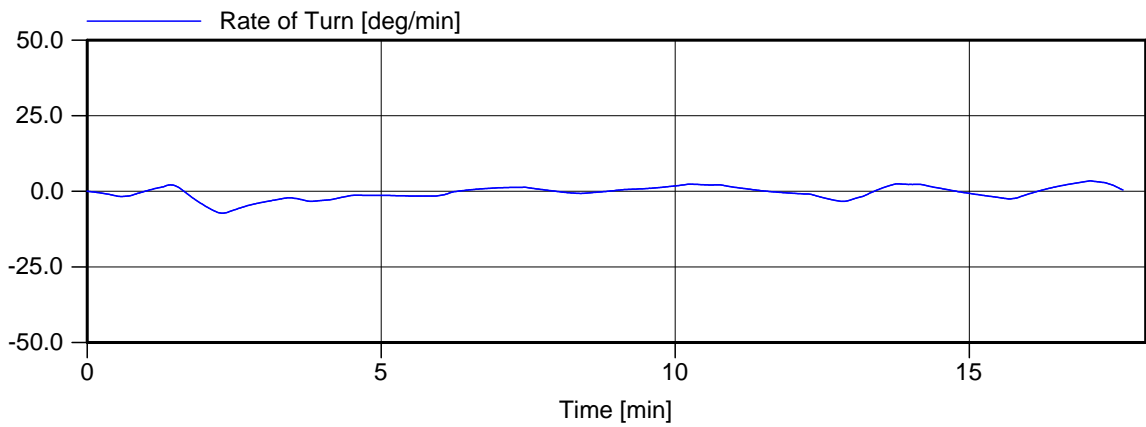
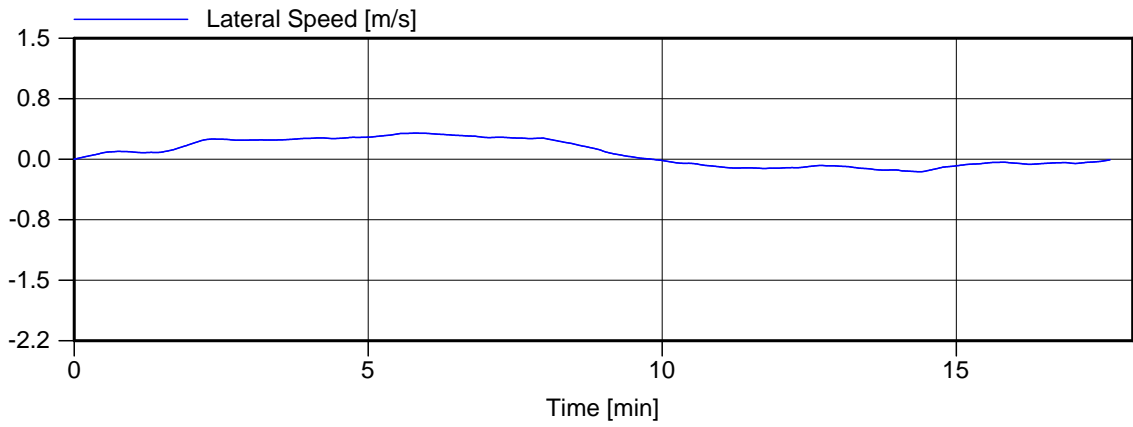
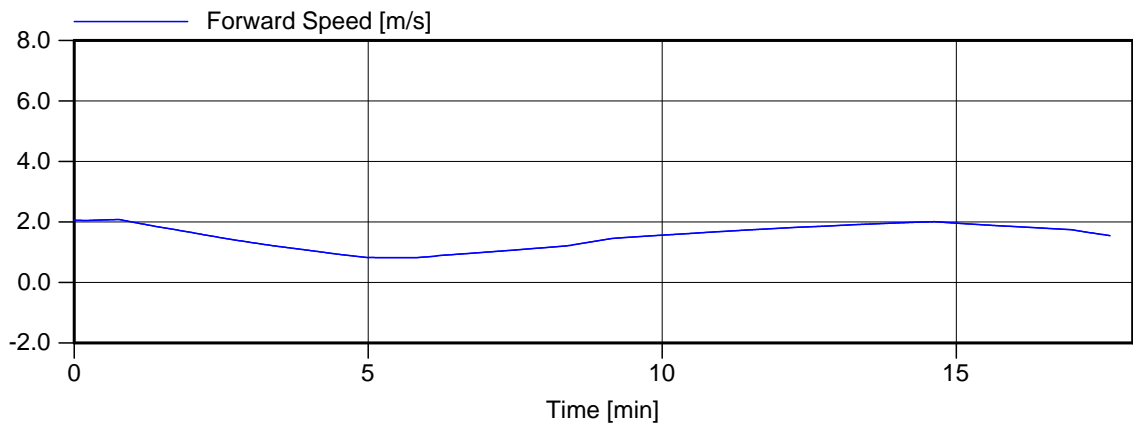
Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal

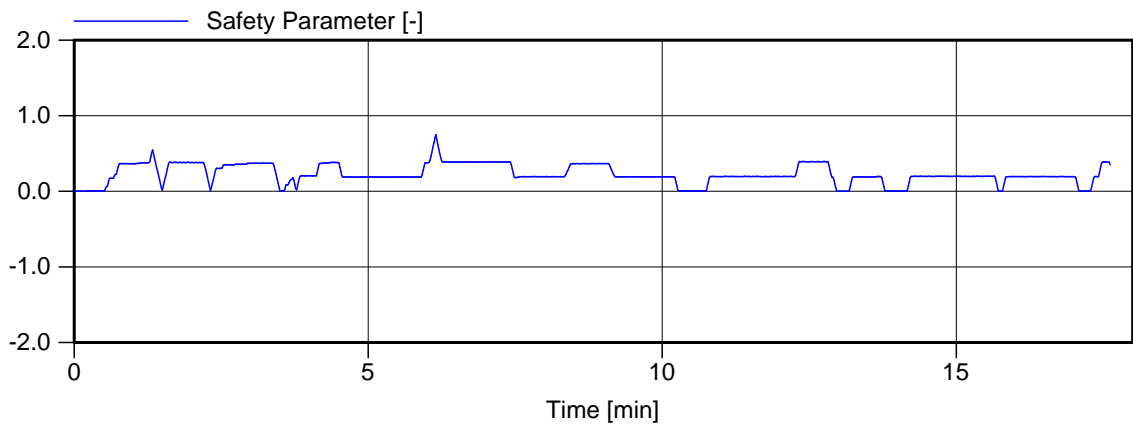
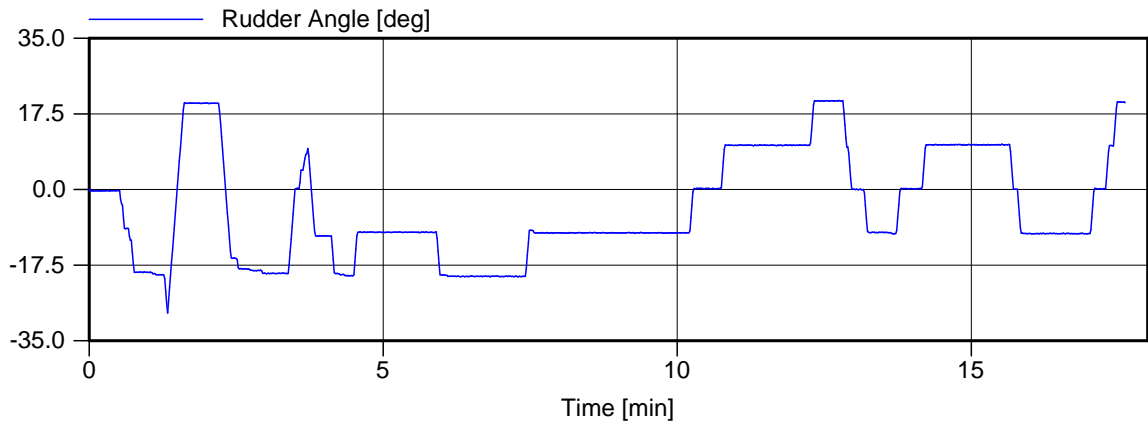
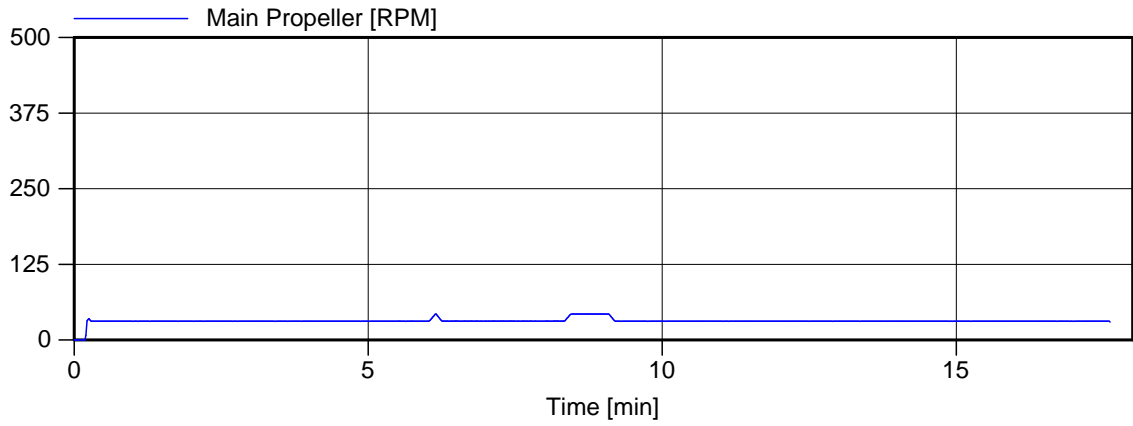
Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 14.d



Voorkeursvariant - Run 14	Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal	Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 14.f



Voorkeursvariant - Run 14

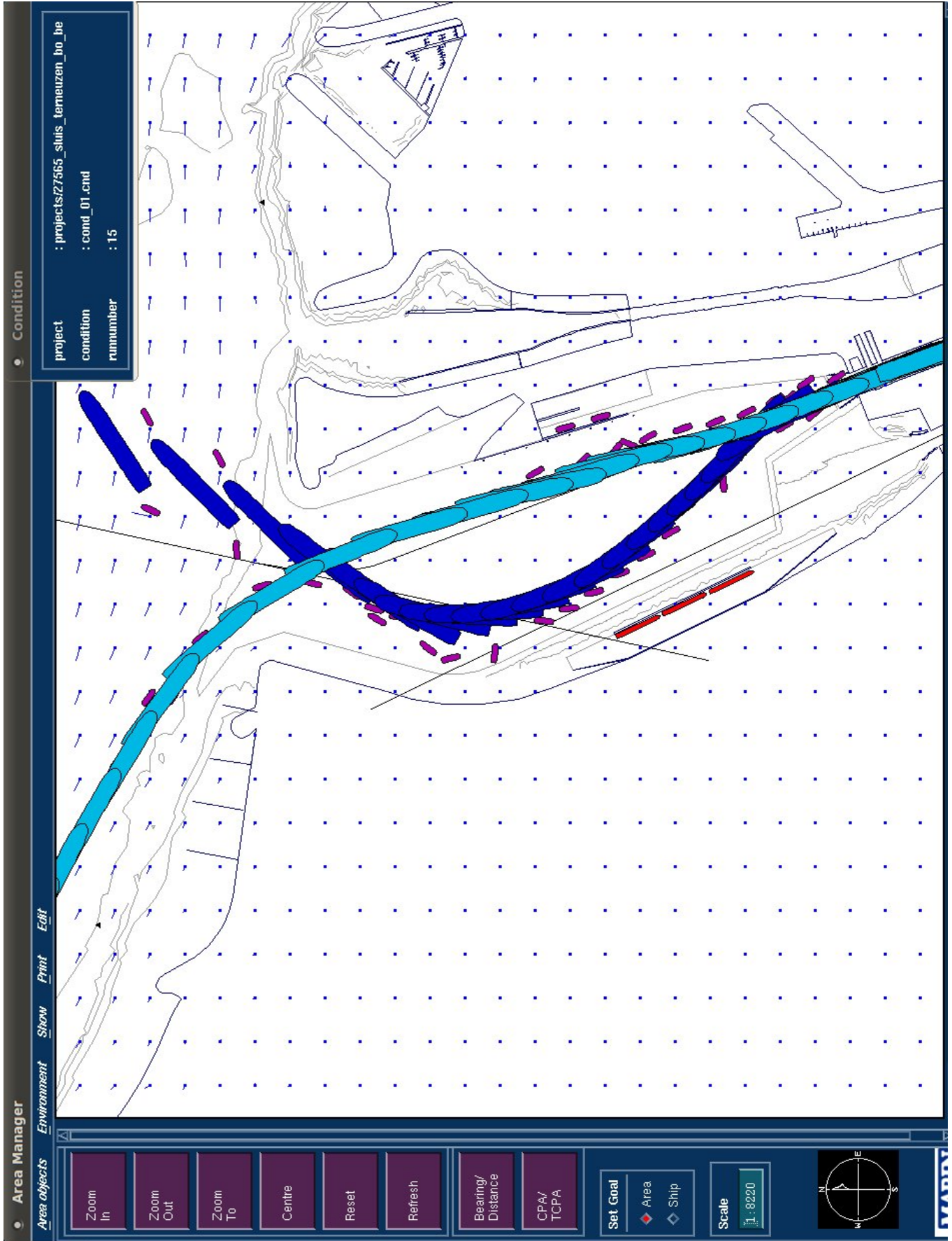
Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20

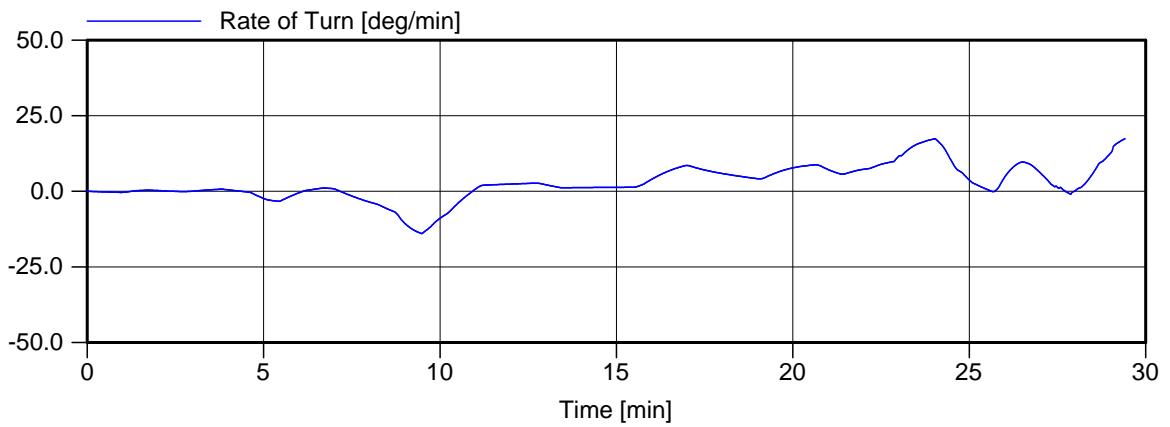
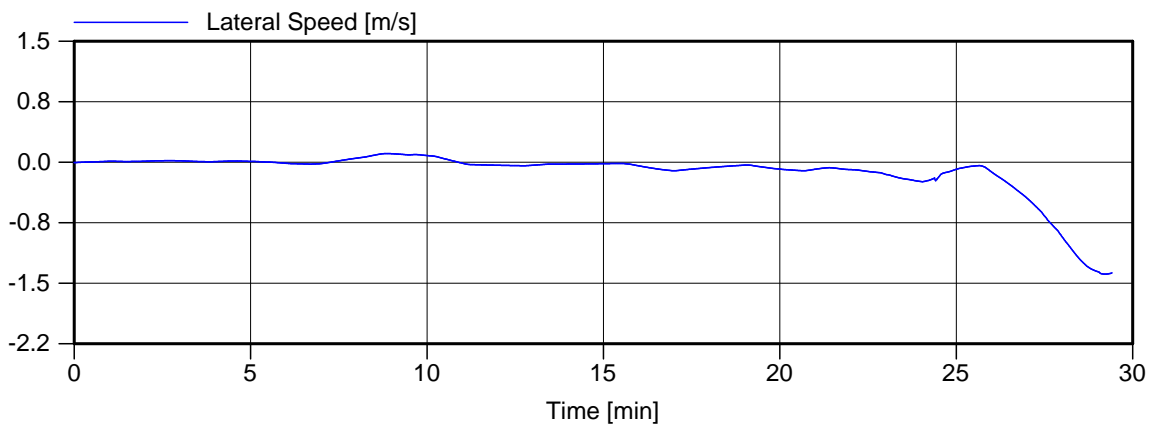
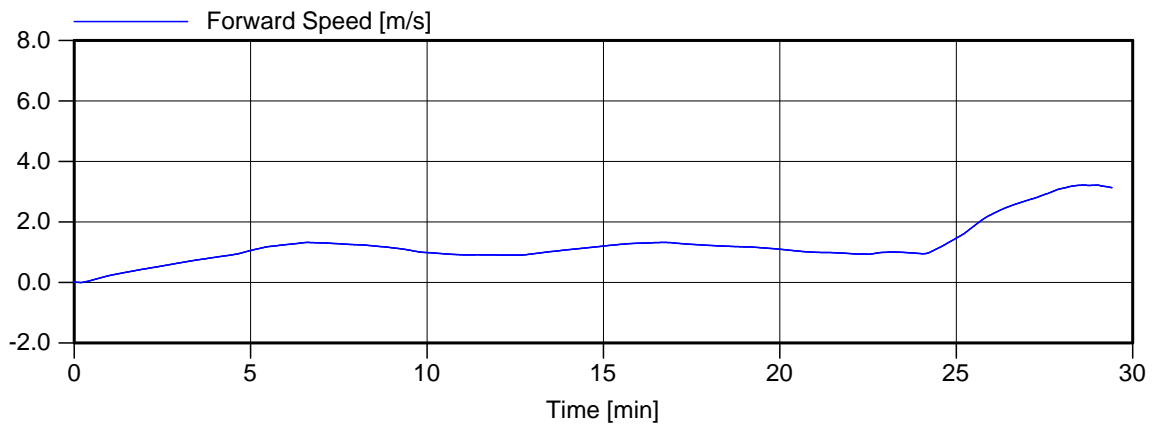
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - kanaal

Invaart kanaal - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 14.g





Voorkeursvariant - Run 15

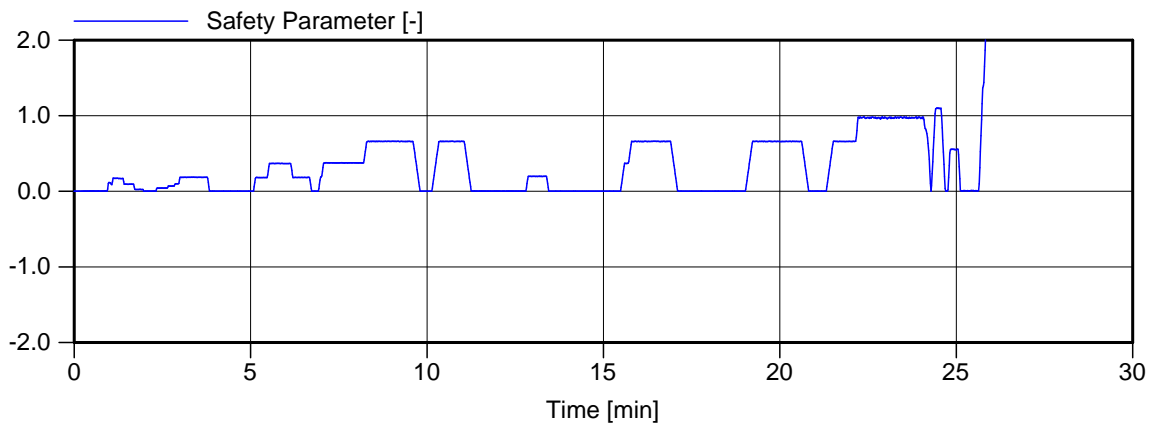
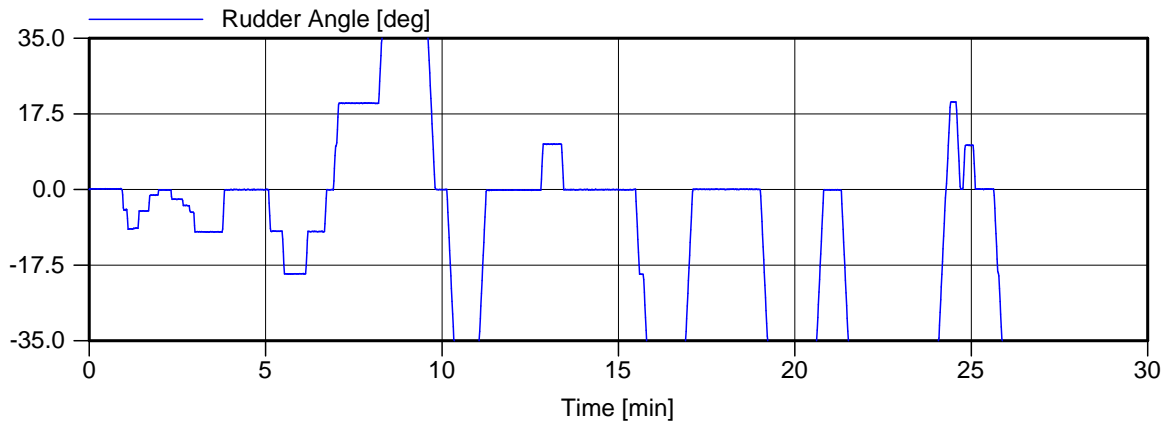
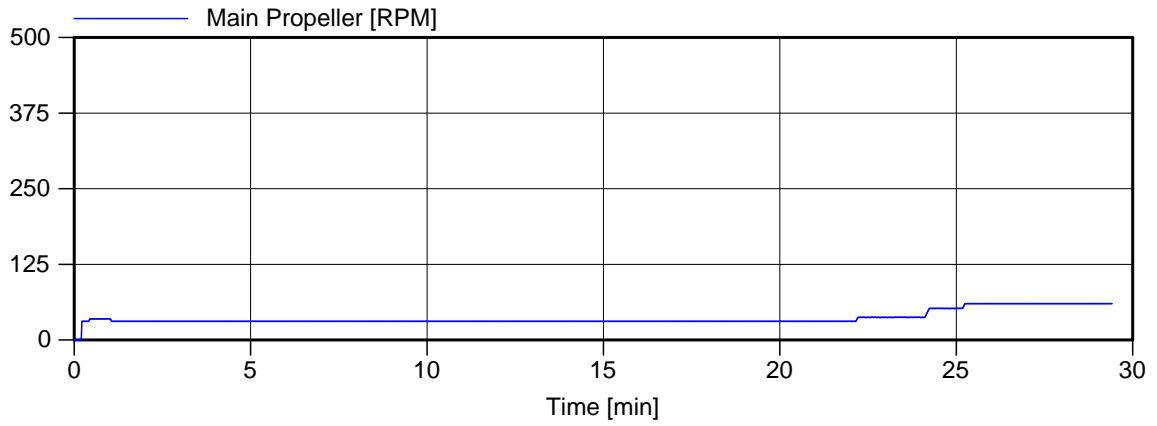
Wind , 13.8 m/s NW , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 15.b



Voorkeursvariant - Run 15

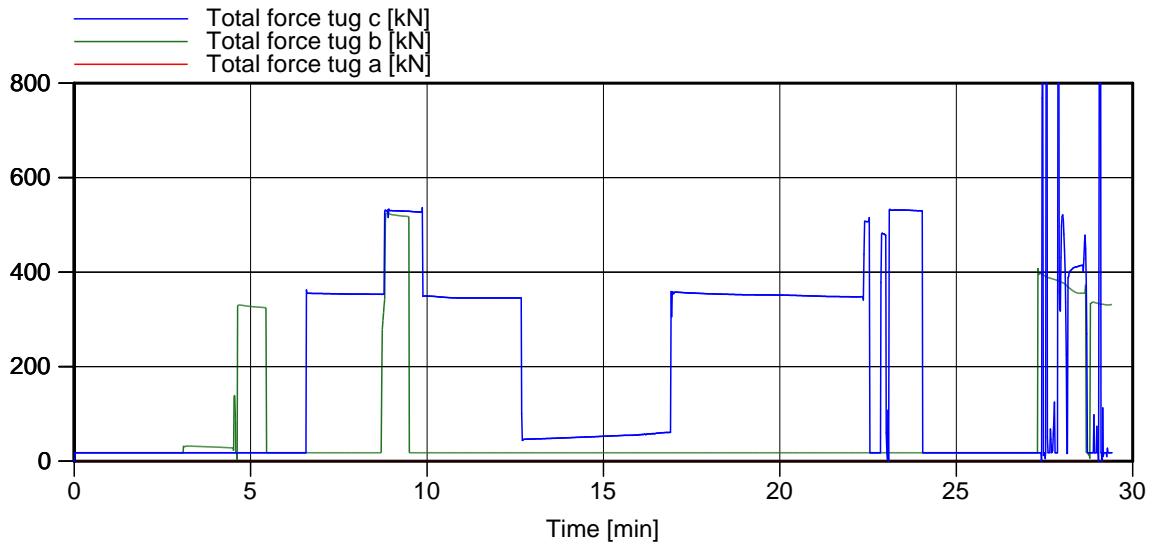
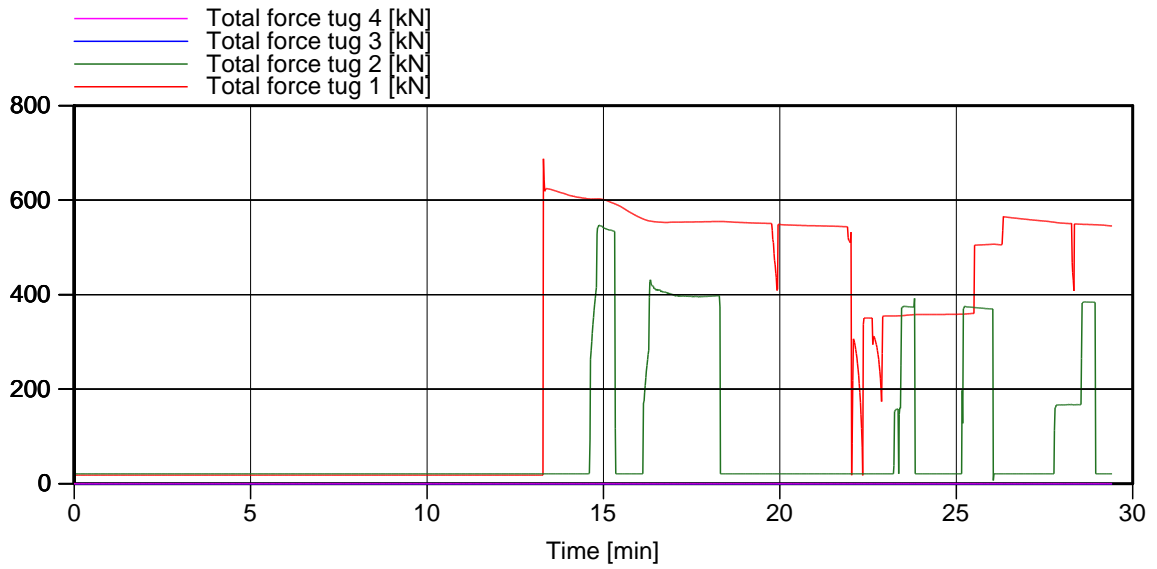
Wind , 13.8 m/s NW , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 15.c



Voorkeursvariant - Run 15

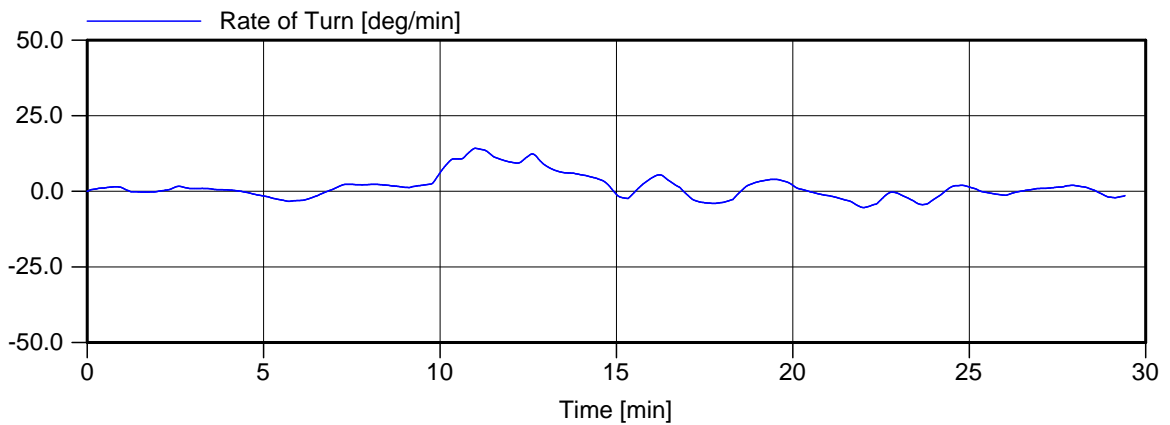
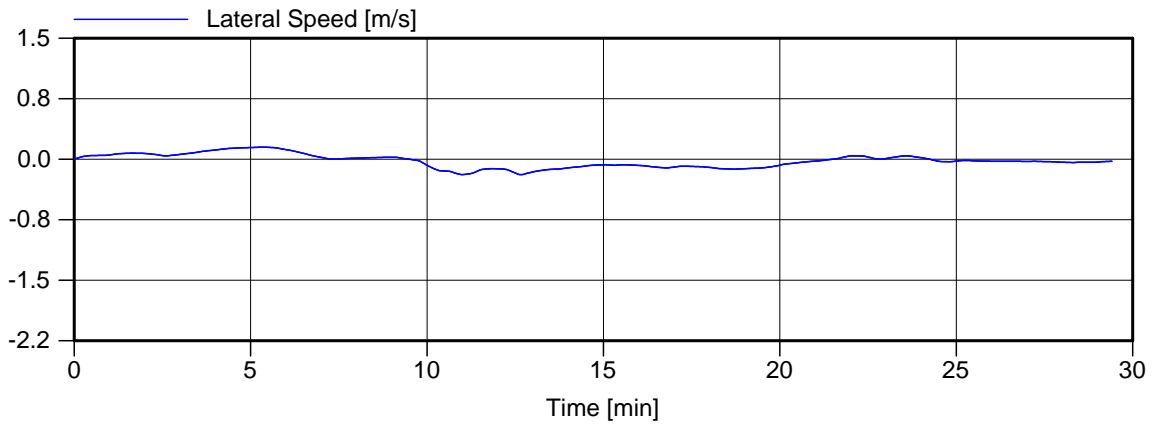
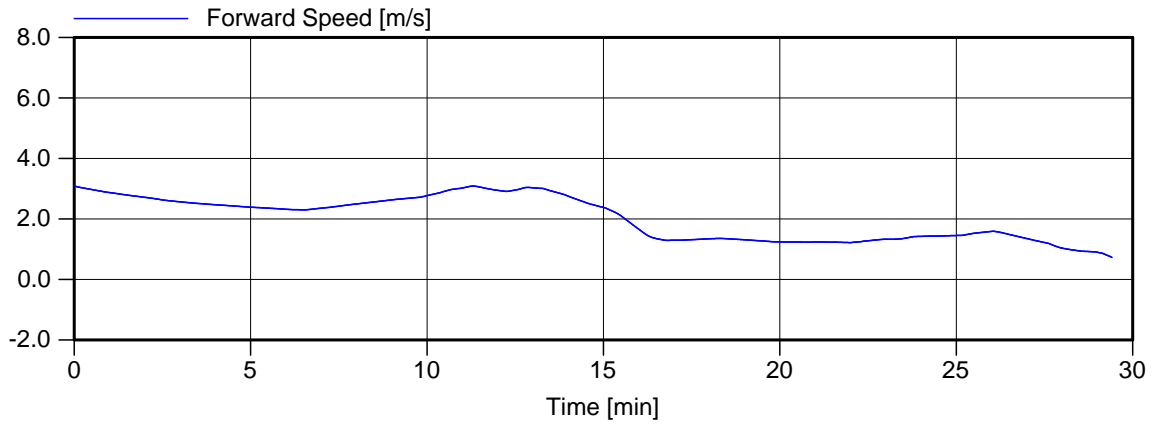
Wind , 13.8 m/s NW , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 15.d



Voorkeursvariant - Run 15

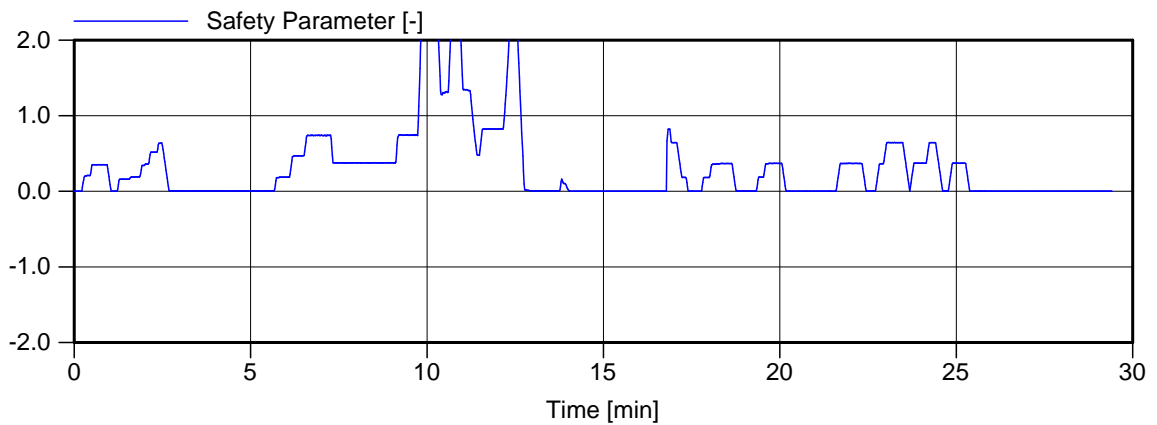
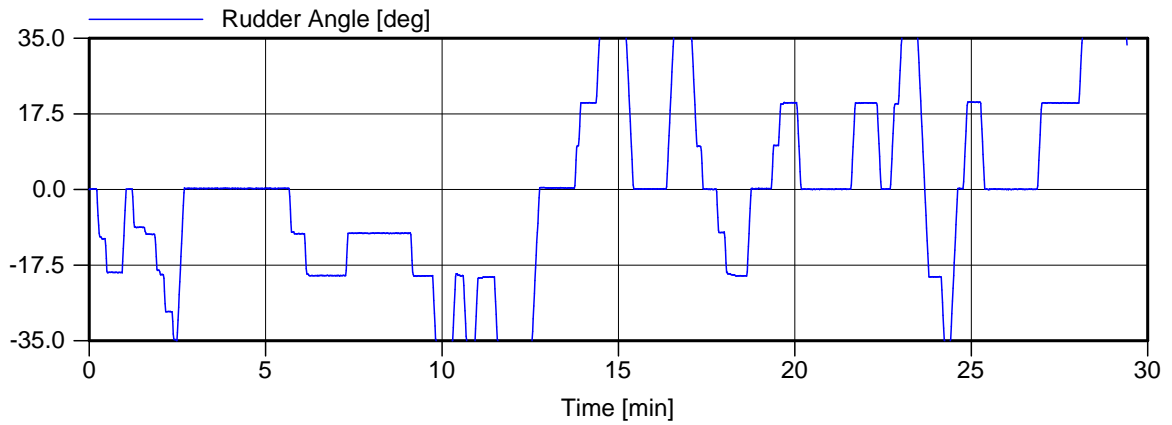
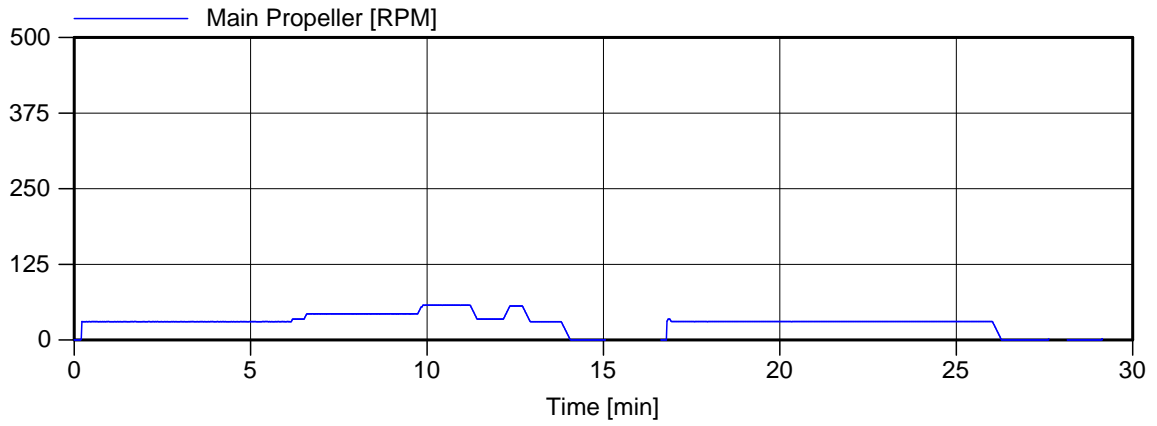
Wind , 13.8 m/s NW , 3 kts eb, 13:00

Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 15.f



Voorkeursvariant - Run 15

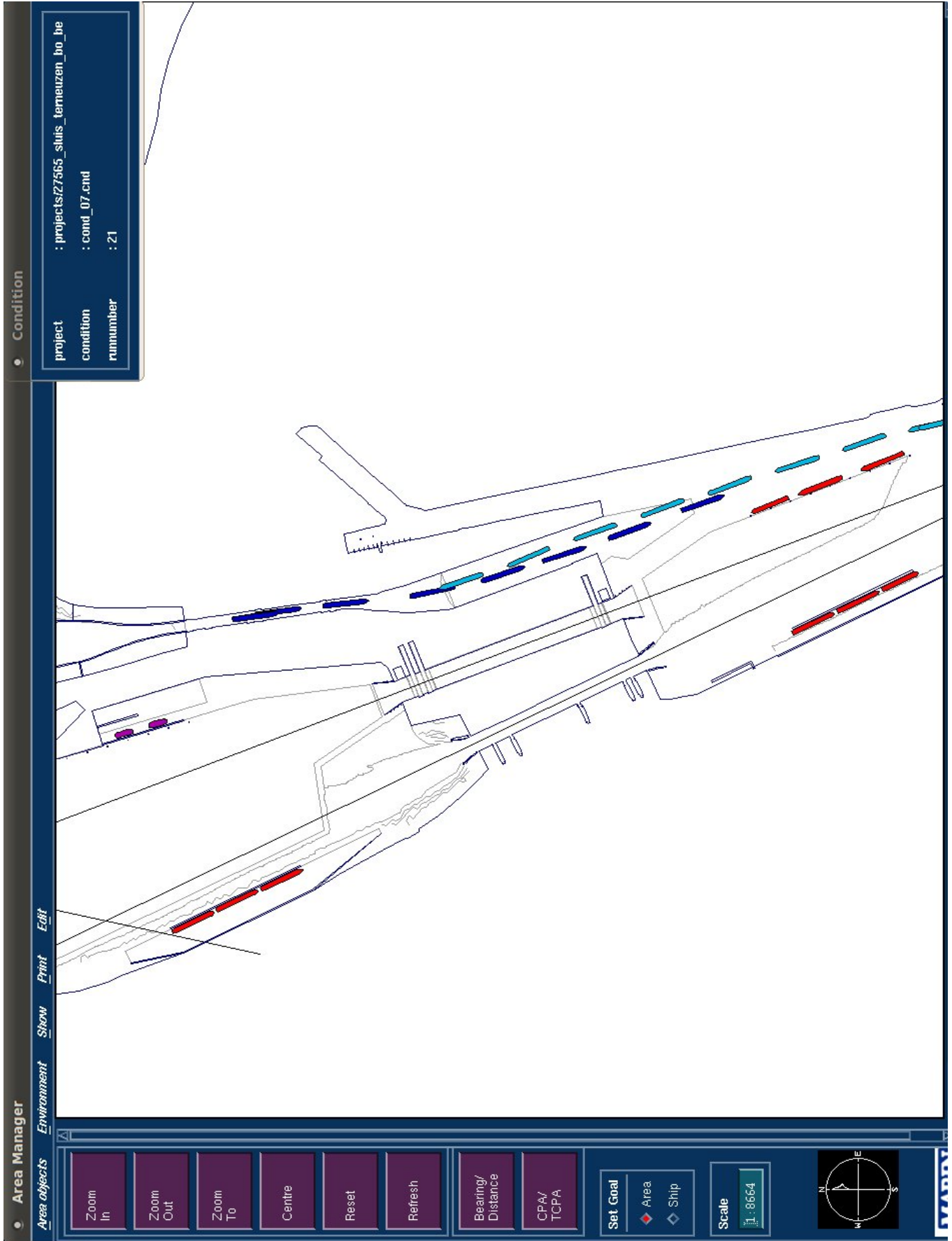
Wind , 13.8 m/s NW , 3 kts eb, 13:00

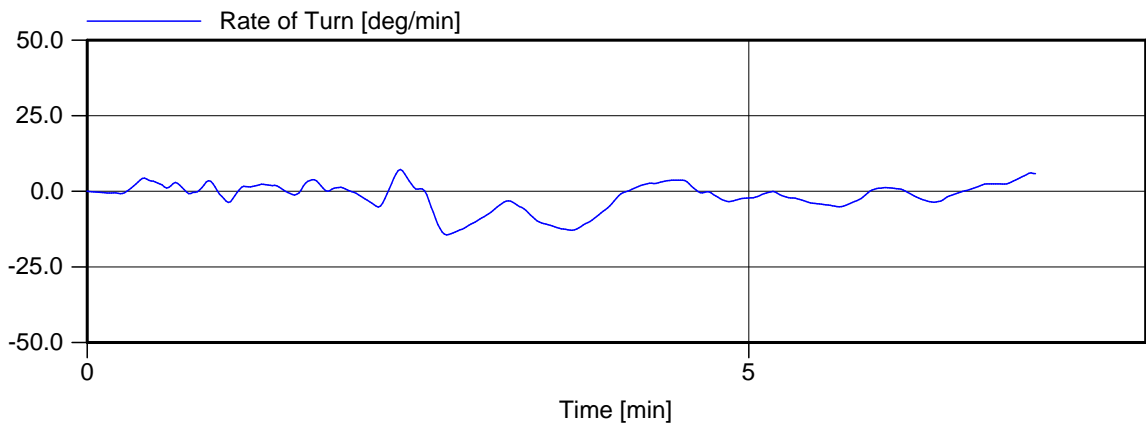
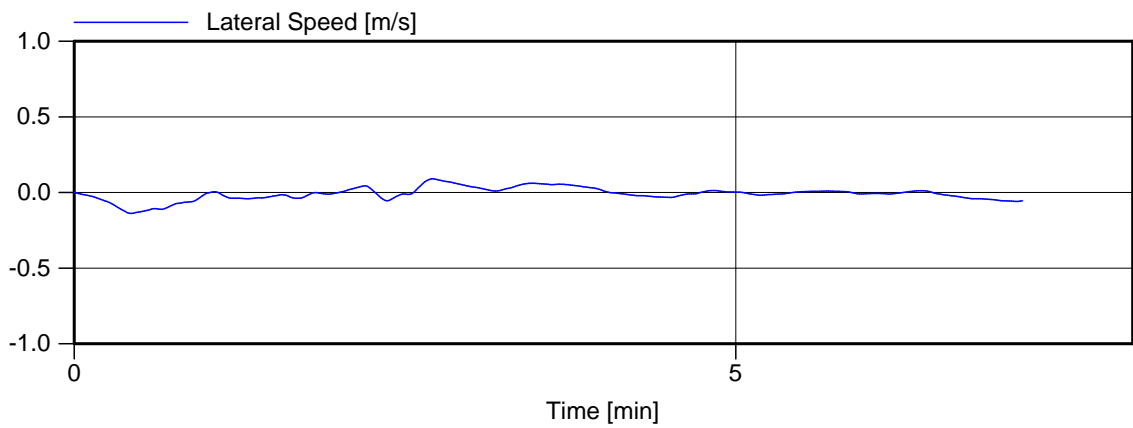
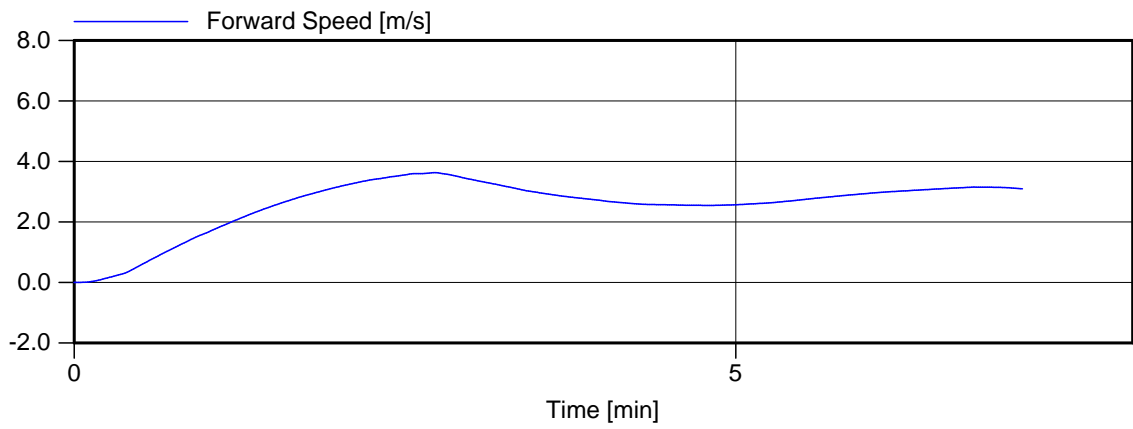
Manoeuvre: Uitvaart Nieuwe zeesluis - Antwerpen

Invaart zee - Nieuwe zeesluis

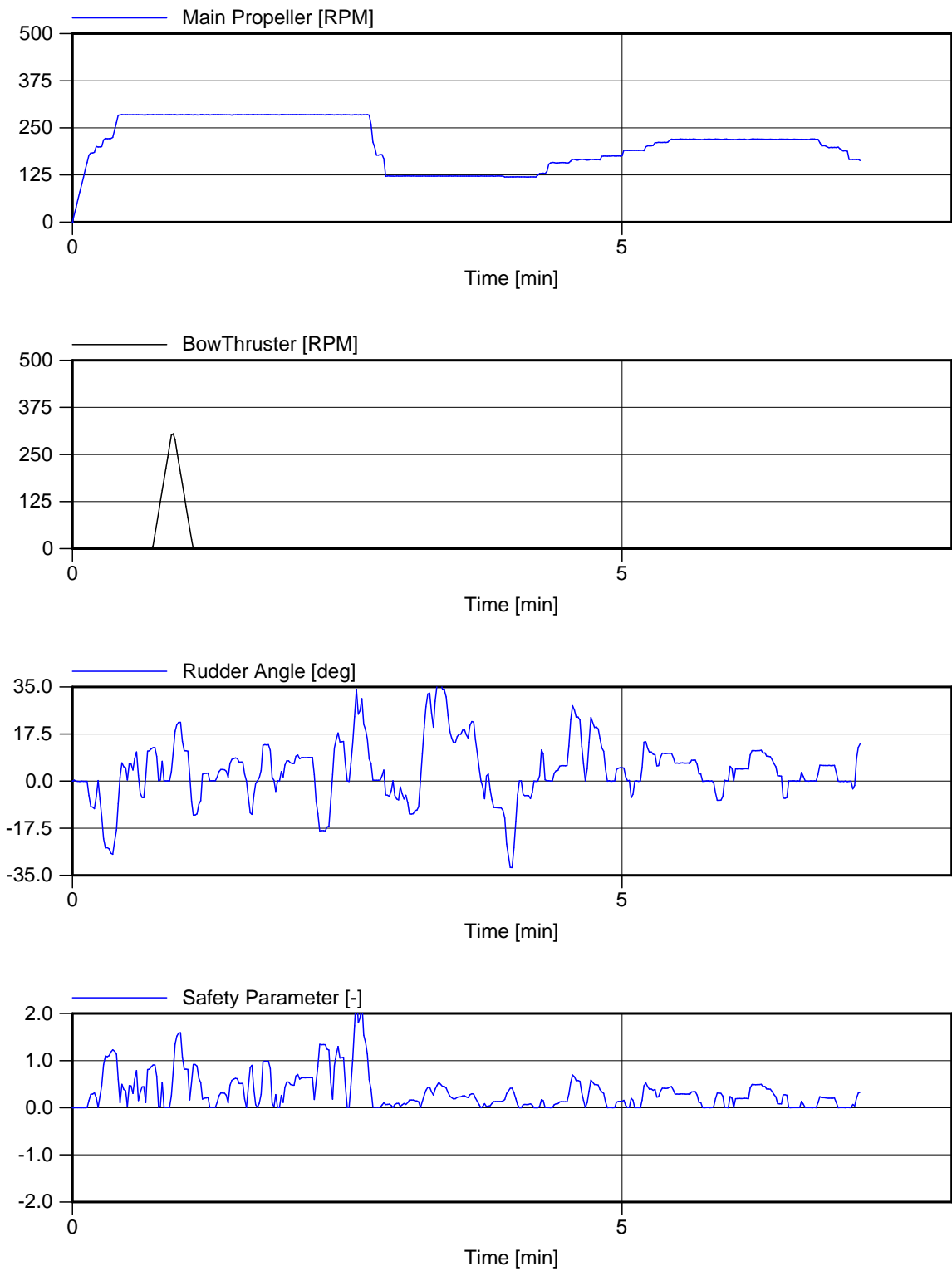
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 15.g





Voorkeursvariant - Run 21	Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 21.b



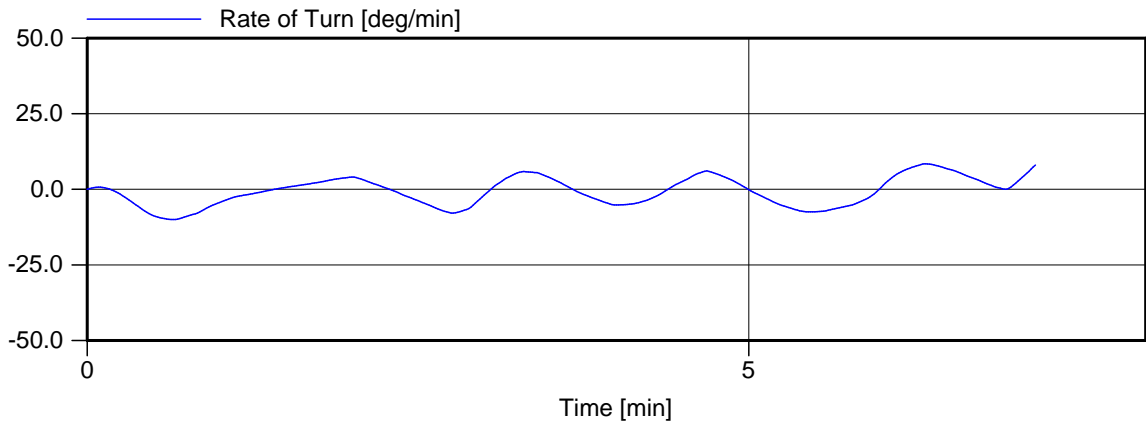
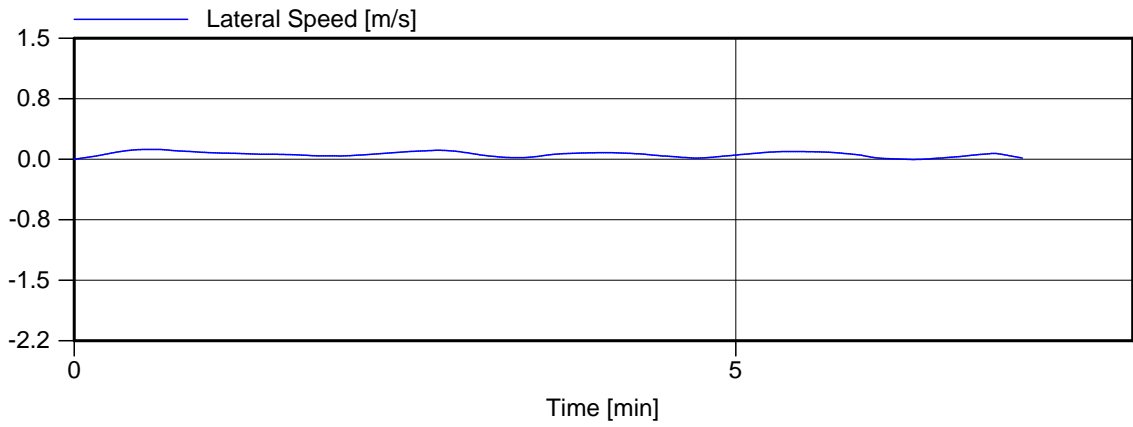
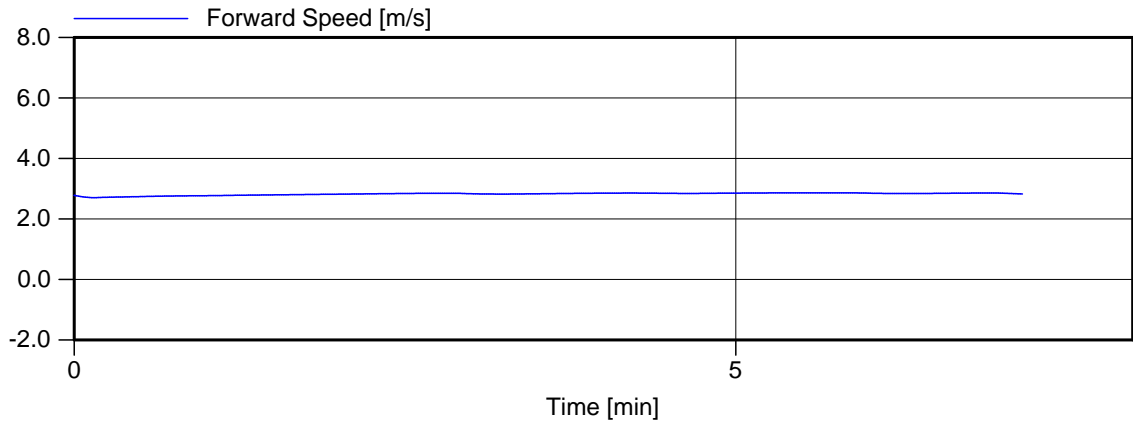
Voorkeursvariant - Run 21

Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 21.c



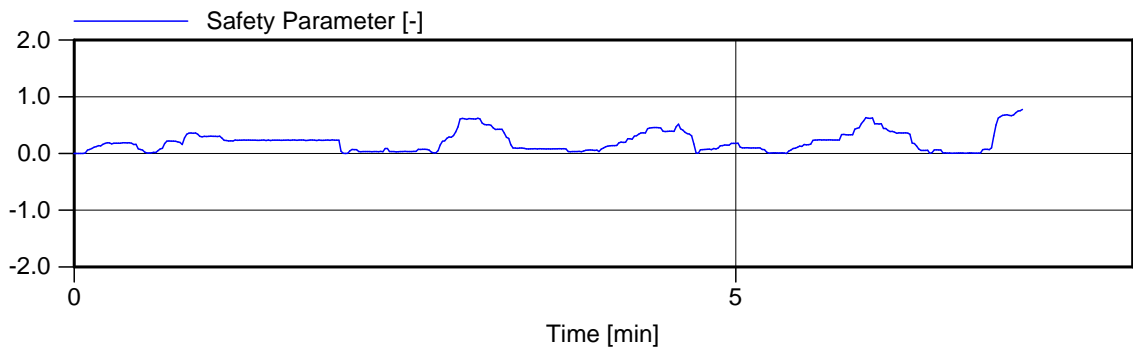
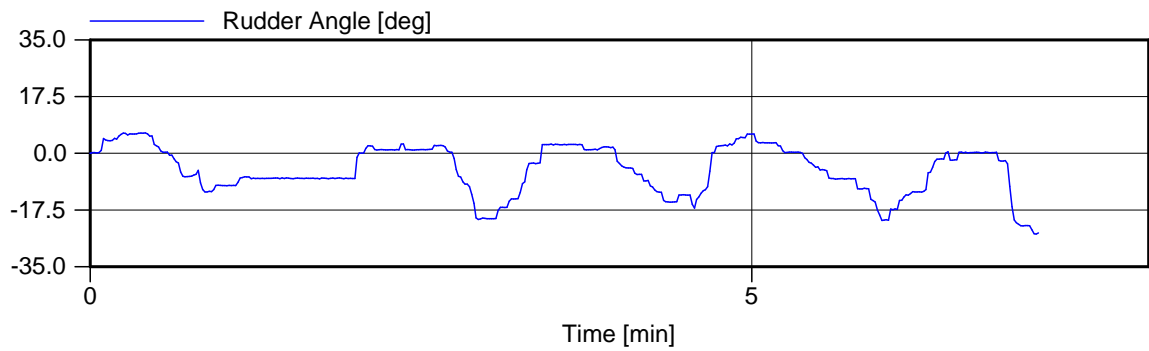
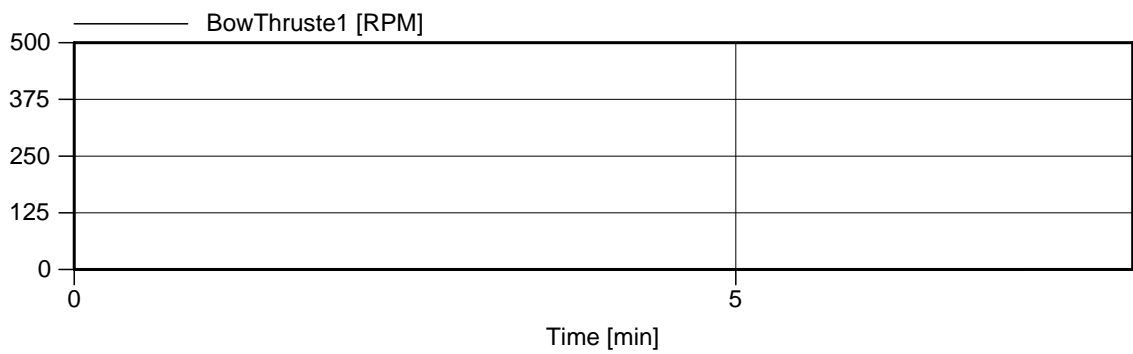
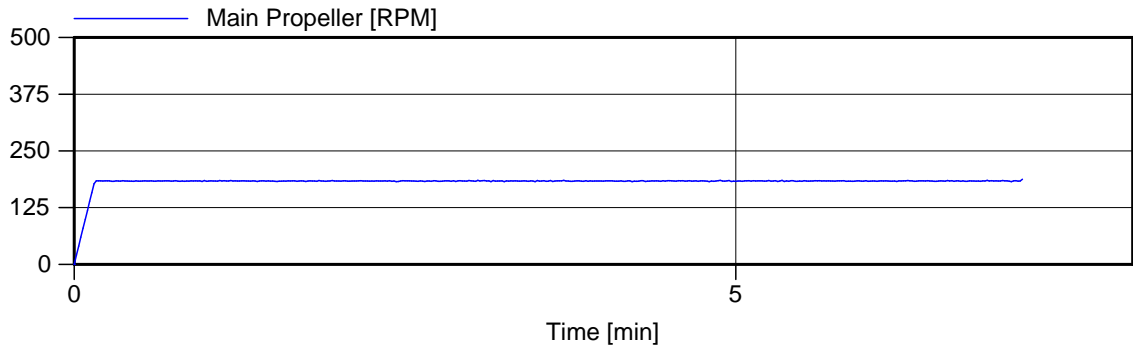
Voorkeursvariant - Run 21

Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 21.f



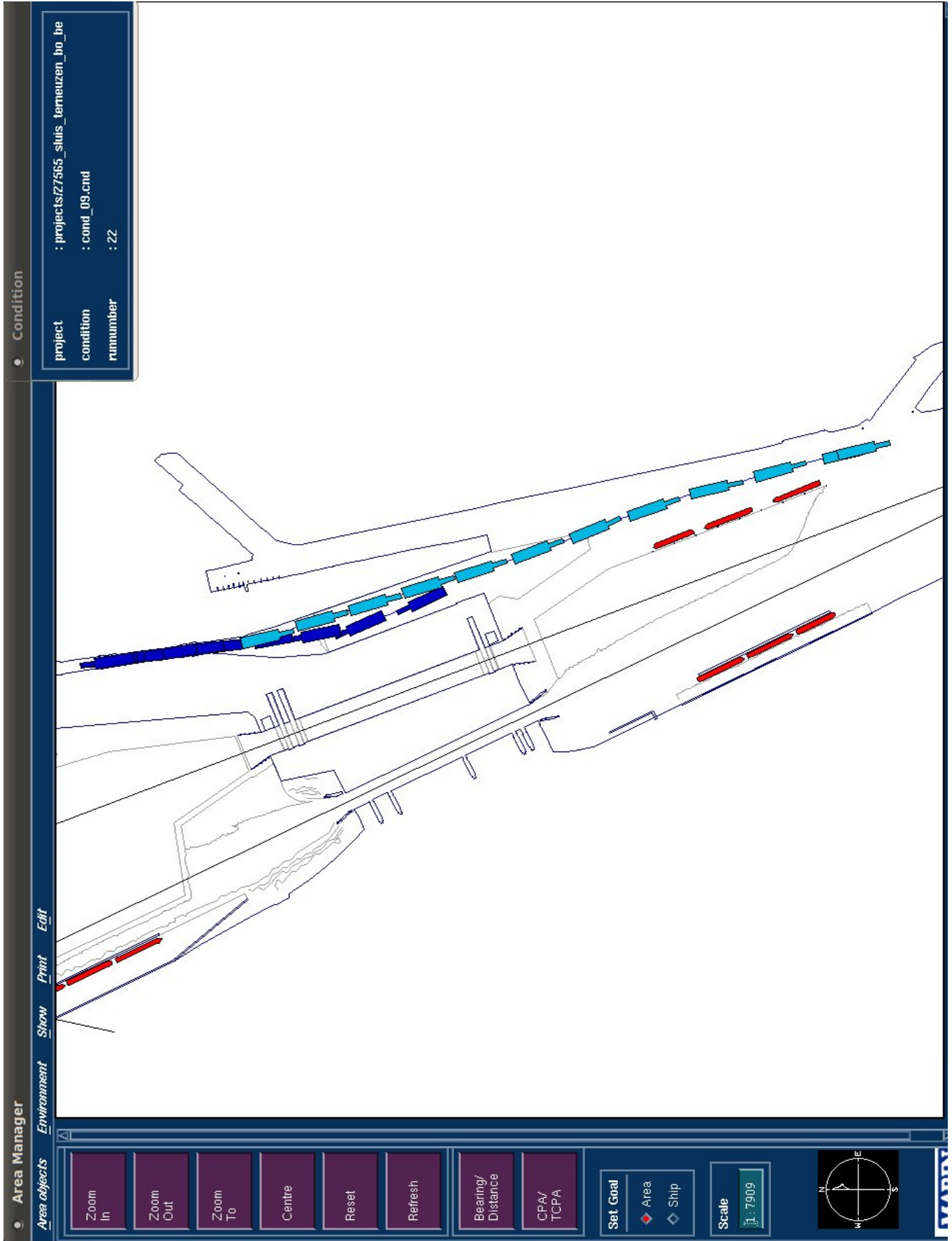
Voorkeursvariant - Run 21

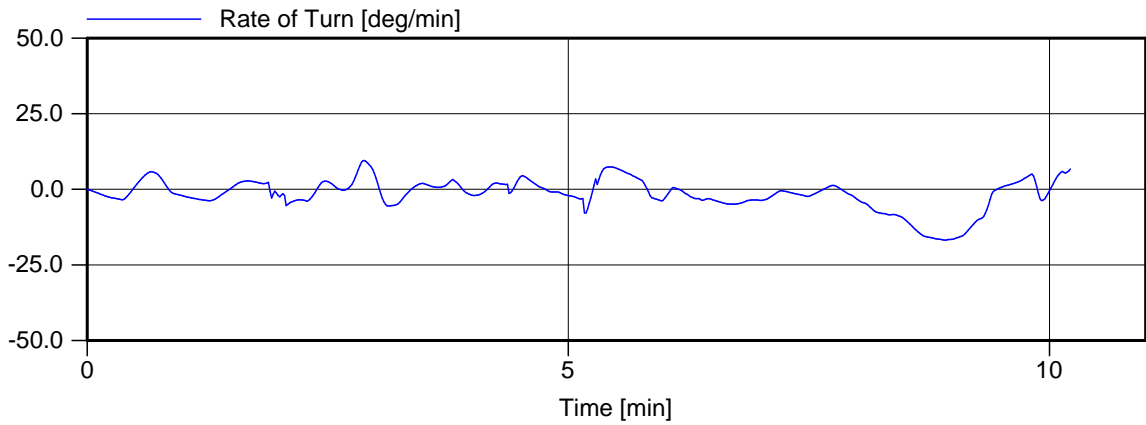
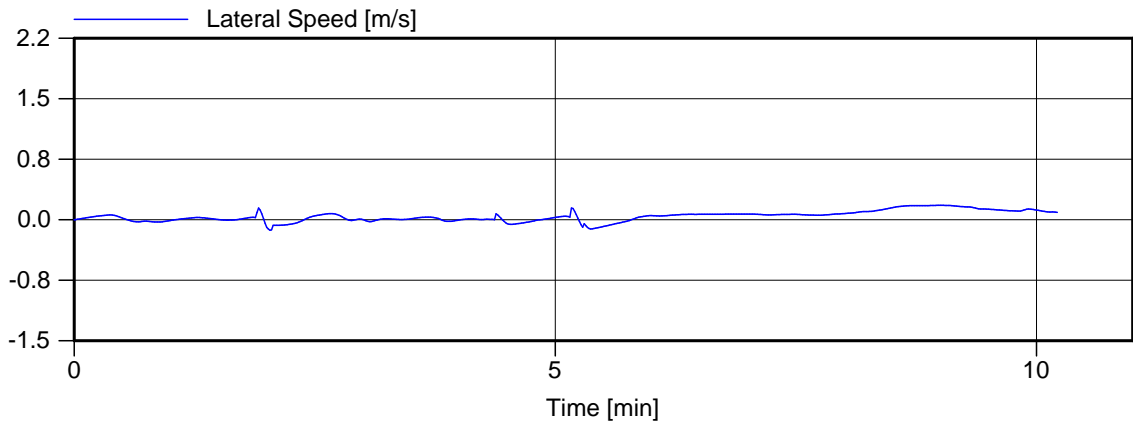
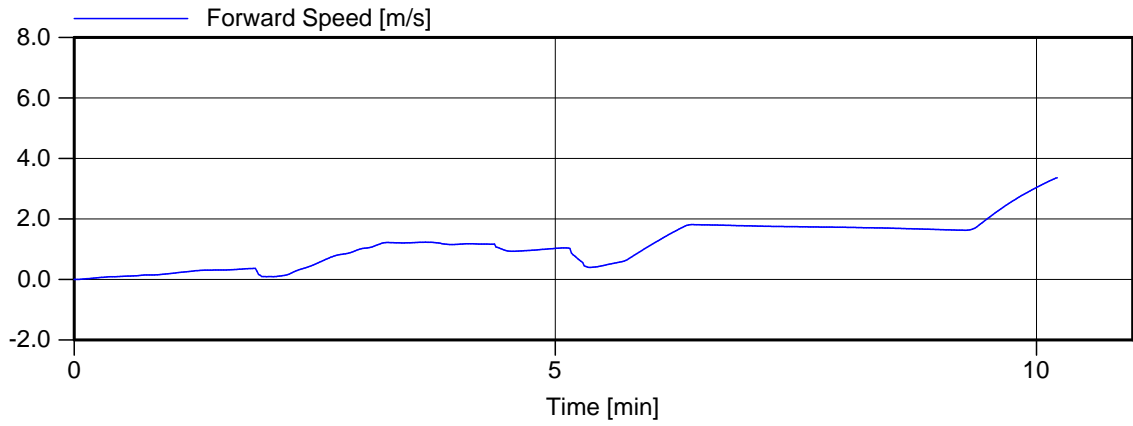
Wind , 13.8 m/s ZW , nvt, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

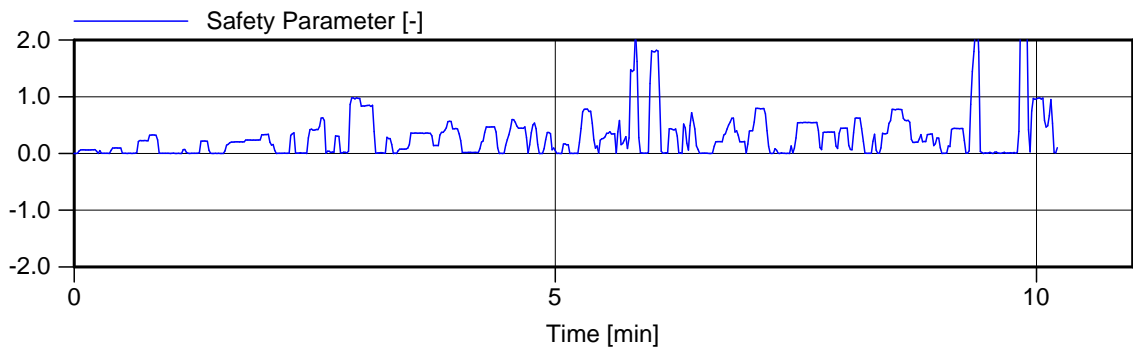
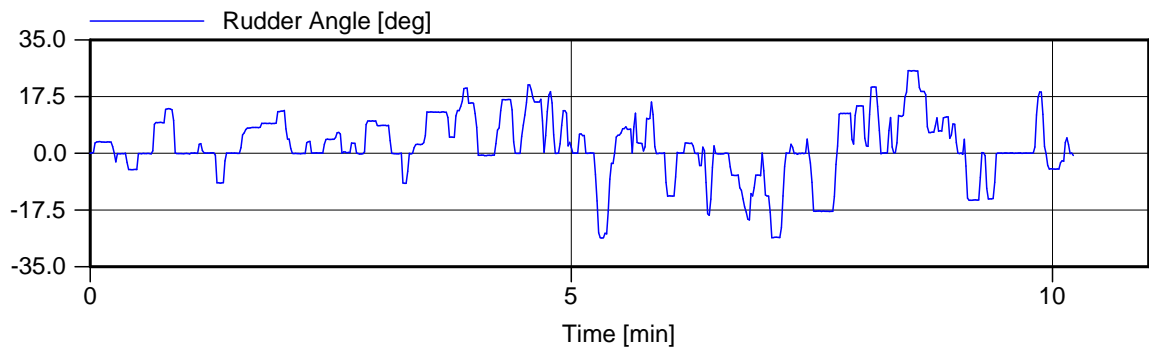
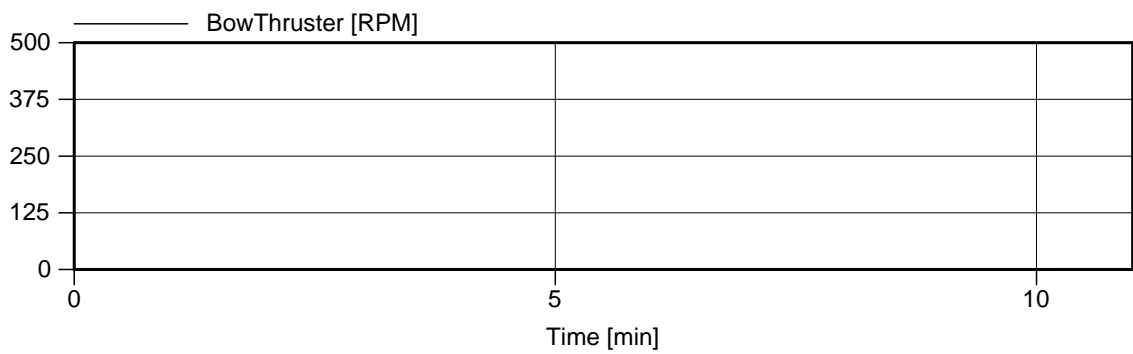
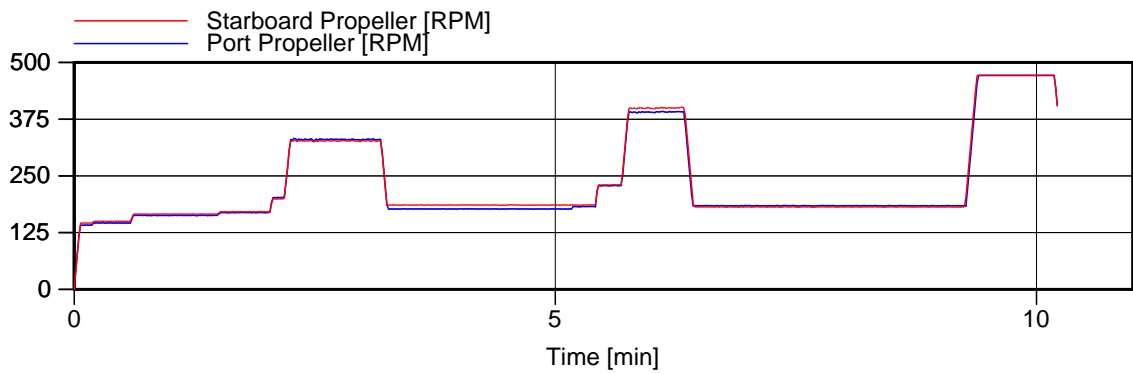
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 21.g





Voorkeursvariant - Run 22	Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 22.b



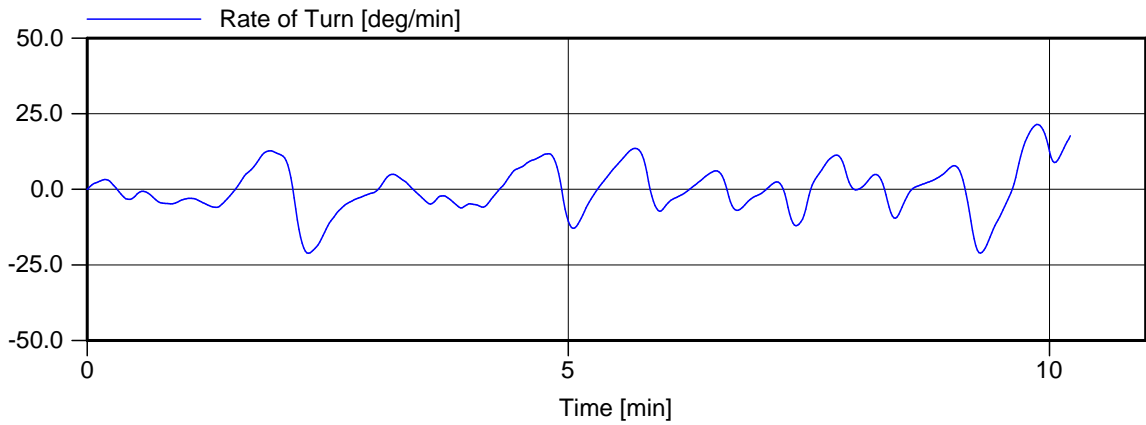
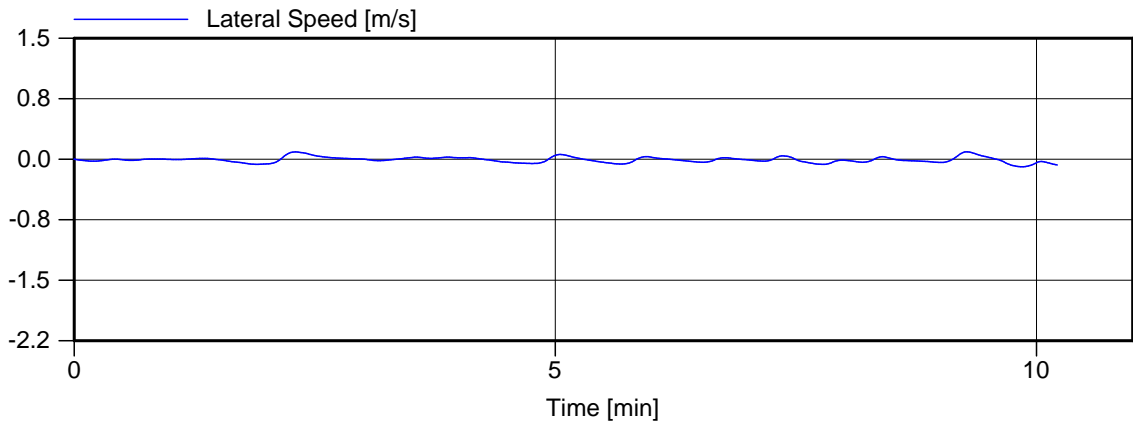
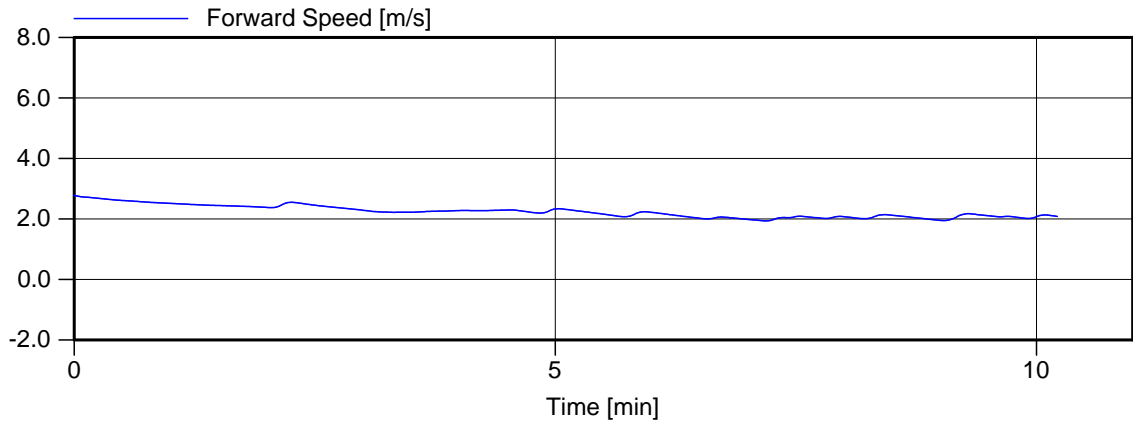
Voorkeursvariant - Run 22

Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 22.c



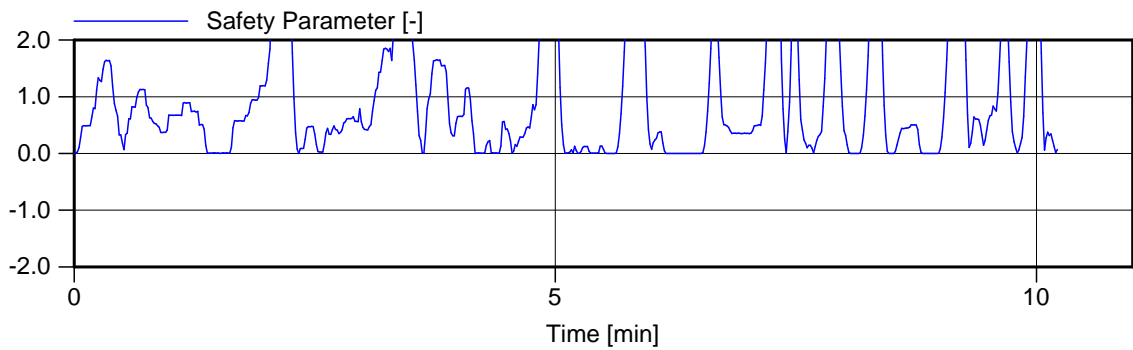
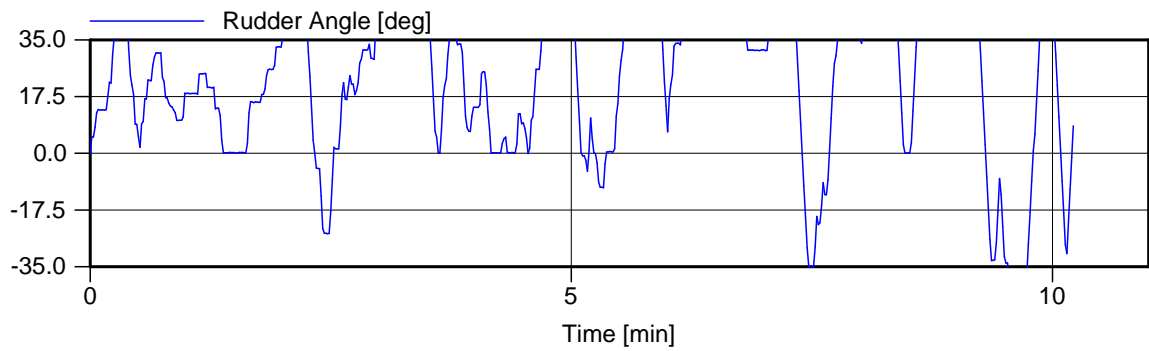
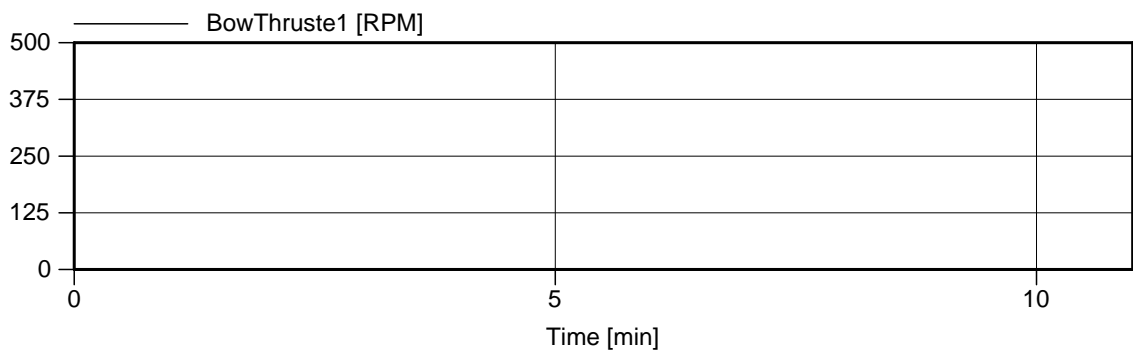
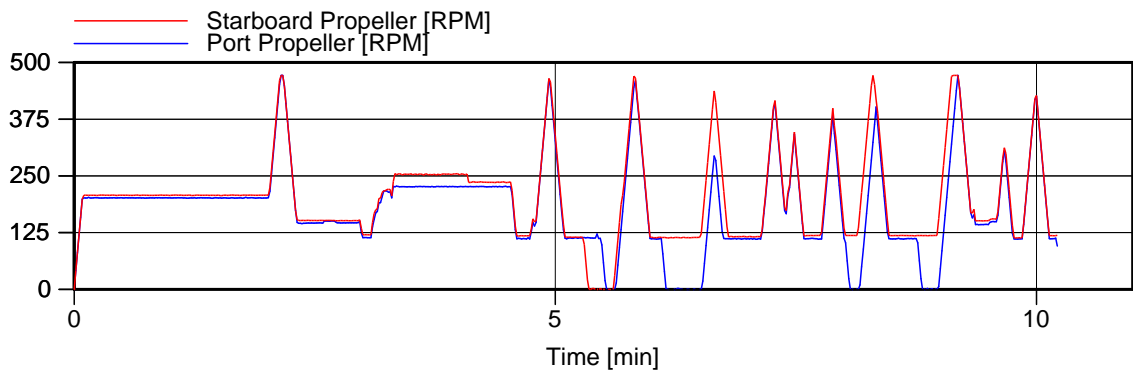
Voorkeursvariant - Run 22

Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 22.f



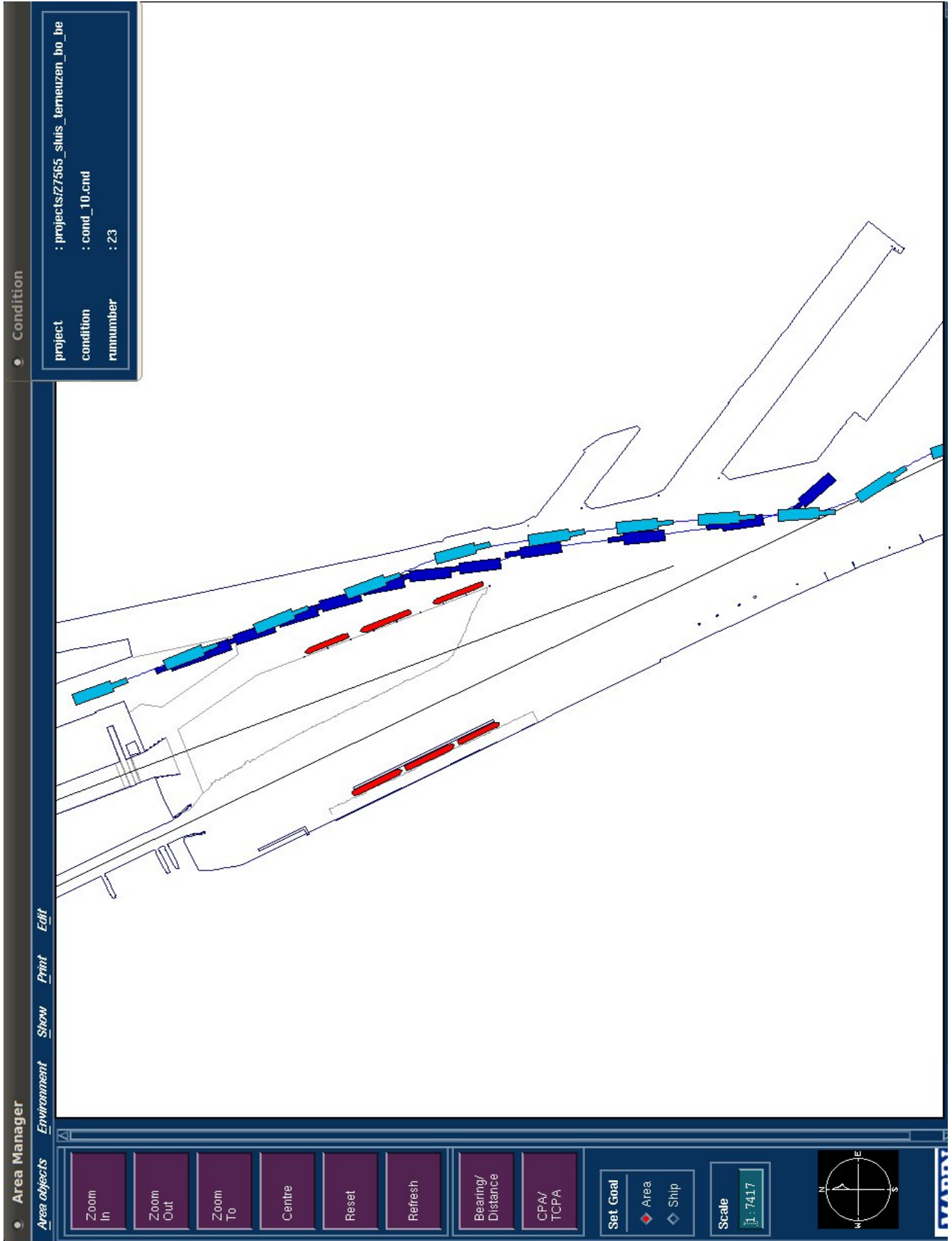
Voorkeursvariant - Run 22

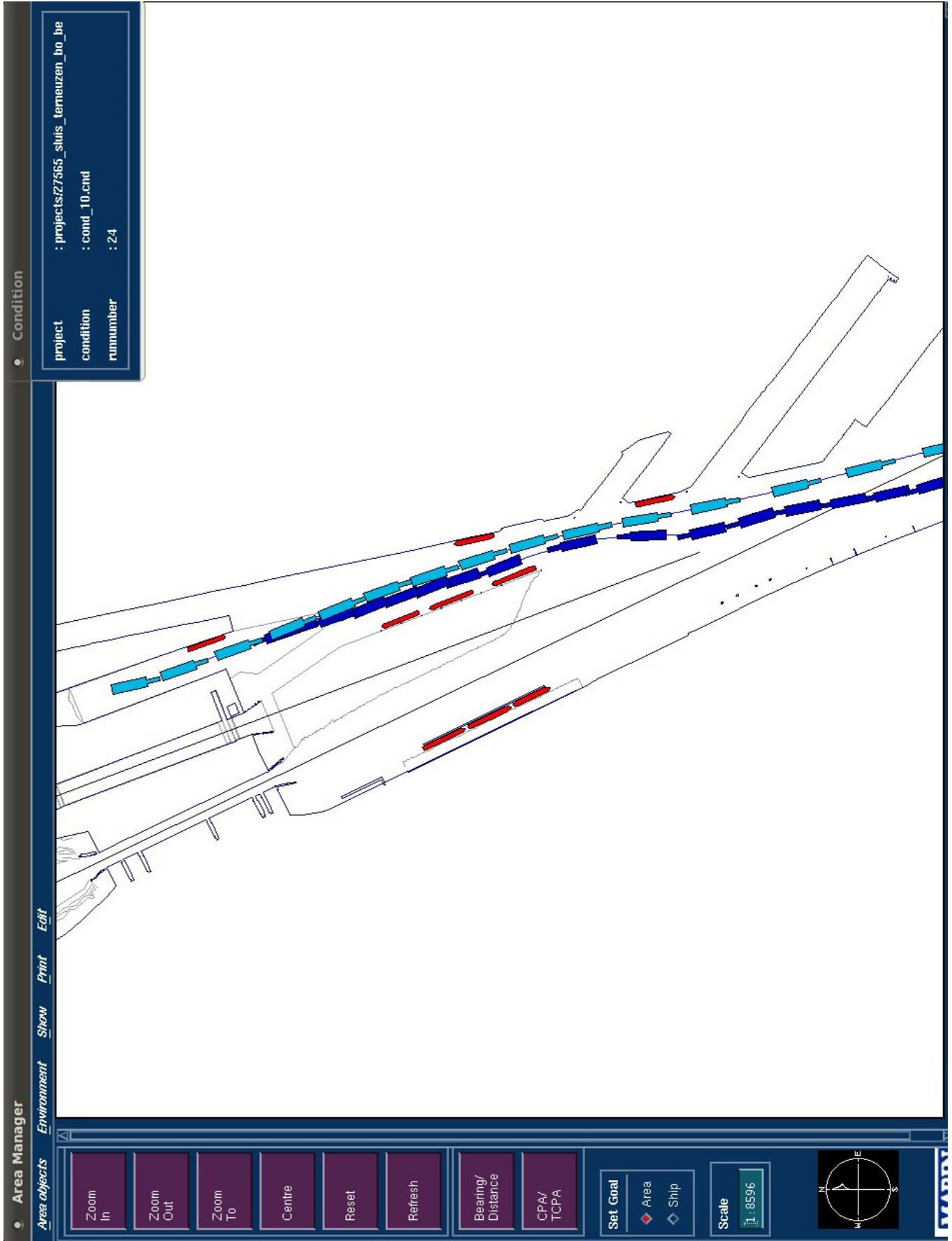
Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20

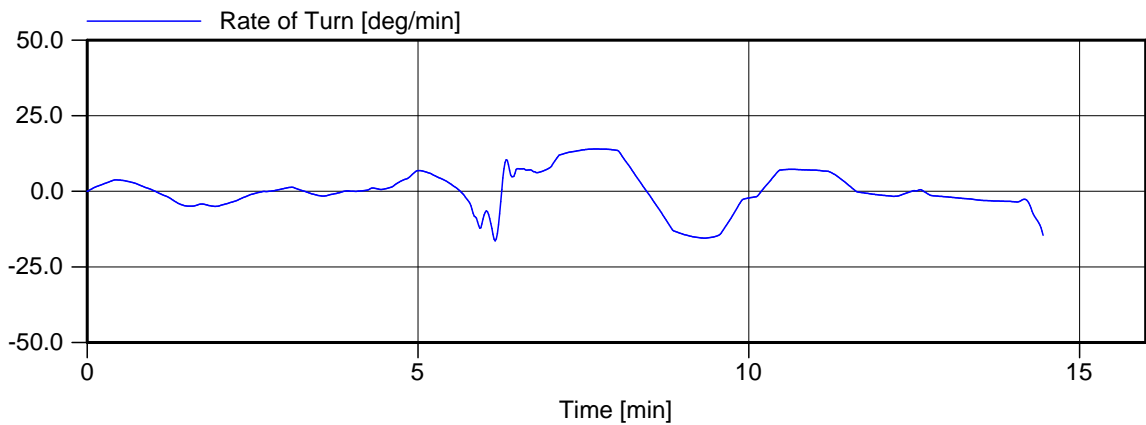
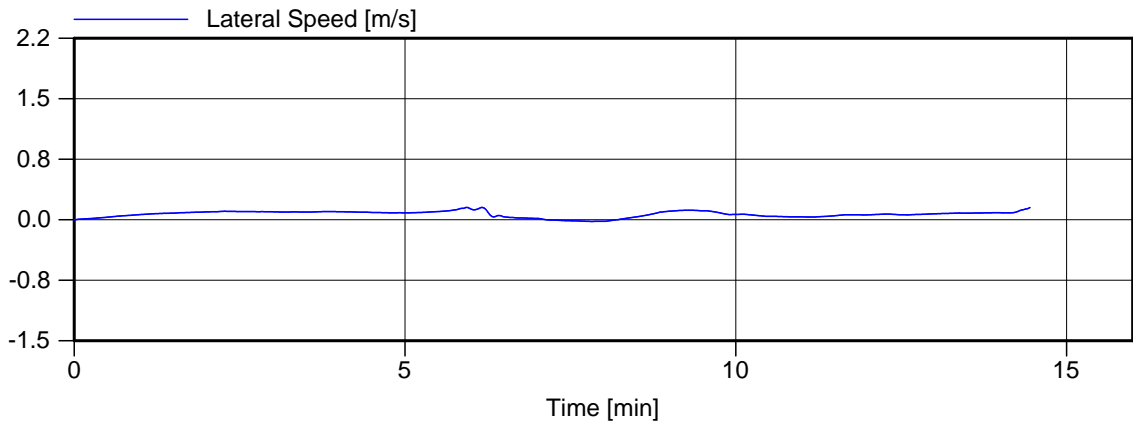
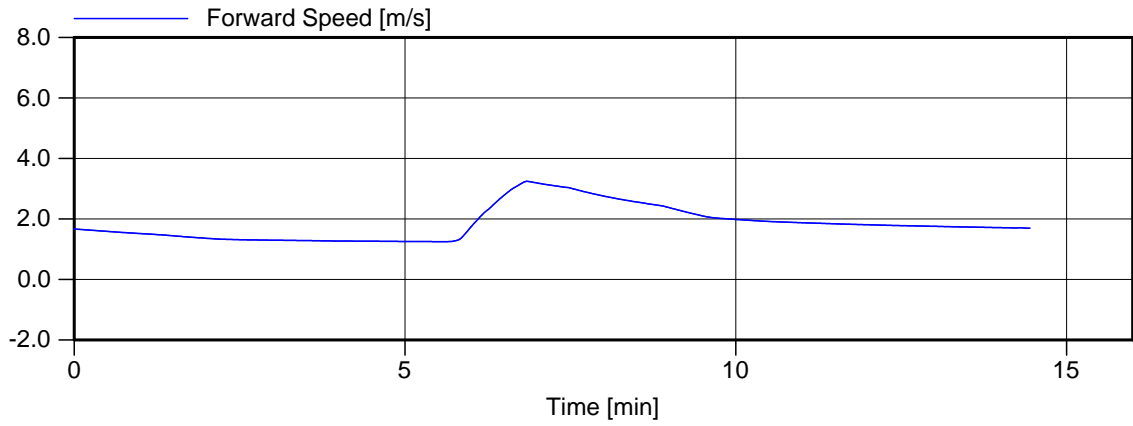
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 22.g







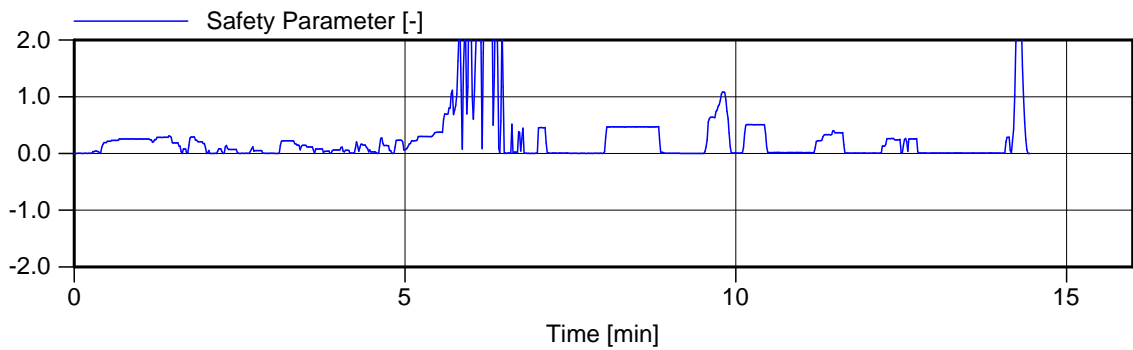
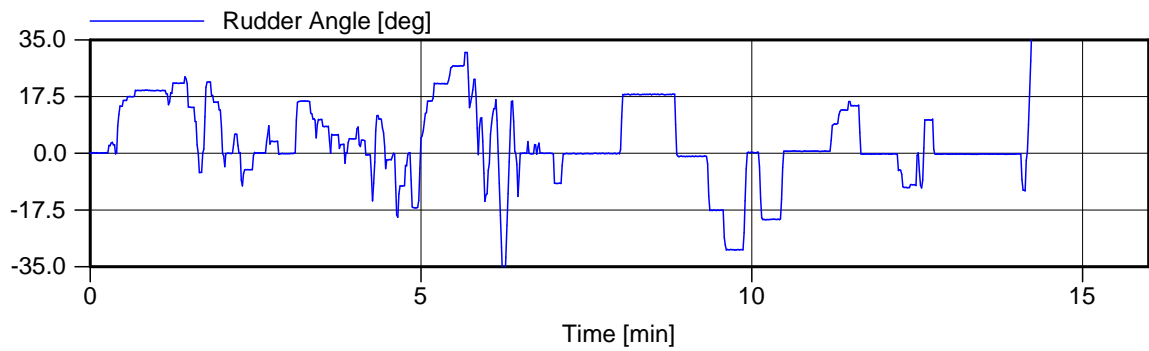
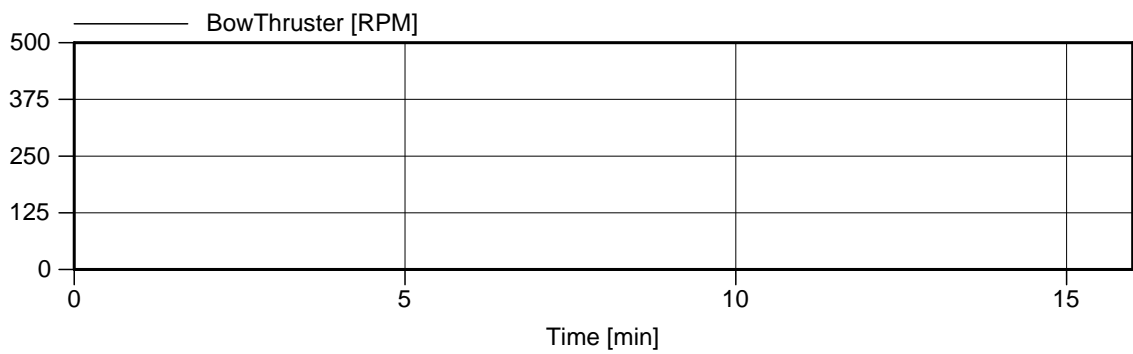
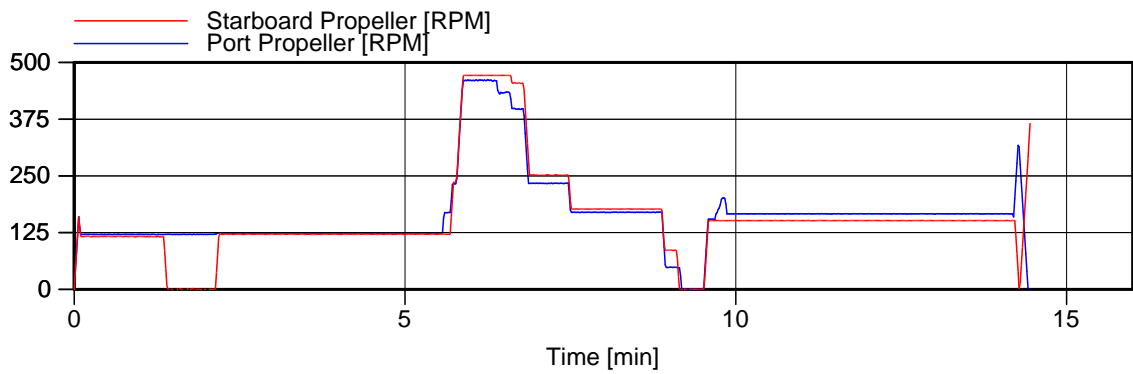
Voorkeursvariant - Run 24

Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting noodsteiger

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 24.b



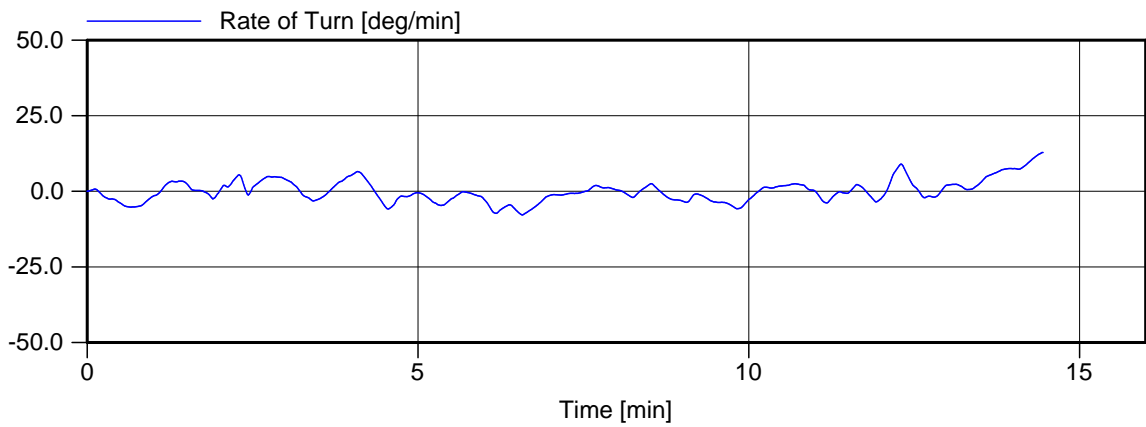
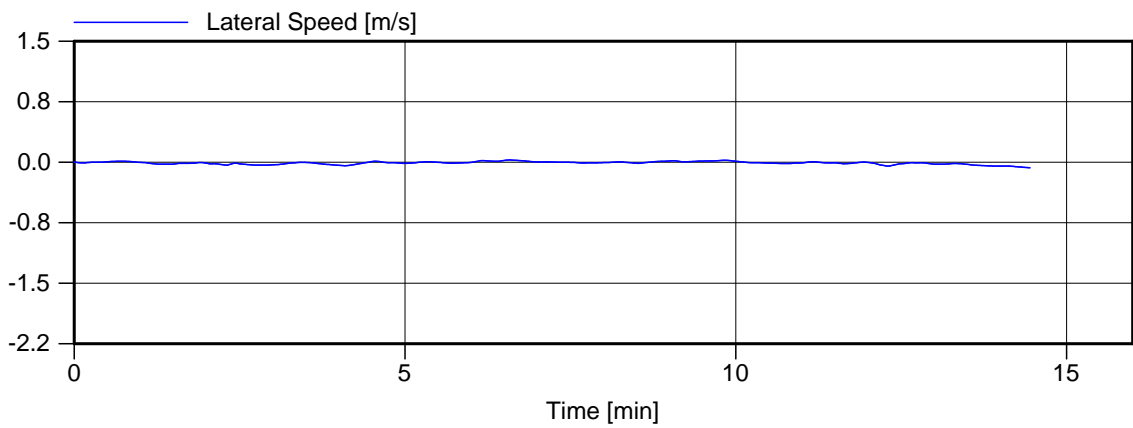
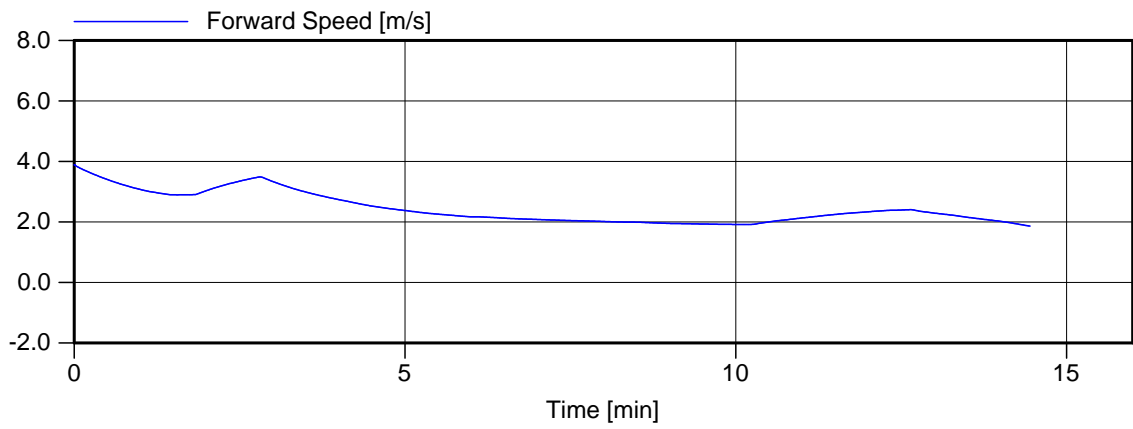
Voorkeursvariant - Run 24

Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20

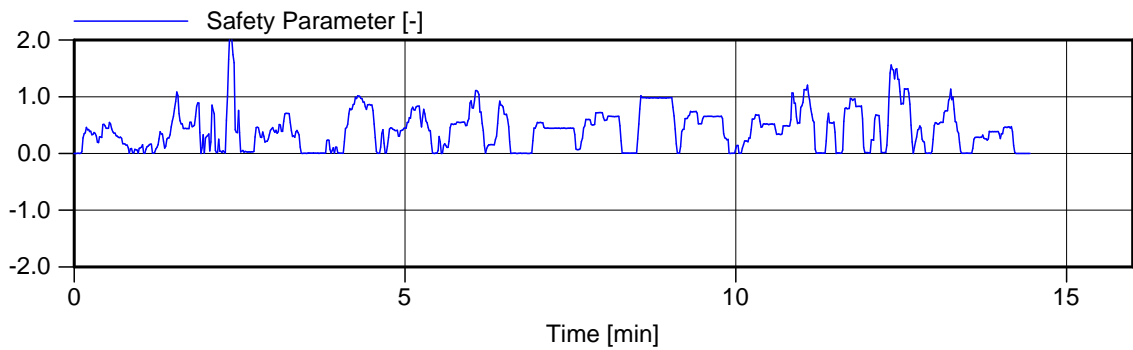
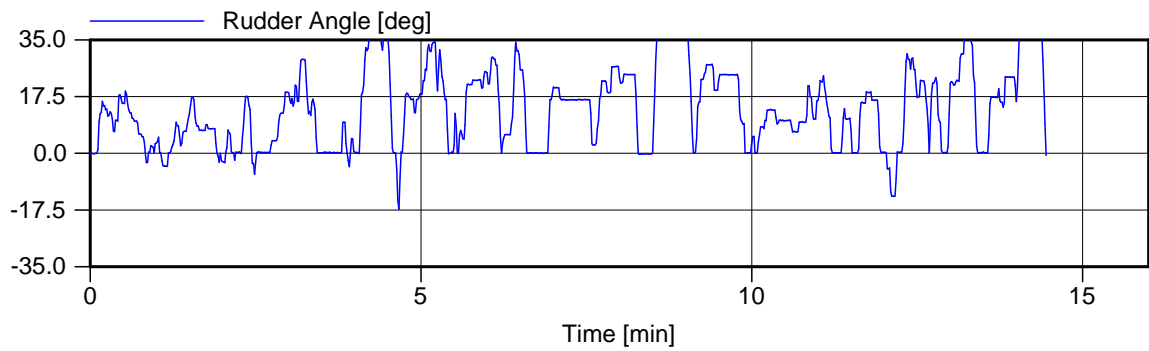
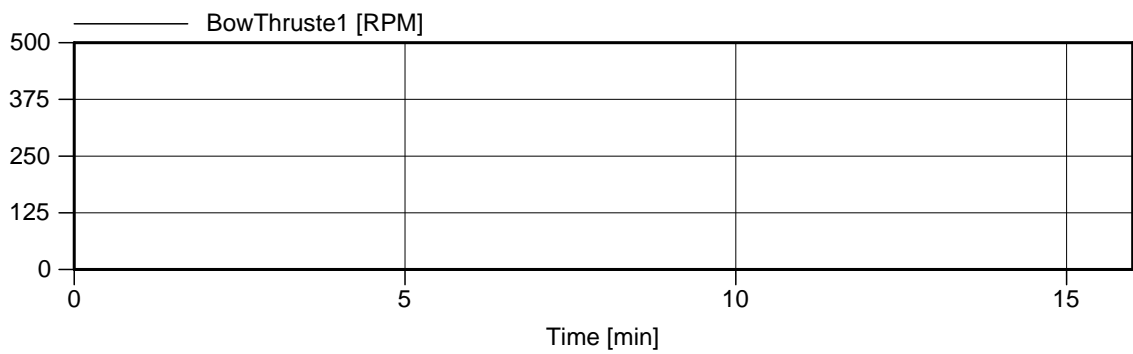
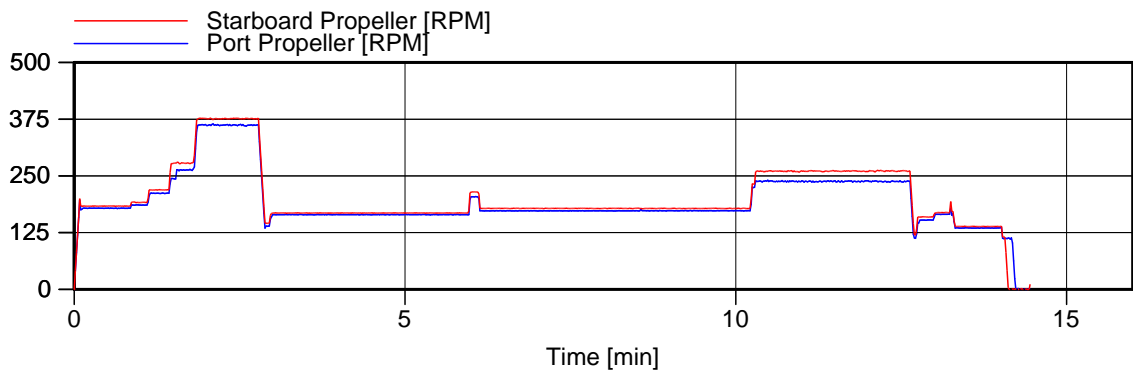
Manoeuvre: Ontmoeting noodsteiger

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 24.c



Voorkeursvariant - Run 24	Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20
Manoeuvre: Ontmoeting noodsteiger	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 24.f



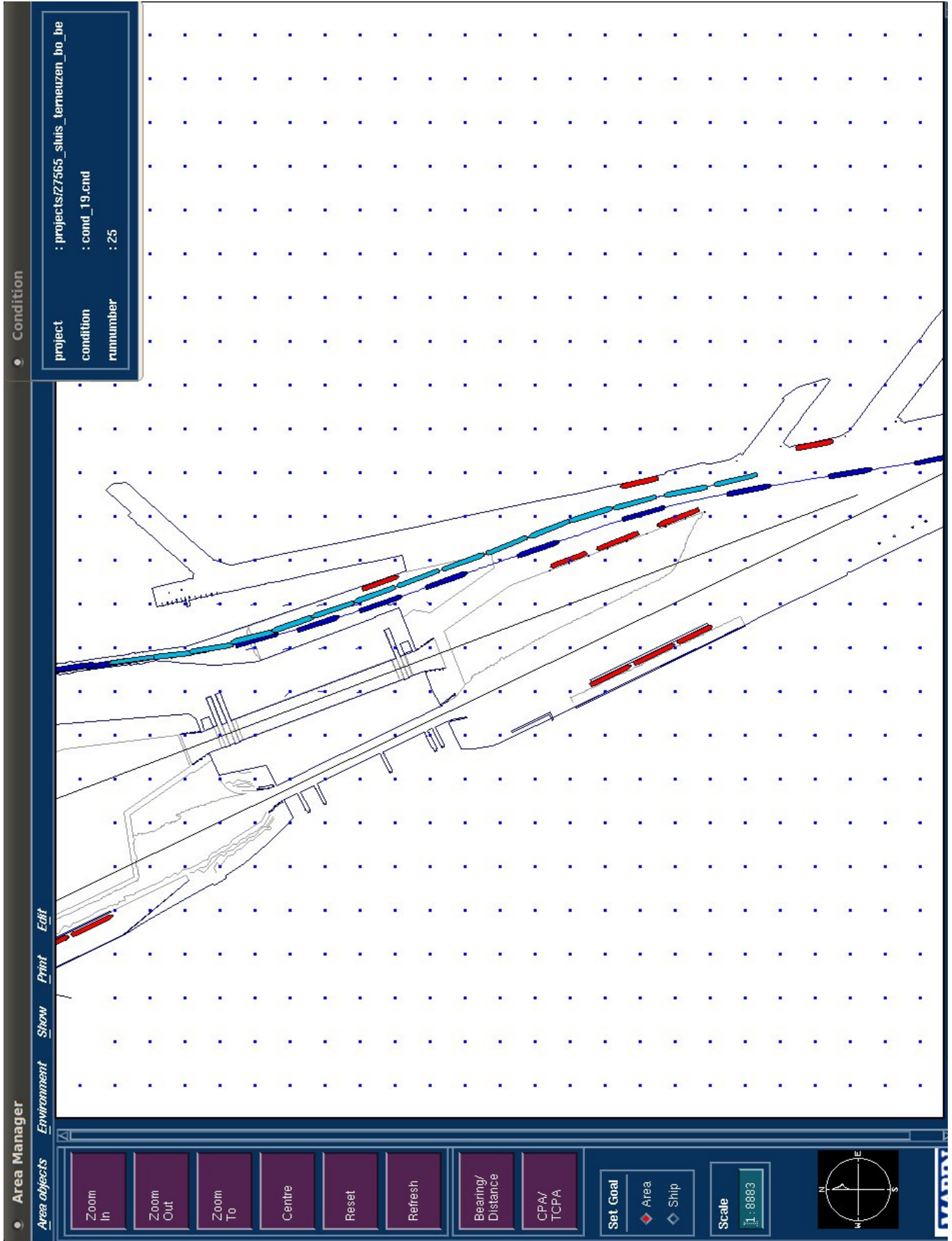
Voorkeursvariant - Run 24

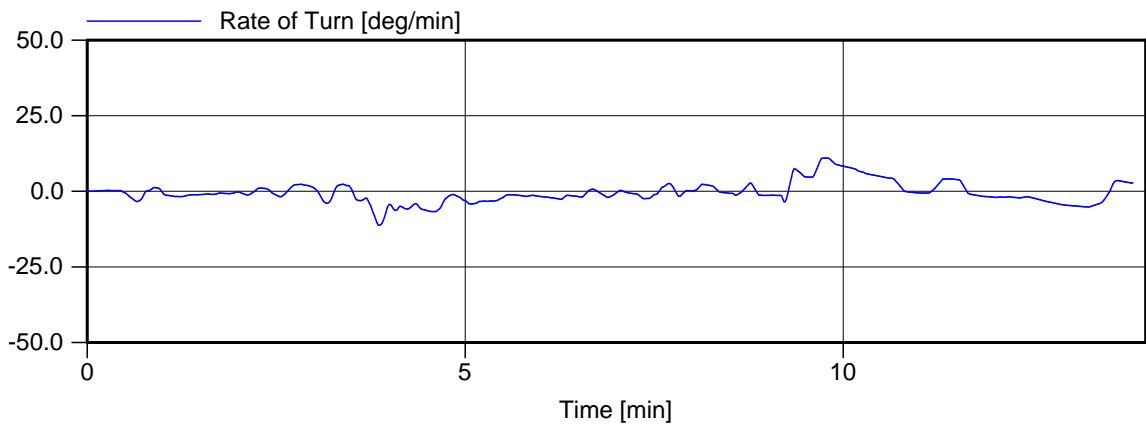
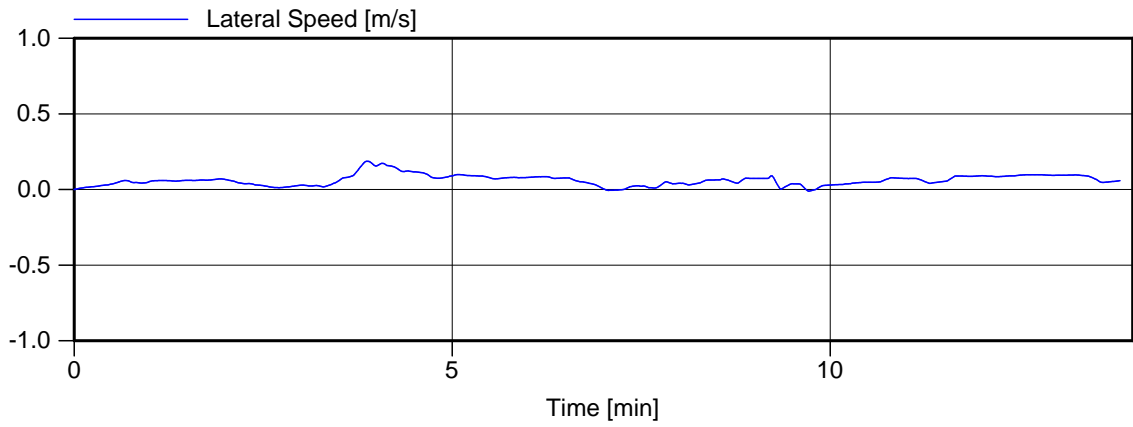
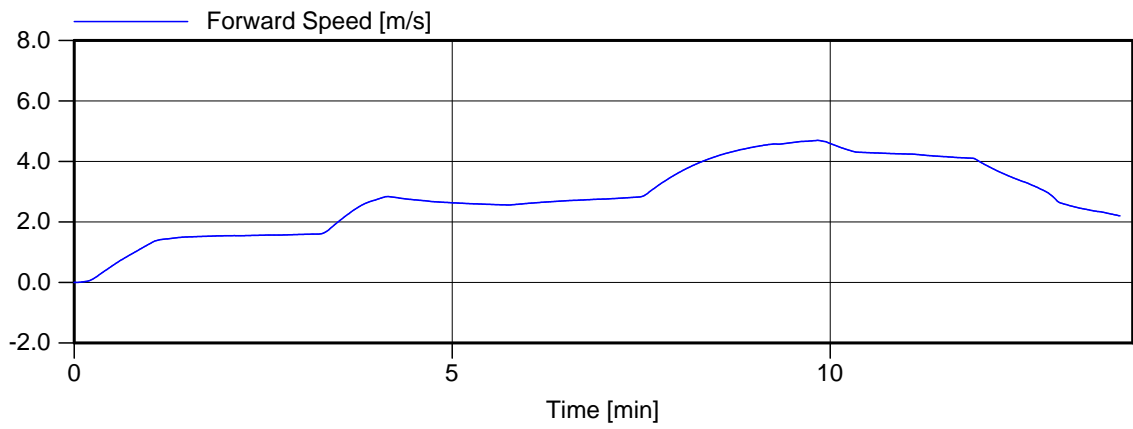
Wind , 13.8 m/s E , nvt, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting noodsteiger

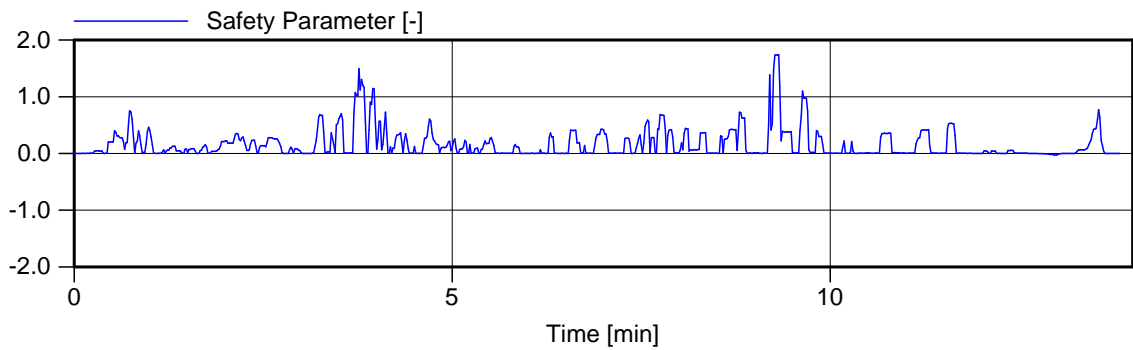
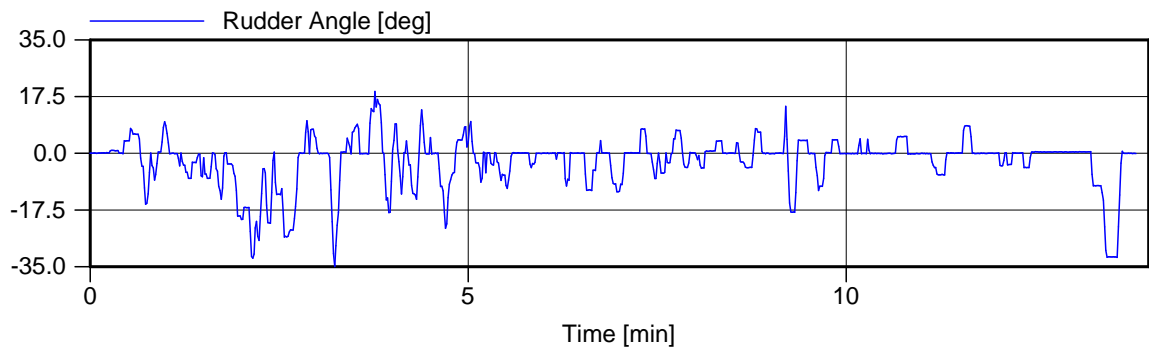
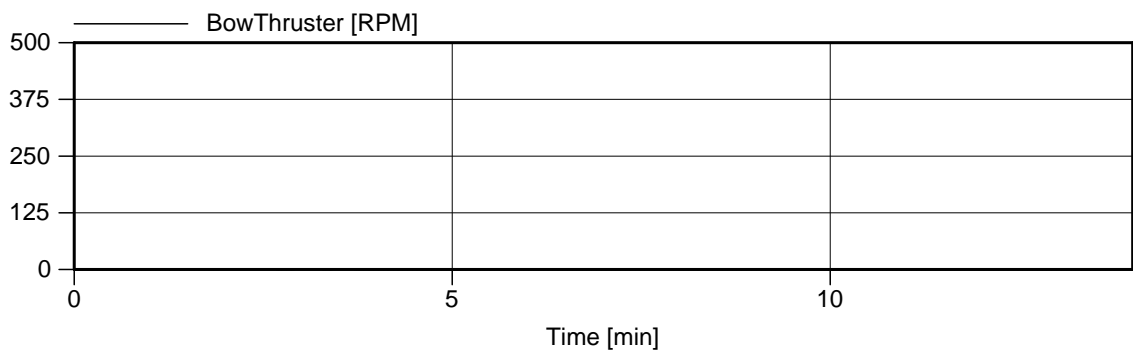
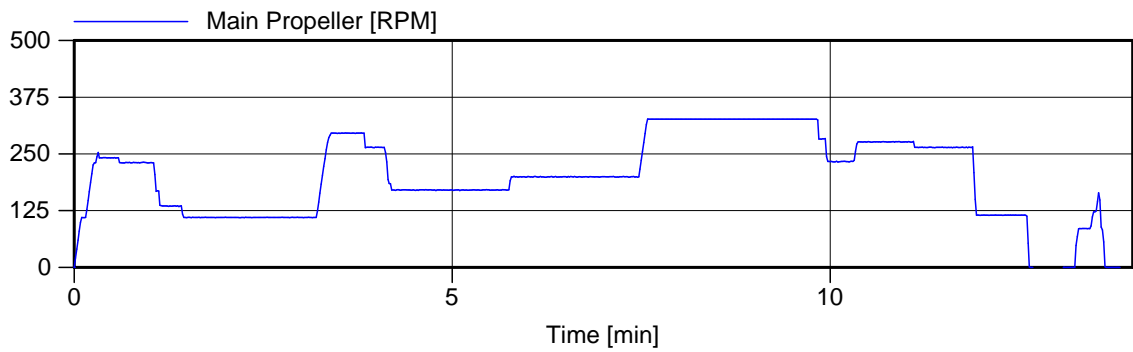
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 24.g





Voorkeursvariant - Run 25	Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 25.b



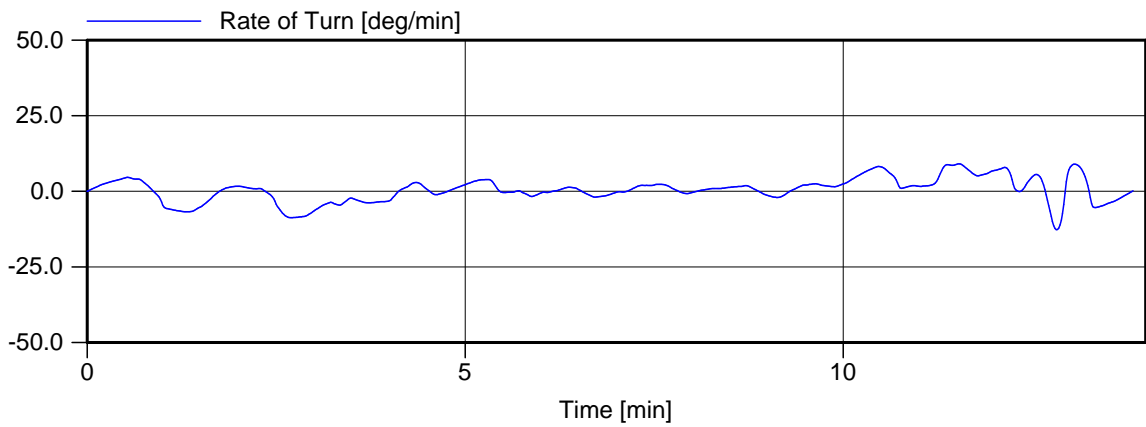
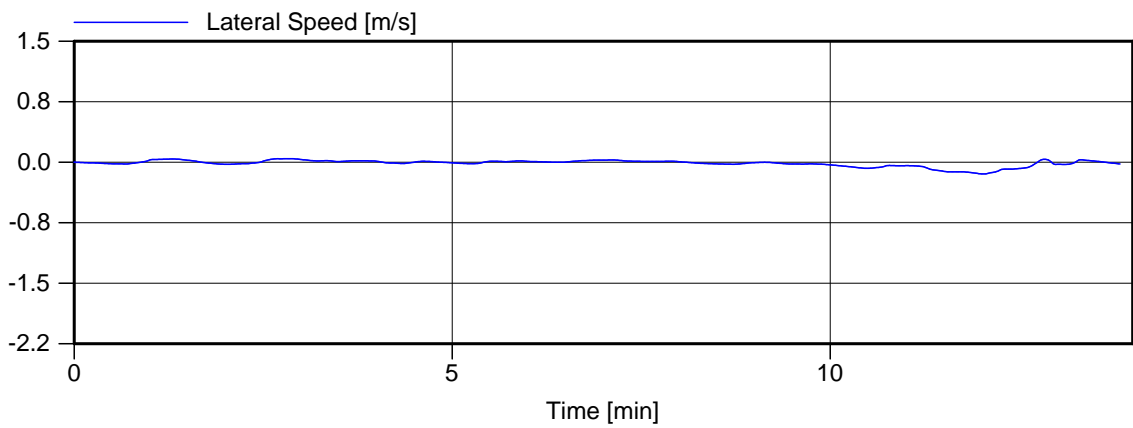
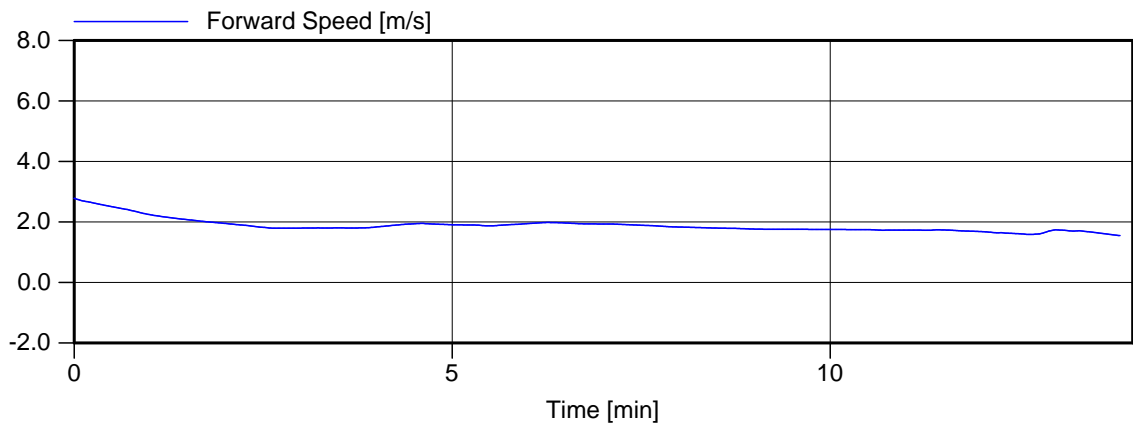
Voorkeursvariant - Run 25

Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20

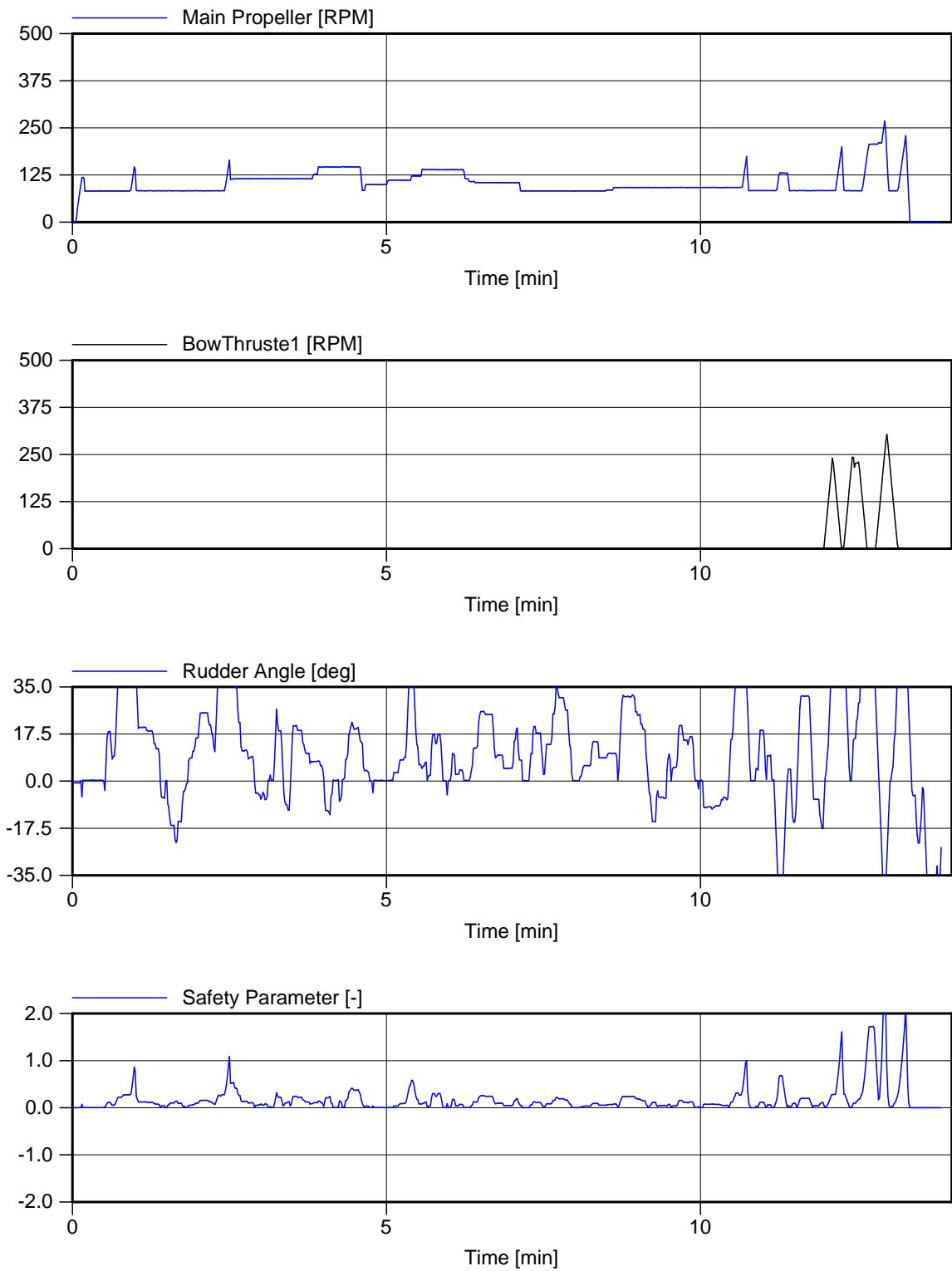
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 25.c



Voorkeursvariant - Run 25	Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 25.f



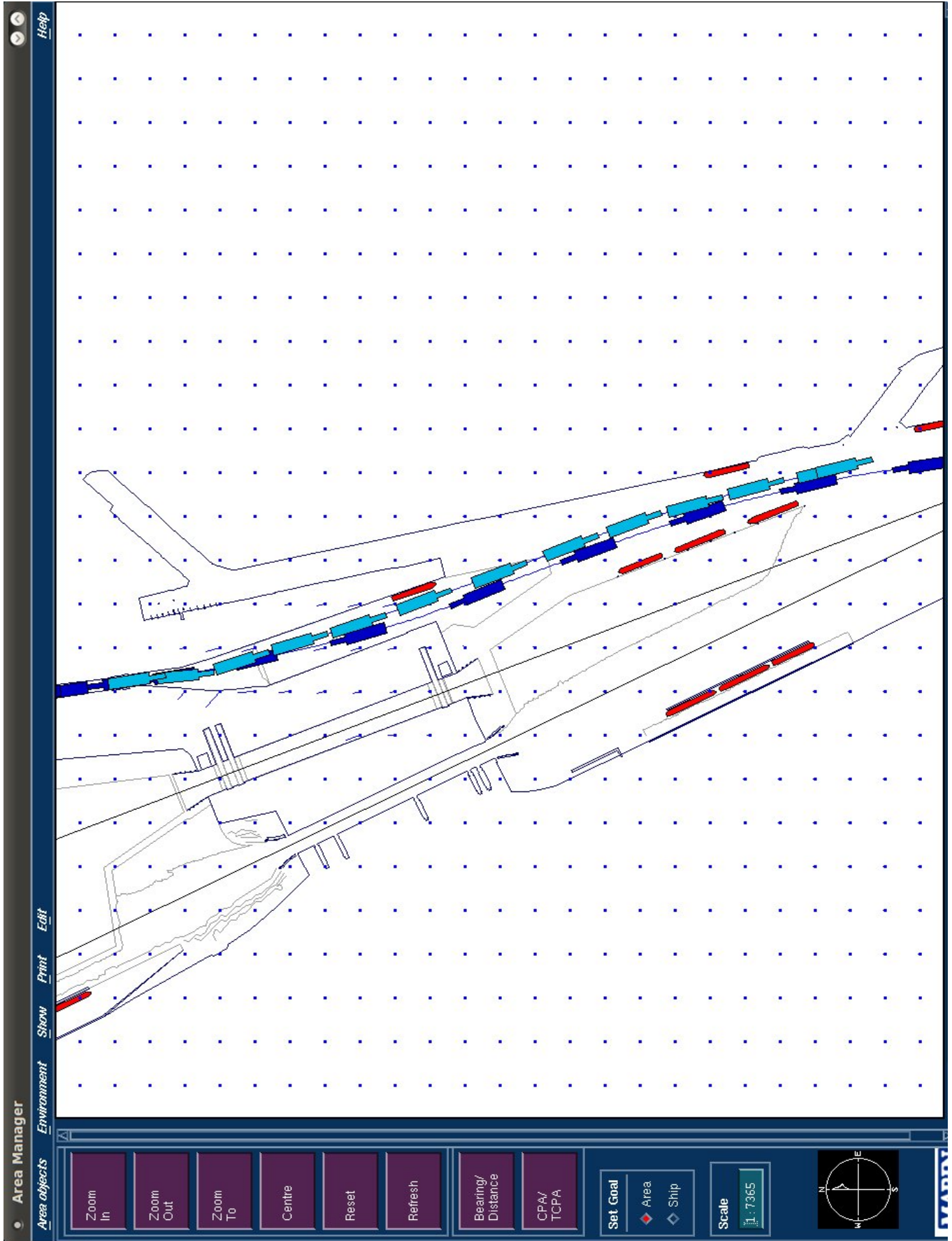
Voorkeursvariant - Run 25

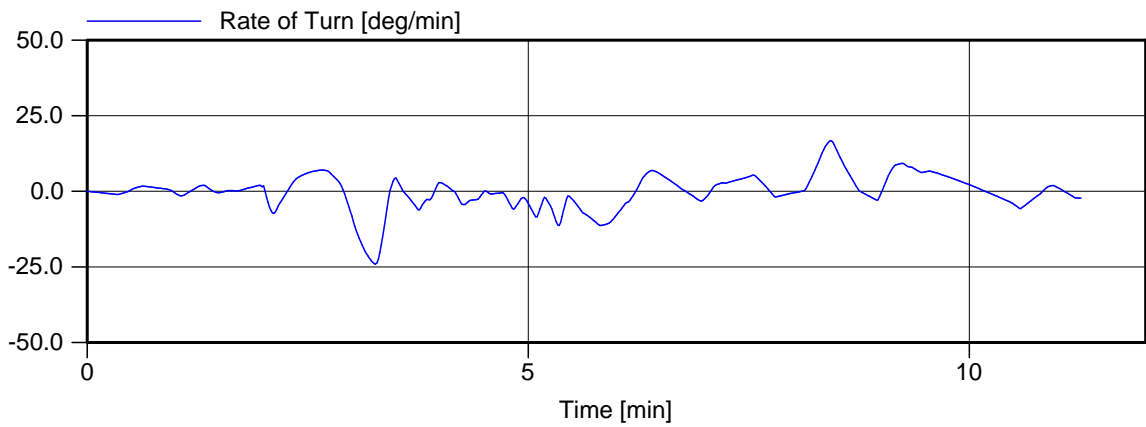
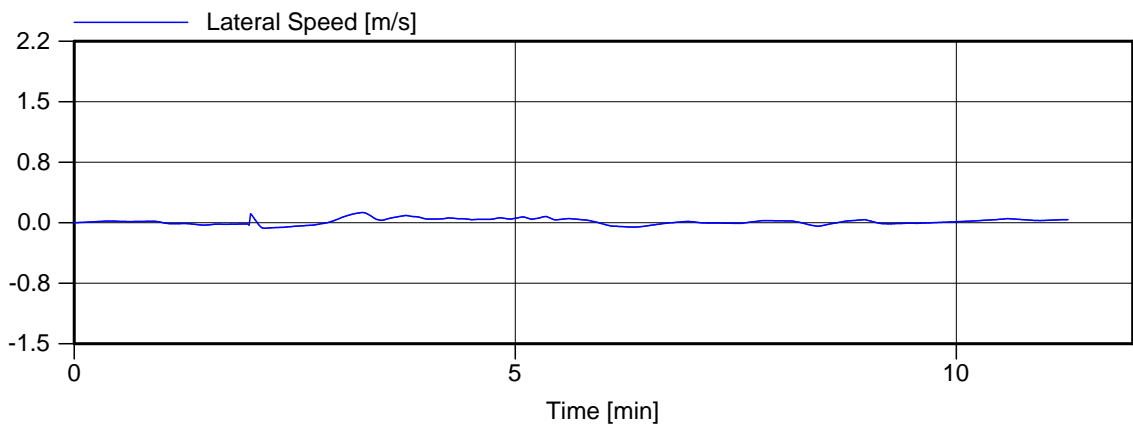
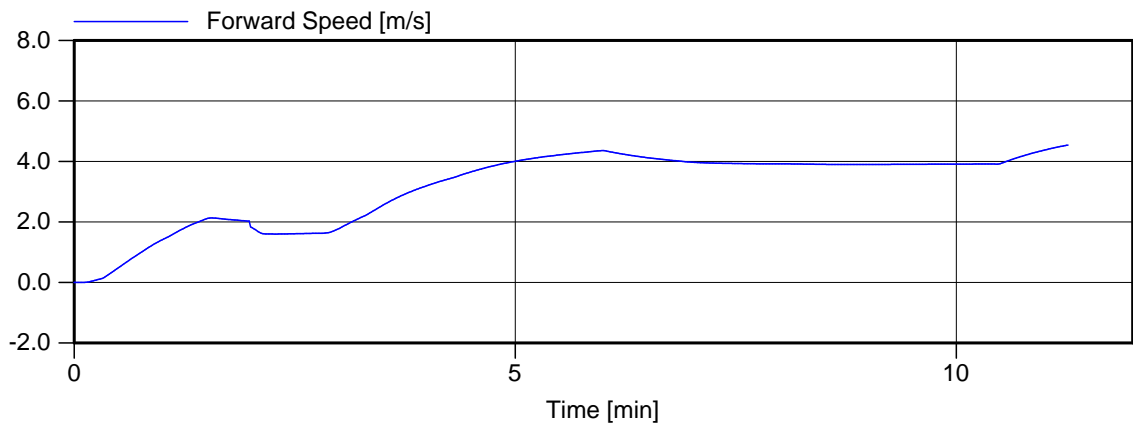
Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

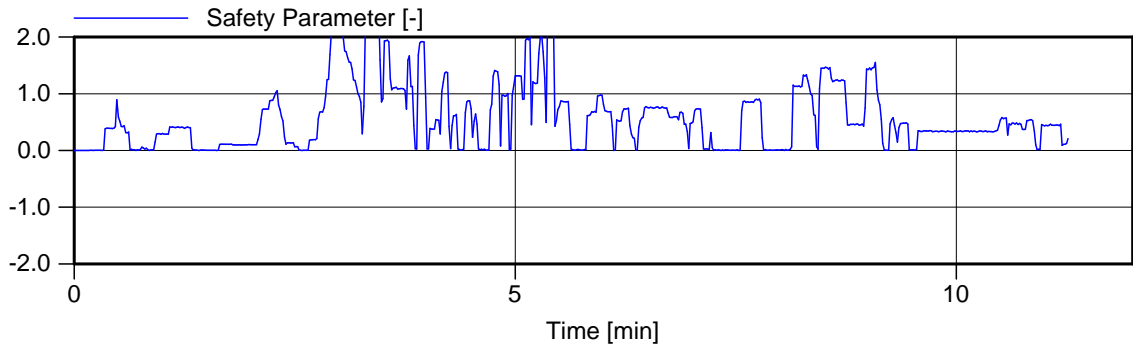
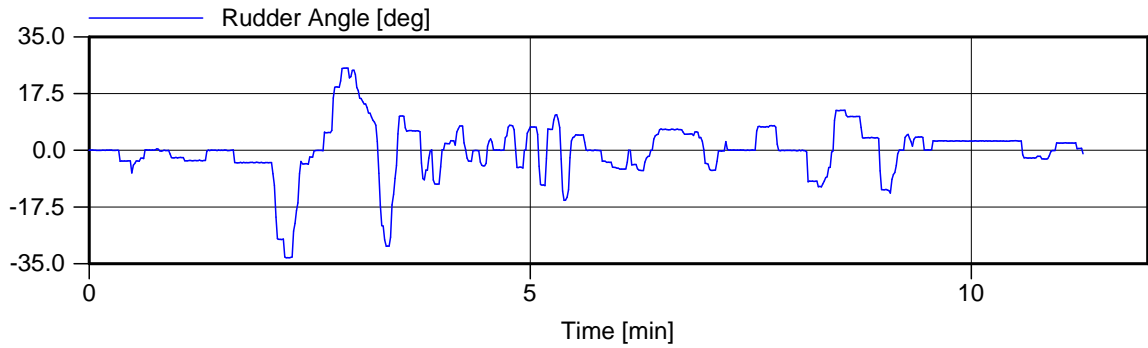
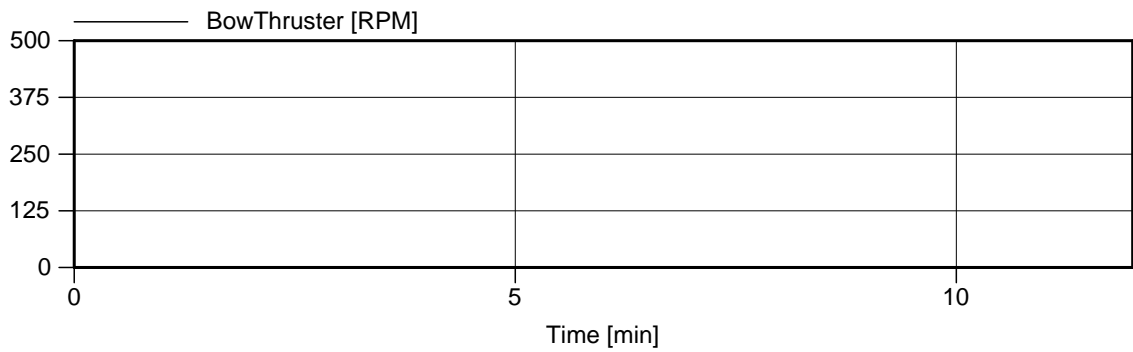
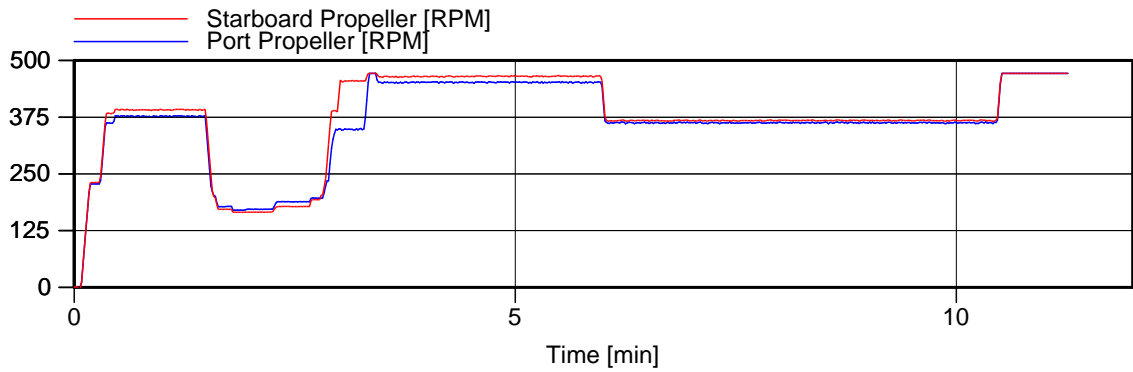
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 25.g





Voorkeursvariant - Run 26	Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 26.b



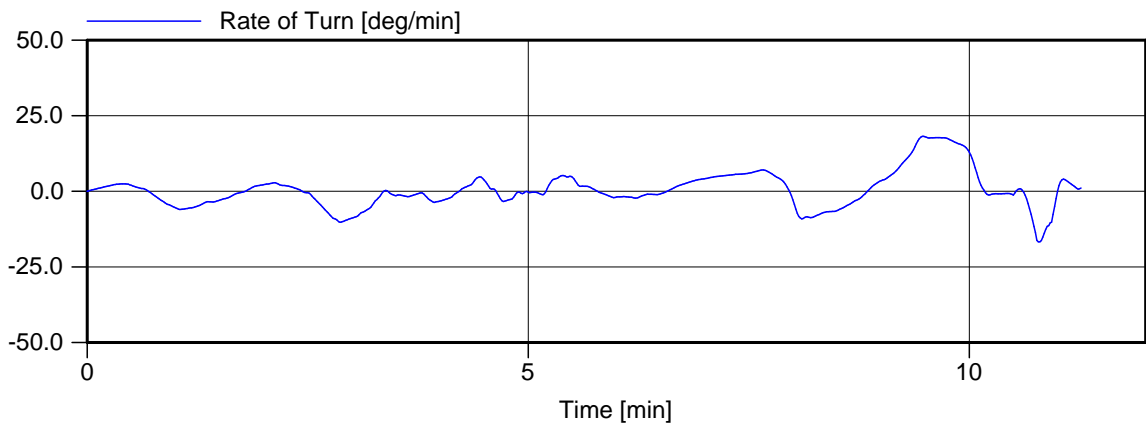
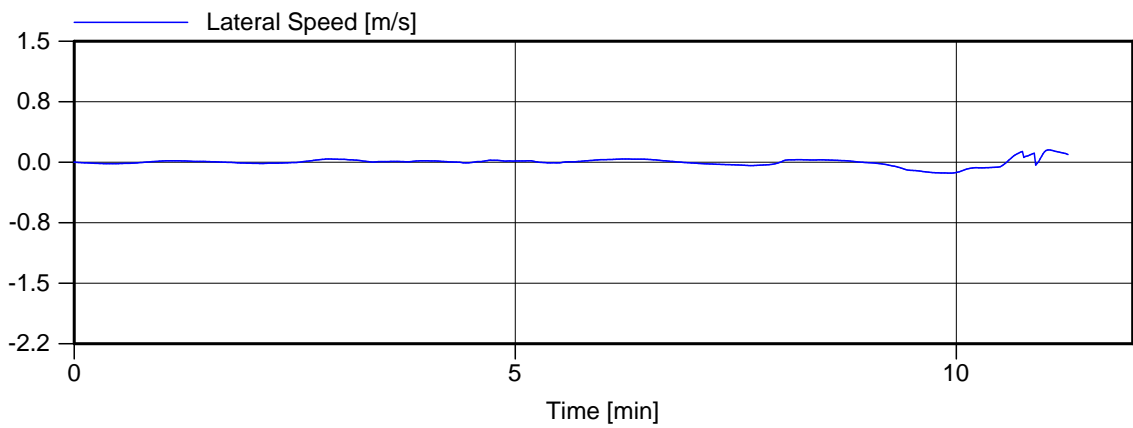
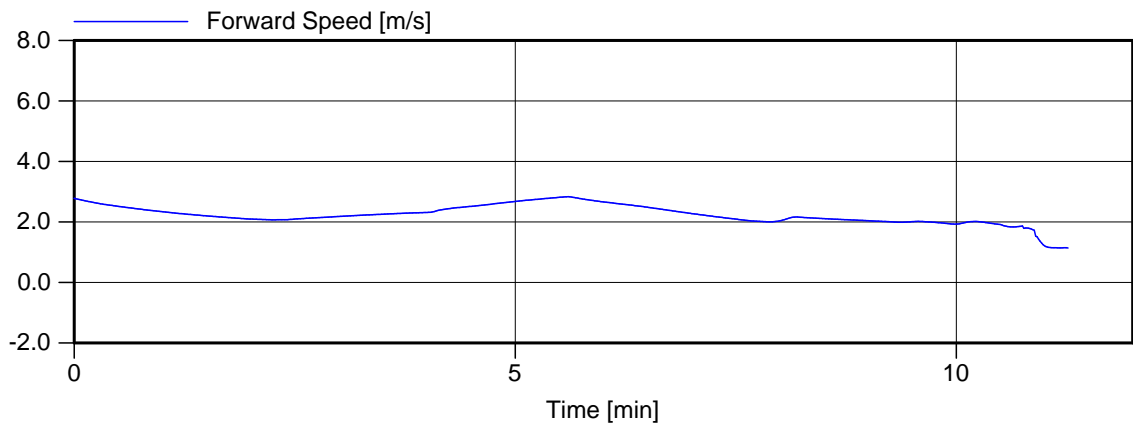
Voorkeursvariant - Run 26

Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20

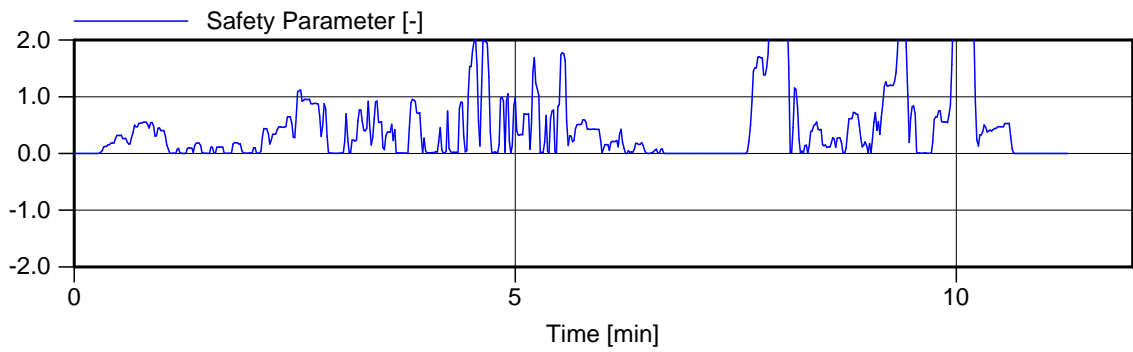
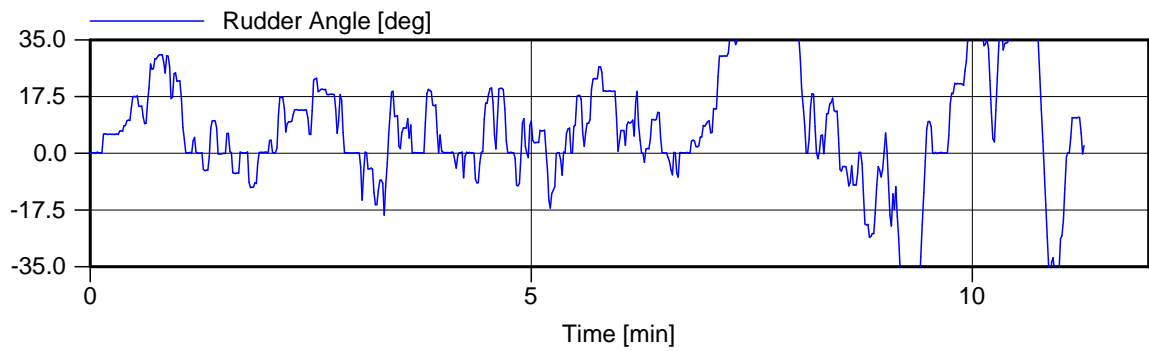
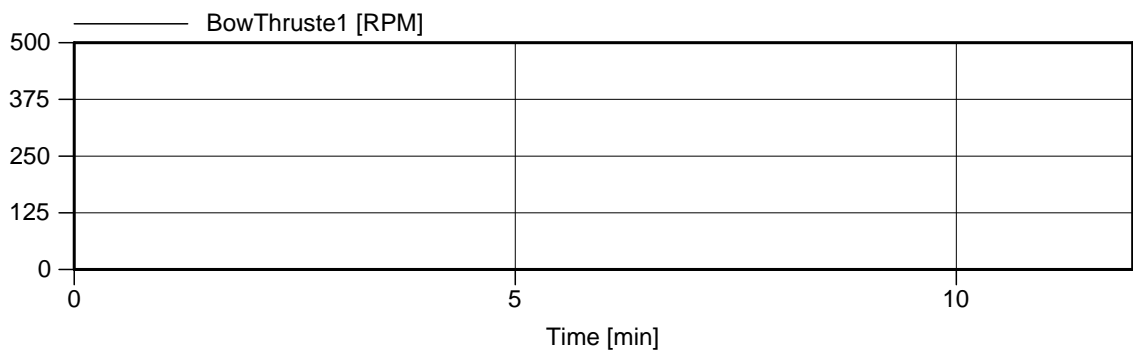
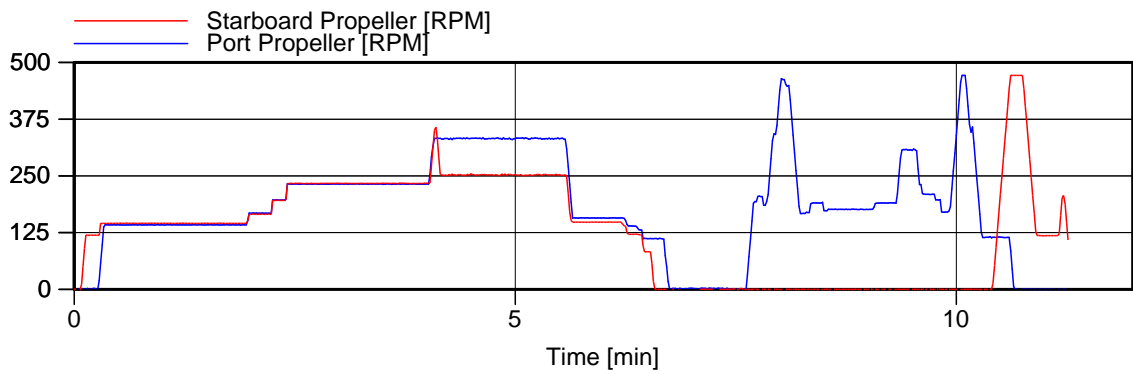
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 26.c



Voorkeursvariant - Run 26	Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 26.f



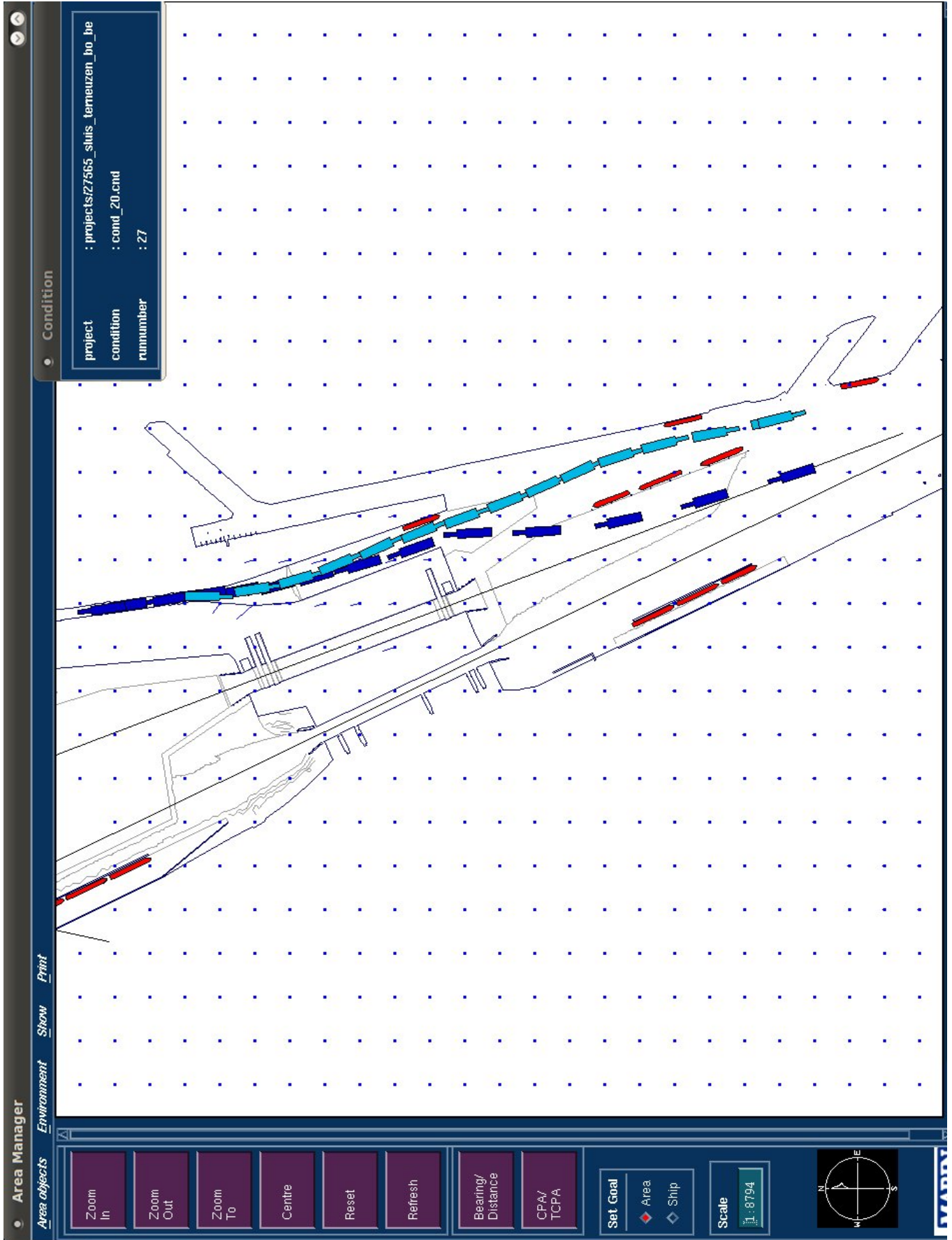
Voorkeursvariant - Run 26

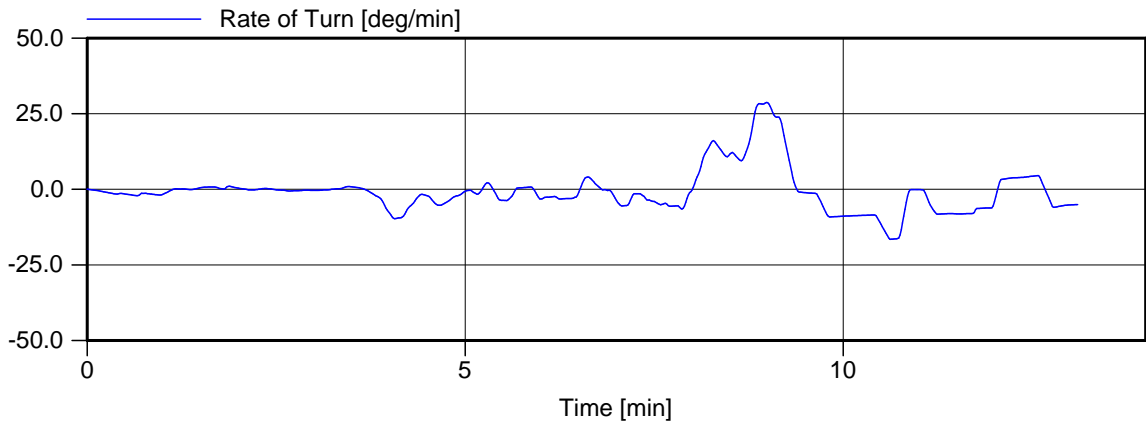
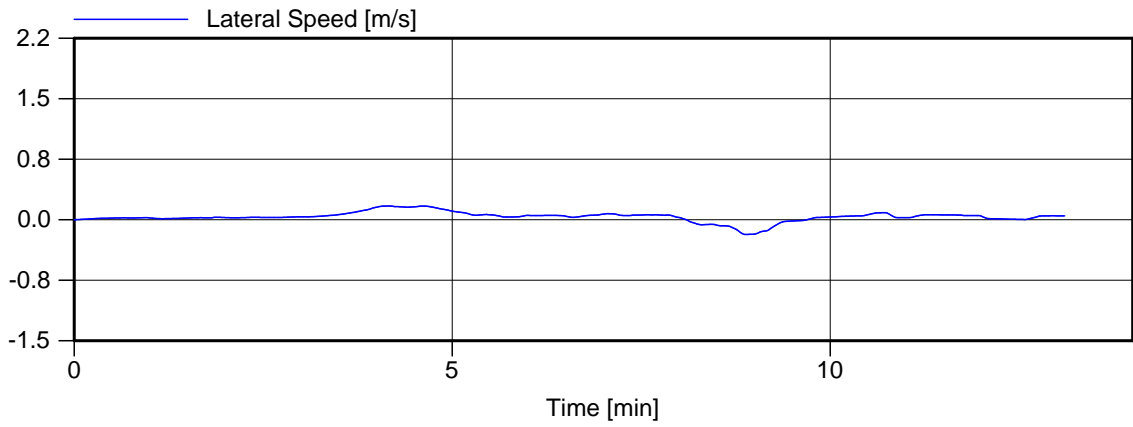
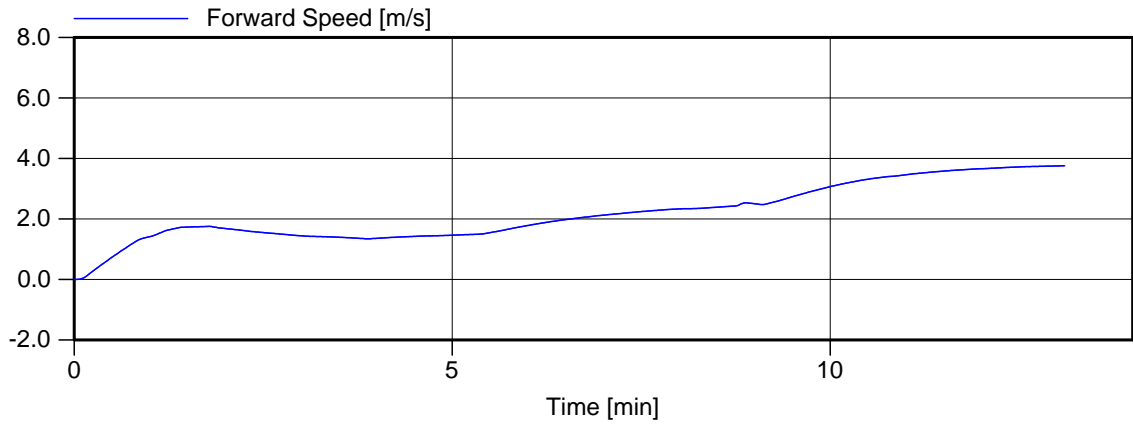
Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 26.g





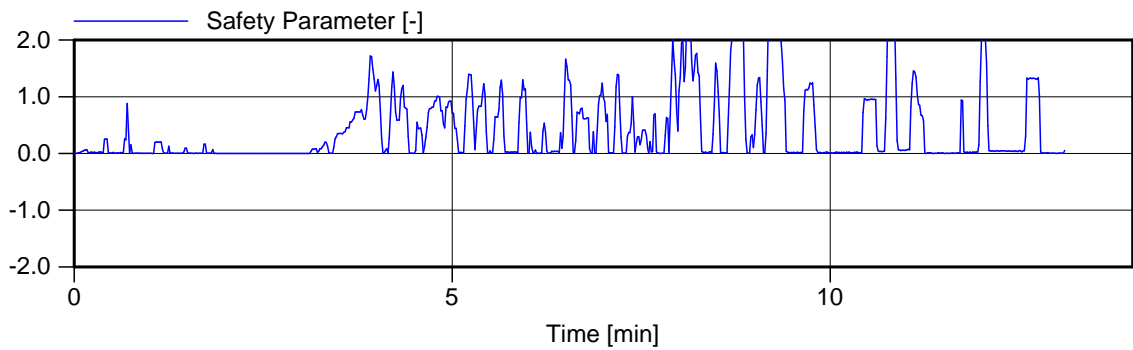
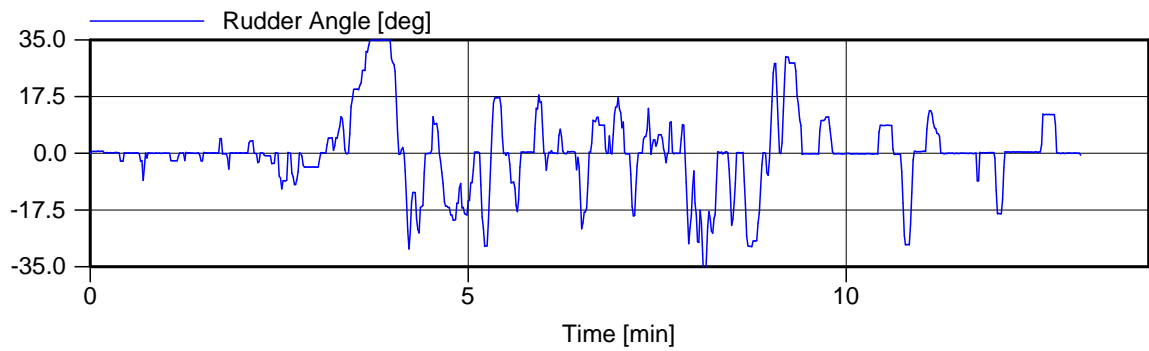
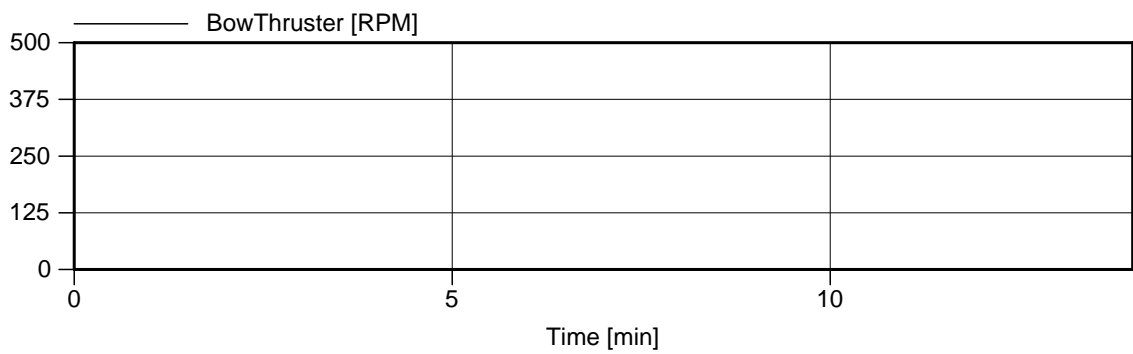
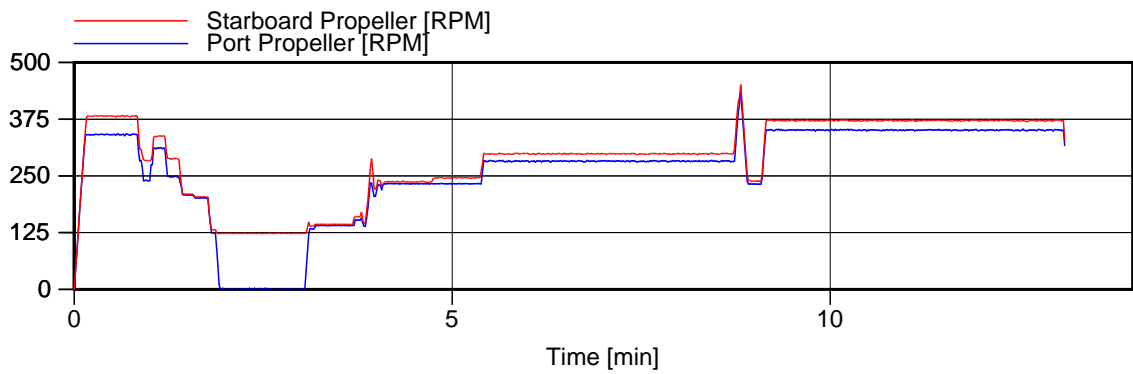
Voorkeursvariant - Run 27

Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20

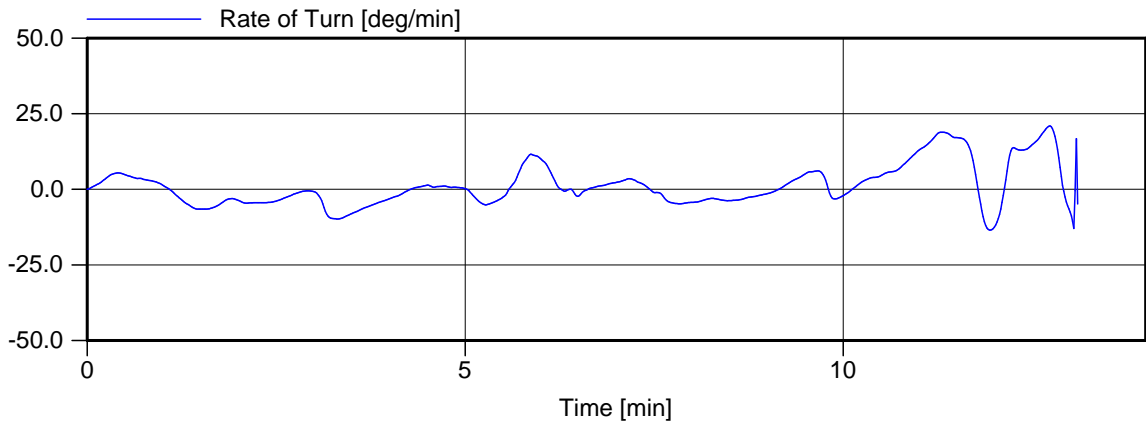
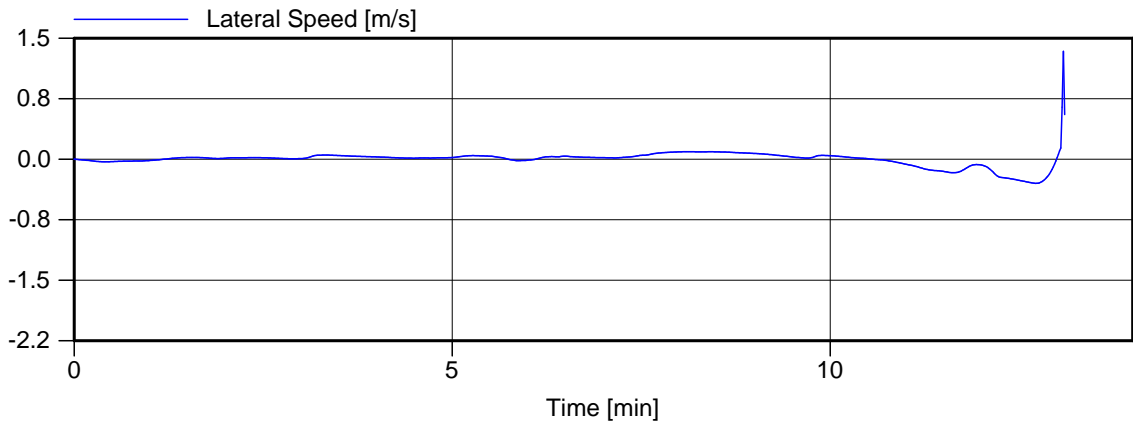
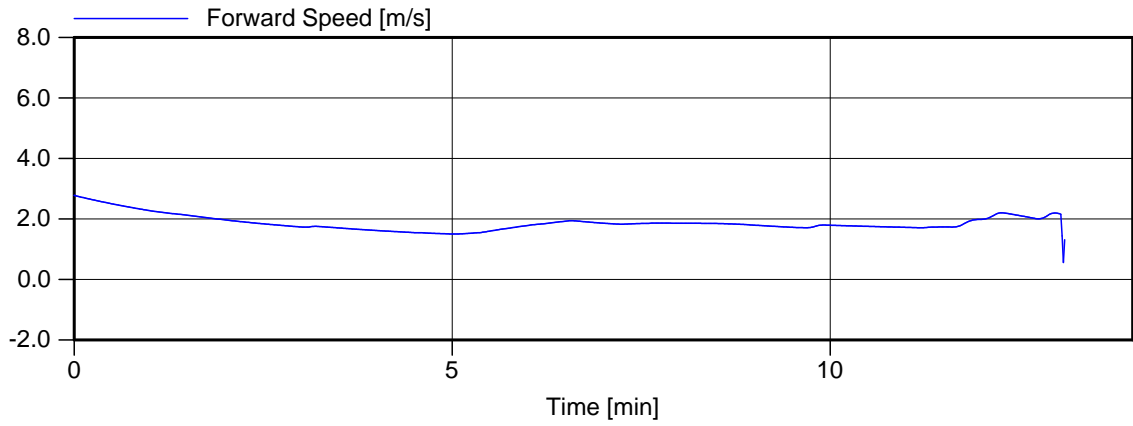
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 27.b



Voorkeursvariant - Run 27	Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20
Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk	
MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN	Figuur 27.c



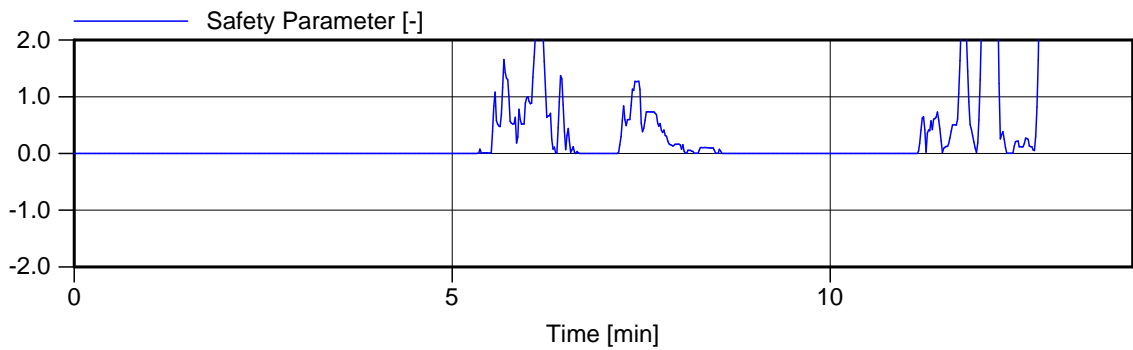
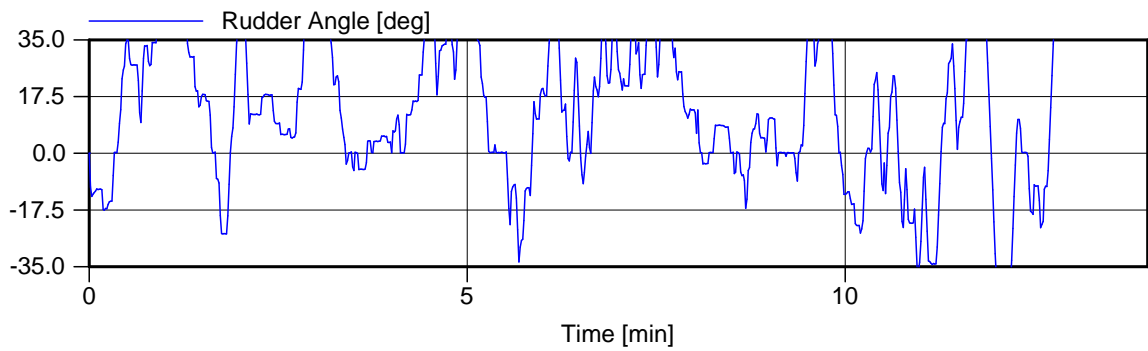
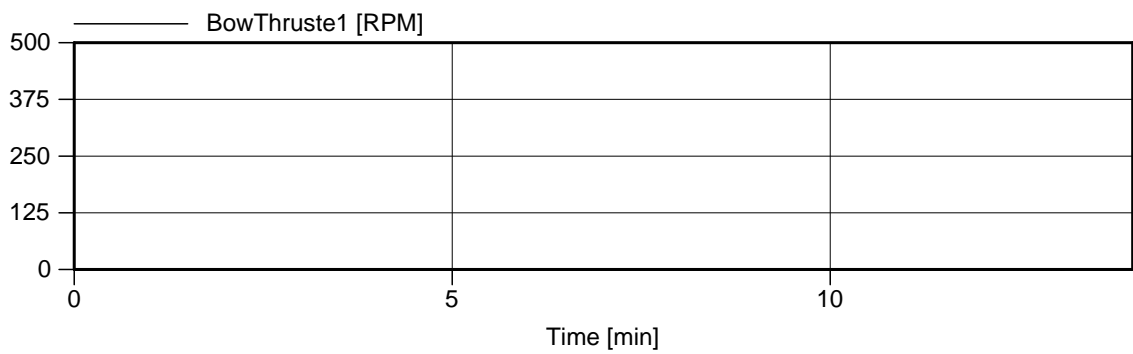
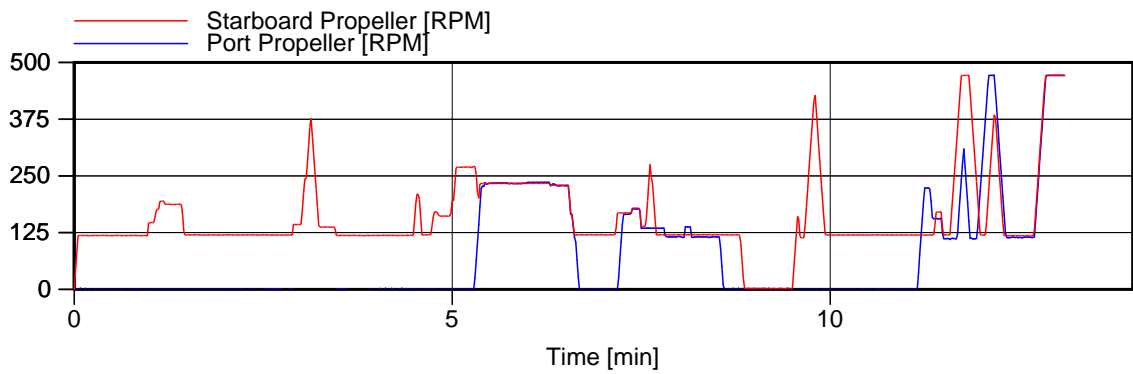
Voorkeursvariant - Run 27

Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 27.f



Voorkeursvariant - Run 27

Wind , 13.8 m/s E , spuistroom, 16:20

Manoeuvre: Ontmoeting Schependijk

MARIN's NAUTICAL CENTRE MSCN

Figuur 27.g