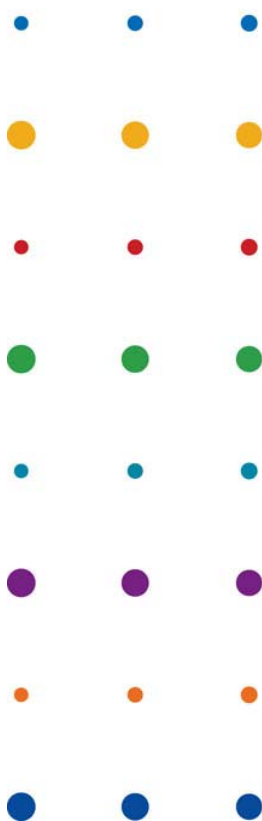


# Deelrapport Nautische veiligheid



## Deelrapport

Rijkswaterstaat noord Holland

september 2011  
Definitief



# Deelrapport Nautische veiligheid

## Deelrapport

dossier : BA1469

registratienummer : LW-AF20112424

versie : 1

classificatie : Openbaar

Rijkswaterstaat noord Holland

september 2011

Definitief



**INHOUD**

**BLAD**

1	INLEIDING	3
2	PROCES: WELKE STUDIE WANNEER	3
3	CONCLUSIES	4
4	COLOFON	7

BIJLAGE 1 EINDRAPPORTAGE FAST-TIME SIMULATIES

BIJLAGE 2 EINDRAPPORTAGE STUDIE PASSERENDE VAART (TROSKRACHTEN)

BIJLAGE 3 EINDRAPPORTAGE STUDIE HINDER OVERIGE VAART

BIJLAGE 4 EINDRAPPORTAGE REAL-TIME SIMULATIES

BIJLAGE 5 MEMO DOWNTIME

BIJLAGE 6 HYDRAULICA EN MORFOLOGIE LICHTEREN



## 1 INLEIDING

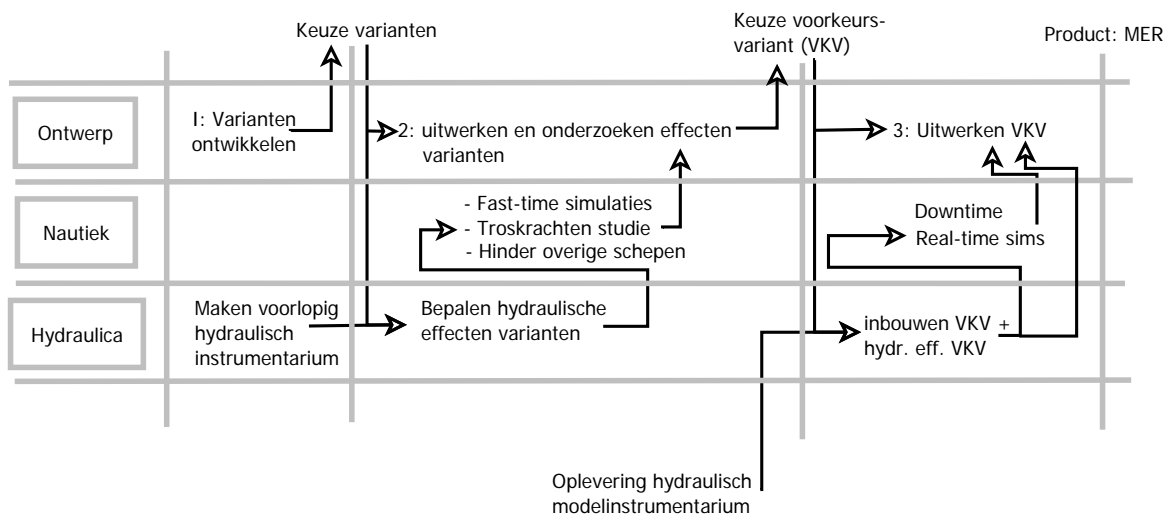
Dit rapport beschrijft het onderzoek dat binnen de planstudie Lichteren is verricht, op de gebieden nautiek en hydraulica. Er zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de nautische effecten en aspecten van de nieuwe insteekhaven. De resultaten hiervan zijn van groot belang, omdat een te lage nautische veiligheid ten grondslag ligt aan de planstudie. Ook de hydraulische effecten zijn onderzocht, om de invloed van de nieuwe insteekhaven op het golf- en stromingsklimaat in de Buitenhaven IJmuiden te bepalen. Daarnaast dienen de hydraulische randvoorwaarden als een belangrijke input voor de nautische studies en daarmee de nautische veiligheid.

Hieronder wordt eerst het proces beschreven hoe en wanneer de verschillende studies zijn uitgevoerd én wat hun relatie met en invloed op het ontwerpproces is geweest. Hierna volgt een korte beschrijving van de belangrijkste conclusies uit de onderzoeken. De eindrapportages van de nautische en hydraulische studies zijn als bijlage toegevoegd. Omdat deze rapportages de belangrijkste verantwoording zijn van de nautische veiligheid en verrichte hydraulische studies, is de tekst van dit hoofdrapport kort gehouden en voornamelijk gericht op het gevolgde proces en de conclusies.

## 2 PROCES: WELKE STUDIE WANNEER

Figuur 1 toont het proces van en de interacties tussen ontwerp, nautische en hydraulische studies. Er zijn grofweg drie fasen te onderscheiden vanuit het ontwerpproces:

- Fase 1: Varianten ontwikkelen
- Fase 2: Uitwerken en onderzoeken effecten varianten
- Fase 3: Uitwerken voorkeursvariant



**Figuur 1: Proces ontwerp, nautiek en hydraulica**

In fase 2 en 3 zijn de meeste studies verricht. In fase 2 zijn, met behulp van drie nautische studies, de effecten van de opgestelde varianten onderzocht: de fast-time simulaties, de troskrachten studies en de

studie naar hinder voor overige schepen. De Fast-Time simulaties (waarbij de in- en uitvaart van het lichterschip wordt gesimuleerd) zijn onder andere gebaseerd op hydraulische randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden zijn voor deze fase gebaseerd op een voorlopig hydraulisch modelinstrumentarium.

Na de keuze voor de voorkeursvariant (VKV) is een meer gedetailleerd hydraulisch modelinstrumentarium gebruikt om de hydraulische effecten en randvoorwaarden in detail te bepalen. Deze gedetailleerde randvoorwaarden zijn gebruikt als input voor de Real-Time simulaties. In de Real-Time simulaties is bepaald of het grote lichterschip veilig de nieuwe insteekhaven kan in- en uitvaren. Dit is een meer gedetailleerde validatie van de resultaten die volgden uit de Fast-Time simulaties.

### 3 CONCLUSIES

Hieronder worden kort de belangrijkste conclusies opgesomd, die volgen uit de nautische en hydraulische studies. Soms zijn de conclusies rechtstreeks gekoppeld aan een studie die hierboven is genoemd. Sommige conclusies zijn gebaseerd op een combinatie tussen verschillende (nautische en hydraulische) studies en het ontwerp.

#### 1. Troskrachten

De troskrachten (van het aangemeerde lichterschip) die optreden als maatgevende schepen de nieuwe insteekhaven passeren, zijn berekend met behulp van een rekenmodel (DELPASS en TERMSIM). Hieruit volgt dat er voor de voorkeursvariant een duidelijke verbetering optreedt ten opzichte van de huidige situatie. De troskrachten blijven binnen de daarvoor gehanteerde veiligheidscriteria.

#### 2. Risico's voor passerende vaart

De voorkeursvariant is een verbetering ten opzichte van de huidige situatie, omdat de grote blokkade in het Noorder Buitenkanaal (IJ-palen) is opgelost. Het lichterschip is verdwenen uit de vaargeul, waarmee de manoeuvreerbaarheid aanzienlijk verbeterd.

#### 3. Manoeuvreren lichterschip

De in- en uitvaart van het lichterschip is getest met behulp van real-time computersimulaties op een nautische brugsimulator. In deze brugsimulaties heeft het Amsterdamse loodswezen het lichterschip de nieuwe insteekhaven in- en uitgevaren. Hieruit blijkt dat de belijning (nautisch ontwerp) van de voorkeursvariant goed is. Dit houdt in dat de havenmond en de haven zelf ruim genoeg zijn voor een veilige invaart met geladen schepen en een veilige uitvaart met gelichterde schepen. De bocht naar de haven toe is goed te passeren en er is voldoende ruimte voor de sleepboten. Hiervan zijn er ter begeleiding van het lichterschip drie benodigd, ieder met 70 ton sleepkracht. De derde sleepboot voorkomt dat bij een breuk van een tros een gevaarlijke situatie zal ontstaan. Voor de nautische toegang dient de nieuwe insteekhaven op vaargeul in het noorderbuitenhavenkanaal aangesloten te worden, hiervoor zijn baggerwerkzaamheden noodzakelijk. Het is niet nodig om de vaargeul breder te maken of om te baggeren aan de noordoever van het Forteneiland.

#### 4. Hinder passerende vaart

Op basis van een studie van AIS (Automatic Identification System) data en de resultaten van de Fast-Time simulaties, is de hinder voor passerende vaart bepaald. De hinder voor passerende vaart is gedefinieerd als het aantal schepen dat hinder ondervindt van de stremming van het Noorder Buitenkanaal. Deze stremming wordt veroorzaakt door het invaren en uitvaren van het lichterschip. Tijdens het in- en uitvaren dient het Noorder Buitenkanaal namelijk vrij te zijn. De hinder voor passerende vaart in de voorkeursvariant is een verslechtering ten opzichte van de huidige situatie. Dit komt omdat tijdens het



uitvaren van de nieuwe insteekhaven het lichterschip langer in het Noorder Buitenkanaal ligt dan in de huidige situatie (waar het lichterschip simpel wegvaart van de IJ-palen).

#### *5. Hinder overige schepen lichterproces*

De belangrijkste schepen die, naast het lichterschip, bij het lichterproces zijn betrokken zijn de binnenvaart en de drijvende kranen. In de nieuwe situatie kan de hinder van -voornamelijk- golven (indringing in de insteekhaven) veranderen ten opzichte van de huidige situatie. In het ontwerp van de voorkeursvariant is hiermee rekening gehouden door toepassing van golfdempende oevers.

De oostoever is voor dit aspect maatgevend, omdat hier de hoogste golven zullen voorkomen. Daarom liggen in de voorkeursvariant de binnenvaartschepen aan de westoever, daar waar de afscherming tegen golfinvloeden maximaal is.

#### *6. Downtime*

Het downtime criterium van 5% van de tijd op jaarbasis op de lichterlocatie en/of wacht- en opstelplaatsen wordt niet overschreden voor zowel de bulkcarrier (downtime <1%) als het binnenvaartschip (downtime <1%) en de overslag van goederen (downtime <0,1%).

Met betrekking tot het invaren en uitvaren van binnenschepen en bulkcarriers (wat niet onder het downtime criterium valt), kan worden geconcludeerd dat er in de meeste situaties veilig kan worden gemaneuvreerd. Een eventuele verminderde toegang van de Averijhaven voor binnenvaart is beperkt tot circa 1% van de tijd op jaarbasis als gevolg van te hoge golven.

#### *7. Lange golf effecten op overige havenbekkens in de buitenhaven*

De invloed van de aanleg van de nieuwe insteekhaven op het golfklimaat is onderzocht. Veel aandacht is hierbij uitgegaan naar de invloed van lange golven en seiches. Hieruit blijkt dat de aanleg naar verwachting geen effect heeft op het nautisch gebruik van de verschillende havenbekkens in de Buitenhaven, zoals de IJmondhaven.



4 COLOFON

---

Oprachtgever	: Rijkswaterstaat noord Holland
Project	: Deelrapport Nautische veiligheid
Dossier	: BA1469BA1469
Omvang rapport	: 7 pagina's
Auteur	: Thijs de Boer
Interne controle	: Bas Wijdeven
Projectleider	: Michiel de Jong
Projectmanager	: Wim Klomp
Datum	: 16 september 2011
Naam/Paraaf	:

---

***DHV B.V.***

*Delta Development  
Laan 1914 nr. 35  
3818 EX Amersfoort  
Postbus 1132  
3800 BC Amersfoort  
T (033) 468 20 00  
F (033) 468 28 01*

*[www.dhv.com](http://www.dhv.com)*

**BIJLAGE 1      Eindrapportage Fast-Time simulaties**



**Challenging wind and waves**

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

**FAST-TIME SIMULATIES VOOR AVERIJHAVEN**

Eindrapport

Rapport nr. : 24804-1-MSCN-rev.2

Datum : 17 mei 2011

Paraaf Management



## **FAST-TIME SIMULATIES VOOR AVERIJHAVEN**

### **Eindrapport**

Opdrachtgever: DHV  
Postbus 1132  
3800 BC Amersfoort

<b>Revisienr.</b>	<b>Status</b>	<b>Datum</b>	<b>Auteur</b>	<b>Voor gezien</b>
0	1e Concept	9 maart 2011	F.S.H. Verkerk	D.J.E. van Heel
1	Definitief	25 maart 2011	F.S.H. Verkerk	D.J.E. van Heel
2	Definitief	17 mei 2011	F.S.H. Verkerk	

<b>INHOUD</b>		Pag.
1	INLEIDING .....	3
2	DOELSTELLING .....	5
3	OPZET VAN DE FAST-TIME SIMULATIES.....	6
3.1	Inleiding.....	6
3.2	Motivering voor layouts.....	7
3.3	Motivering voor de hydraulische stromingscondities .....	8
3.4	Vorbereiding van de SHIPMA database en de schepen .....	9
3.5	Gebuurkte mathematische modellen .....	14
3.6	Opzet van de scenario's .....	14
4	UITGEVOERDE FAST-TIME SIMULATIES EN ANALYSE.....	20
4.1	Inleiding.....	20
4.2	Presentatie van de resultaten van de fast-time simulaties .....	20
4.2.1	Opgestelde criteria voor fast-time simulaties .....	27
4.2.2	Controleerbaarheid van de manoeuvre.....	27
4.2.3	Maximale padbreedte tijdens de vaart .....	28
4.2.4	Resultaten van fast-time simulaties.....	28
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	34
	REFERENTIES.....	36
BIJLAGE A	SHIPMA BESCHRIJVING .....	37
BIJLAGE B	BAAN EN DATA PLOTS .....	38



## 1 INLEIDING

DHV voert een ontwerpstudie uit voor de lay-out en inrichting van de Averijhaven te IJmuiden (zie figuur 1.1). Het gebied waar deze haven moet komen is nu nog een slibdepot. De haven gaat gebruikt worden voor het lichten van bulkcarriers en als "refugee port" voor schepen die op de Noordzee in de problemen zijn gekomen en een noodafmeerplaats zoeken. Eén van de aspecten waar aandacht aan besteed moet worden is nautiek. MARIN voert, in opdracht van DHV de nautische studie uit.

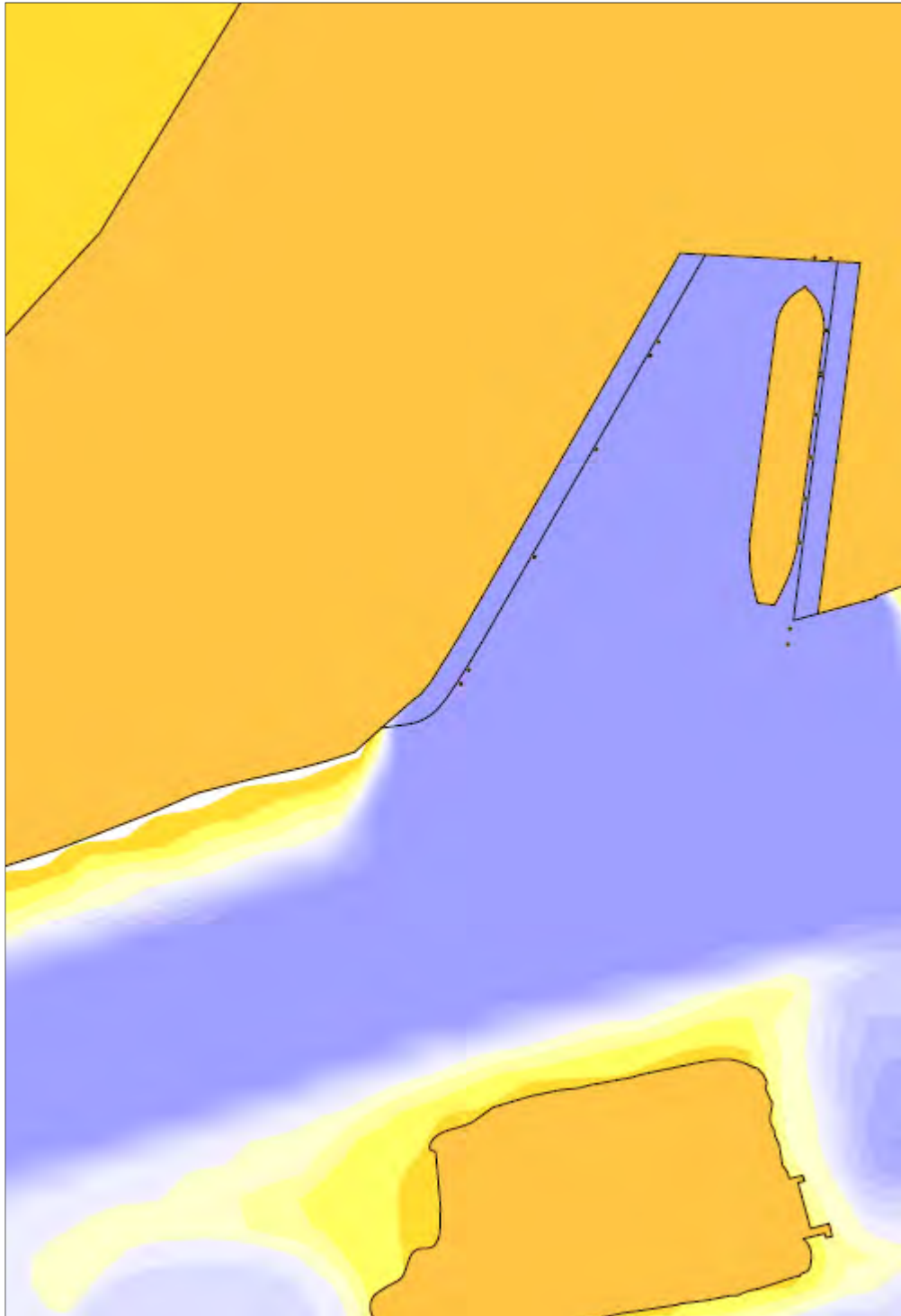
De nautische studie bestaat uit de volgende deelprojecten:

- Effect van passerende schepen op het afgemeerde schip;
- Interacties met de overige vaart, waarbij gekeken wordt naar hinder (stremming) en naar risico's (aanvaarrisico);
- Het beoordelen van het in- en uitvaren van de Averijhaven met grote bulkcarriers uitgevoerd door middel van fast-time en real-time simulaties;
- Het bepalen van de downtime van het afgemeerde schip en het varende schip (aankomen);

In dit rapport worden de resultaten van de fast-time simulatie studie gepresenteerd.

De studie wordt in de volgende hoofdstukken gerapporteerd:

- Doelstelling;
- Opzet van de fast-time simulaties;
- Uitgevoerde simulaties en analyse;
- Conclusies en aanbevelingen.



**Figuur 1-1** Mogelijke variant van de Averijhaven (variant 02aT)

## 2 DOELSTELLING

De doelstelling van het onderzoek is om met de inzet van het fast-time simulatiemodel SHIPMA een eerste nautische beoordeling van de diverse varianten te geven. Deze beoordeling wordt, samen met de resultaten van de andere nautische studies, gebruikt om een keuze voor de definitieve lay-out te ondersteunen.

### 3 OPZET VAN DE FAST-TIME SIMULATIES

#### 3.1 Inleiding

De manoeuvreerstudie is uitgevoerd met het fast-time simulatiemodel SHIPMA. Een beschrijving van het SHIPMA model is opgenomen in Bijlage A. Voorafgaand aan de beschrijving van de voorbereiding van de studie worden de motivering van de geteste lay-outs (paragraaf 3.2) en de motivering voor de hydraulische stromingscondities gegeven (paragraaf 3.3). Deze twee paragrafen zijn toegeleverd door DHV om de gegevens, waarop de manoeuvreerstudie is gebaseerd, goed vast te leggen.

De werkzaamheden voor de fast-time manoeuvreerstudie zijn onverdeeld in de volgende stappen:

- Voorbereiding van de SHIPMA database en de schepen;
- Opzet van de scenario's;
- Uitvoeren van de simulaties;
- Analyse en rapportage.

In de SHIPMA database zitten alle gegevens die nodig zijn om de simulaties uit te voeren. De stroom- en golfvelden zijn door DHV met behulp van de numerieke modellen Delft3D en SWAN berekend [3] en toegeleverd aan MARIN. Na analyse van de toegeleverde golfvelden is geconcludeerd dat de lokaal opgewekte windgolven ( $H_s$  orde 0,5 tot 0,7 m) geen invloed hebben op de manoeuvres. Deze golfdata zijn daarom niet verder meegenomen in de fast-time simulaties.

De lay-out(s) zijn toegeleverd door DHV in de vorm van ACAD files (Varianten Lichten(V2).dwg, d.d. 19-1-2011). De simulaties zijn uitgevoerd met de op dit moment maximaal toegelaten bulkcarrier met een lengte van 300 m, een breedte van 45 m en een diepgang van 17,8 m en met een toekomstige maat bulkcarrier van 340 x 60 x 17,8 m. De uitvaarmanoeuvres zijn uitgevoerd met gelichterde versies van deze schepen met een diepgang van 13,75 m. De simulaties zijn uitgevoerd met assistentie van sleepboten. Het sleepbootvermogen is in overleg met de klant bepaald.

De simulaties zijn uitgevoerd voor:

- vier varianten;
- twee schepen, met ieder twee beladingsgraden;
- twee wind- en golfcondities;
- Twee typen manoeuvres: invaarten en uitvaarten.

Voor de nautische beoordeling van de diverse alternatieven zijn 24 fast-time simulaties uitgevoerd. De condities zijn gebaseerd op de resultaten van de bespreking gehouden op 11 januari en vastgesteld in overleg met de opdrachtgever.

De simulaties zijn beoordeeld op het gebied van ruimtegebruik en controleerbaarheid.

### 3.2 Motivering voor layouts

DHV heeft op basis van de belangrijkste doelen voor de nieuwe insteekhaven en de ontwerpvoorkeuren een aantal varianten voor effectbepaling vastgesteld, op basis van ontwerpvoorkeuren.

De ontwerpvoorkeuren zijn door DHV als volgt bepaald:

1. Afmetingen bassin nieuwe insteekhaven
2. Oeverontwerp / -vormgeving
3. Afmeerlocatie lichterschip

De afmetingen van het bassin wordt begrensd door de bestemmingsplangrenzen. Daarnaast worden vanuit het oogpunt van ruimtelijke kwaliteit en golfdemping eisen gesteld aan het type oever. Het type oever heeft een zeer bepalende invloed op het benodigde ruimtebeslag. De afmeerlocatie voor het lichterschip kan zowel in het westen als in het oosten van de nieuwe insteekhaven worden gerealiseerd. De afmeeroriëntatie van het lichterschip is grofweg vastgelegd door de vorm van het projectgebied en de lengte van het schip.

De door DHV ontwikkelde varianten zijn opgebouwd volgens een functioneel oplopende reeks. Er zijn drie hoofdrichtingen, in toenemende functionaliteit:

- Verplaatsen lichtercapaciteit
- Niet onmogelijk maken van medegebruik
- Bassin maximalisatie

Uit de hierboven genoemde denkrichtingen zijn drie variant types naar voren gekomen:

1. Klein bassin, lichterschip in het oosten;
2. Klein bassin, lichterschip in het westen;
3. maximaal bassin, lichterschip in het oosten.

De variant types zijn door DHV dusdanig opgesteld dat de volledige bandbreedte van oplossingen wordt meegenomen in de nautische simulaties. De lay-outs zijn gepresenteerd in Figuur 3-1 t/m Figuur 3-4. Hierin is ook opgenomen het mogelijk ruimtebeslag van een afgemeerd tweede lichterschip, tegenover de lichterlocatie.

De kenmerken van de layouts zijn opgenomen in Tabel 3.1.

**Tabel 3.1: Kenmerken van de lay-outs**

Hoofdvarianten	Bassinafmeting	Locatie lichterschip	West-oever	Oost-oever	Noord-oever
01 T	Klein	Oost	Combi	Combi	Verticaal
02A T	Klein	West	Combi	Combi	Verticaal
02B T	Klein	West	Combi	Talud	Talud
03 T	Groot	West	Combi	Combi	Verticaal

Omdat DHV inschat dat een natuurlijk talud een flink aantal voordelen heeft vanuit het oogpunt van ruimtelijke kwaliteit, kosten en golfdemping, is er door DHV bekeken of natuurlijke oevers toepasbaar zouden zijn vanuit nautisch oogpunt en ruimtebeslag. Hierin heeft DHV aangenomen dat een onderwatertalud maximaal 1:5 opgezet kan worden. Op basis van voorkeuren heeft DHV de nautische mogelijkheden voor een natuurlijk talud als beperkt ingeschat, maar om deze optie niet uit te sluiten voor het bandbreedte onderzoek in de fast-time simulaties is dit type oever derhalve opgenomen

in variant 2B. In deze variant ligt het lichterschip op de westoever wat meer zuidelijker dan mogelijk is langs de oostoever. Daardoor is er op de oost- en noordoever meer ruimte beschikbaar voor een natuurlijk talud. De overige oevertypen bestaan oftewel uit een verticale wand, of uit een verticale wand waarin rondom de waterlijn een talud wordt aangebracht ten behoeve van golfdemping (combi oever).

### 3.3 Motivering voor de hydraulische stromingscondities

De stroming in de haven van IJmuiden wordt veroorzaakt door twee verschillende processen:

- Getijvulling en lediging
- Spuien vanuit het Noordzee kanaal

De stroming door getijvulling en lediging hangt af van de snelheid waarmee de waterstand als gevolg van het getij verandert. Deze verandering is het snelst bij springtij. Tijdens springtij worden dan ook de grootste stroomsnelheden verwacht als gevolg van getijvulling en lediging. De stroming door spuien hangt in sterke mate af van de hoeveelheid water dat wordt gespuid. Spuien kan zowel onder vrij verval als met behulp van een gemaal. Daarnaast is het gespuide water zoet terwijl het water in de haven zout is. Hierdoor zullen dichtheidseffecten optreden wat de stroming zal beïnvloeden.

Om een beeld te krijgen van de stromingscondities in de nabijheid van de nieuwe lichterlocatie is er door DHV voor gekozen om voor de fast-time simulaties een relatief eenvoudig 2DH (dieptegemiddeld) stromingsmodel van de haven op te zetten. Er is gekozen voor een 2DH model, aangezien er in de tweede fase van het project een gedetailleerd 3D modelinstrumentarium beschikbaar komt, waarmee de uiteindelijke condities worden bepaald ter bevestiging met Real-Time simulaties. Ten behoeve van de opzet van het 'eenvoudige' stromingsmodel worden door DHV twee belangrijke aannames gemaakt:

- Het effect van dichtheidsverschillen op de stroming nabij de nieuwe lichterlocatie is beperkt. De stromingscondities in deze fase van de studie worden berekend met het stromingsmodel zonder het effect van dichtheidsverschillen in rekening te brengen.
- Het effect van faseverschillen in het getij bij de ingang van de haven van IJmuiden heeft geen effect op de stroming door getijvulling en lediging nabij de nieuwe lichterlocatie. Deze faseverschillen worden daarom niet meegenomen in het stromingsmodel.

Een uitgebreide toelichting op het afleiden van de stromingsrandvoorwaarden is opgenomen in Lit [3].

De geselecteerde stroombeelden zijn als volgt:

- Invaart naar Averijhaven: springtij na hoogwater, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, (Figuur 3-5), bij een waterstand van NAP;
- Uitvaart richting sluis: spuidebiet 500 m<sup>3</sup> (Figuur 3-6), bij een waterstand van NAP-1,7 m;

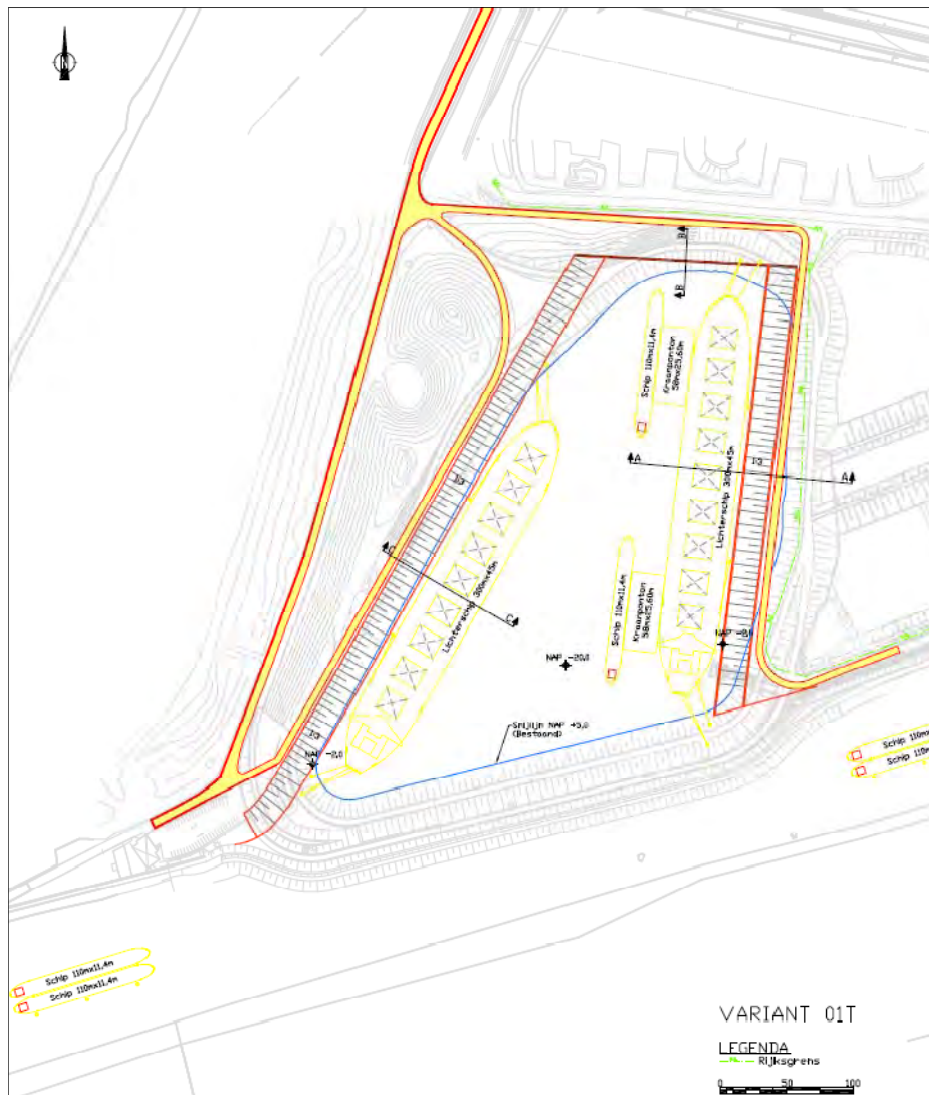
Het toelatingsbeleid voor de sluis stelt dat de bulkschepen een minimale waterstand van om en nabij NAP nodig hebben om de sluisdrempel te kunnen passeren. Hierbij is dan ook een diepgangsbepijking van toepassing. Voor het toetsen van een nautische

veilige uitvaart richting de sluis is echter gekozen voor een lagere waterstand dan NAP omdat een lichterschip mogelijk zijn ligplaats moet verlaten om plaats te maken voor een zogenaamd refuge schip in nood. Deze manoeuvre kan mogelijk plaatsvinden bij waterstanden lager dan NAP. En bij een lagere waterstand dan NAP is het de verwachting dat ook de stroomsnelheden nabij de averijhaven ten gevolge van het spuien hoger zijn. Gekozen is daarom voor een 1/1 jaar laagwaterstand conditie van NAP -1.7 m.

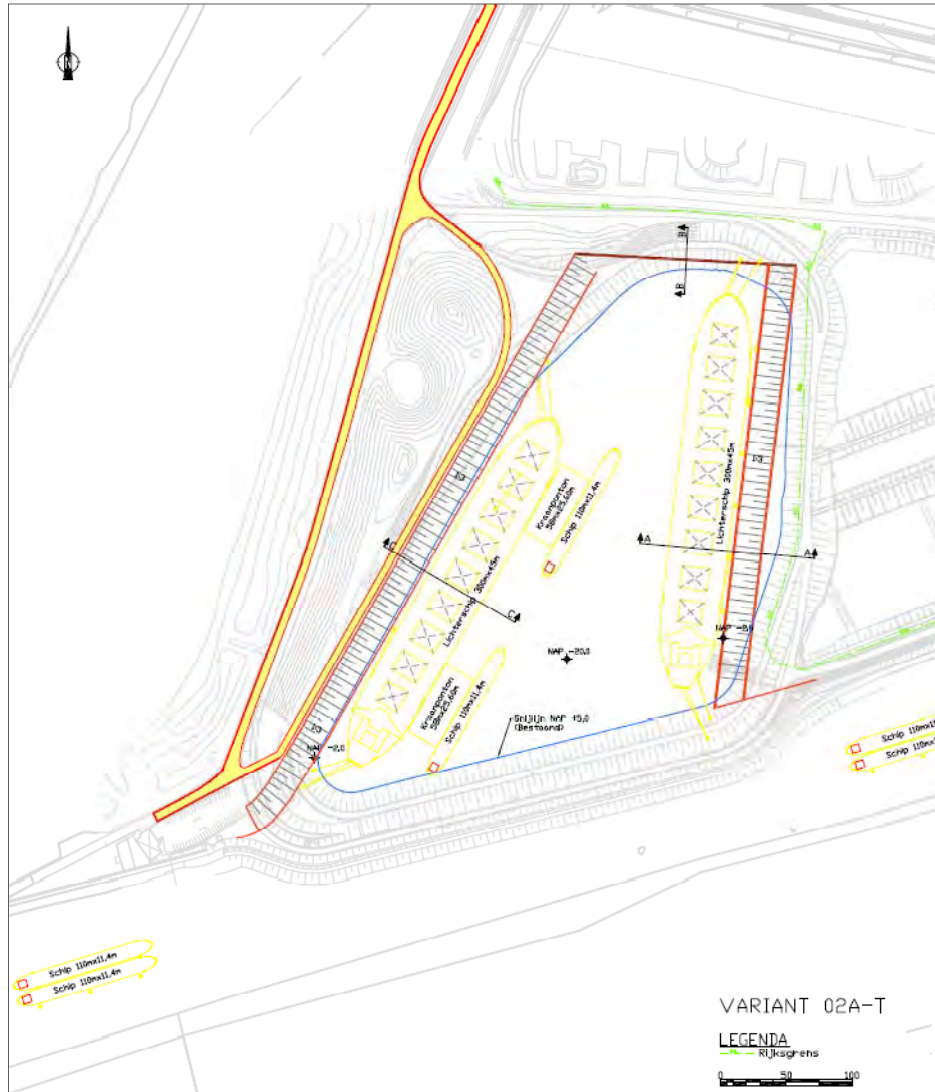
### 3.4 Voorbereiding van de SHIPMA database en de schepen

De SHIPMA database van het gebied bestaat uit geografische gegevens en omgevingscondities zoals stroom, wind en golven. De volgende gegevens zijn verwerkt voor deze database:

- De **lay-outs** van de vier varianten (zie Figuur 3-1 t/m Figuur 3-4) zijn ontwikkeld uit de, door de klant toegeleverde ACAD file (ref. Varianten Lichtenen(V2).dwg, d.d. 19 januari 2011);

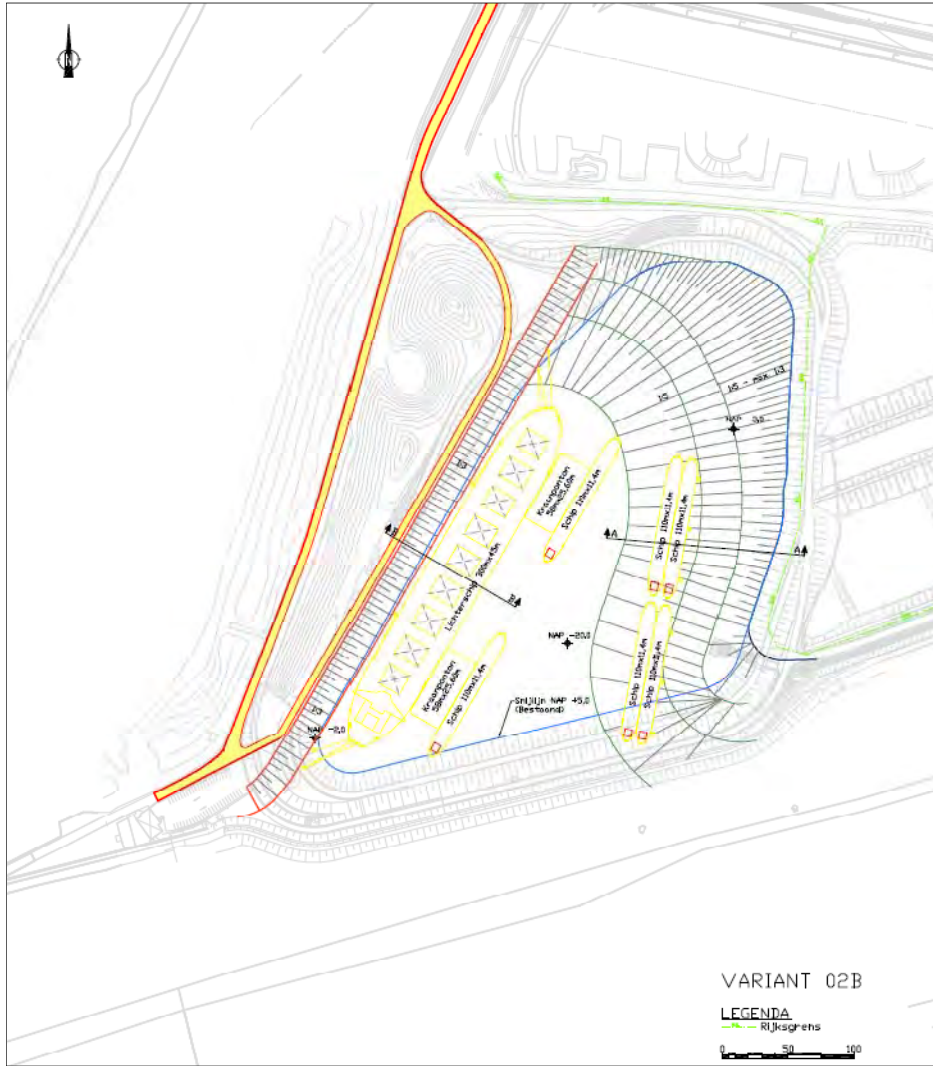


Figuur 3-1 Variant 01T

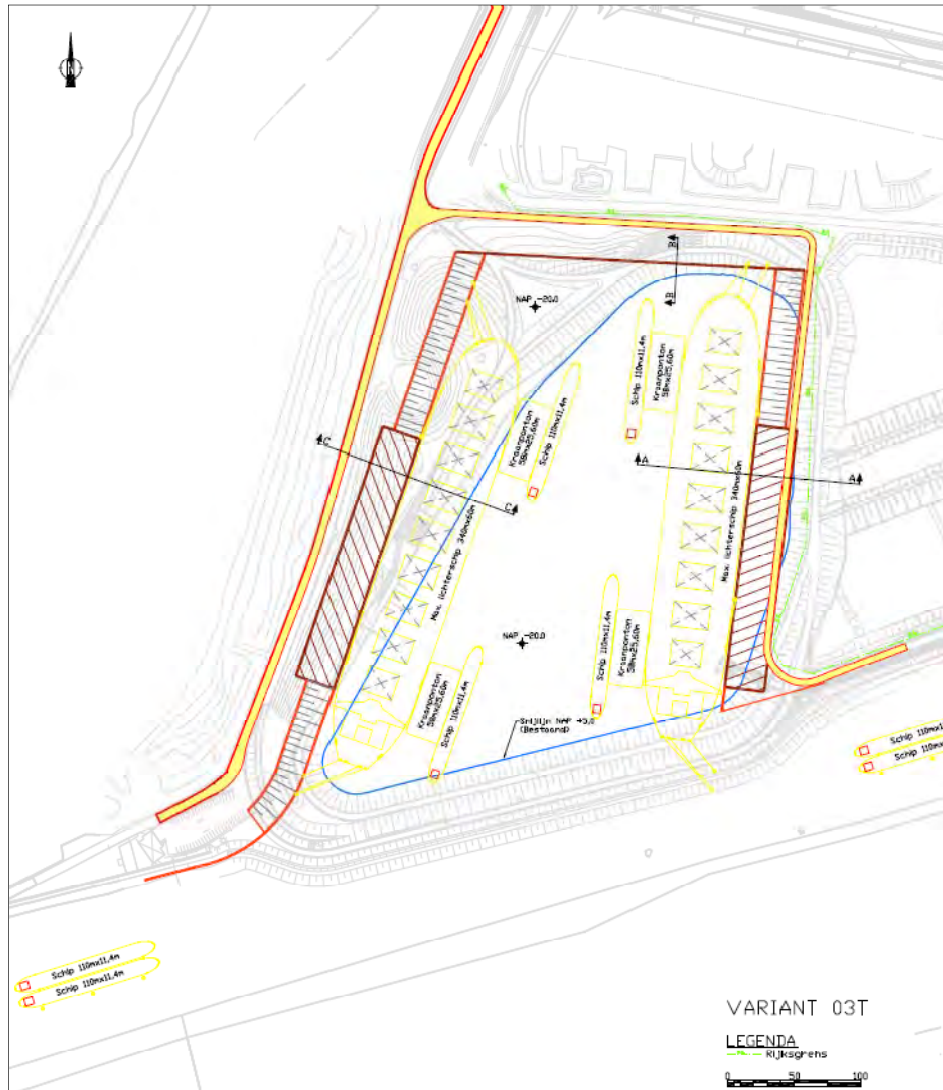


**Figuur 3-2 Variant 02aT**



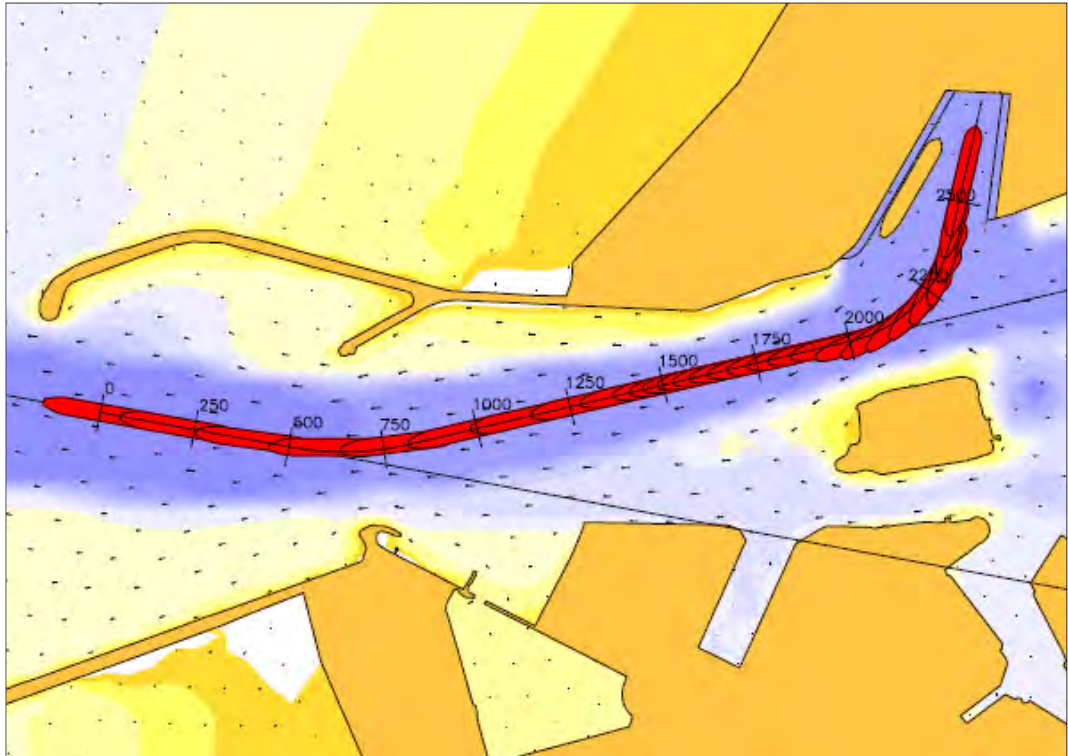


Figuur 3-3 Variant 02b

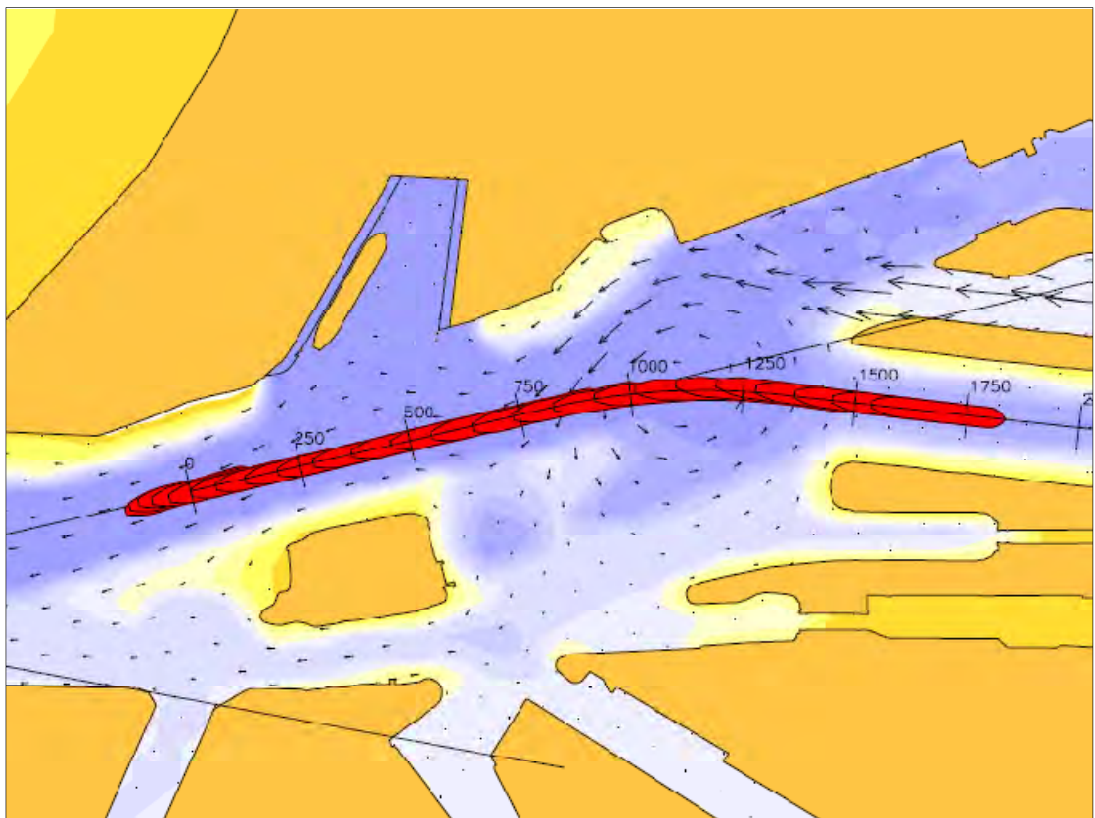


Figuur 3-4 Variant 03T

- **Dieptevel**d van Buitenhaven en Averijhaven uit toegeleverde data van de klant. Het diepteverloop naast de bestaande geul is in de baan plots aangegeven (zie Figuur 4-1). In de Averijhaven zitten in de toegeleverde data geen taluds. De teen van de talud is echter wel aangegeven in de baan plots met een zwarte lijn;
- **Stroombeelden**: er zijn twee stroombeelden toegeleverd door de klant: springtij na hoogwater, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, (Figuur 3-5), bij een waterstand van NAP en spuidebiet 500 m<sup>3</sup> (Figuur 3-6), bij een waterstand van NAP-1,7 m;
- Er is een homogeen **windveld** ingevoerd uit zuidwestelijke en noordwestelijke richting omdat hiermee de twee meest ongunstige situaties worden beproefd. Als het schip de Averijhaven binnenvaart wordt het door de ZW wind naar voren gedruwd en moet de snelheid bewust laag gehouden worden. Bij noordwesten wind ondervindt de boeg van het schip (en dus de voorsleepboot) bij de invaart de grootste windkrachten;
- Er zijn door de wind lokaal opgewekte **golven** gemodelleerd, die toegeleverd zijn door de klant.



**Figuur 3-5** Stroombeeld springtij, na hoogwater, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP



**Figuur 3-6** Stroombeeld spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP + 1,7 m

### 3.5 Gebruikte mathematische modellen

#### *Bulkcarriers*

Voor het uitvoeren van de fast-time simulaties zijn vier manoeuvreermodellen gebruikt. Tabel 3-1 geeft de afmetingen van de gebruikte schepen:

**Tabel 3-1 Gegevens van de gebruikte modellen van bulkcarriers**

Gegevens	Eenheid	Geladen	Gelichterd	Geladen	Gelichterd
Lengte	[m]	300.0	300.0	340.0	340.0
Breedte	[m]	45,0	45,0	60,0	60,0
Diepgang	[m]	17,8	13,75	17,8	13,75
Vermogen	[kW]	13.600	13.600	25.500	25.500
Massa	[ton]	200300	155200	294100	227900
Deadweight	[DWT]	170.880	170.880	341.550	341.550
Windoppervlak	[m <sup>2</sup> ]	3250	4410	5348	6685

De modellen van de bulkcarriers zijn gebaseerd op bestaande en geteste modellen van dit type schepen.

#### *Sleepboten*

Van te voren was vastgelegd dat voor de vaarten twee ASD-sleepboten gebruikt zouden worden met een bollard pull van ieder 70 ton. Deze sleepboten hebben een lengte van 33 m, een breedte van 12 m en een diepgang van 5 tot 5,5 m. De sleepboten zijn vastgemaakt op de boeg en in de middenkluis op het achterschip.

Uit de simulaties met de 300 m bulkcarrier bleek echter dat bij gebruik van twee sleepboten van 70 ton bollard pull niet voldoende veiligheidsmarge zou overblijven bij de 340 m bulkcarrier. Daarom is in overleg met de klant besloten om vier boten van elk 57 ton bollard pull toe te passen voor de vaarten met dit schip (zie volgende paragraaf).

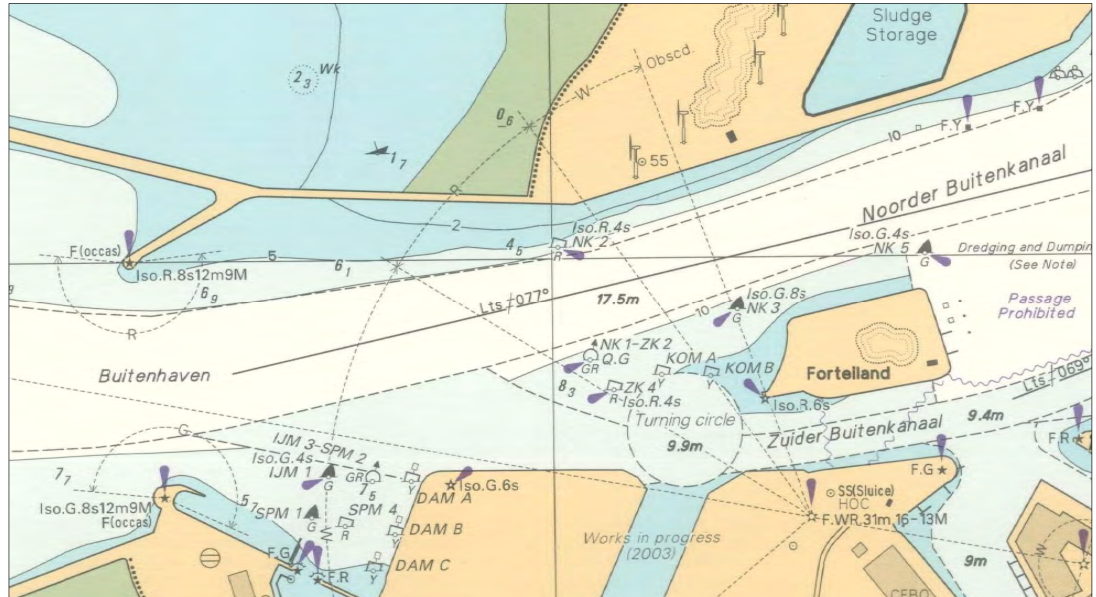
### 3.6 Opzet van de scenario's

De scenario's voor de fast-time simulaties beschrijven de uit te voeren manoeuvre (zie tabel 3.2) door middel van de te volgen baan, het snelheidsverloop langs de baan, het gebruik van sleepboten en de condities (wind, golven, stroom). Een geavanceerde baanvolgende stuurautomaat stuurt het schip op grond van het vooraf beschreven scenario zo goed mogelijk langs de voorgeschreven baan. De, in tabel 3.2 genoemde, lay-outs verwijzen naar de contouren, zoals die gegeven worden in de baan plots in bijlage B.

De banen voor de invaarmanoeuvres zijn zo gekozen dat het schip (geladen tot 17,8 m) de lichtenlijnen 100,5° en 77° volgt (zie Figuur 3-7) en de haven indraait. Er is gekozen voor het volgen van de lichtenlijn omdat dit is aangegeven in de memo 'Nautische specificaties toekomstige Averijhaven' [1] en omdat dit de meest ongunstige koers is voor de invaart van de haven. Vanaf de 77° lichtenlijn moet de grootste koerswijziging plaatsvinden om voor de ligplaatsen in de Averijhaven te komen.

In het verleden zijn er ook suggesties gedaan voor een meer zuidelijke aanvaaroute, welke een gunstiger aanvaarkoers heeft voor de Averijhaven. Deze route is opgenomen in figuur 3-8. Ten opzichte van de gekozen invaarroute via de bestaande 77° lichtenlijn is de ingreep van de zuidelijke aanvaaroute in het systeem fors: de vaargeul zal hoe

dan ook verbreed moeten worden en de oevers van het forteneiland aangepast. Daarnaast zal de zuidelijke route geen reductie in stremming van de vaarweg betekenen ten opzichte van de gekozen invaarroute. Daarom is gekozen om te varen via de bestaande infrastructuur en op basis van de fast-time resultaten conclusies te trekken over de haalbaarheid van deze route.

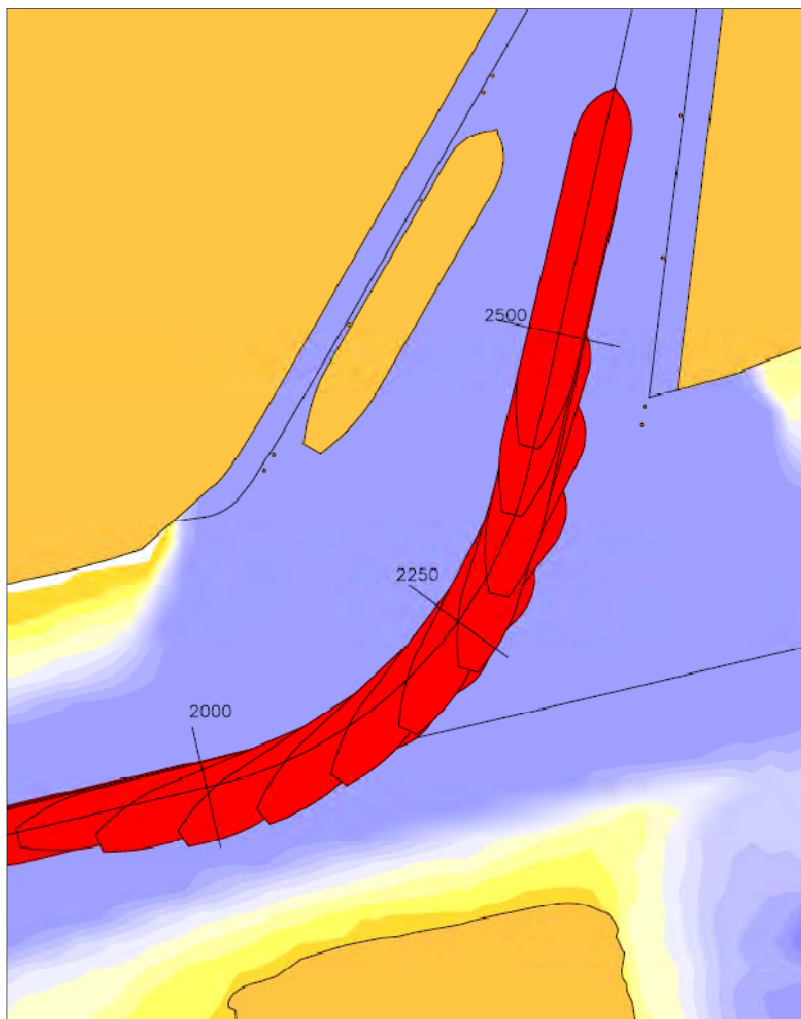


**Figuur 3-7** 77° lichtenlijnen in de bestaande situatie

De bochtstraal van de gekozen baan de Averijhaven in is maximaal 350 m omdat bij een grotere bochtstraal het schip niet op tijd opgelijnd ligt bij nadering van de ligplaats (zie Figuur 3-9). De snelheden zijn zo gekozen dat het schip met een realistische snelheid (4,5 kn) begint en dat de snelheid gereduceerd wordt (door af en toe achteruit te slaan) tot 1,5 kn, om vervolgens, met sleepboothulp, de bocht te maken en voor de ligplaats te stoppen. Het daadwerkelijke aanleggen is niet meegenomen in de simulaties omdat dit altijd mogelijk is met de gebruikte sleepboten als het schip aan het eind van de run, gecontroleerd voor de kade stilligt.



**Figuur 3-8** Alternatieve zuid-route (niet gekozen voor de fast-time simulaties)



**Figuur 3-9** Invaart Averijhaven met bochtstraal 350 m

De geteste wind-, stroom- en golfcondities zijn in tabel 3.2 gegeven. De windsnelheid is daarbij op 15,4 m/s, gemeten op 10 m hoogte, gesteld. Dit is de gemiddelde windsnelheid, behorend bij windkracht 7. Voor het door MARIN uitgevoerde onderzoek naar de maximale containerschepen voor IJmuiden is ook deze windsnelheid gehanteerd.

Voor de uitvaarmanoeuvres (schip met diepgang 13,75 m na lichten) zijn de simulaties in twee delen gesplitst om het achteruit uitvaren (deel a) en het weer op gang komen en naar de sluis varen (deel b) apart te kunnen analyseren.

In tabel 3.2 is aangegeven waar de run begint en waar het schip naartoe gaat (b.v. beginpunt 'in geul' en ligplaats eindpunt 'oost'). Ook is aangegeven dat er een eindkoers er is gehanteerd, die bij de betreffende ligplaats hoort. Voor de uitvaarten is dit de beginkoers naast de betreffende ligplaats.

**Tabel 3-2 Scenario's voor de fast-time simulaties**

Scenario	Variant	Schip	Beginpunt	Invaarkoers	Uitvaarkoers	Eindpunt	Gemeerde schip	Stroom	Waterstand	Wind en golven
1	01 T	300 m 17,8	in geul	1	nvt	oost	west	1	NAP	ZW
2			in geul	1	nvt	oost	west	1	NAP	NW
3		300 m 13,75	oost	nvt	1	naar sluis	west	2	NAP-1,7	ZW
4			oost	nvt	1	naar sluis	west	2	NAP-1,7	NW
5	02a T	300 m 17,8	in geul	2	nvt	west	oost	1	NAP	ZW
6			in geul	2	nvt	west	oost	1	NAP	NW
7		300 m 13,75	west	nvt	2	naar sluis	oost	2	NAP-1,7	ZW
8			west	nvt	2	naar sluis	oost	2	NAP-1,7	NW
9	02b	300 m 17,8	in geul	2	nvt	west	nvt	1	NAP	ZW
10			in geul	2	nvt	west	nvt	1	NAP	NW
11		300 m 13,75	west	nvt	2	naar sluis	nvt	2	NAP-1,7	ZW
12			west	nvt	2	naar sluis	nvt	2	NAP-1,7	NW
13	03 T	300 m 17,8	in geul	2	nvt	west	oost	1	NAP	ZW
14			in geul	2	nvt	west	oost	1	NAP	NW
15		300 m 13,75	west	nvt	2	naar sluis	oost	2	NAP-1,7	ZW
16			west	nvt	2	naar sluis	oost	2	NAP-1,7	NW
17	03 T	340 m 17,8	in geul	1	nvt	oost	west	1	NAP	ZW
18			in geul	1	nvt	oost	west	1	NAP	NW
19		340 m 13,75	oost	nvt	1	naar sluis	west	2	NAP-1,7	ZW
20			oost	nvt	1	naar sluis	west	2	NAP-1,7	NW
21	03 T	340 m 17,8	in geul	2	nvt	west	oost	1	NAP	ZW
22			in geul	2	nvt	west	oost	1	NAP	NW
23		340 m 13,75	west	nvt	2	naar sluis	oost	2	NAP-1,7	ZW
24			west	nvt	2	naar sluis	oost	2	NAP-1,7	NW
invaarkoers 1 = voor ligplaats oost										
invaarkoers 2 = voor ligplaats west										
uitvaarkoers 1 = bij ligplaats oost										
uitvaarkoers 2 = bij ligplaats west										
Stroom 1 = springtij, na hoogwater, pompdebiet 260 m3										
Stroom 2 = spuidebiet 500 m3										
runs in 2b = gelijk aan runs in 2a, alleen met andere lay-out										

De scenario's met het 300 m schip zijn uitgevoerd met twee sleepboten van 70 ton bollard pull. Voor de simulaties wordt daarbij een veiligheidsmarge van 30% ingevoerd, zodat de effectieve bollard pull is begrensd op 49 ton. Het sleepbootgebruik gaf aan dat deze 49 ton in een aantal gevallen wel degelijk nodig was, vooral om het schip de bocht door te slepen. Voor het 340 m schip is daarom gekozen voor twee sleepboten met een bollard pull van 80 ton elk. Deze grotere boten zijn nodig omdat de windkracht op het gelichterde schip veel groter is (windoppervlak stijgt van 3800 m<sup>2</sup> naar 6558 m<sup>2</sup>). Daarnaast is het grote schip bijna 50% zwaarder, waardoor vooral in de bocht veel meer sleepbootkracht nodig is. Door de vaarsnelheid te verlagen zou in theorie de benodigde sleepbootkracht kunnen worden gereduceerd, maar omdat er ook stoom loopt en men niet te lang over de manoeuvre wil/kan doen is een minimale snelheid, welke varieert tussen 1 en maximaal 1,5 kn, gehanteerd tijdens het bochten (zie ook [1]:



adviesnelheid 1 á 2 kn). Uit de resultaten van de fast-time simulaties blijkt inderdaad dat als de snelheid boven de 1,5 kn komt de gebruikte sleepbootkrachten te groot worden. De draai vanuit de 77° lichtenlijn tot naast de ligplaats (zie Figuur 3-9) kost ongeveer 11 minuten. Daarna zal het schip nog tijd nodig hebben om de ligplaats te bereiken.

Als voor de sleepboten weer een veiligheidsmarge van 30% in rekening wordt gebracht, zouden de twee gebruikte sleepboten van 80 ton, in praktijk worden gerepresenteerd door vier sleepboten van 57 ton bollard pull.

## 4 UITGEVOERDE FAST-TIME SIMULATIES EN ANALYSE

### 4.1 Inleiding

De resultaten van de nu uitgevoerde fast-time simulaties worden later gebruikt bij de opzet van de real-time simulaties voor de definitieve variant van de Averijhaven. De analyse richt zich daarom op dezelfde onderwerpen, als die bij de real-time simulaties zullen worden geanalyseerd. Ook worden zoveel mogelijk dezelfde criteria gebruikt. De resultaten van de fast-time simulaties worden gegeven in de vorm van baan- en dataplots. Met de analyse van deze gegevens zijn voor de diverse schepen en wind/golf/stroomcondities de bestuurbaarheid en het ruimtebeslag in geul en haven bepaald.

De vaarten, waarbij het gelichterde schip de Averijhaven achteruit verlaat en in de geul weer vooruit geeft om richting sluis te varen, zijn in twee delen gesplitst. Het eerste deel omvat het verlaten van de haven en de draai achteruit naar de geul, tot het schip gestrekt in de 77° lichtenlijn ligt. Het tweede deel is het weer op gang komen en vooruit richting sluis varen.

### 4.2 Presentatie van de resultaten van de fast-time simulaties

De resultaten van elke run worden gepresenteerd in een aantal plots (zie Bijlage B). Een voorbeeld van deze plots wordt gegeven in figuur 4.1 t/m figuur 4.6. Voor elke run worden de volgende plots gepresenteerd, waarbij X het nummer van de conditie is.

Fig X.a Baan plot, overzicht: met de baan van het schip (zie figuur 4.1)

Fig X.b Baan plot, detail<sup>1</sup>: met de baan van het schip (zie figuur 4.2)

Fig X.c Dataplot met snelheid, toerental en roerhoek (zie figuur 4.3):

- voorwaartse snelheid van het schip over de grond [m/s];
- toerental van het schip [rps];
- roerhoek [graden].

Fig X.d Dataplot met sleepbootkrachten voorboot (zie figuur 4.4):

- Kracht in X-richting van voorboot [kN];
- Kracht in Y-richting van voorboot [kN];
- Totale sleepkracht van voorboot [kN].
- 

Fig X.e Dataplot met sleepbootkrachten voorboot (zie figuur 4.5):

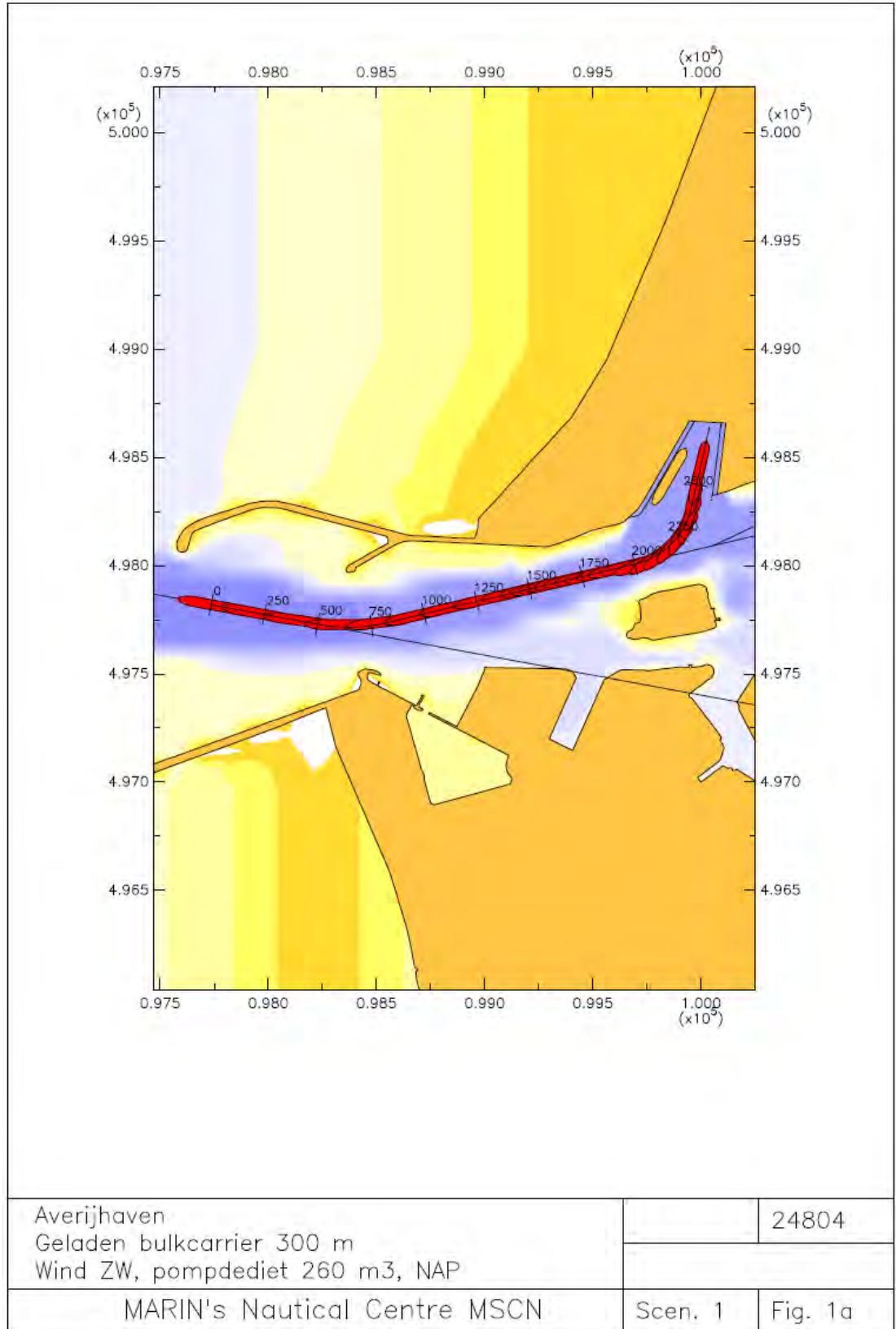
- Kracht in X-richting van achterboot [kN];
- Kracht in Y-richting van achterboot [kN];
- Totale sleepkracht van achterboot [kN].

Fig X.f Dataplot met windkrachten (zie figuur 4.6):

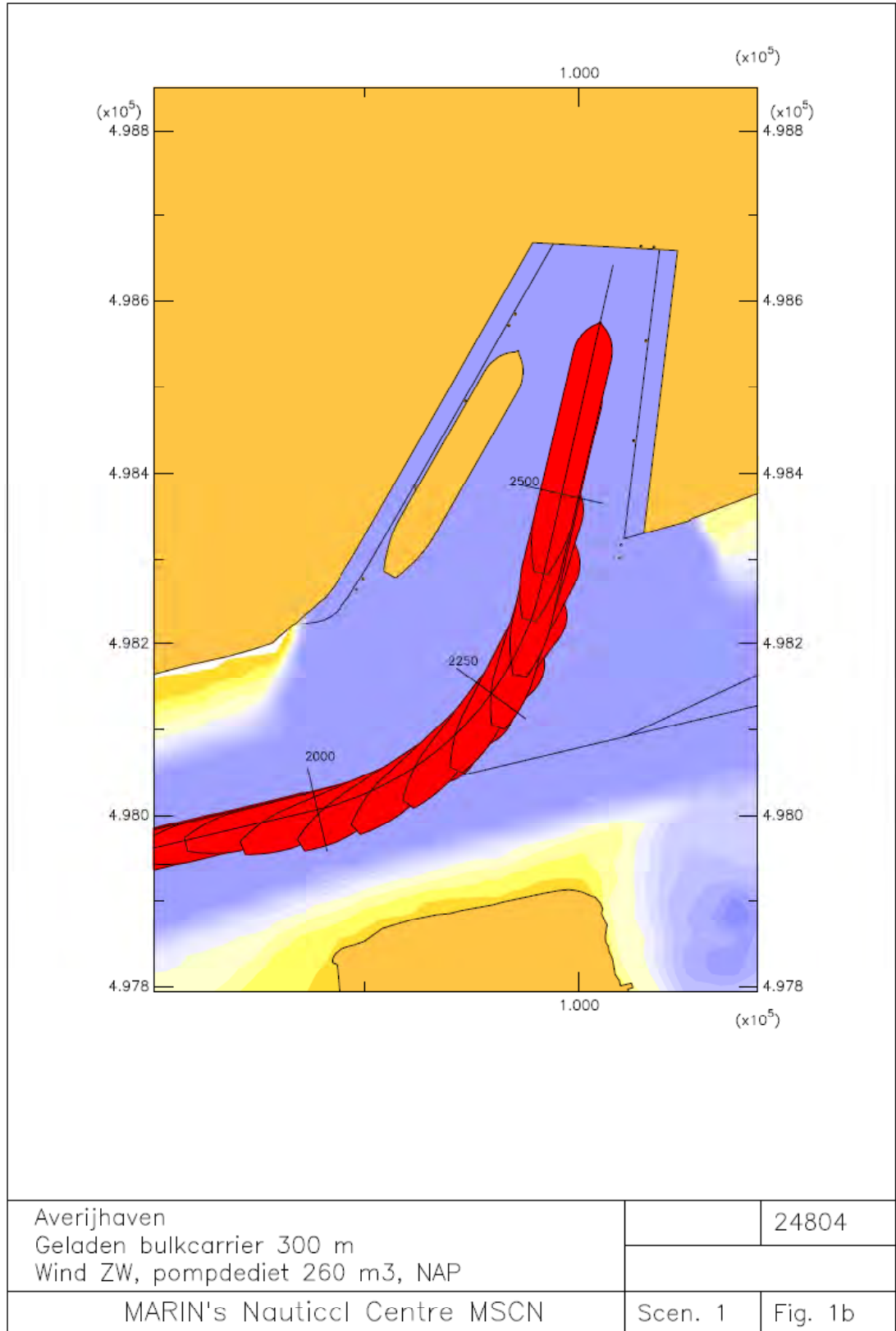
- Windkracht in X-richting [kN];
- Windkracht in Y-richting [kN].

---

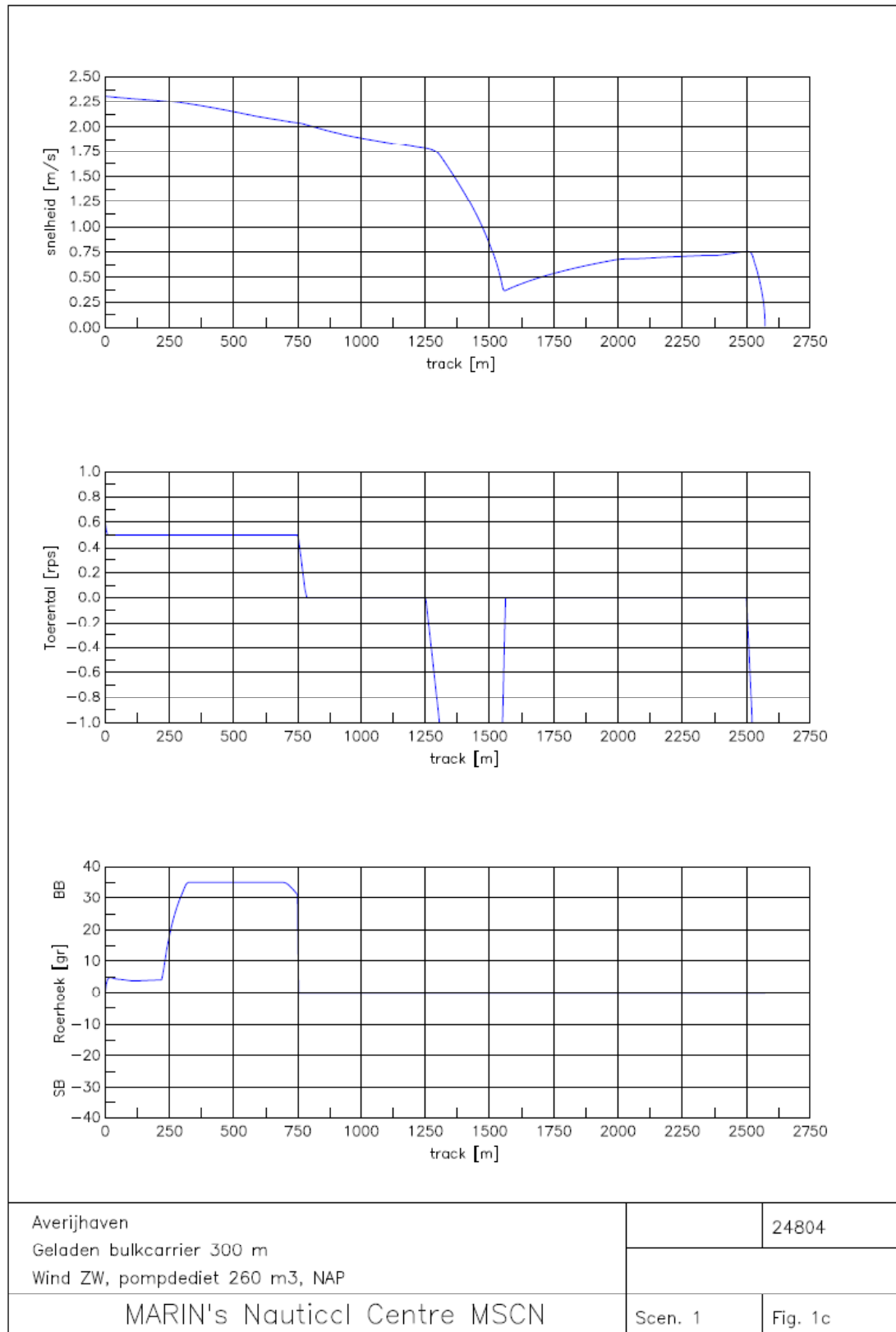
<sup>1</sup> Bij de vaarten, waarbij het gelichterde schip de haven verlaat, ontbreekt de detail plot, maar de nummering van de dataplots is gelijk gehouden.



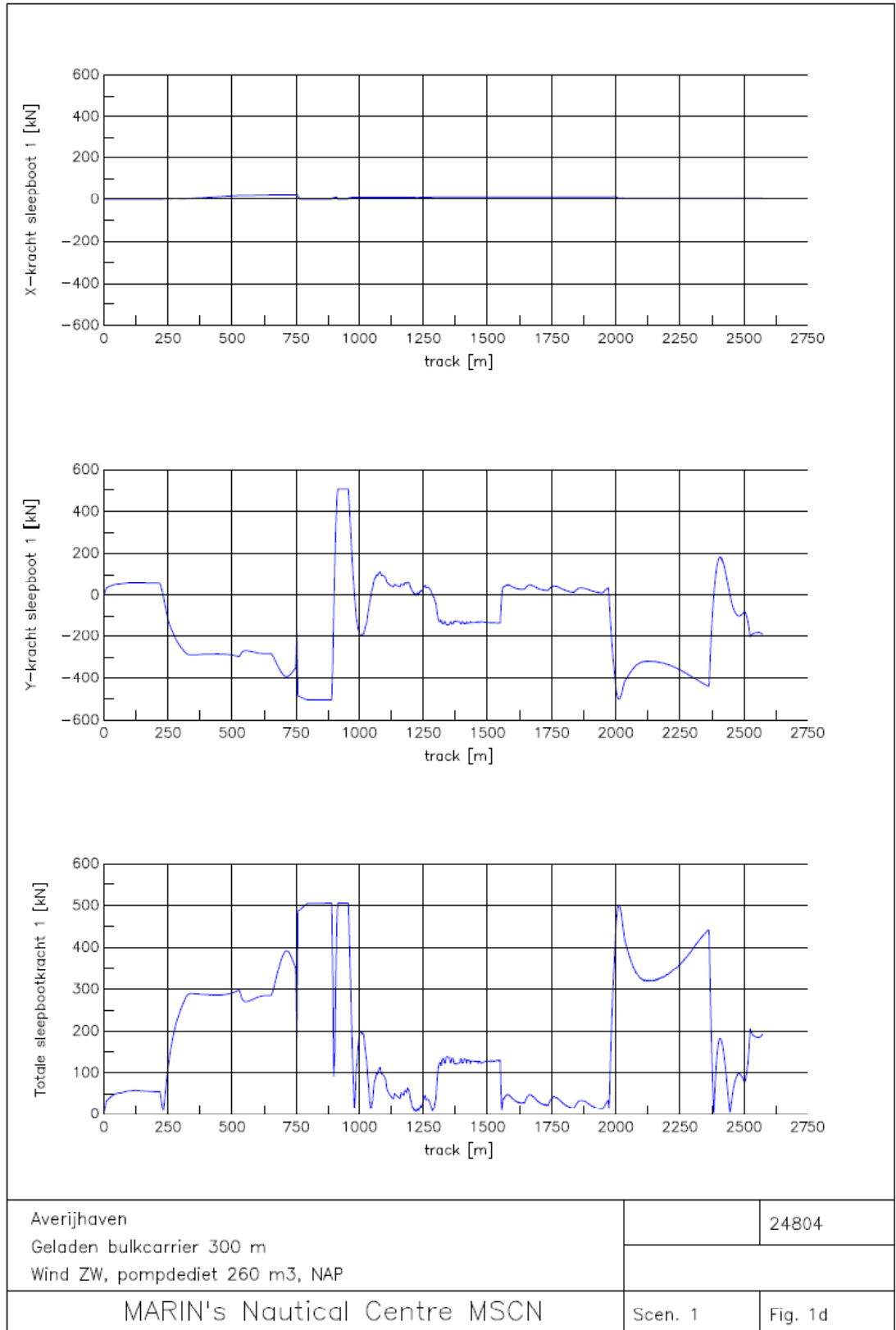
**Figuur 4-1 Voorbeeld baan plot X.a, overzicht**

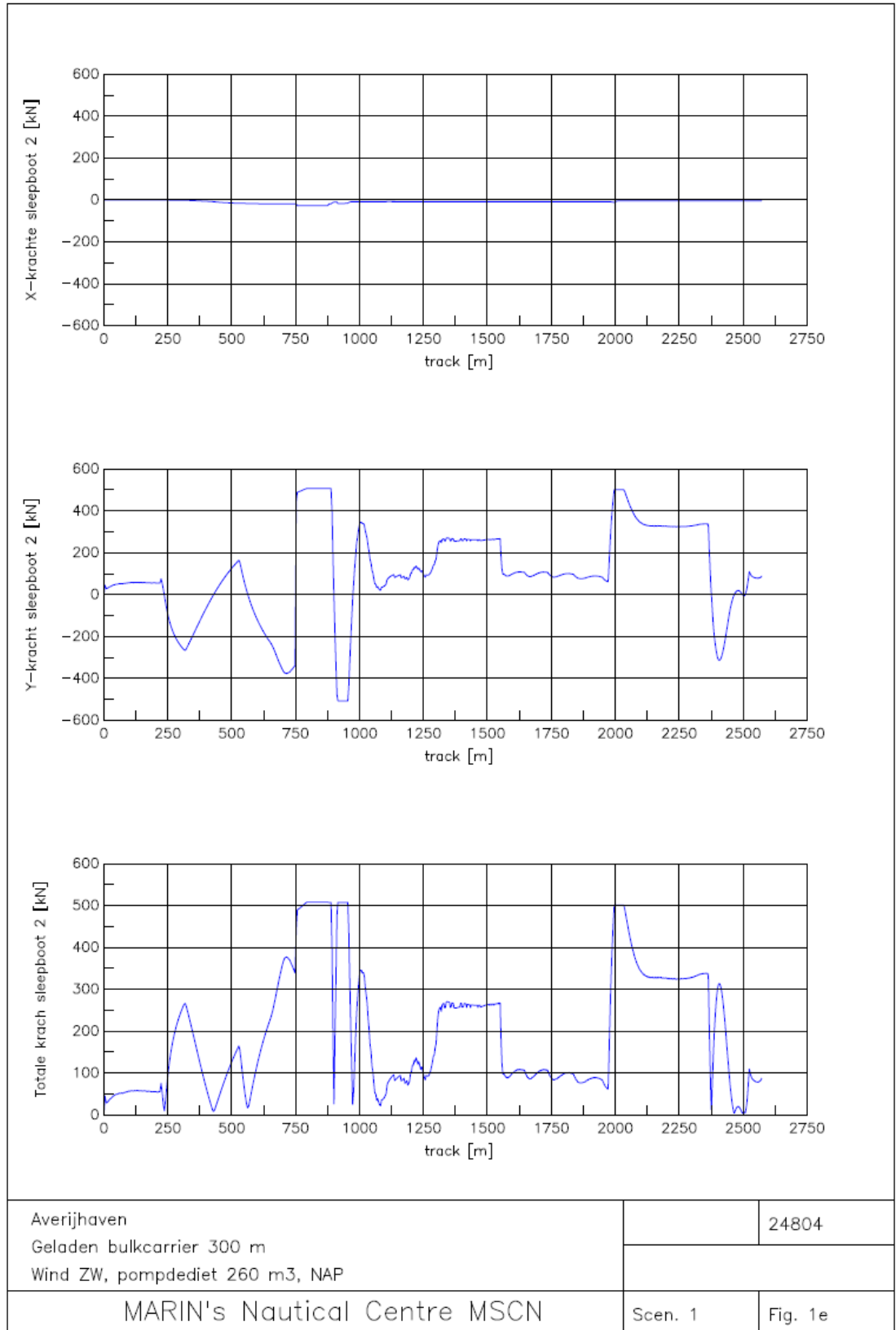


**Figuur 4-2 Voorbeeld baan plot X.b, detail**

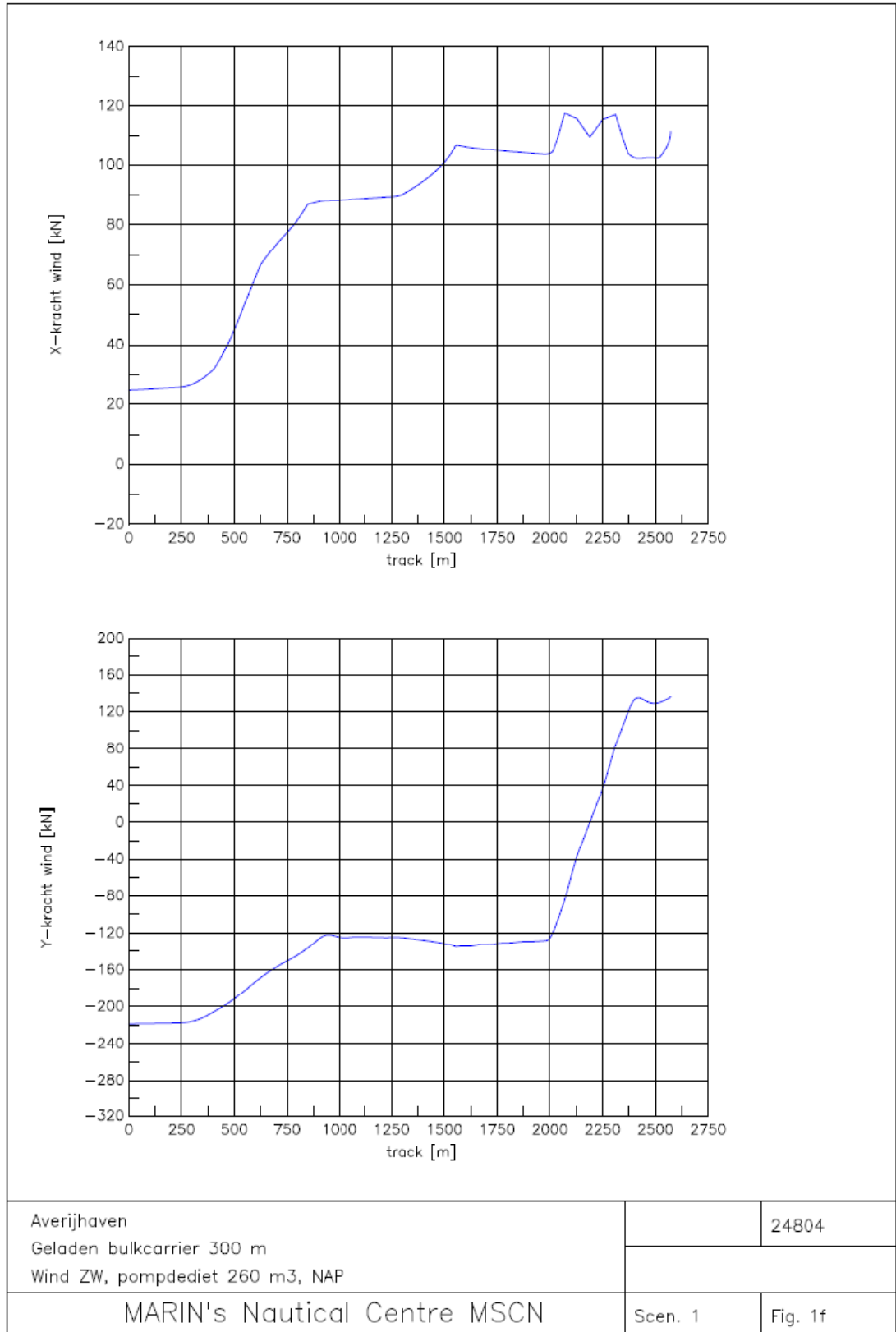


**Figuur 4-3**      **Voorbeeld data plot X.c**


**Figuur 4-4      Voorbeeld data plot X.d**



Figuur 4-5 Voorbeeld data plot X.e



**Figuur 4-6**      **Voorbeeld data plot X.f**



#### 4.2.1 Opgestelde criteria voor fast-time simulaties

Voor de beoordeling van de veiligheid van een bepaalde combinatie van schip en wind-, golf- en stroomcondities worden het roer- en schroefgebruik beoordeeld en het gebruik van de sleepboten.

Deze beoordeling vindt plaats aan de hand van bepaalde criteria. Voor de beoordeling van de benodigde geulbreedte worden de door PIANC opgestelde veiligheidsmarges opgeteld bij de met de fast-time simulaties bepaalde padbreedte (geveegde pad). Deze beoordeling van de geulbreedte wordt ook in hoofdstuk 4.3 uitgevoerd. De PIANC veiligheidsmarges worden hier besproken.

#### 4.2.2 Controleerbaarheid van de manoeuvre

Voor de beoordeling van de veiligheid van een manoeuvre wordt gekeken naar het gebruik van de besturingsmiddelen (roer, schroef en sleepboten). Voor het gecombineerde gebruik van roer en schroef is een criterium ontwikkeld waaraan een vaart moet voldoen om voldoende veiligheidsmarge te garanderen t.a.v. van de controleerbaarheid van een manoeuvre. Deze veiligheidsindex geeft de verhouding weer tussen de momentane roerhoek en vermogen en het criterium voor een veilige combinatie van roer en machinevermogen. Bij het criterium wordt ervan uitgegaan dat er voldoende reserve manoeuvreervermogen moet overblijven om onvoorziene situaties in de praktijk op te kunnen vangen. De veiligheidsindex heeft betrekking op de werkelijke stuurkracht, die wordt bepaald door de momentane roerhoek maar ook door het momentane toerental van de schroef.

Voor het criterium zijn, als veilige waarden voor roerhoek ( $\delta$ ) en toerental (rpm), gekozen voor 20 graden roer (bij een maximale roerhoek van 35 graden) en Halve Kracht vooruit. Het stuurvermogen is evenredig met het kwadraat van het toerental bij een bepaalde roerhoek, zodat de veiligheidsindex wordt gegeven door:

$$\text{Index} = \delta \times \text{rpm}^2 / 20 \times \text{rpm}_{hk}^2$$

Het criterium voor deze veiligheidsindex is 1. Een uitgevoerde manoeuvre wordt als goed gecontroleerd beoordeeld als de veiligheidsindex slechts korte tijd wordt overschreden. Voor zeeschepen wordt hiervoor een maximale duur van 2 minuten genomen. Hierbij is het mogelijk om een kortstondige toerenstoot te geven voor een momentane correctie. Situaties, waarbij echter langdurig een combinatie van veel roer en veel toeren wordt gegeven, worden niet goedgekeurd.

Voor het achteruit slaan ligt de limiet op halve kracht achteruit. Deze limiet mag voor een maximale duur van 2 minuten overschreden worden. Het roer heeft bij achteruit draaiende schroef geen effect meer en wordt tijdens de simulaties daarom midscheeps gelegd.

Voor de sleepboten wordt een criterium gehanteerd waarbij de gebruikte sleepbootkracht niet langdurig (langer dan 2 minuten) boven de 70% van het beschikbare vermogen van voor- of achtersleepboten mag komen. Om zeker te zijn dat altijd aan dit criterium is voldaan zijn alle simulaties daarom uitgevoerd met een voor en achterboot met als maximale bollard pull 70% van de maximale bollard pull (zie ook paragraaf 3.4).

#### 4.2.3 Maximale padbreedte tijdens de vaart

De maximale padbreedte in de geul wordt gebruikt om, samen met de PIANC veiligheidsmarges voor geulontwerp [2], een beoordeling van de geulbreedte te geven. Tabel 4-1 geeft een overzicht van de door PIANC gehanteerde veiligheidsmarges voor een geul. De gele rij 'Maoeuvreerruimte voor schip incl. effecten van en wind-, golf en stroom' wordt vervangen door de resultaten van het maximale geveegde pad uit elke fast-time simulatie<sup>2</sup>. De overblijvende marges komen samen op  $1,5 \times B$ , wat neerkomt op  $0,75 \times B$  aan bakboord en aan stuurboord. De factoren worden bij de analyse van de vaarten vermenigvuldigd met de betreffende scheepsbreedte.

**Tabel 4-1 Criteria voor geulbreedte volgens PIANC veiligheidsmarges**

Onderdeel veiligheidsmarge:	Marges
Marge tot bakboordsoever, beschermde geul, lage snelheid :	$0,3 \times B$
Manoeuvremarge menselijke besturing:	$0,5 \times B$
Maoeuvreerruimte voor schip incl. effecten van wind-, golven en stroom:	Geveegde pad
Toeslag voor kleine UKC ( $< 1,15$ )	$0,4 \times B$
Marge tot stuurboordsoever, beschermde geul, lage snelheid :	$0,3 \times B$

Voor de bepaling van de ruimte in de haven wordt ervan uitgegaan dat het schip tenminste  $0,5 \times B$  (Breedte van het betreffende schip) van de kade of afmeerpalen af blijft. Het schip heeft dan bijna geen snelheid meer waardoor de veiligheidsmarge kleiner kan worden dan de hierboven voor de geul gehanteerde  $0,75 B$ .

Voor het traject tussen de bestaande geul en de uiteindelijke locaties voor de ligplaats zijn geen criteria voor de veiligheidsmarges bekend. Wel wordt door PIANC bij een verbreding of versmalling van een geul een lineair verloop tussen de twee breedtes aanbevolen. Daarom wordt voor de marge op het traject van de bestaande geul tot voor de ligplaats een lineair verloopt van  $2 \times 0,75 B$  naar  $2 \times 0,5 B$  aanbevolen.

Voor de sleepboten wordt een minimale ruimte tussen het geassisteerde schip en het reeds gemeerde schip van 50 m aangehouden (zie ook [1]) voor de sleepboot incl. sleeptros. Indien de wind van de kade af is gaan de sleepboten in de zij duwen, ook dan wordt minimaal 50 m ruimte aangehouden tot het reeds gemeerde schip omdat de sleepboten extra ruimte nodig hebben voor de schroefstraal en tijd (dus ruimte) nodig om te 'vluchten' als de duwende sleepboot dreigt klem te komen zitten. Sleepboten kunnen wel boven de taluds opereren. Hier wordt de 50 m ruimte genomen tot een dieptelijn die voor de diepgang van de sleepboten (diepgang 5 tot 5,5 m) relevant is. Hierbij moet nog wel rekening gehouden worden dat de sleepboten ook bij laag water moeten kunnen werken.

#### 4.2.4 Resultaten van fast-time simulaties

##### **Bestuurbaarheid**

De veiligheidsmarges t.a.v. de bestuurbaarheid door middel van roer, schroef en sleepboten is bij de uitgevoerde run gewaarborgd door het toegepaste vermogen op de schroef en de sleepboten te limiteren. Het vermogen vooruit is gelimiteerd tot 'Zeer Langzaam Vooruit' (30 rpm bij deze schepen), waardoor het veiligheids criterium (zie

<sup>2</sup> Omdat de runs individueel worden geanalyseerd wordt voor elke run apart het maximale geveegde pad bepaald uit de fast-time simulaties.

paragraaf 4.2.2) ook bij vol roer nooit overschreden wordt. Voor het achteruit vermogen is maximaal 'Halve Kracht Achteruit' gebruikt, wat er ook voor zorgt dat het criterium nooit overschreden wordt. In Tabel 4-2 zijn ter informatie de maximaal toegepaste toerentallen per run gegeven (vooruit en achteruit).

De sleepboten zijn gelimiteerd op 70% van de maximale bollard pull, zoals aangegeven in paragraaf 3.4. Hierdoor is ook altijd voldaan aan het criterium voor sleepbootgebruik. Omdat alle simulaties aan de criteria voldoen t.a.v. de bestuurbaarheid door eigen schroef/roer en sleepboothulp is er in eerste instantie geen verschil te maken tussen de diverse situaties. Om toch een waardering per situatie te kunnen geven m.b.t. de bestuurbaarheid is de sleepbootinzet beoordeeld op een schaal van 1 t/m 5, waarbij 1 staat voor weinig inzet van de sleepboten en 5 staat voor maximale inzet gedurende de gehele run. Hierbij moet opgemerkt worden dat deze maximale inzet nog steeds niet boven de 70% komt, zodat ook bij volle inzet nog aan het veiligheids criterium voor de sleepboothulp zou worden voldaan. In Tabel 4-2 is een beoordeling van de toegepaste sleepbootkrachten gegeven en is de score oplopend gerangschikt. Uit de tabel blijkt dat de vaarten in de geul de minste sleepbootinzet vragen. De draai de haven in en achteruit eruit vragen de meeste inzet, vooral bij NW wind. Er is geen duidelijk onderscheid te maken voor de diverse varianten of schepen. Wel vraagt de vaart naar de westelijke ligplaats minder sleepbootinzet omdat de koerswijziging kleiner is voor het bereiken van deze ligplaats.



### Benodigde ruimte in de geul

Het maximale geveegde pad in elk scenario wordt gegeven in tabel 4.3<sup>3</sup>. Met deze getallen en de P/ANC veiligheidsmarges (zie paragraaf 4.2.3) is een schatting van de benodigde geulbreedte gegeven bij de inzet van de draai naar de Averijhaven of aan het eind van de draai de Averijhaven uit. Daarnaast is beoordeeld of de geul naar de sluis geschikt is voor de vaart met de 340 m bulkcarrier.

**Tabel 4-3 Benodigde ruimte in geul en haven**

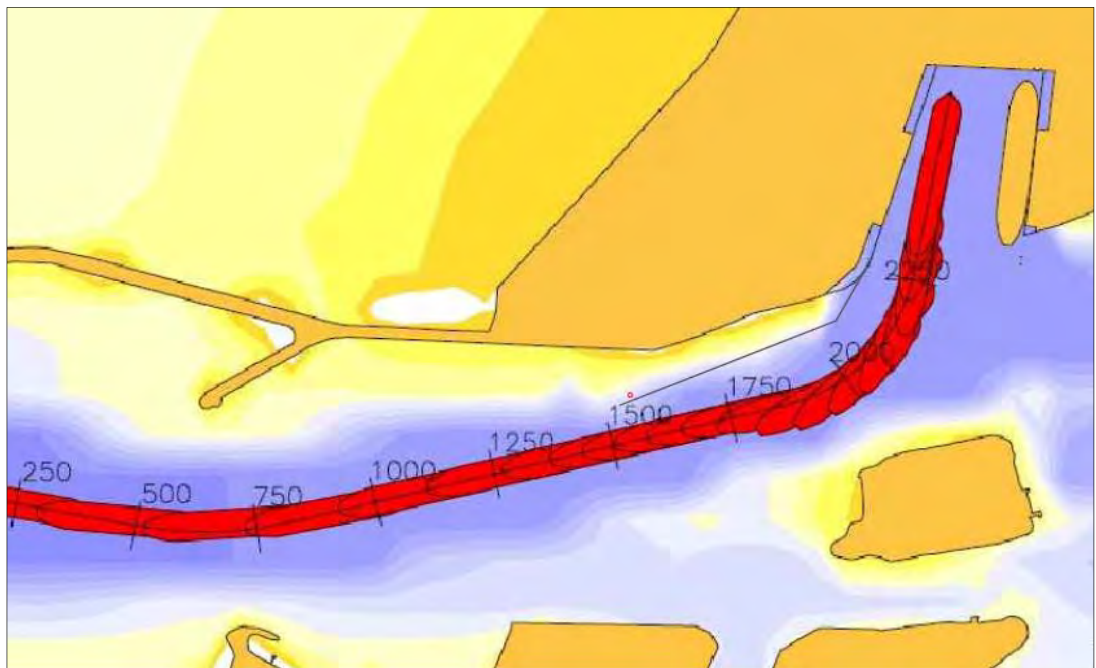
Scenario	Variant	Schip	Beginpunt	Eindpunt	Gemeerde schip	geveegde pad [m]	Incl. P/ANC marges [m]	ruimte tot ligplaats [m]	ruimte sleepboten [m]	totale ruimte [m]	marge [m]
1	01 T	300 m 17,8	in geul	oost	west	80	147.5	30	49	79	6.5
2	01 T	300 m 17,8	in geul	oost	west	89	156.5	32	49	81	8.5
3-1	01 T	300 m 13,75	oost	naar geul	west	61	128.5	30	48	78	5.5
4-1	01 T	300 m 13,75	oost	naar geul	west	67	134.5	31	45	76	3.5
5	02a T	300 m 17,8	in geul	west	oost	80	147.5	33	65	98	25.5
6	02a T	300 m 17,8	in geul	west	oost	94	161.5	30	65	95	22.5
7-1	02a T	300 m 13,75	west	naar geul	oost	63	130.5	31	69	100	27.5
8a	02a T	300 m 13,75	west	naar geul	oost	62	129.5	30	65	95	22.5
9	02b	300 m 17,8	in geul	west	nvt	76	143.5	28	97	125	52.5
10	02b	300 m 17,8	in geul	west	nvt	89	156.5	30	98	128	55.5
11-1	02b	300 m 13,75	west	naar geul	nvt	71	138.5	26	99	125	52.5
12-1	02b	300 m 13,75	west	naar geul	nvt	82	149.5	28	95	123	50.5
13	03 T	300 m 17,8	in geul	west	oost	76	143.5	33	119	152	79.5
14	03 T	300 m 17,8	in geul	west	oost	89	156.5	32	119	151	78.5
15-1	03 T	300 m 13,75	west	naar geul	oost	81	148.5	8	137	145	72.5
16-1	03 T	300 m 13,75	west	naar geul	oost	79	146.5	11	142	153	80.5
17	03 T	340 m 17,8	in geul	oost	west	108	198	24	83	107	27
18	03 T	340 m 17,8	in geul	oost	west	114	204	30	83	113	33
19-1	03 T	340 m 13,75	oost	naar geul	west	110	200	27	85	112	32
20-1	03 T	340 m 13,75	oost	naar geul	west	110	200	28	88	116	36
21	03 T	340 m 17,8	in geul	west	oost	101	191	24	98	122	42
22	03 T	340 m 17,8	in geul	west	oost	114	204	24	98	122	42
23-1	03 T	340 m 13,75	west	naar geul	oost	103	193	33	84	117	37
24-1	03 T	340 m 13,75	west	naar geul	oost	103	193	33	85	118	38
Stroom 1 =		springtij, na hoogwater, pompdebiet 260 m3									
Stroom 2 =		spuidebiet 500 m3									

De bestaande geul is bij de inzet van de draai, aan de noordwestpunt van het Forteiland, 160 m breed op een diepte van NAP-20m. Alle vaarten met de 300 m bulkcarrier blijven binnen deze breedte. De uitgevoerde simulaties liggen echter nogal zuidelijk in de geul omdat de 77° lichtenlijn is gevolgd. Daardoor is de marge aan de zuidzijde te klein en is er aan de noordkant ruimte over. Als de koers vanaf boei 2 meer

<sup>3</sup> In tabel 4.3 zijn niet de simulaties naar de sluis opgenomen omdat daar geen geulbreedte analyse op toegepast is. De bestaande geul is in principe breed genoeg voor de rechtdoorgaande vaart met zowel de 300 m als de 340 m bulkcarrier. Dit wordt verderop in deze paragraaf toegelicht.

naar het noorden wordt verlegt kan het schip beter het midden van de vaarweg volgen en voldoende marge ( $0,75 \times B = 34 \text{ m}$ ) aan beide zijden creëren. In de bovenstaande tabel wordt ervan uitgegaan dat de vaart meer naar het noorden ligt, waardoor de marges aan beide zijden voldoende zijn.

Voor de 340 m bulkcarrier ligt de benodigde geulbreedte incl. veiligheidsmarges op orde 200 m. Het schip is 15 m breder dan de 300 m bulkcarrier en de extra lengte zorgt ook nog voor extra padbreedte in de bocht. Om voor dit schip voldoende ruimte te creëren kan er aan de noordzijde van de geul een wig vanaf boei 2 worden weggebaggerd (zie Figuur 4-7), zodat op een meer noordelijke koers vanaf boei 2 dit schip voldoende marge kan houden tot de bestaande zuidoever, bij het Forteiland. In Figuur 4-7 volgt het schip nog de  $77^\circ$  koers, die sterk naar het zuiden ligt.



**Figuur 4-7 Gebaggerde gebied vanaf boei 2 voor manoeuvres met 340 m bulkcarrier**

De gedeelten van de geul, waar de 340 m bulkcarrier geen of een kleine koerswijziging maakt (bijv. naar de sluis of naar BuKa2W), is een geulbreedte van 160 m voldoende. Volgens de PIANC regels zou er een breedte van  $1,5 \times B (= 90 \text{ m})$  nodig zijn buiten het geveegde pad van het schip zelf. Dit geveegde pad zal op de (bijna) rechte delen niet boven de 70 m komen.

#### ***Benodigde ruimte in de haven***

In de Averijhaven is de ruimte beoordeeld op de afmeerlocatie. Als het schip aankomt wordt een veilige afstand van  $0,5 \times B (= 22,5 \text{ of } 30 \text{ m})$  gehanteerd. Voor de sleepboten is 50 m nodig (zie paragraaf 4.2.3). Tabel 4-3 geeft de ruimte tot de ligplaats en de ruimte voor sleepboten. In meeste gevallen voldoen de simulaties met de 300 m bulkcarrier (scenario 1 t/m 16) aan beide criteria. Alleen in scenario 15-1 en 16-1 komt het schip erg dicht bij de kade uit; bij deze scenario's is de ruimte voor de sleepboten dan ook ruim voldoende. Dit geldt ook voor een aantal simulaties met de 340 m bulkcarrier.

Om de ruimte in de diverse varianten te beoordelen zijn de afstanden tot kade of meerpalen en de ruimte voor de sleepboten tot het gemeerde schip opgeteld (kolom 'totale ruimte') waarna de minimale marge (0,5 B + 50 m) eraf getrokken is. De hieruit volgende marge (kolom 'marge') geeft aan hoeveel extra ruimte er is bovenop het minimum. Uit deze gegevens blijkt dat het schip naar de oostelijke ligplaats in variant 01T de minste extra ruimte heeft. Deze variant voldoet echter nog steeds aan de gestelde criteria.

Het schip naar de westelijke ligplaats in variant 02aT heeft meer extra ruimte. In variant 02b kunnen de sleepboten boven het talud opereren<sup>4</sup>, waardoor deze variant ook ruim voldoende plaats biedt aan het manoeuvrerende schip incl. sleepboten. Variant 03T geeft de 300 m bulkcarrier meer dan voldoende ruimte; de 340 m bulkcarrier heeft in deze variant ook nog voldoende extra marge.

---

<sup>4</sup> Voor de bepaling van de benodigde ruimte en marge boven het talud in variant 02b, is uitgegaan van een sleepbootdiepgang van 5,5 m en een waterstand van NAP-1,7 m. De marge in variant 02b is daarom genomen tot de NAP-7,2 m lijn.

## 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het voorliggende onderzoek geeft een eerste nautische beoordeling van de diverse varianten, die ontwikkeld zijn voor de toekomstige Averijhaven te IJmuiden. Op grond van de resultaten van de uitgevoerde fast-time simulaties worden de volgende conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan:

### Conclusies

- In alle geteste combinaties van wind-, golf-, en stroomcondities zijn de schepen, veilig te manoeuvreren met behulp van eigen schroef en roer en de toegepaste sleepbootvermogens;
- Er is geen significant verschil tussen de diverse lay-outs op nautisch gebied. Alleen de beschikbare ruimte varieert per lay-out en per ligplaats. Variant 01T biedt de minste ruimte bij het bereiken van de oostelijke ligplaats, maar voldoet nog steeds aan de gestelde criteria, t.a.v. benodigde ruimte tot de steiger en voor sleepboten;
- Het verschil in benodigde sleepbootkracht varieert significant met de windrichting maar niet met de diverse lay-outs. De NW wind vraagt meer sleepbootinzet dan de ZW wind;
- De kleinere koerswijziging (lagere Rate of Turn), die nodig is om de westelijke ligplaats te bereiken resulteert in een wat lagere sleepbootinzet dan voor de vaart naar de oostelijke ligplaats, terwijl de windbelastingen in beide gevallen ongeveer gelijk blijven omdat bij de fast-time simulaties het schip in beide gevallen stilligt aan het eind van de run en niet met de wind mee drift;
- Voor de vaarten met de gelichterde 340 m bulkcarrier zijn aanzienlijk grotere sleepboten nodig (4 x 57 ton bollard pull) dan de aanvankelijk geschatte 2 x 70 ton;
- Voor het indraaien van de Averijhaven met de 300 m bulkcarrier is de bestaande geul in principe breed genoeg (160 m op NAP -20 m), op grond van de gerealiseerde padbreedte in de fast-time simulaties vermeerderd met de veiligheidsmarges volgens PIANC. Om echter aan beide zijden voldoende marge te hebben, zal de koers in de geul meer naar het noorden moeten liggen dan de huidige 77° lichtenlijn, die in de simulaties gevolgd is. In de praktijk volgen de loodsen nu ook al een meer noordelijke koers om beter vrij te blijven van het Forteiland. Deze manier van varen is voor de invaart naar de Averijhaven zeker nodig;
- Door het naar het noorden verleggen van de koers in de geul is het, voor de in- en uitvaart met de 300 m bulkcarrier, niet nodig om te baggeren aan de noordzijde van het Forteiland;
- De vaarten met de 340 m bulkcarrier tonen aan dat de geul aan de noordwest punt van het Forteiland verbreed moet worden naar 200 m. Deze verbreding kan vanuit nautisch oogpunt aan de noordzijde van de geul plaatsvinden. De schepen varen dan met een meer noordelijke koers aan, waarmee de koerswijziging naar de ligplaatsen ook kleiner wordt;
- De gedeelten van de geul, waar de 340 m bulkcarrier geen of een kleine koerswijziging maakt (b.v. naar de sluis of naar BuKa2W), is volgens de PIANC regels een geulbreedte van 160 m voldoende.



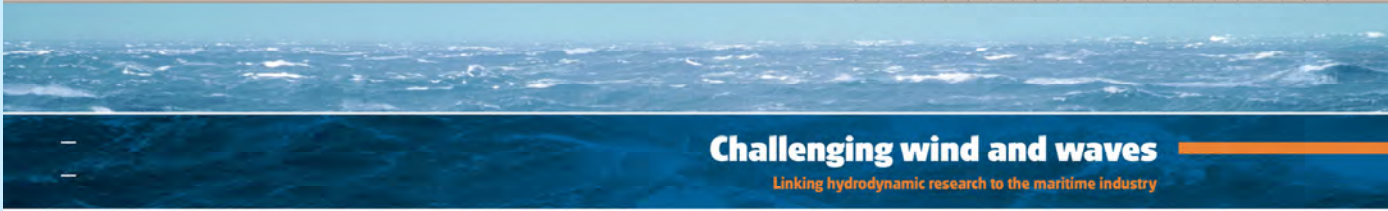
## Aanbevelingen

- Omdat de ligplaatsen in de toekomstige Averijhaven een noordoostelijke of noordnoordoostelijke oriëntatie hebben zal bij NW wind de voorsleepboot de grootste krachten moeten leveren. Als deze boot eerst op de draad sleept en daarna in de zij genomen wordt om te duwen zal de kop van het schip kunnen verwaaien. Het verdient daarom aanbeveling om bij veel wind twee voorboten te gebruiken, waarbij één boot al in de zij wordt genomen;
- De aanbevolen bollard pull per voorboot voor de 300 m bulkcarrier is 35 ton; voor de 340 m bulkcarrier worden twee voorboten met een bollard pull van elk 57 ton aanbevolen;
- Er wordt aanbevolen om de aanvaarkoers in de geul naar het noorden te verleggen, om voldoende vrij te blijven van de noordwestpunt van het Forteiland. Voor de 340 m bulkcarrier is deze aanpassing van de koers nog meer noodzakelijk. Om voor dit schip aan voldoende geulbreedte te komen zal een wig gebaggerd moeten worden die bij boei 2 begint en uitloopt naar 40 m bij de ingang van de Averijhaven. De noordoever van het Forteiland kunnen bij deze aanpassingen van de invaarkoersen zonder enige wijziging in stand blijven.

## REFERENTIES

- [1] Memo Nautische specificaties toekomstige Averijhaven, 17 juni 2010, Nautische Sector Beleid, Haven Amsterdam
- [2] Approach Channels, A Guide for Design, Final report of the joint PIANC/IAPH Working Group II-30 in cooperation with IMPA and IALA, June 1997.
- [3] Ontwerpdossier Planstudie Lichtenen, Ontwerpnota Varianten, Bijlage 1: Hydraulica, DHV, 11 April 2011 (concept)

## **BIJLAGE A SHIPMA BESCHRIJVING**



### Fast-time simulation program for ship manoeuvring

## SHIPMA 6

### Introduction SHIPMA model (version 6)

The latest version of the fast-time simulation program SHIPMA is a joint development of MARIN's nautical centre MSCN and Deltares. The combined contribution of these institutes leads to a fit for purpose program to simulate the manoeuvring behaviour of vessels in ports and fairways.

In SHIPMA the vessels are steered by an autopilot which is capable of operating in the track keeping mode and the harbour manoeuvring mode, making it possible to perform typical harbour manoeuvres like turning, reverse sailing and berthing.

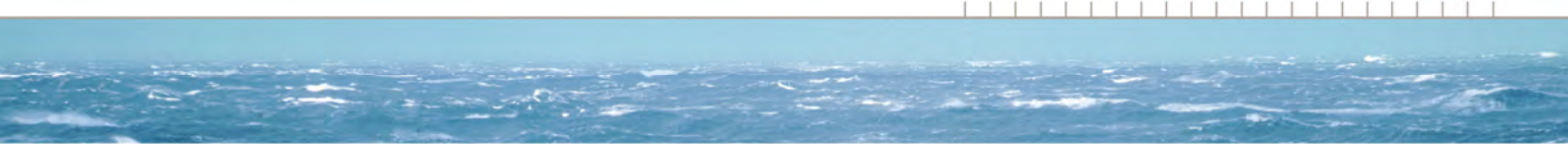


### SHIPMA applications

The application of SHIPMA is primarily in port and fairway design, referring to both approach channels and inland waterways. According to PIANC [1] a first estimate of the required channel width based on their methodology (computerised version freely available at MARIN/MSCN) has to be followed by ship manoeuvring simulations.

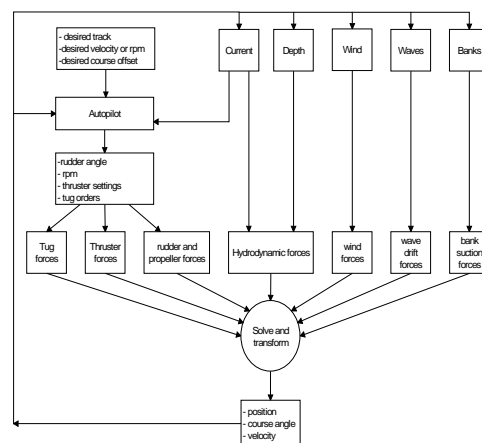
These simulations give insight into the inherent possibilities and/or restrictions of vessels, infrastructure and environmental conditions including the effect of additional manoeuvring devices like bow and stern thrusters and the role of tugs. Based on the insights gained, mitigations, if needed, of the infrastructure design (channel layout, manoeuvring basin and terminal layout) and/or the admittance policy can be proposed. In the final stage of the design the SHIPMA study can be followed by a study on a real-time simulator.

The flow diagram on the next page gives an overview of the program structure.



## Methodology of SHIPMA use

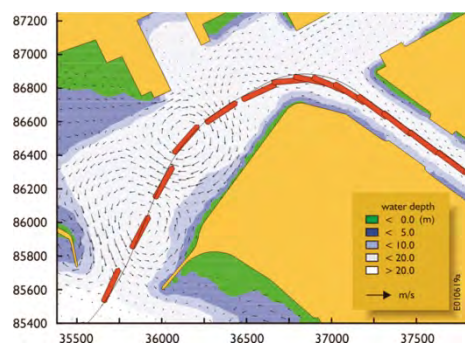
SHIPMA relies on the use of an autopilot, which also includes a tug allocation algorithm. The choice for using an autopilot rather than hands-on steering by a pilot or Master allows the engineer to clearly judge and compare the results of different simulations on technical and physical aspects. The use of an automatic pilot in desktop simulation assures repeatability and a consistent nautical assessment procedure. The hands-on mode often seen in other models (actively steering the ship over a chart displayed on a screen) would put a civil engineer in a position where he is in fact playing the role of a pilot or Master. Alternatively, one could ask a pilot to do the runs, but the chart display offered to him is rather different from his normal sailing practice. This will jeopardise the result of the manoeuvres. Furthermore, runs have to be repeated to guarantee consistency.



Flow diagram of the SHIPMA model

## Ship characteristics

The mathematical ship models, consisting of sets of hydrodynamic derivatives (Abkowitz type [2]), are specific for each ship. They are determined either by scale model test, through scaling from other models or by calculation (SURSIM [3]). Models can be chosen from an existing list of over 100 high-quality ship models covering the latest ship designs. Specific models can be made according to the client's wishes. The models include wind coefficients, bank suction coefficients, second order wave drift forces and shallow water effects.



Example of an entry manoeuvre into the 'Sloehaven' Flushing, with an aerialview of the port

## SHIPMA input and output

The input of the SHIPMA model is organised through the 'case management tool'. This tool guides the user through the preparation and execution of a simulation. The input of the model is organised in a number of files:

- A file containing data concerning the manoeuvre, desired track, setting of autopilot, time step, starting position, tugs etc.
- Files in which the ship is represented by dimensions, mass, windage area, etc. and the manoeuvring characteristics of the ship, to be expressed in hydrodynamic derivatives.



- Files to describe several external conditions such as:
  - bottom level,
  - current pattern,
  - wind field,
  - wave field.

Note that for this type of data the number of grid points is practically unlimited, and that data from other mathematical models can be used easily.

The main output consists of:

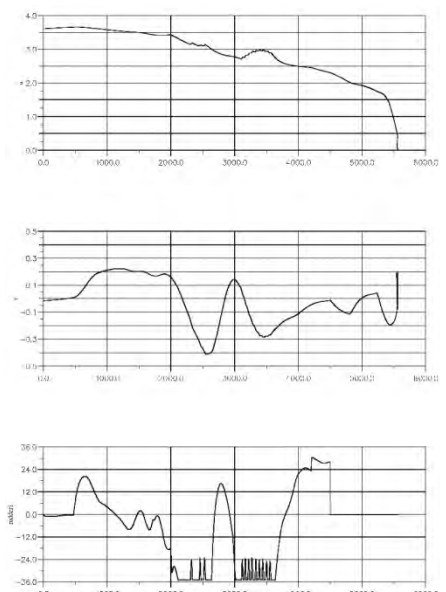
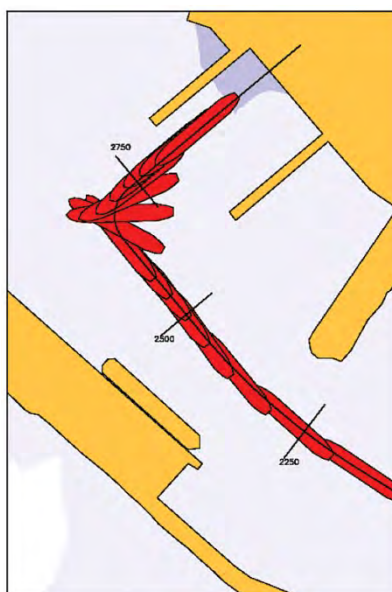
- track, position, course and heading of the ship,
- course deviation and distance to the desired track,
- rudder angle and number of propeller revolutions,
- for wind and waves: direction, velocity/height and forces acting,
- on the ship,
- water depth at the centre of gravity,
- current velocities on the ship,
- bank suction forces,
- tug forces.

The track and the output data can be plotted using DELFT-GPP.

## Examples

Included are two examples of a computation with the new SHIPMA model. The first example (see previous page) shows an entry manoeuvre into the 'Sloehaven', Flushing. The manoeuvre is executed under maximum current conditions, the current is computed with the delft3d-flow model and imported in SHIPMA, together with bathymetry and the results of wave penetration calculations.

The 2 plots at the right show an example of an entry and berthing manoeuvre with a twin propeller twin rudder vessel equipped with a bow thruster.



*Track plot and Data plot (forward speed, sideward speed and rudder angle)*

SHIPMA is also capable of simulating inland waterway situations (picture left). Mathematical models are available for various types of ships. The algorithm for simulating tug assistance has been improved considerably. Tugs are capable of controlling the ship speed in combination with the track keeping mode (picture right).



## Computer requirements

- Pentium processor (300 Mhz).
- 64 Mb memory.
- 75 Mb disk space.
- Operating system (Windows 95 or higher).

## References

- [1] PIANC-IAPH Working Group II-30, APPROACH CHANNELS A guide for Design.
- [2] Abkowitz, M.A., Lectures on ship hydrodynamics, steering and manoeuvrability, Hydro- and Aerodynamics Laboratory, Rep. No. HY-5, 1962. Copenhagen, Denmark.
- [3] SURSIM, Computer Program for the calculation hydrodynamic reaction forces, MARIN.

## Addresses

### Deltares

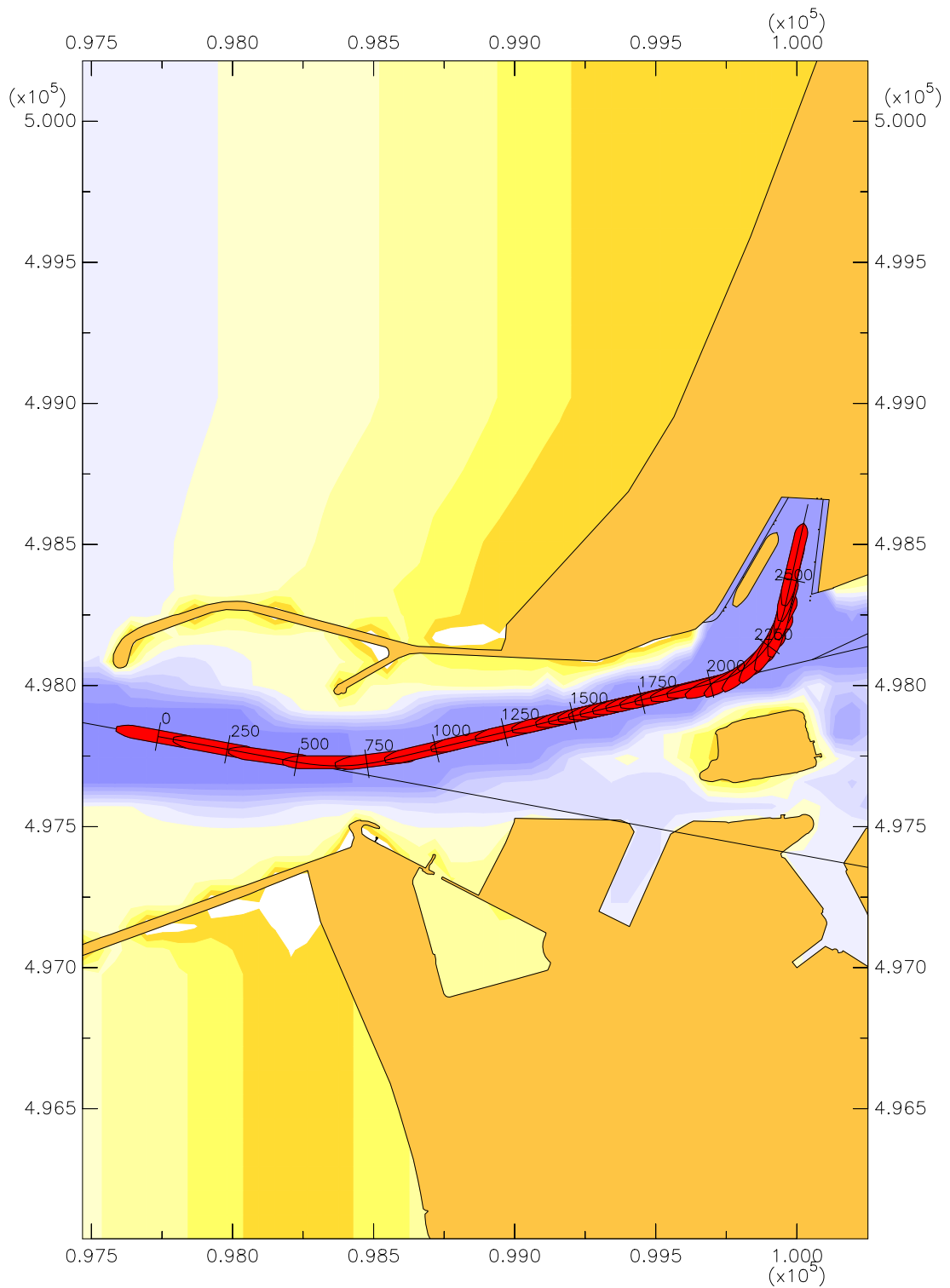
P.O. Box 177  
2600 MH Delft  
The Netherlands  
Tel.: +31 (0)88 335 8273  
Fax : +31 152 858 582  
E-mail: [delftchess.info@deltares.nl](mailto:delftchess.info@deltares.nl)  
Internet: [www.deltares.nl/en/software-alg](http://www.deltares.nl/en/software-alg)

### MARIN

P.O. Box 28  
6700 AA Wageningen  
The Netherlands  
Tel.: +31 317 493 237  
Fax: +31 317 493 245  
E-mail: [msg@marin.nl](mailto:msg@marin.nl)  
Internet: [www.marin.nl](http://www.marin.nl)

## **BIJLAGE B BAAN EN DATA PLOTS**





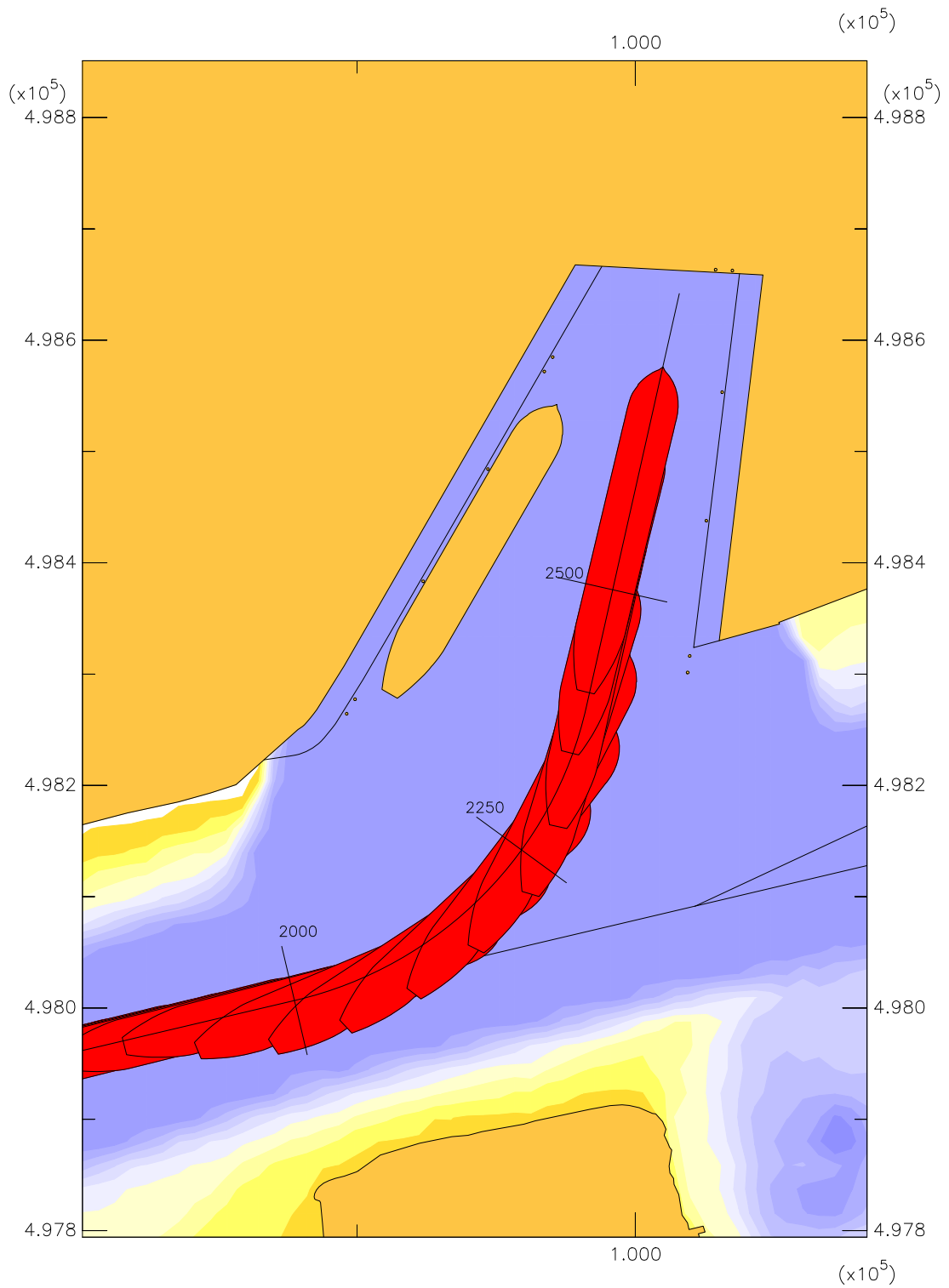
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdiedet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 1

Fig. 1a



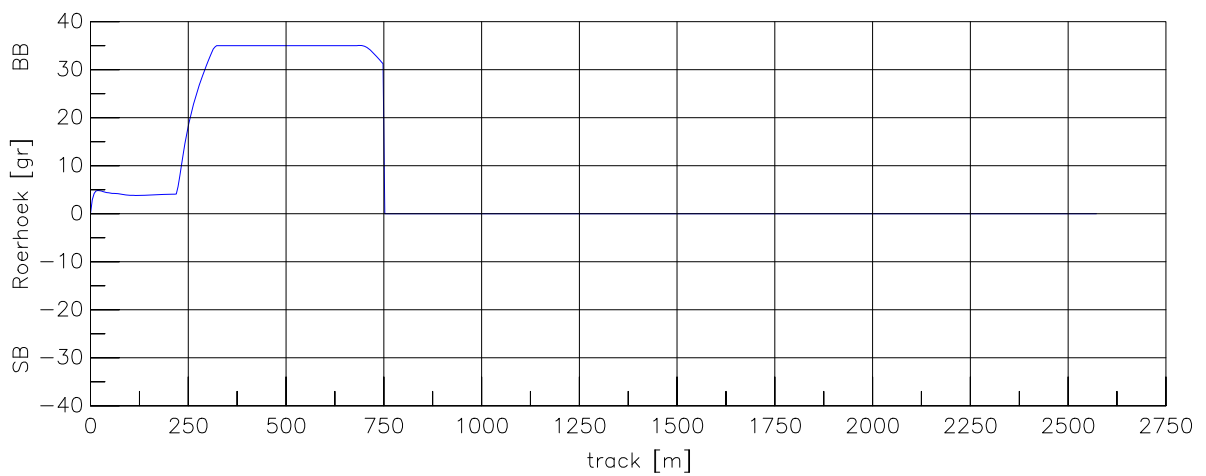
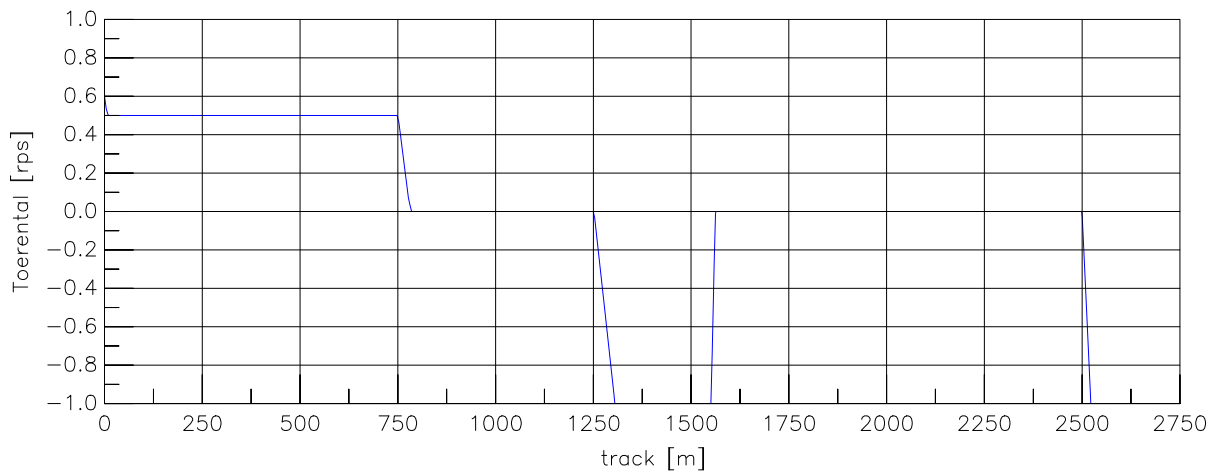
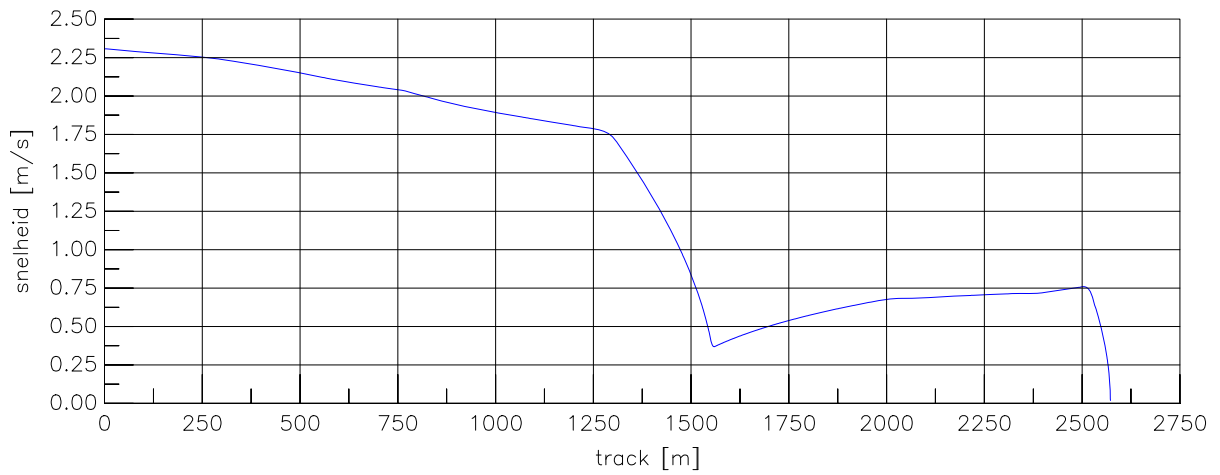
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdiediet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 1

Fig. 1b



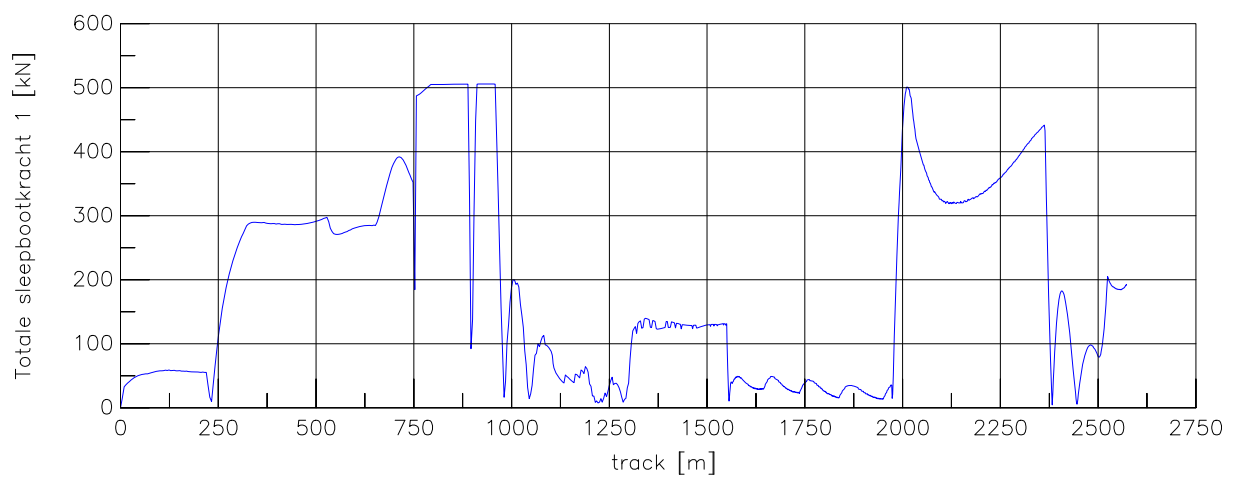
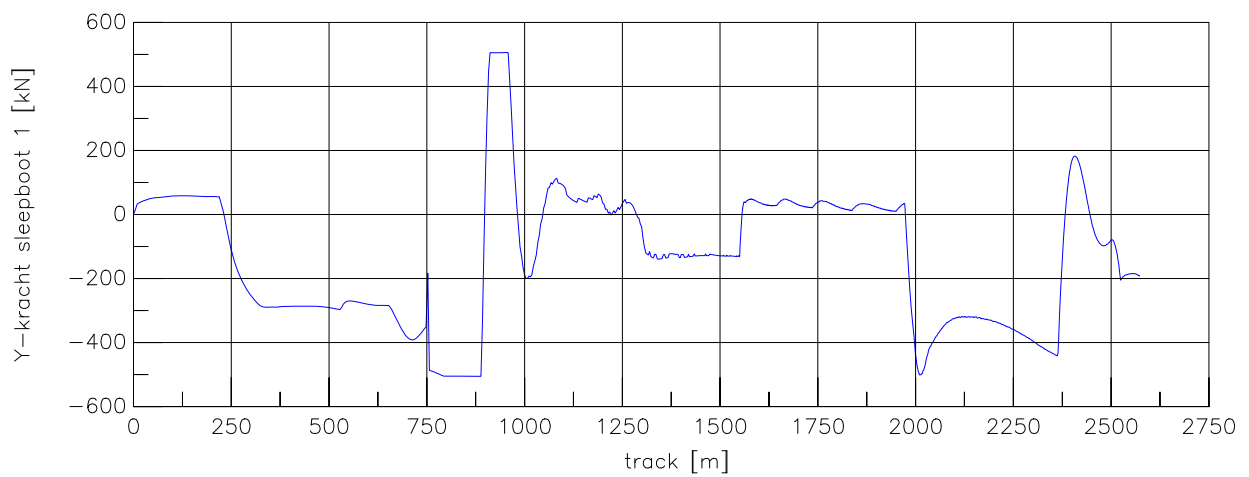
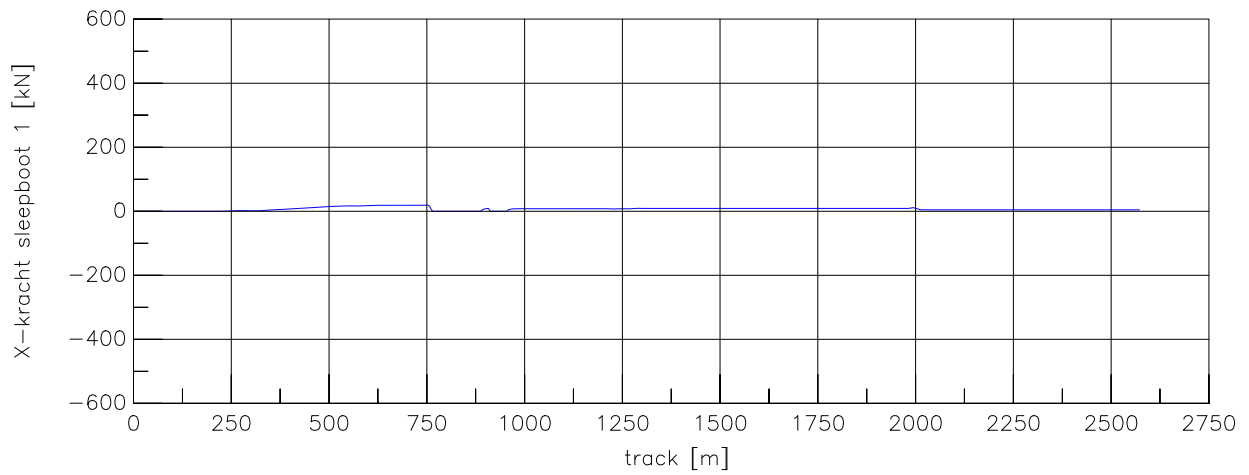
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompediet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 1

Fig. 1c



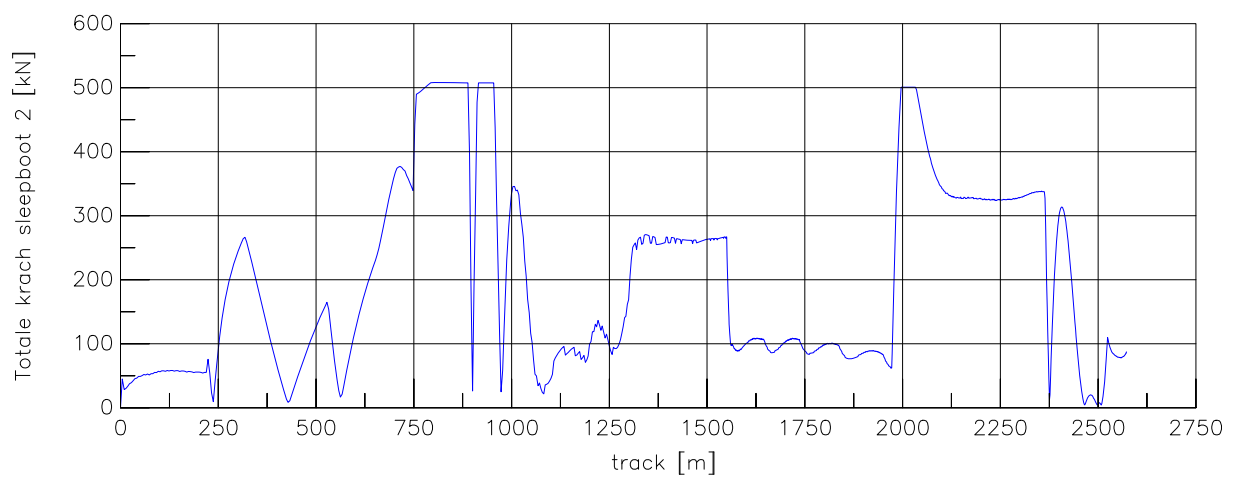
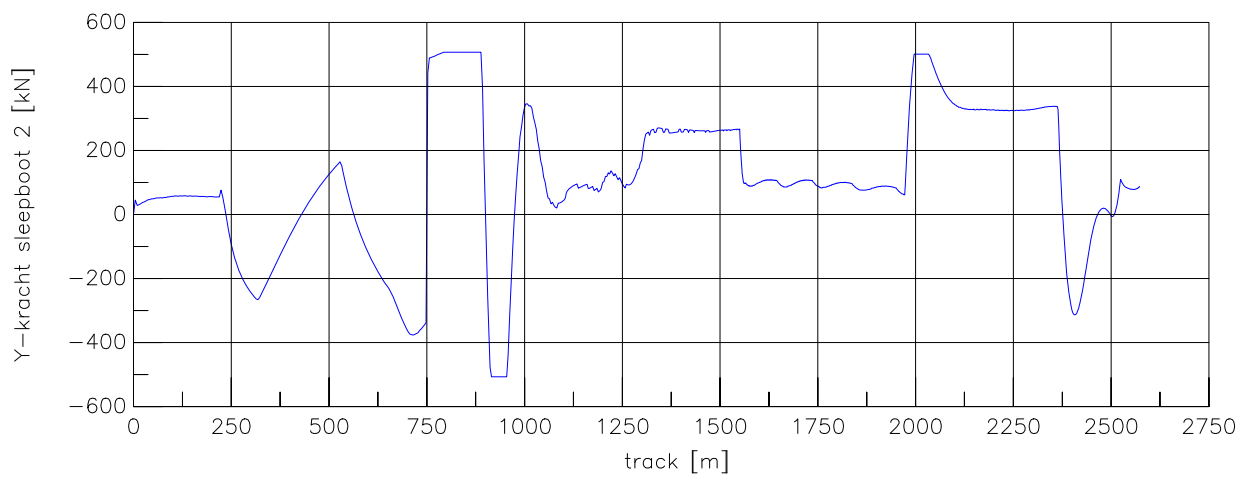
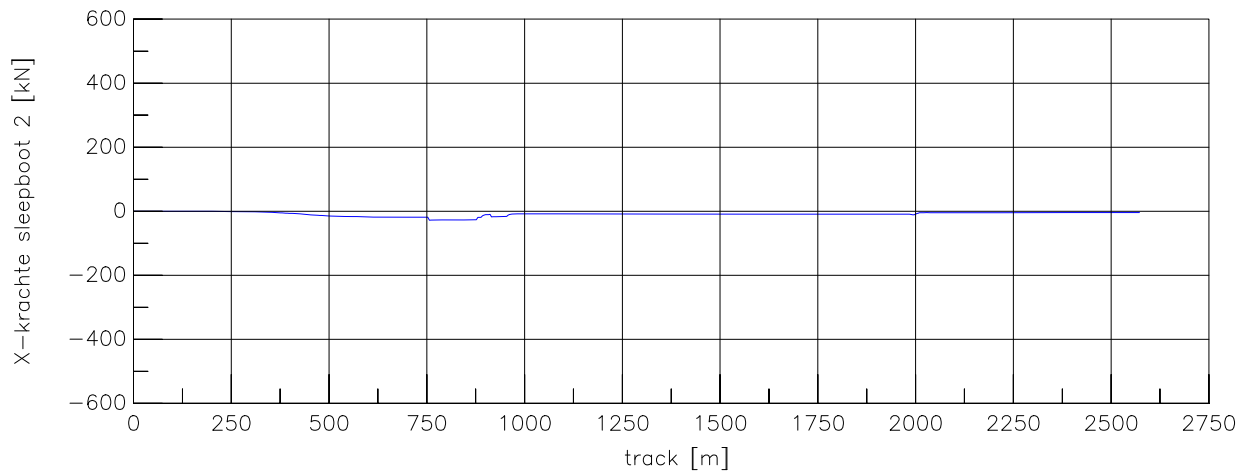
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompediet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 1

Fig. 1d



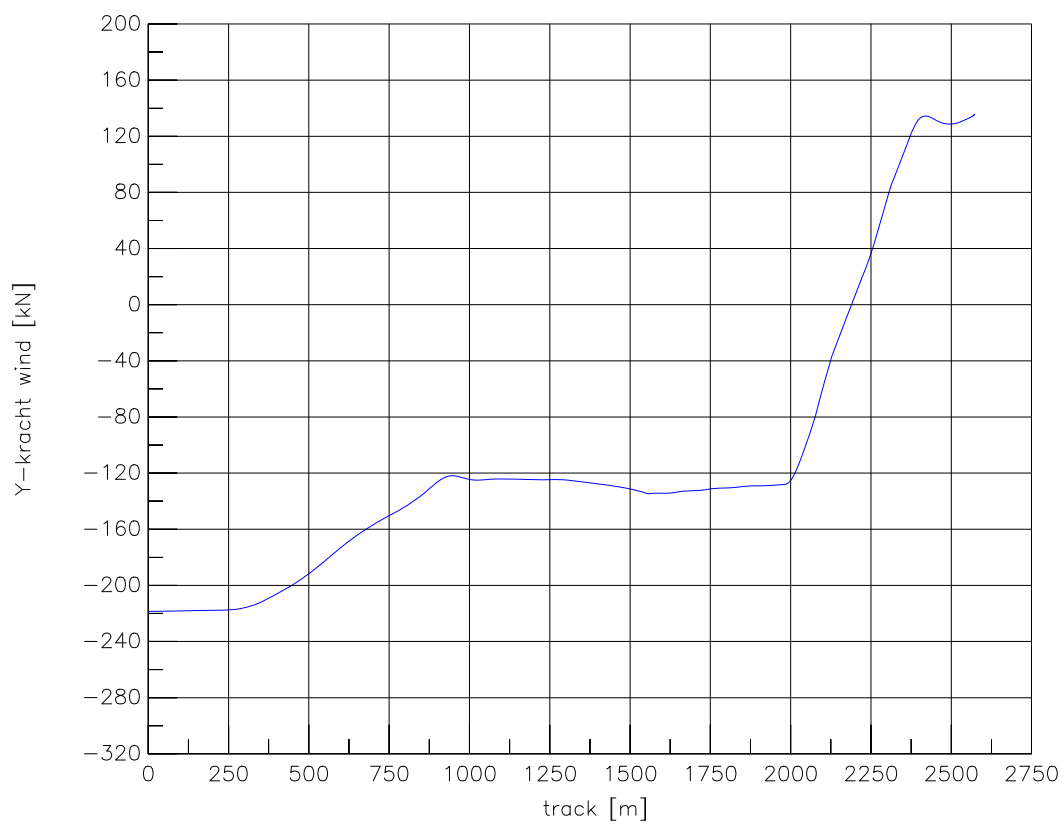
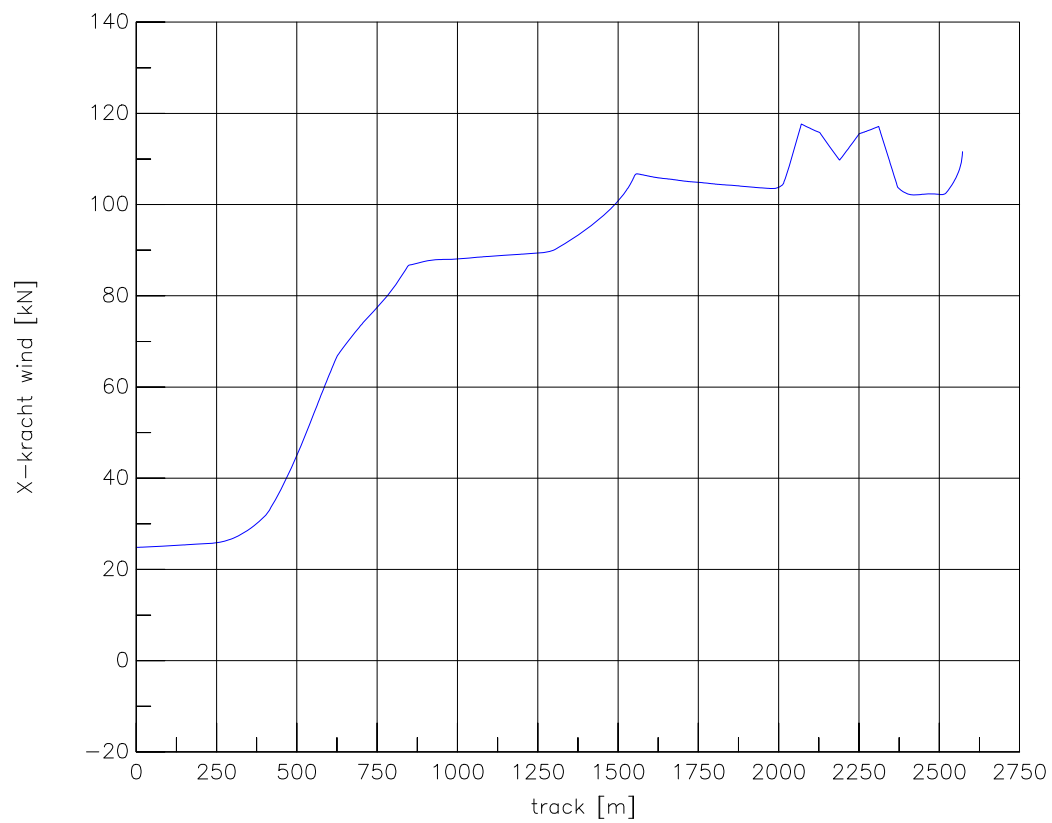
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompediet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 1

Fig. 1e



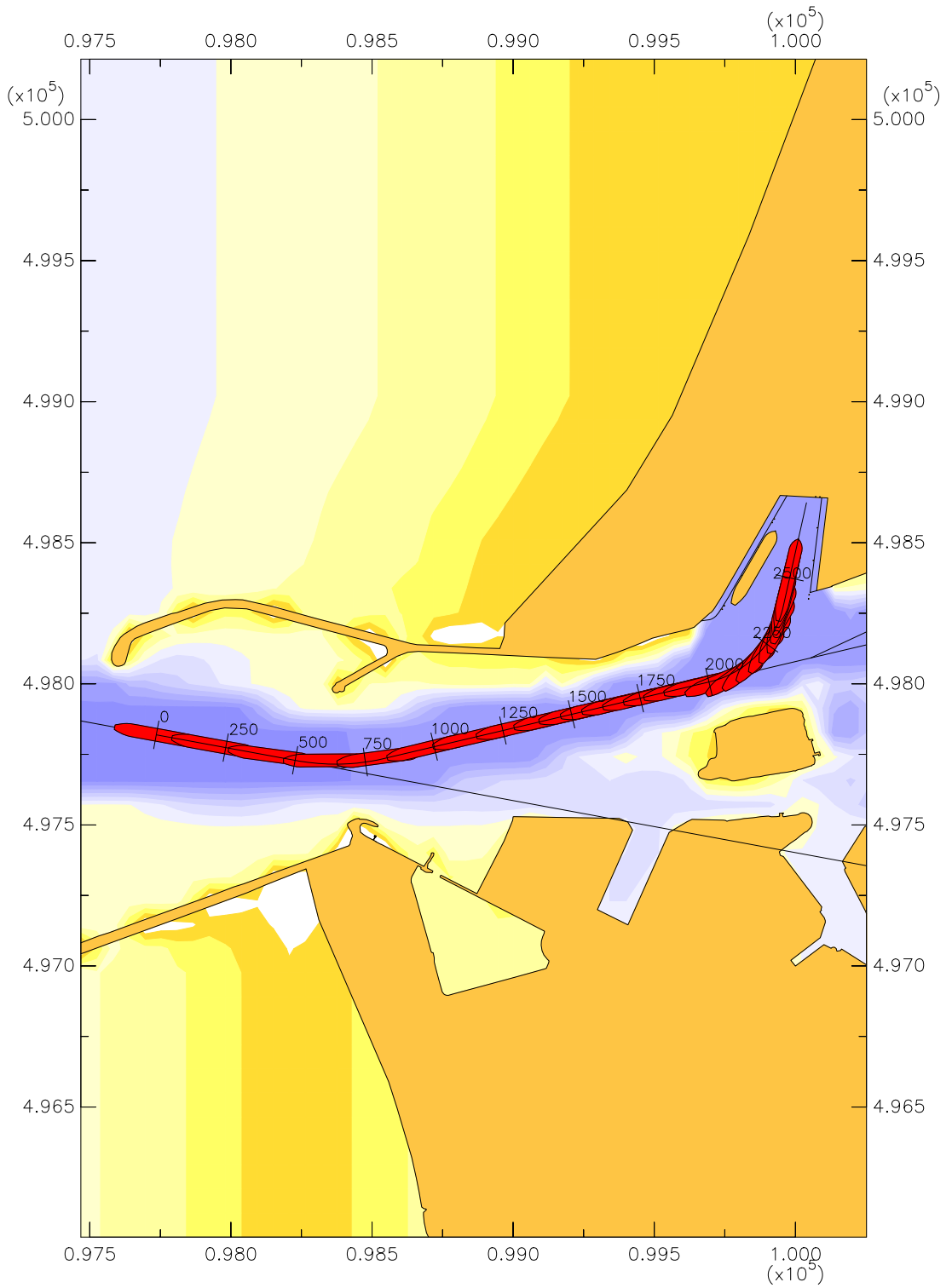
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompediet 260 m3, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 1

Fig. 1f



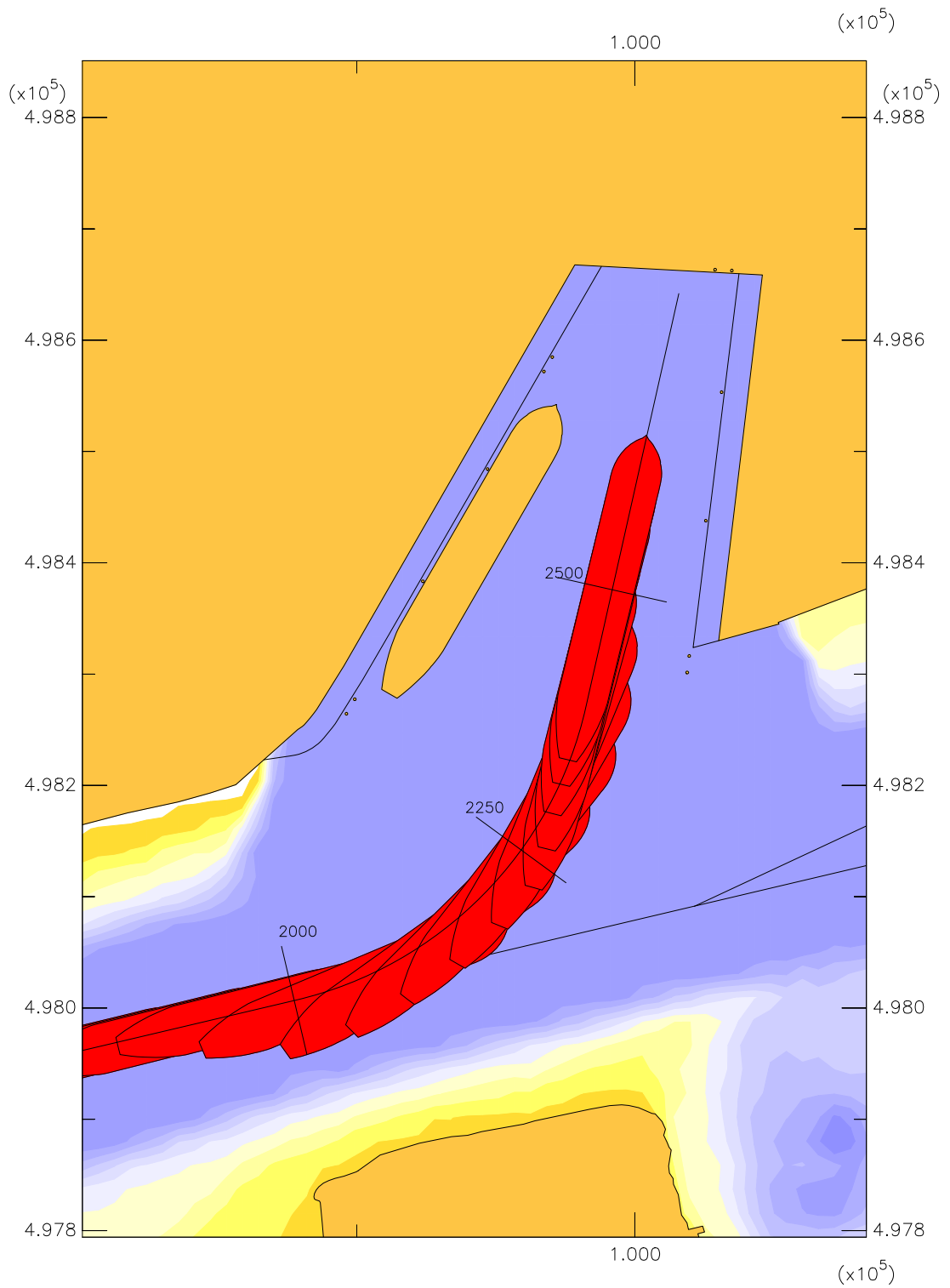
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 2

Fig. 2a



Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260m<sup>3</sup>, NAP

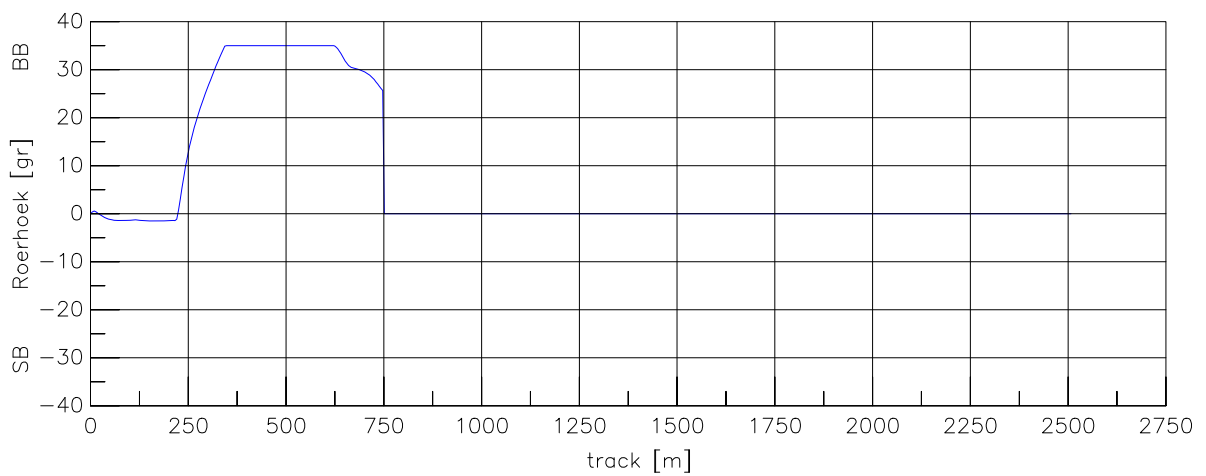
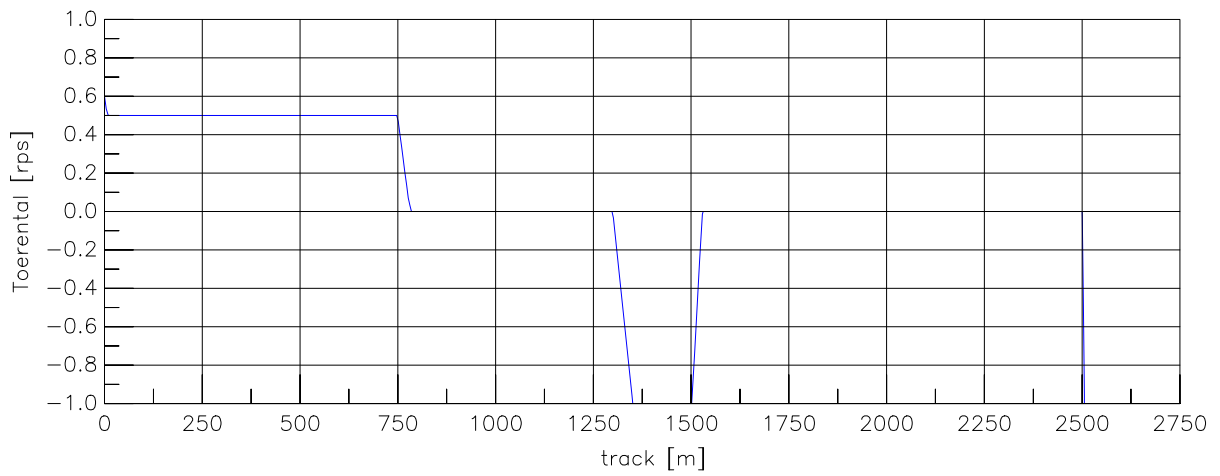
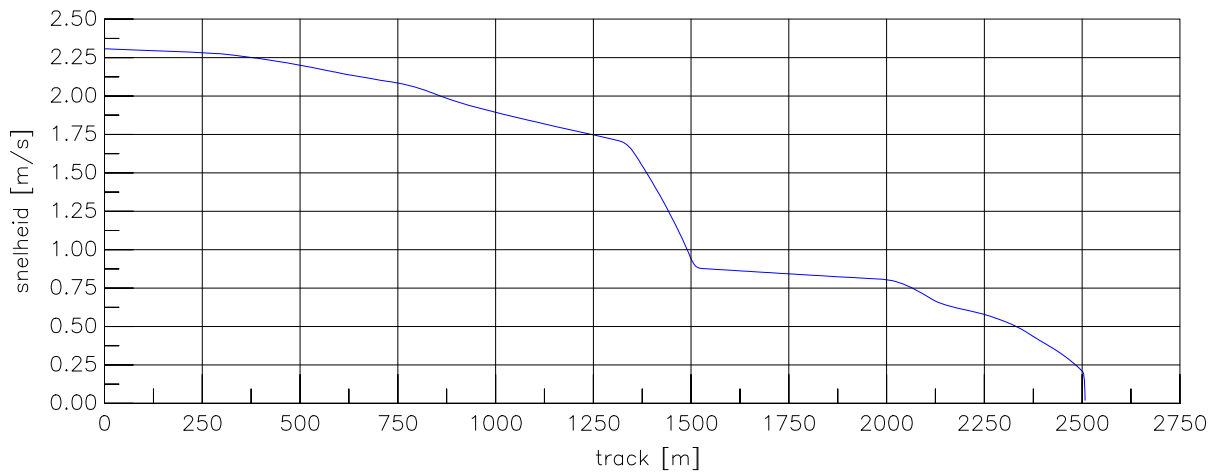
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 2

Fig. 2b





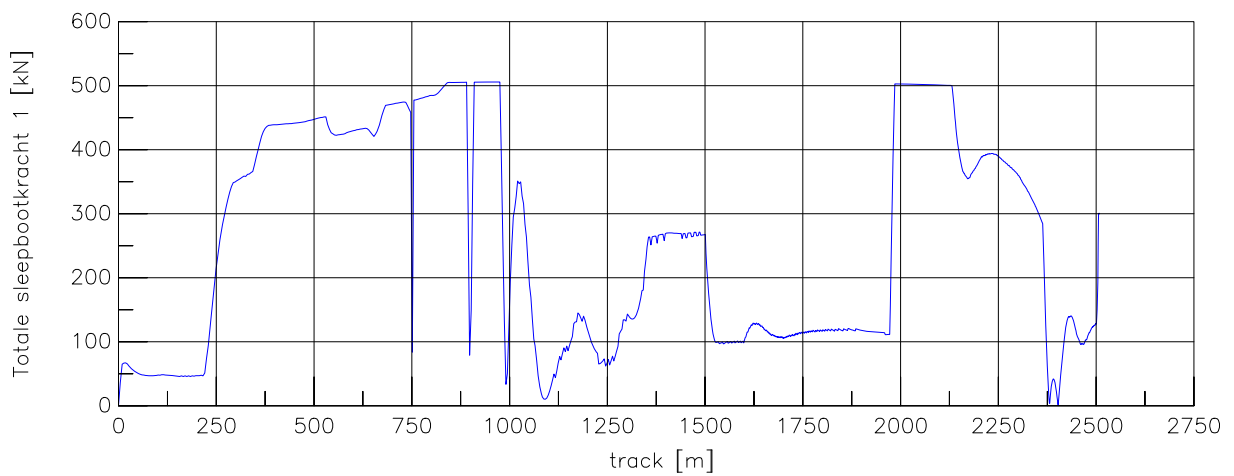
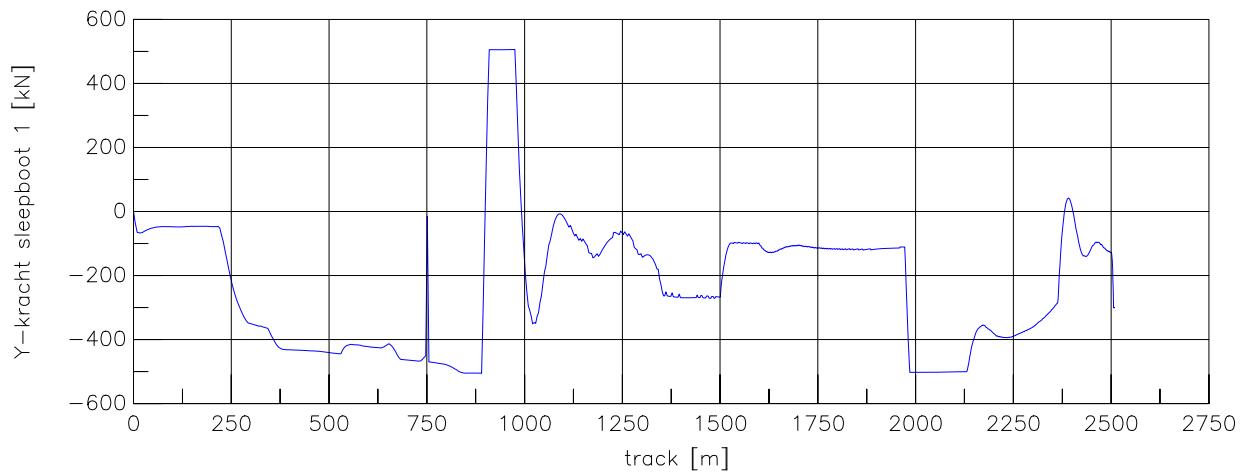
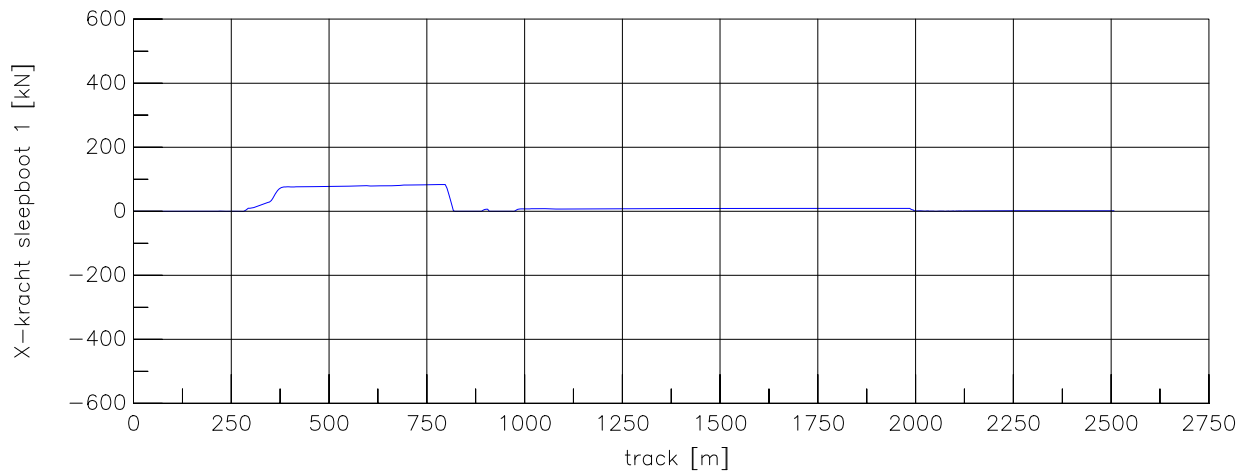
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 2

Fig. 2c



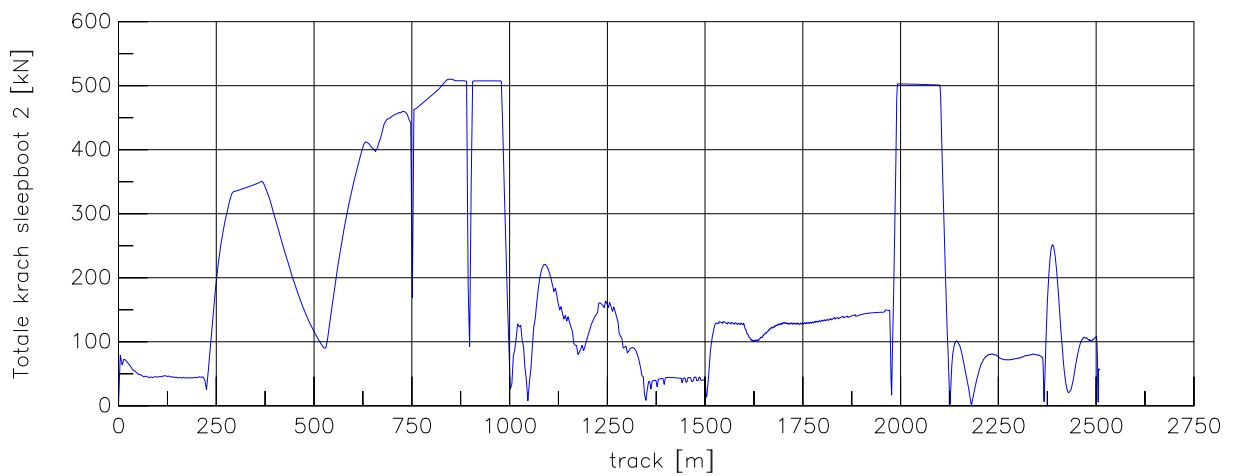
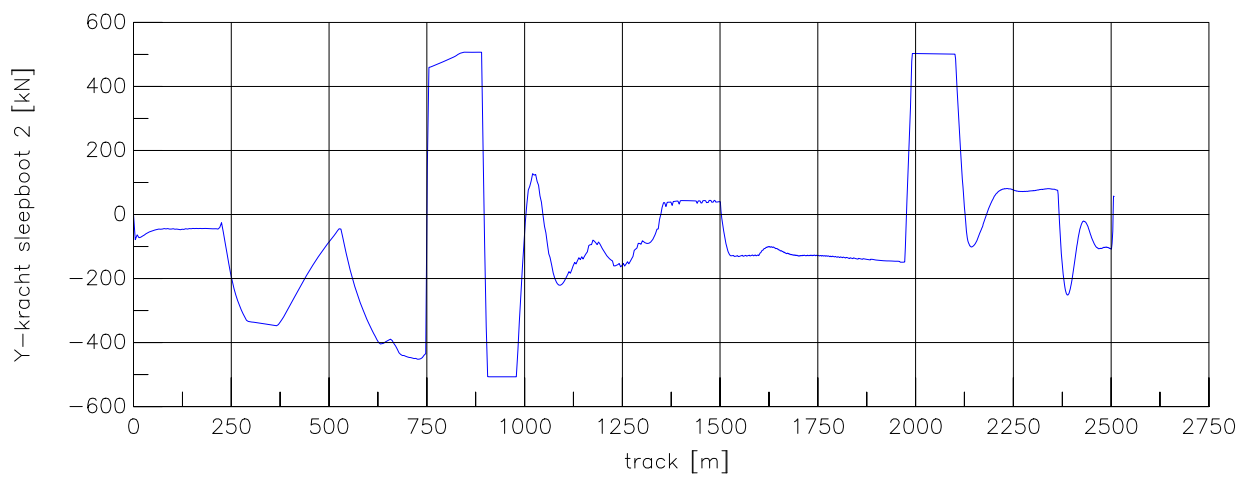
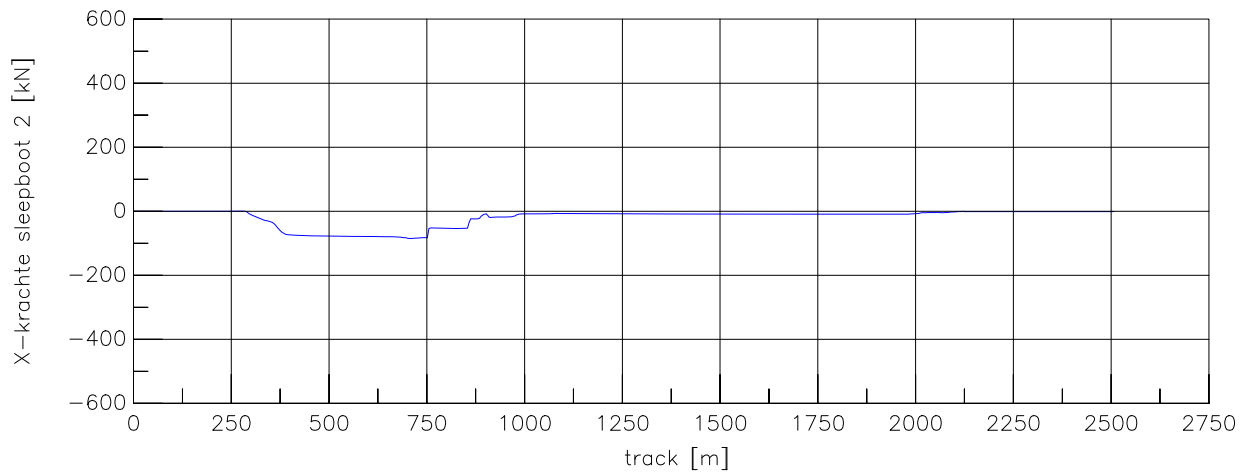
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260m3, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 2

Fig. 2d



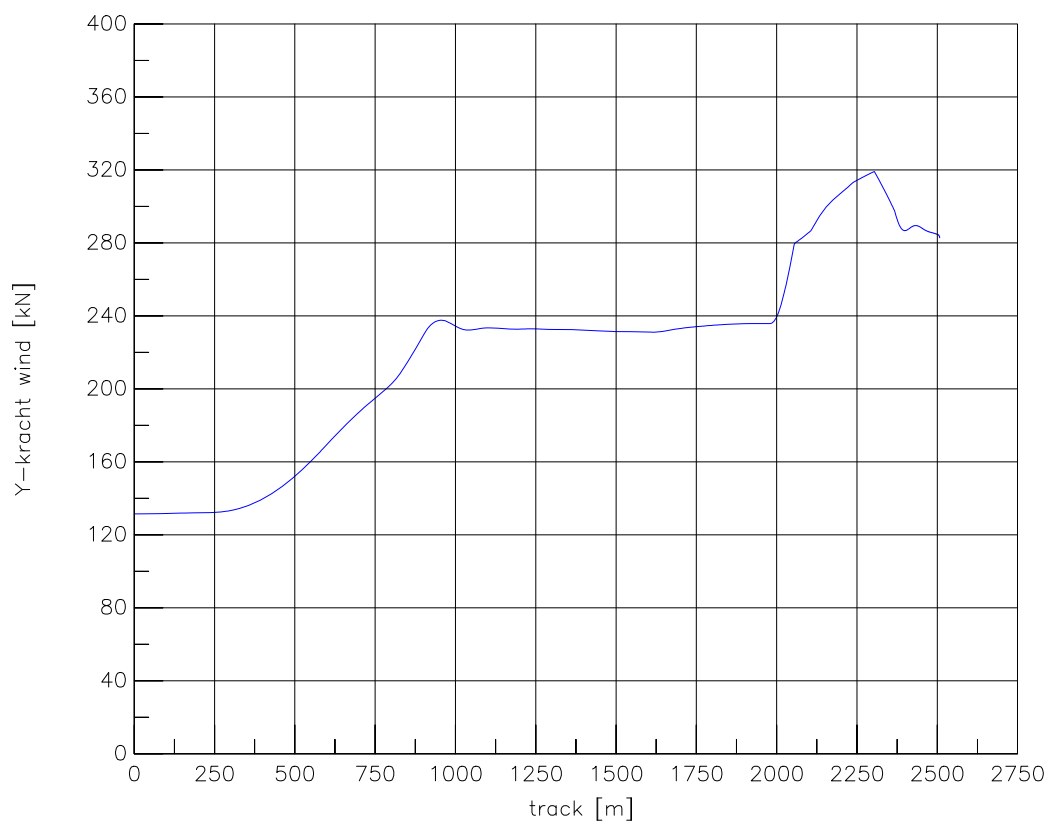
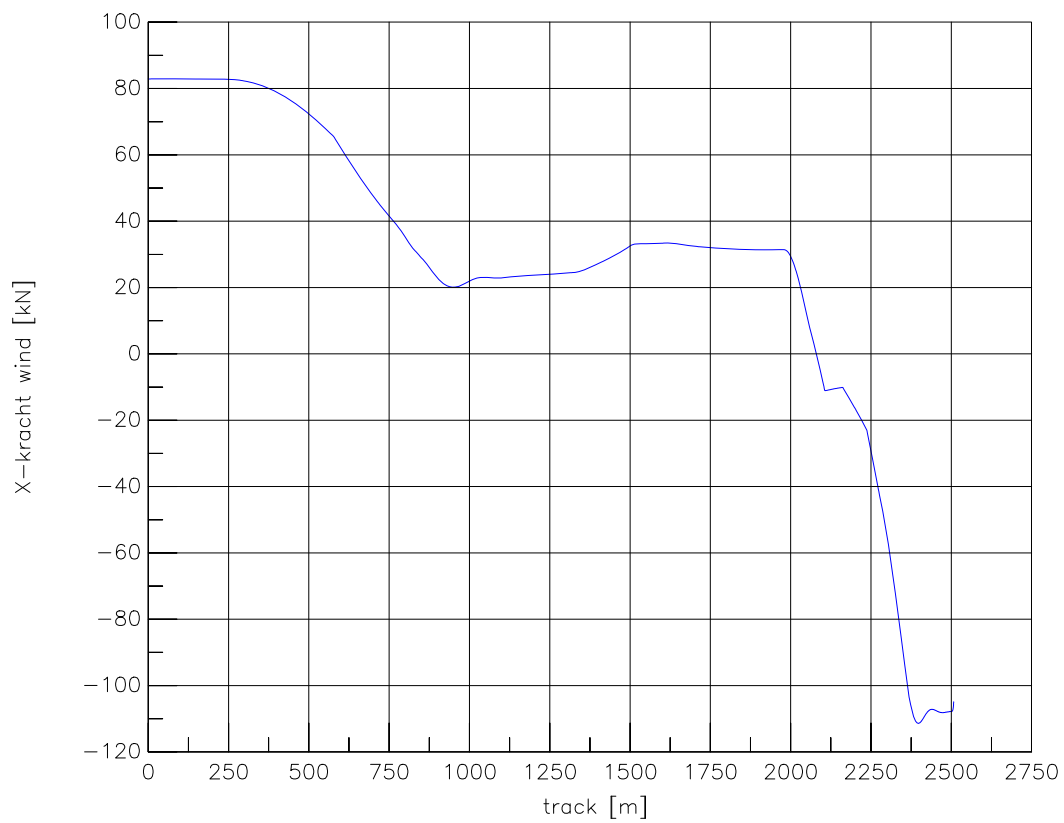
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 2

Fig. 2e



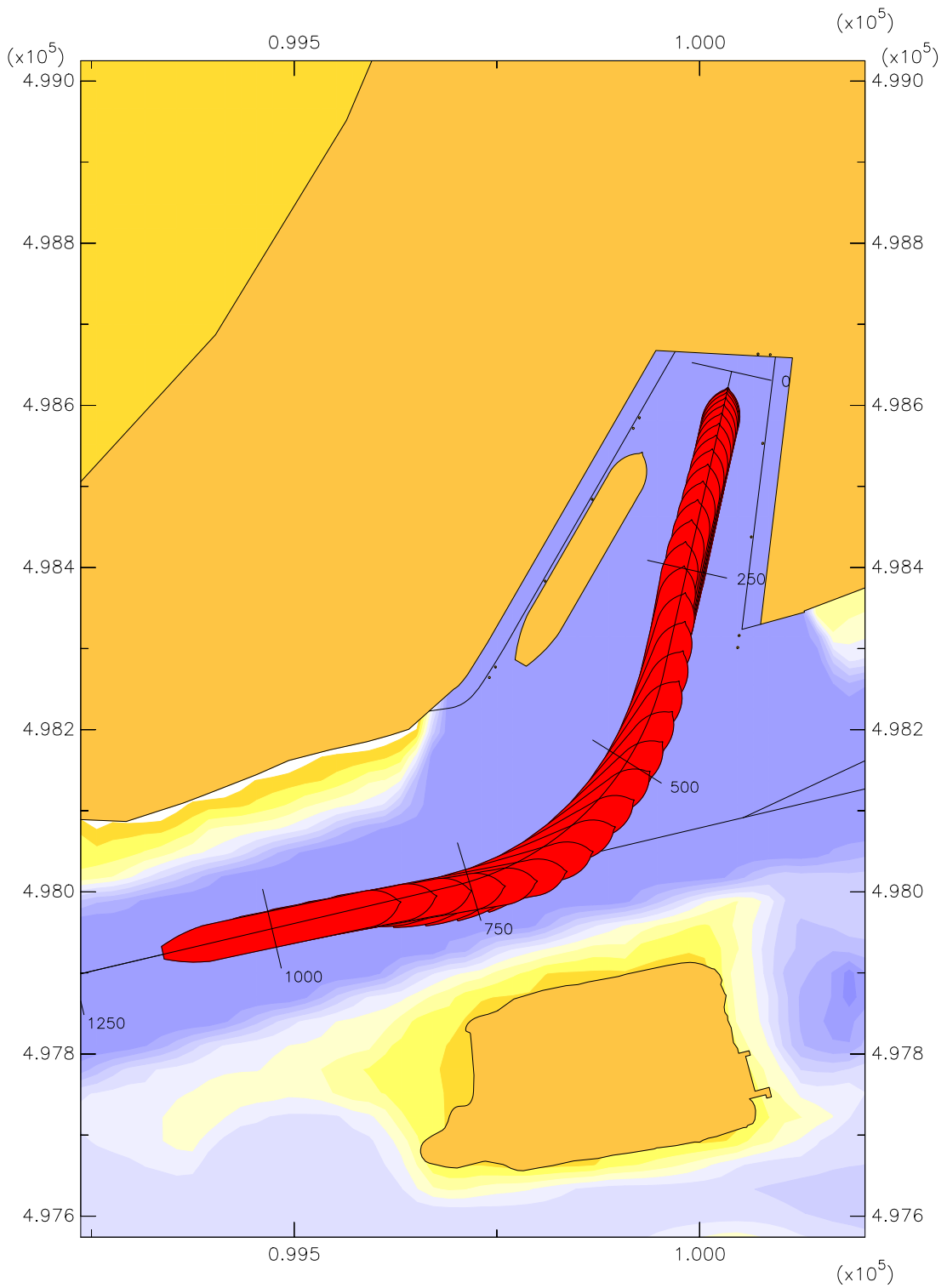
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebit 260m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 2

Fig. 2f

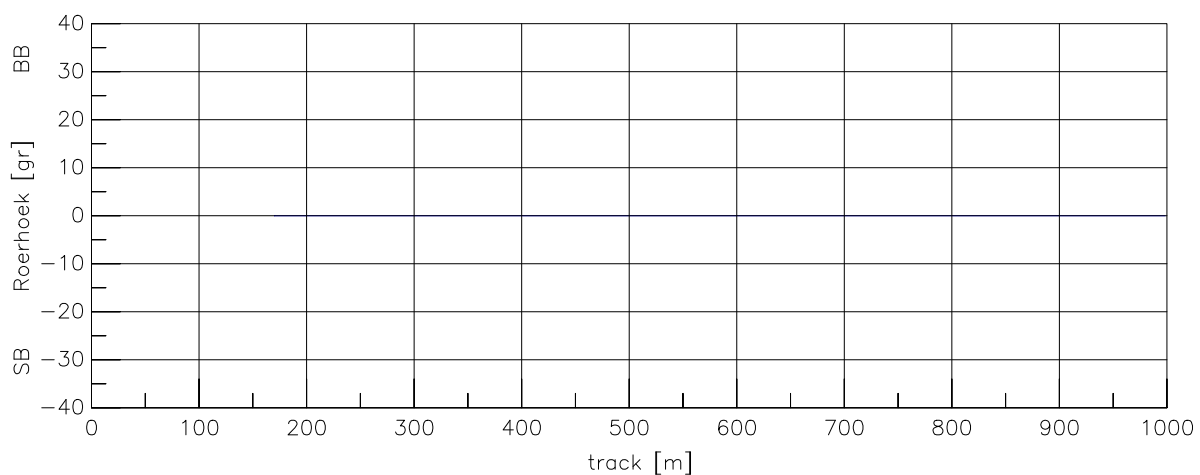
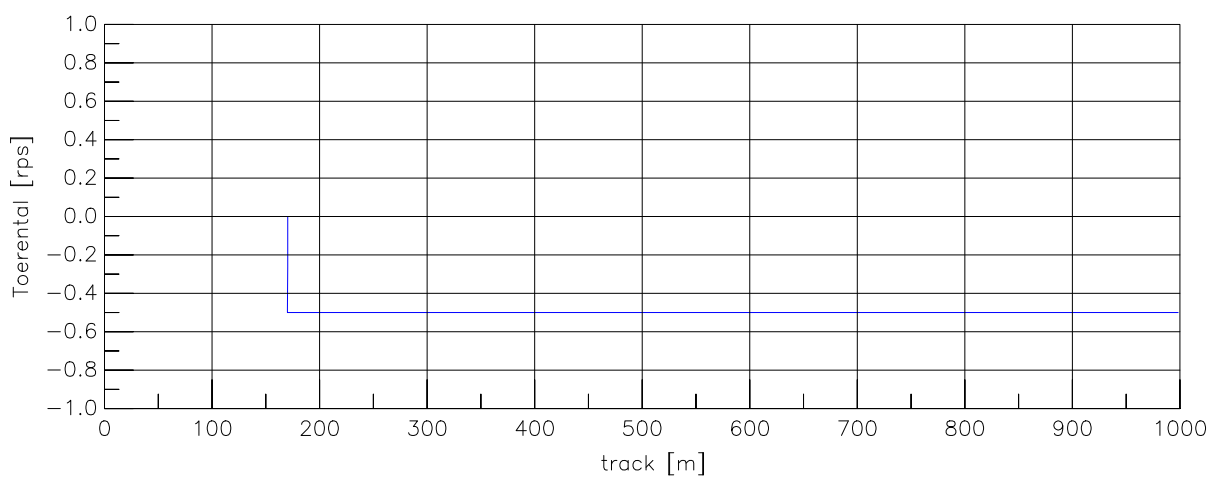
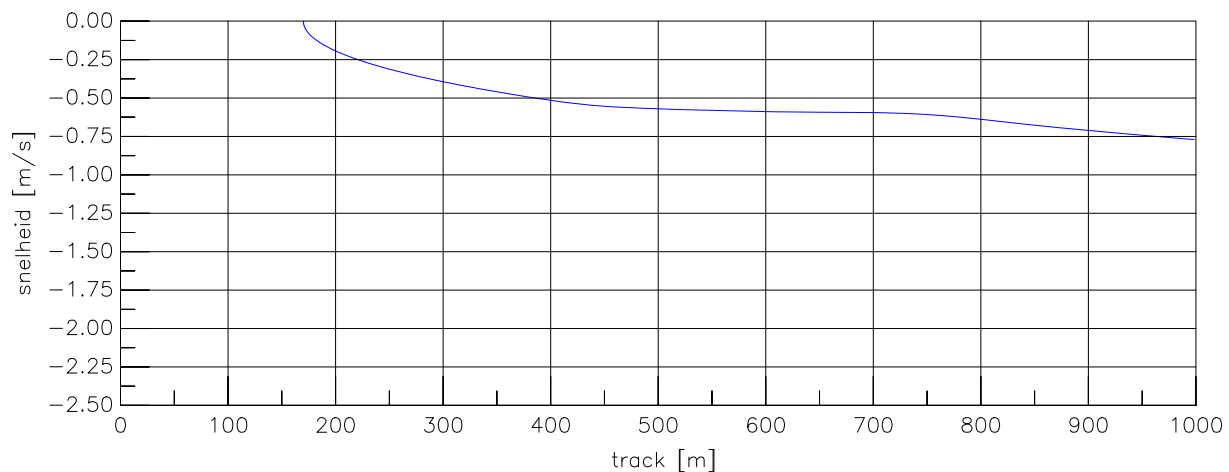


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 3-1 Fig. 3-1a



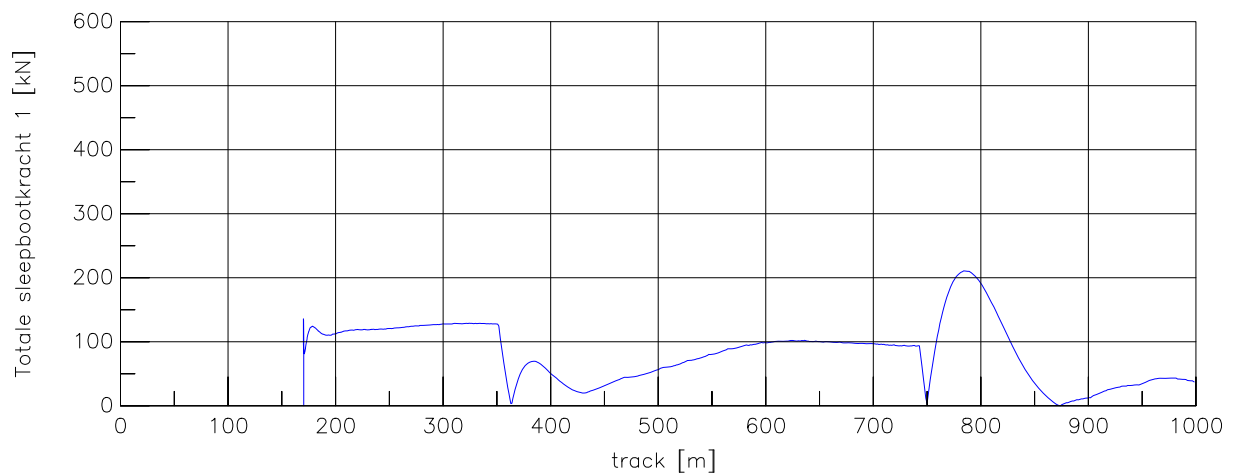
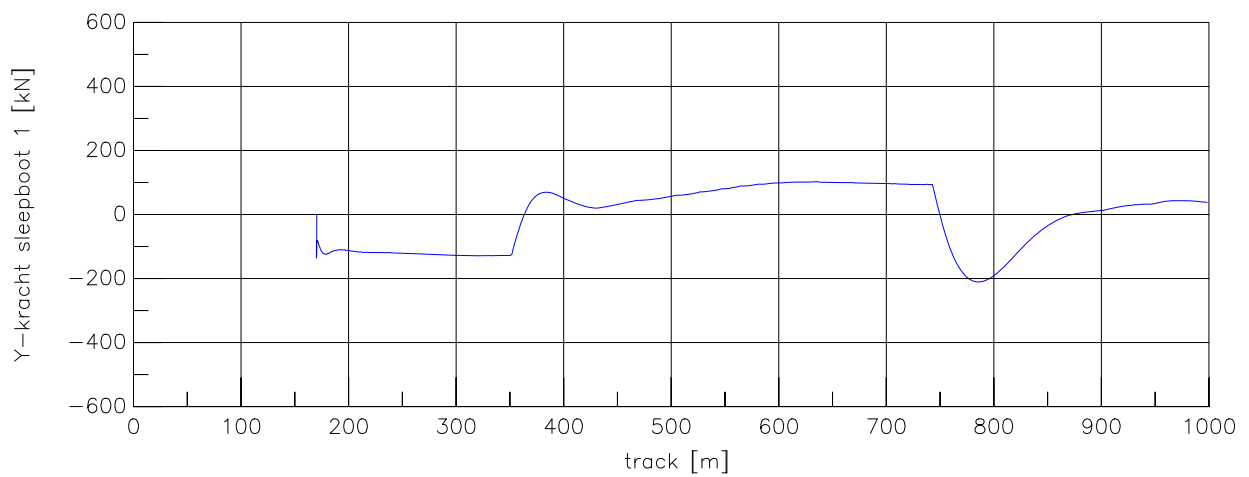
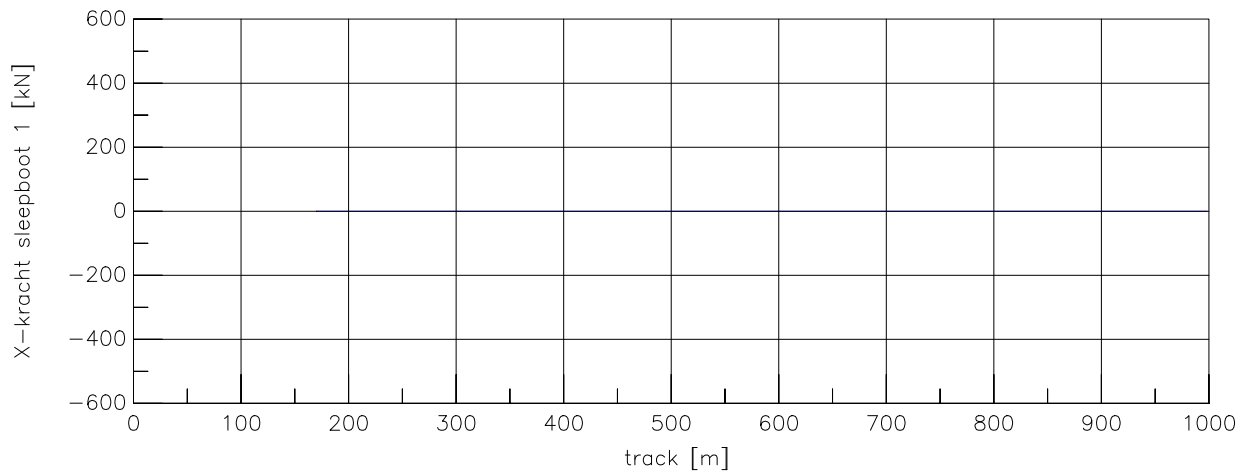
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 3-1

Fig. 3-1c



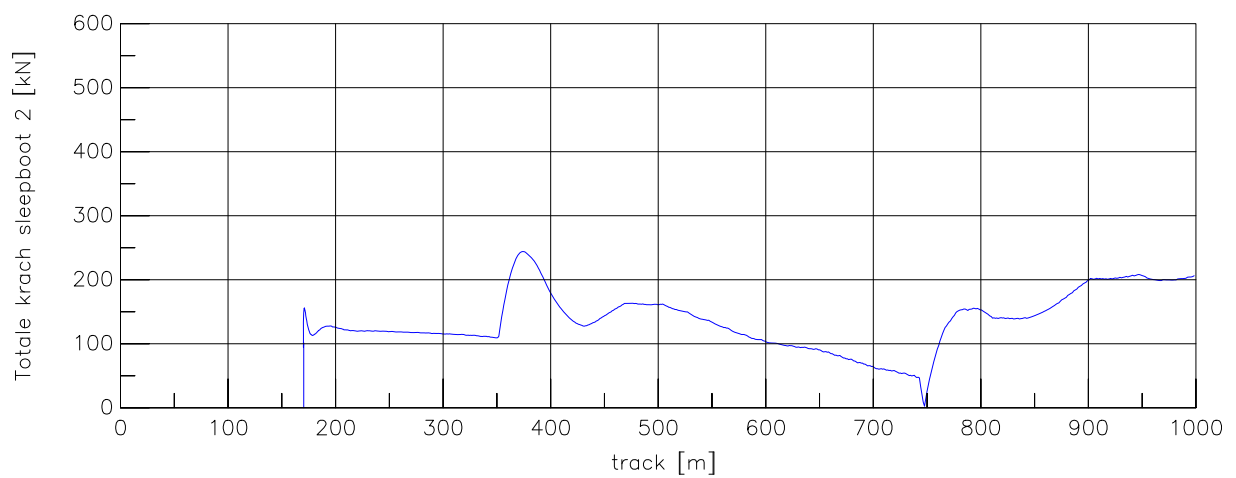
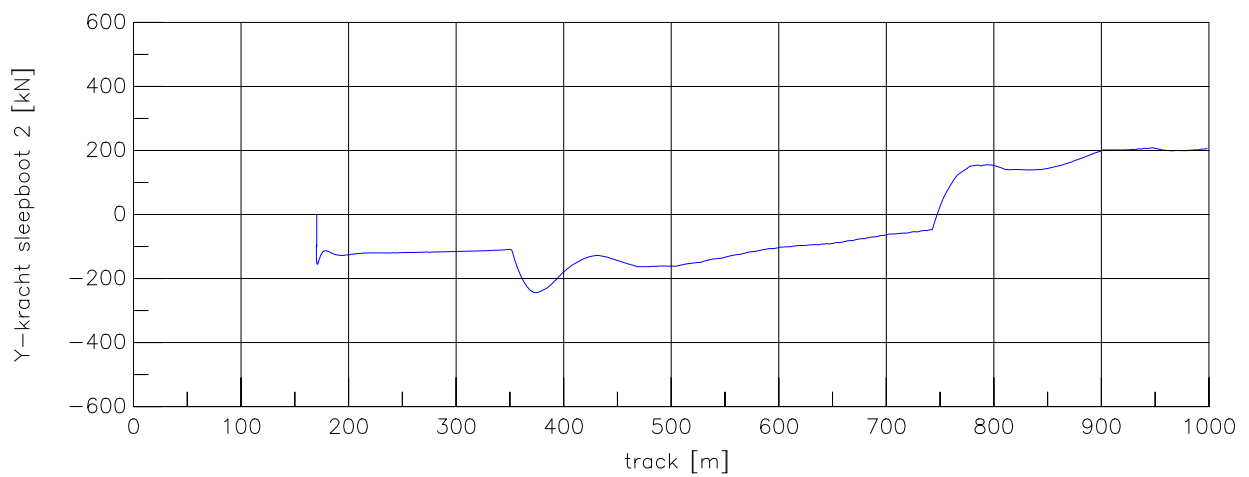
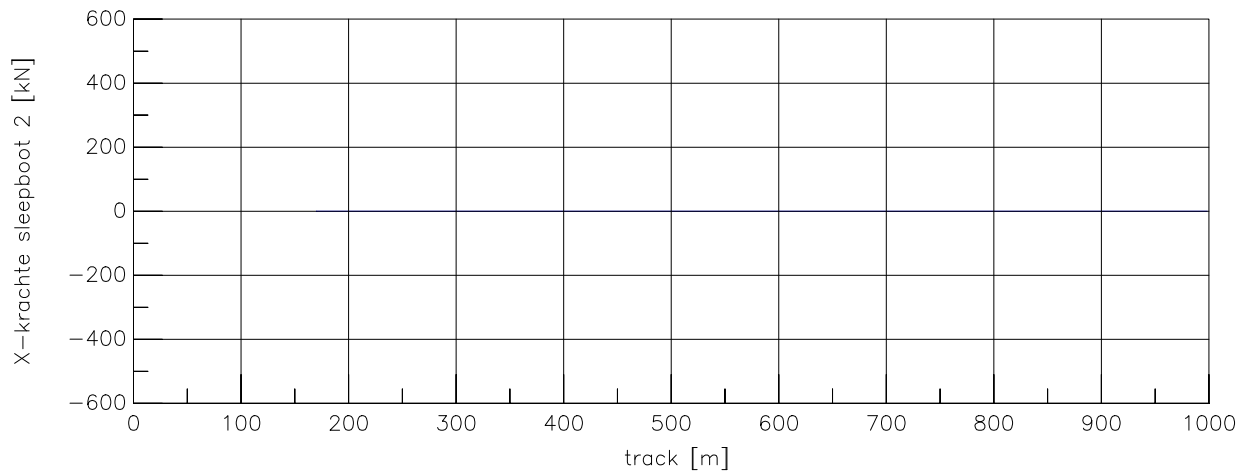
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 3-1

Fig. 3-1d



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

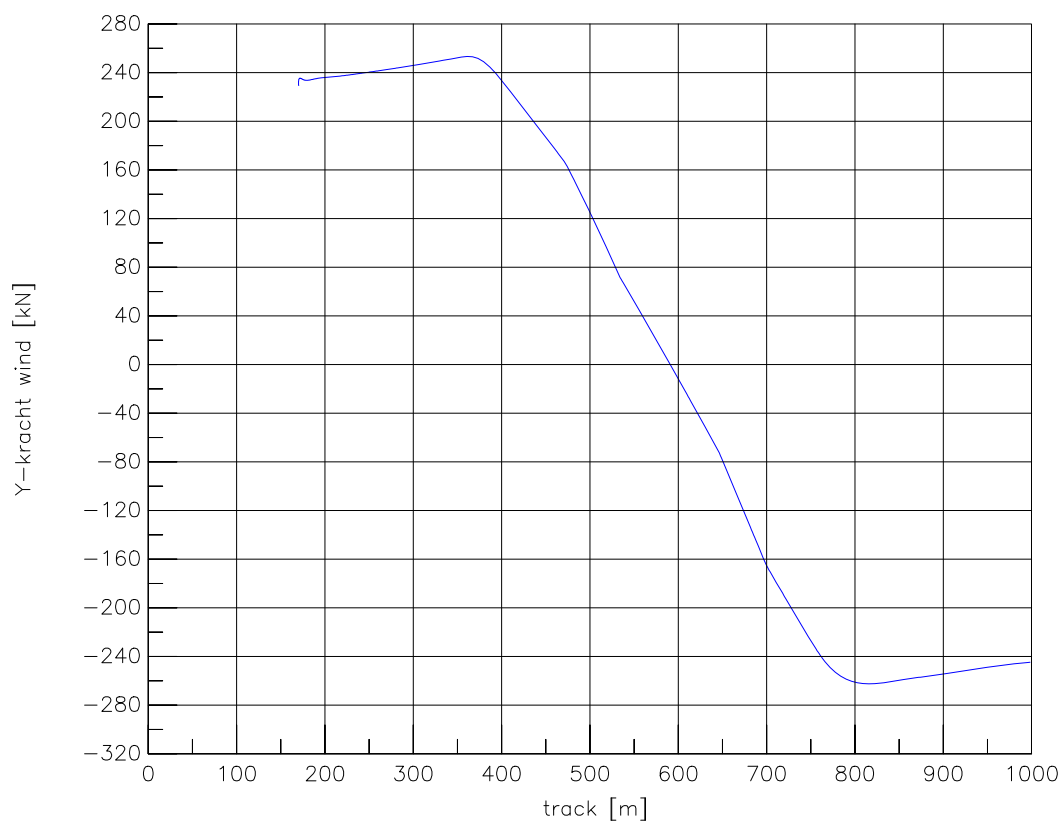
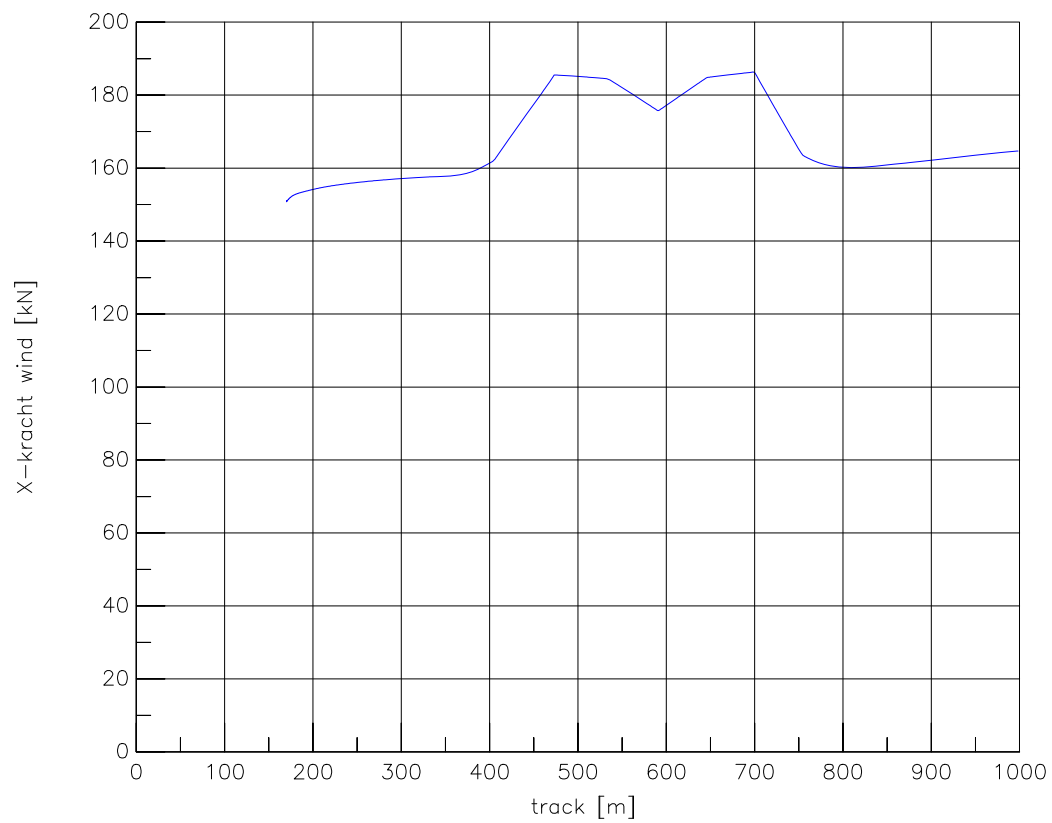
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 3-1

Fig. 3-1e





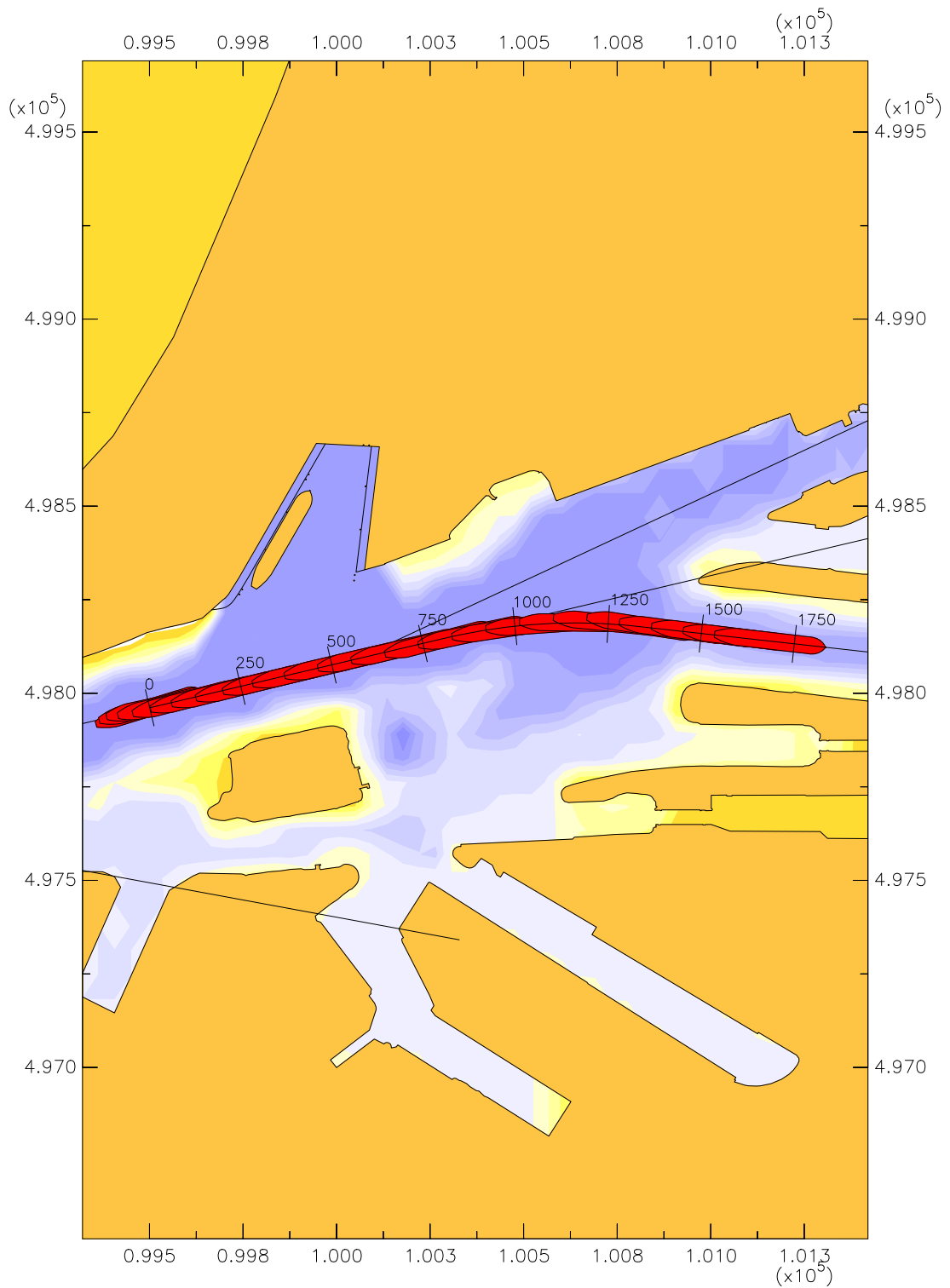
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 3-1

Fig. 3-1f

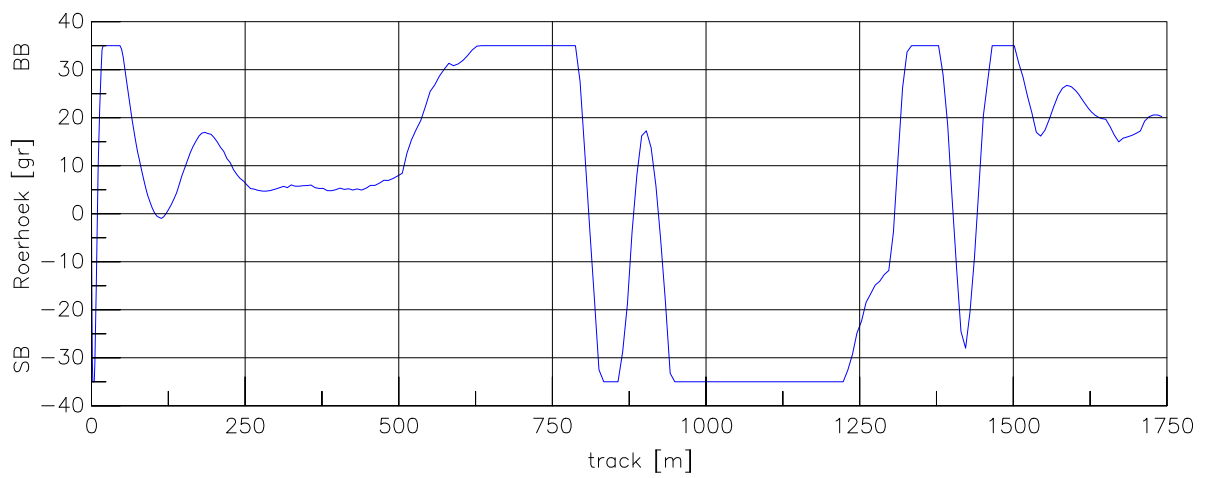
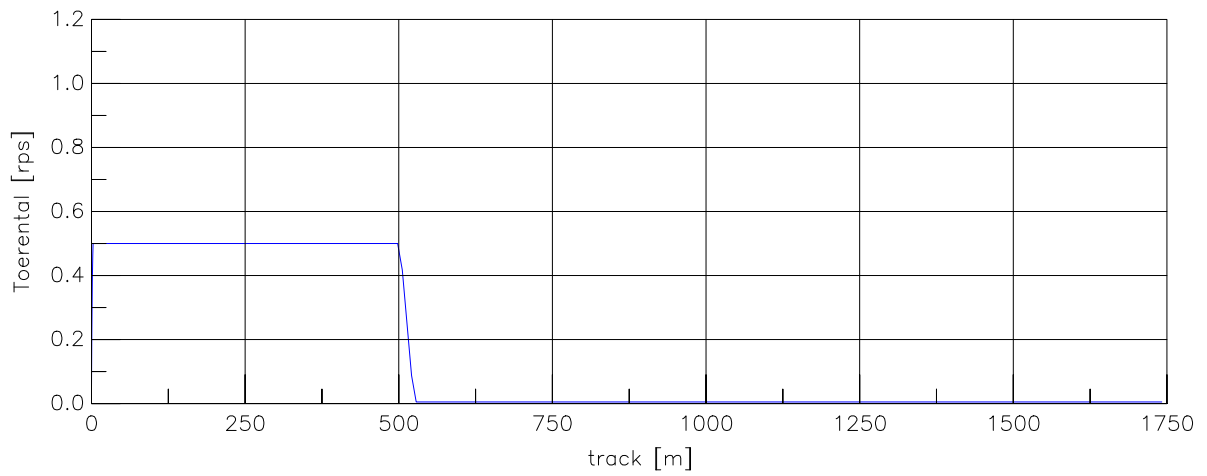
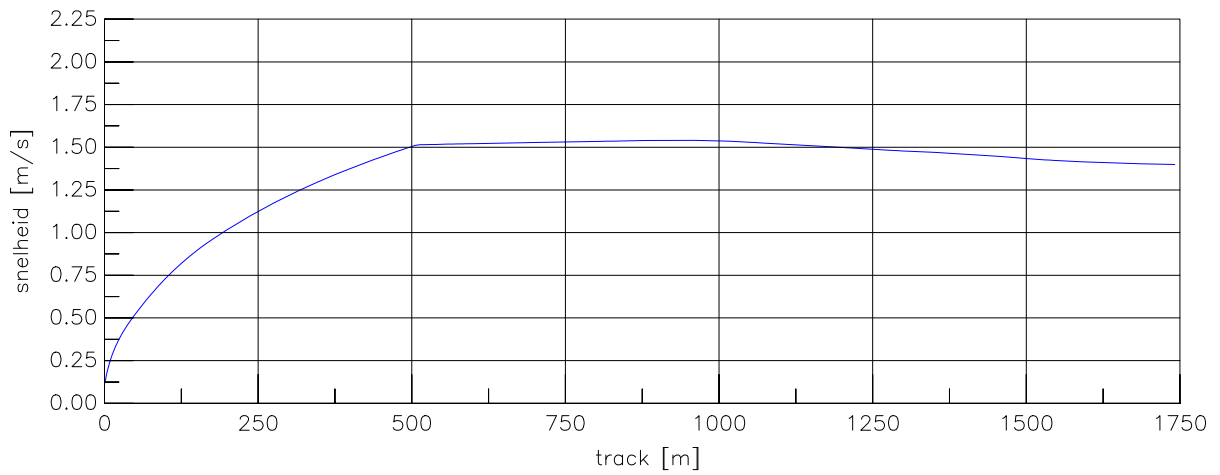


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 3-2 Fig. 3-2a



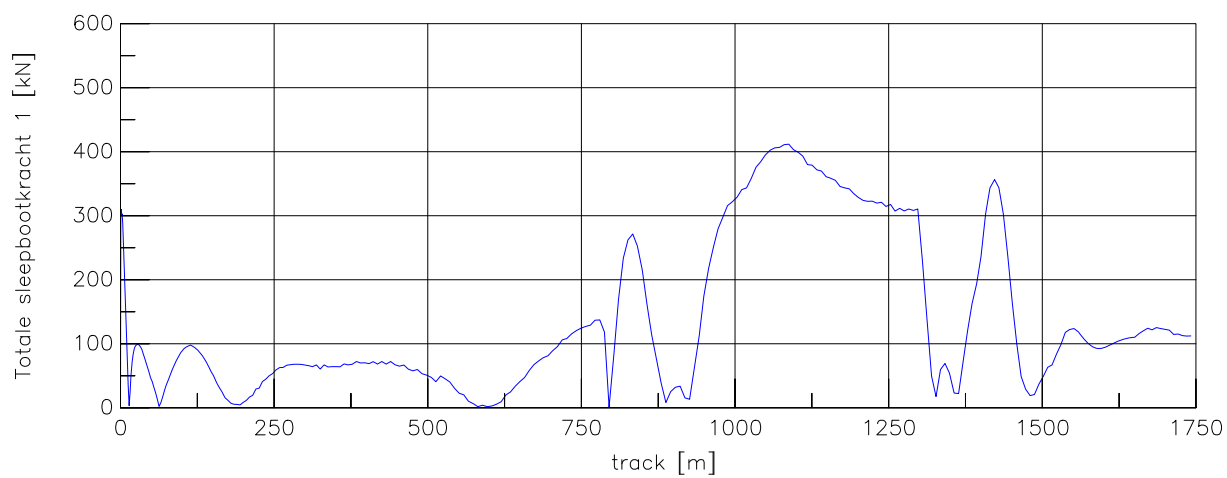
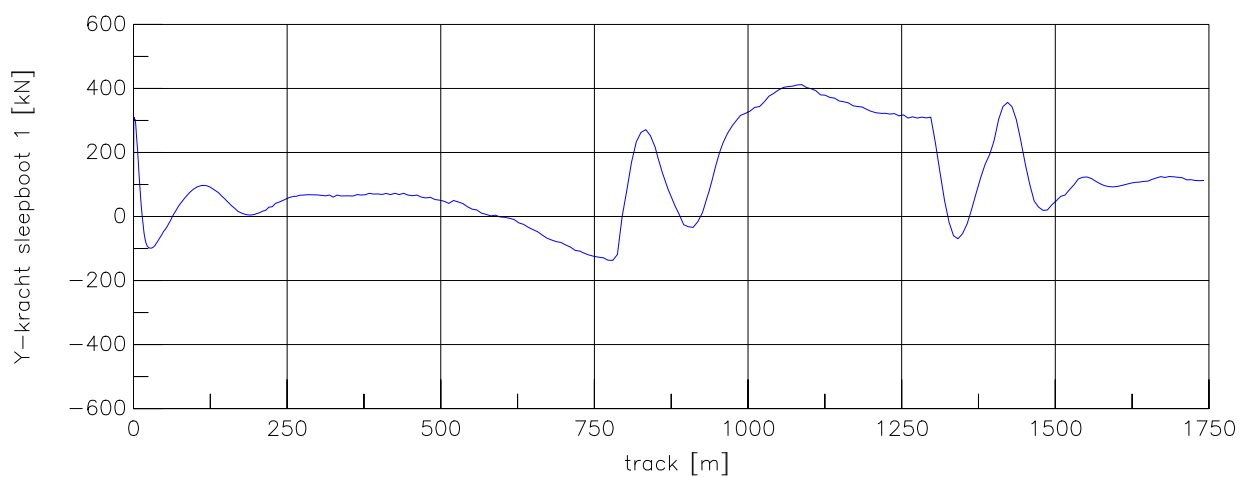
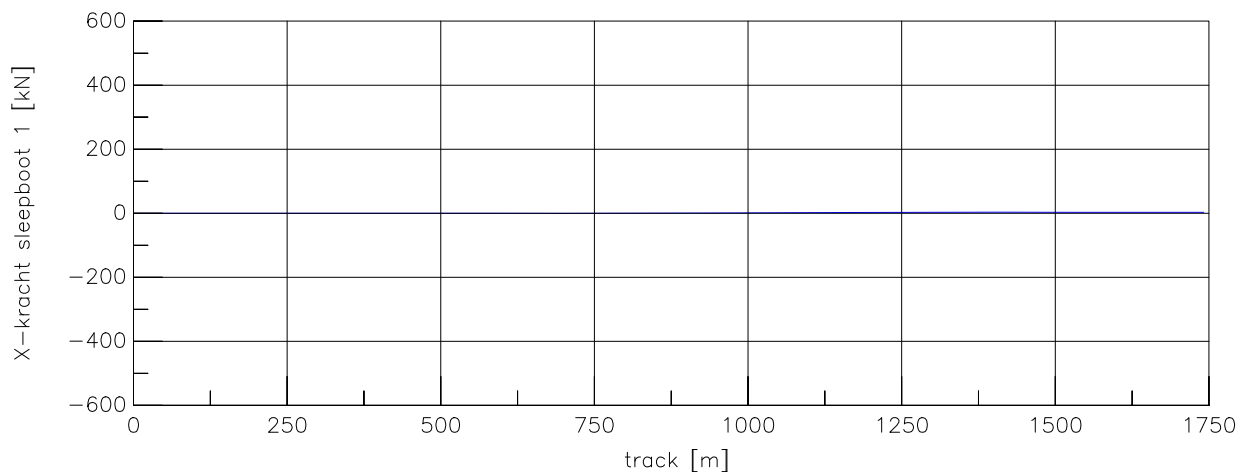
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 3-2

Fig. 3-2c



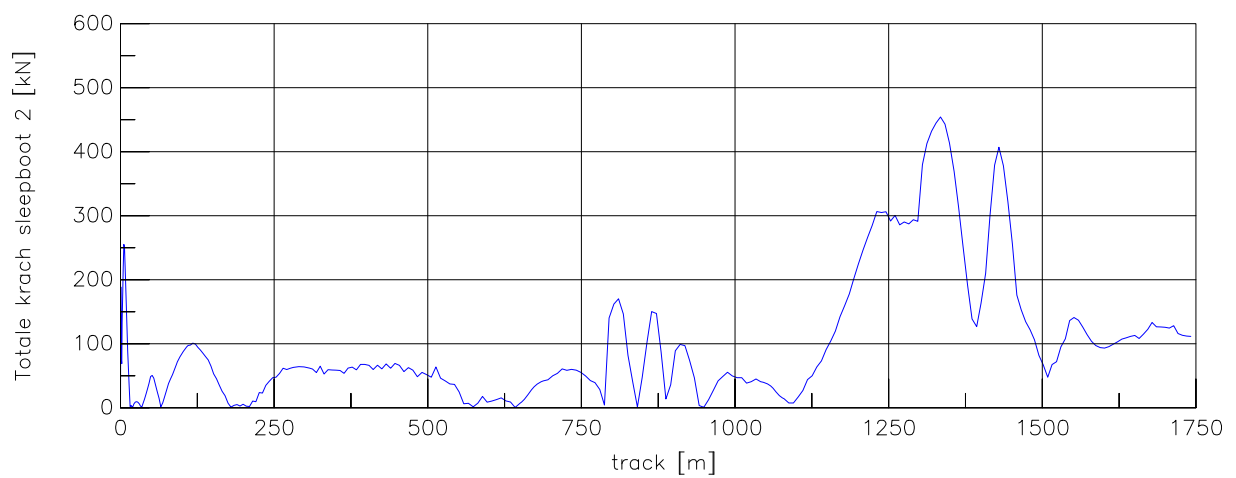
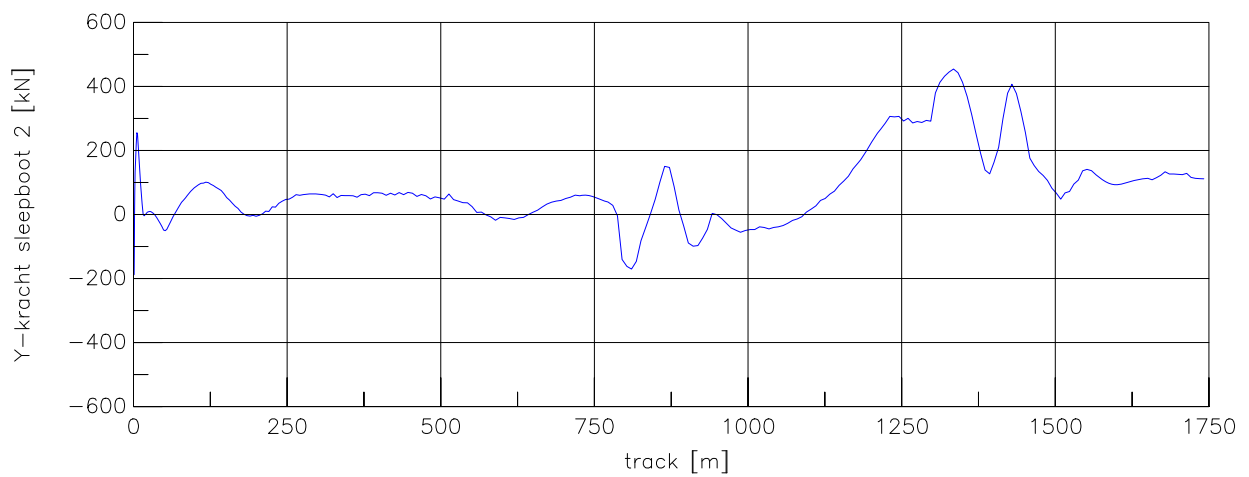
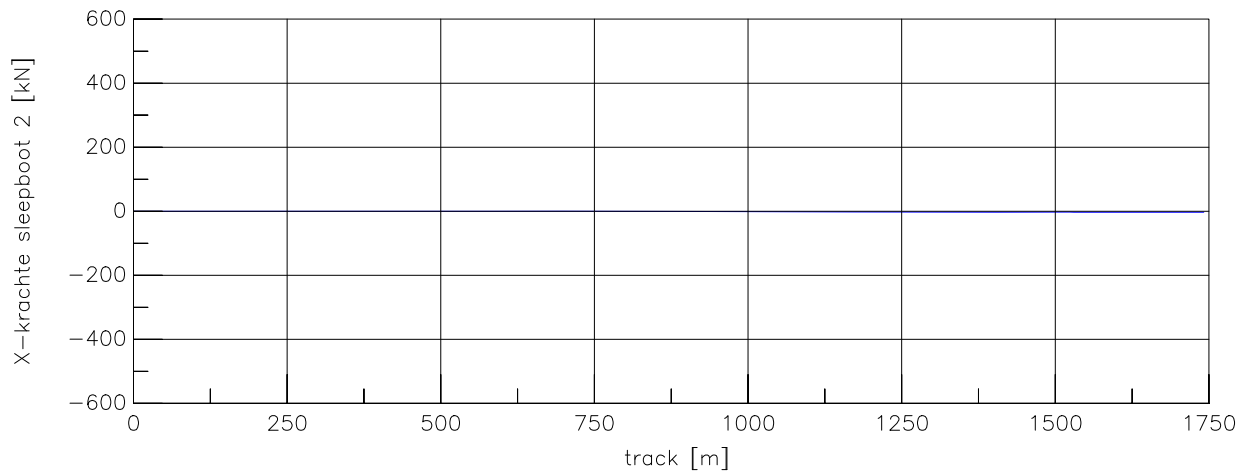
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 3-2

Fig. 3-2d



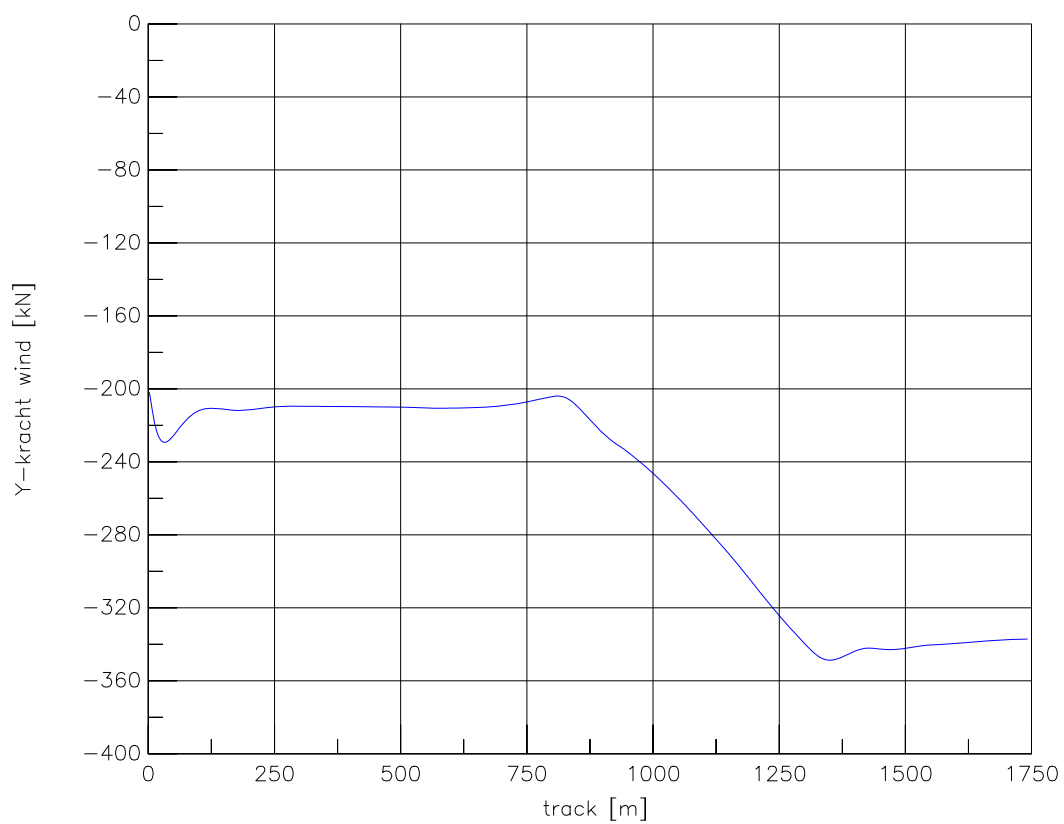
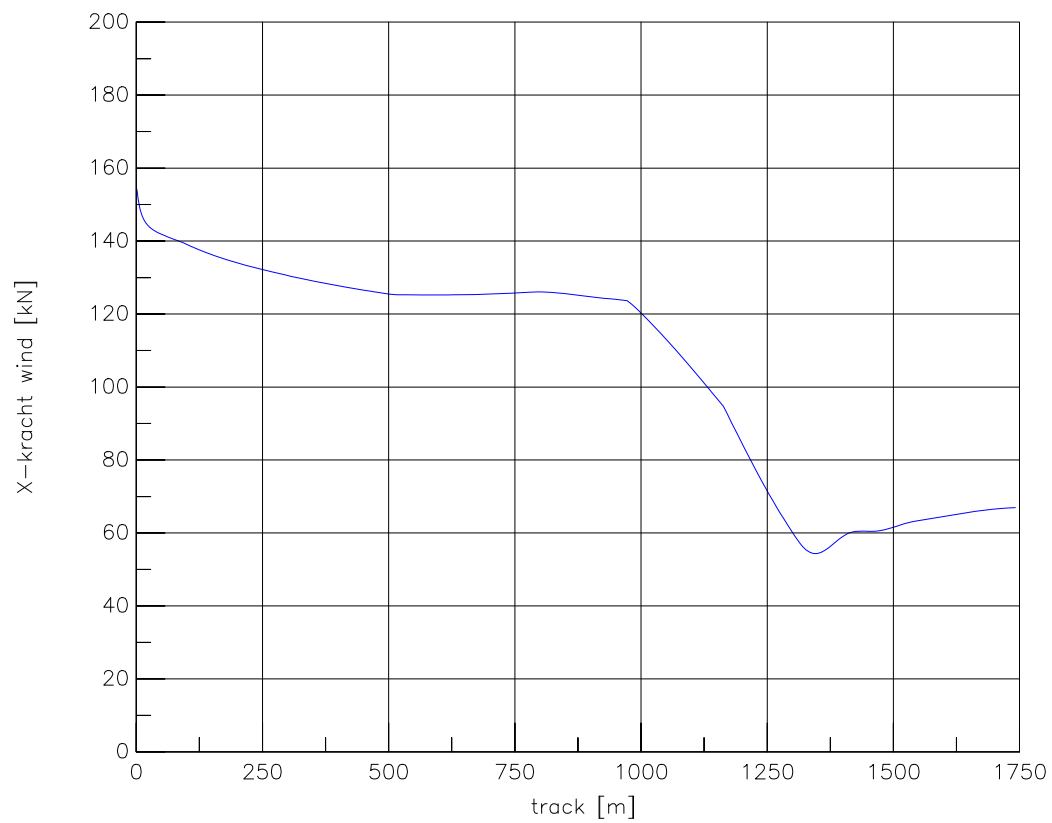
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 3-2

Fig. 3-2e



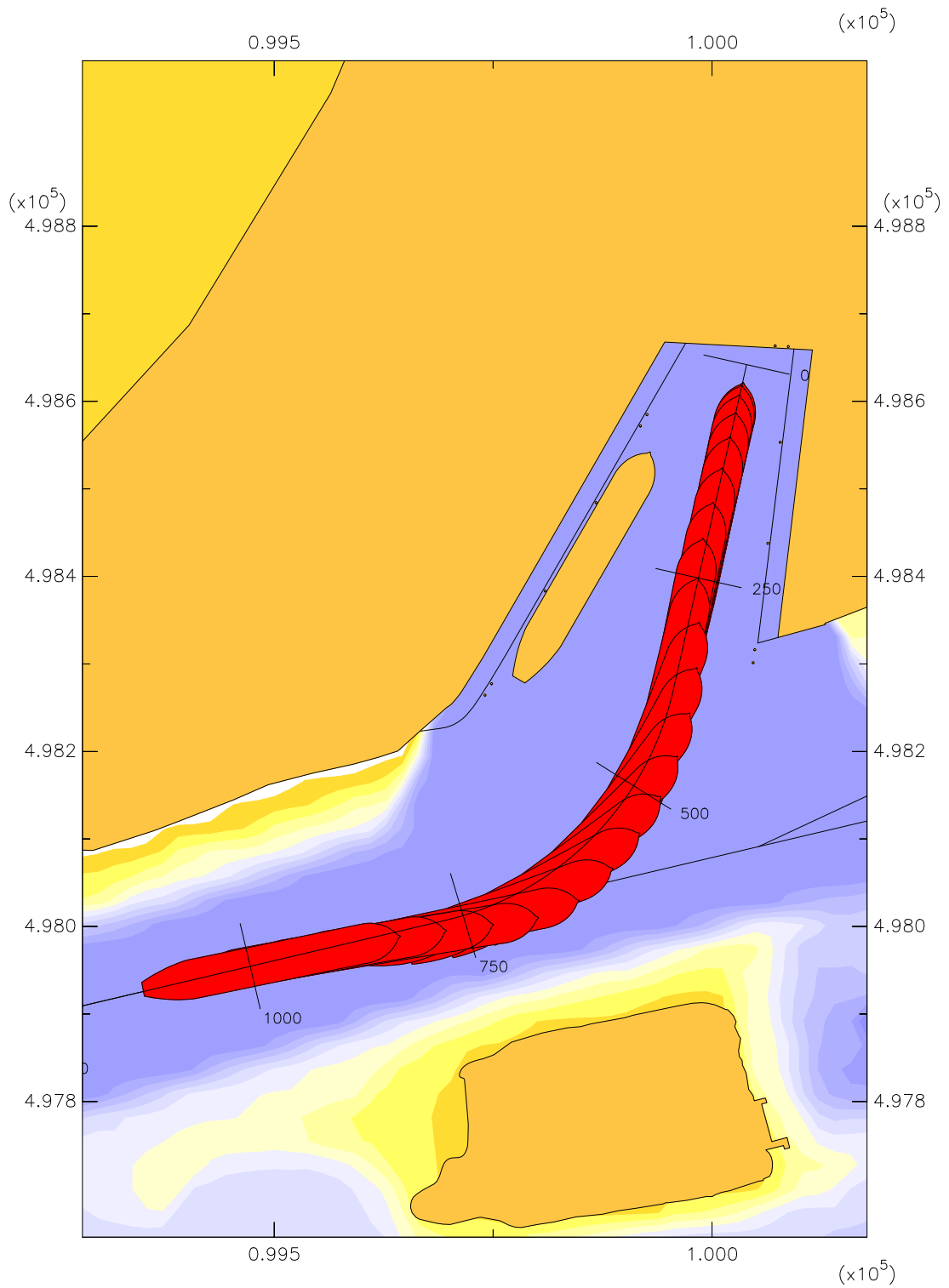
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 3-2

Fig. 3-2f

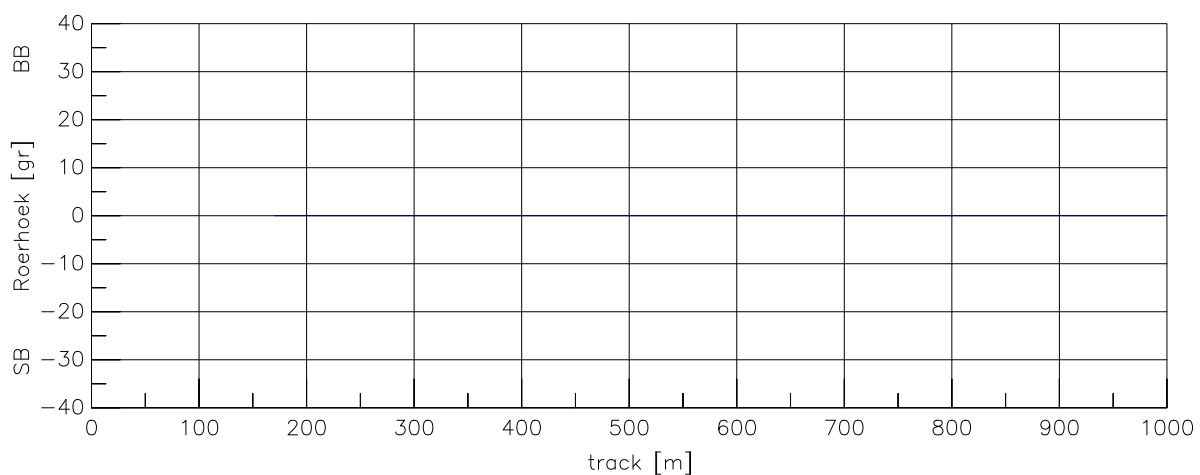
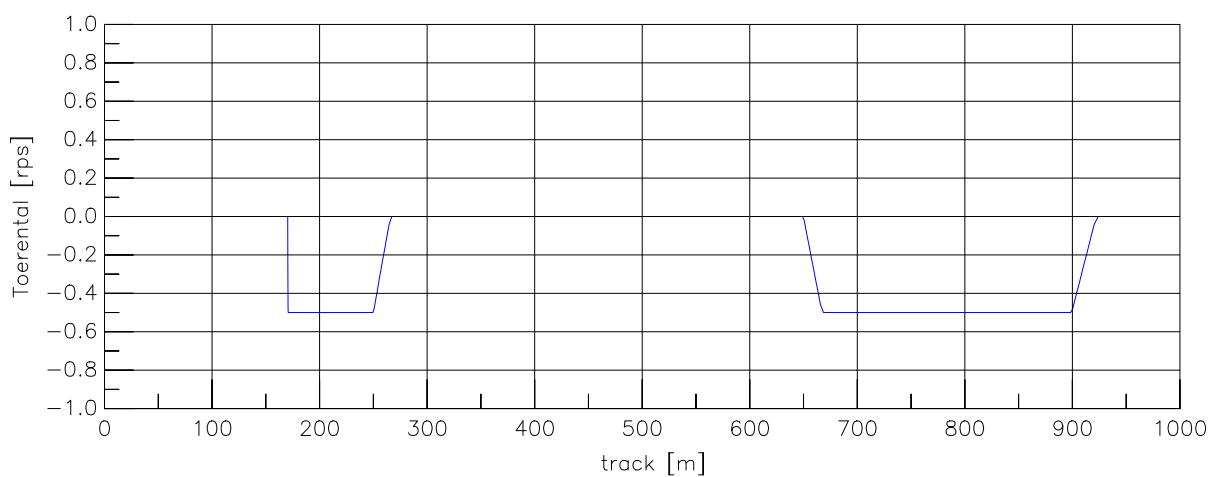
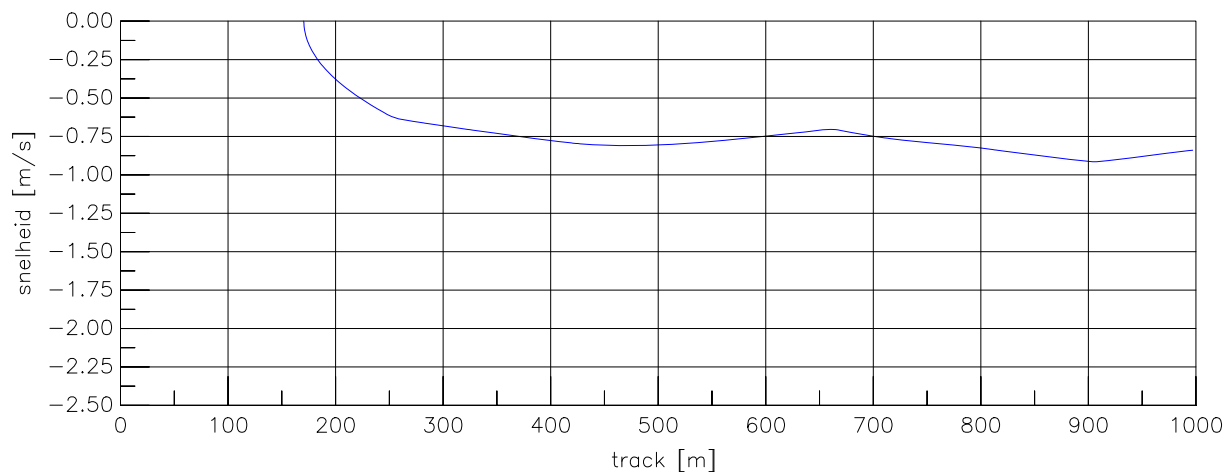


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 4-1 Fig. 4-1a



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

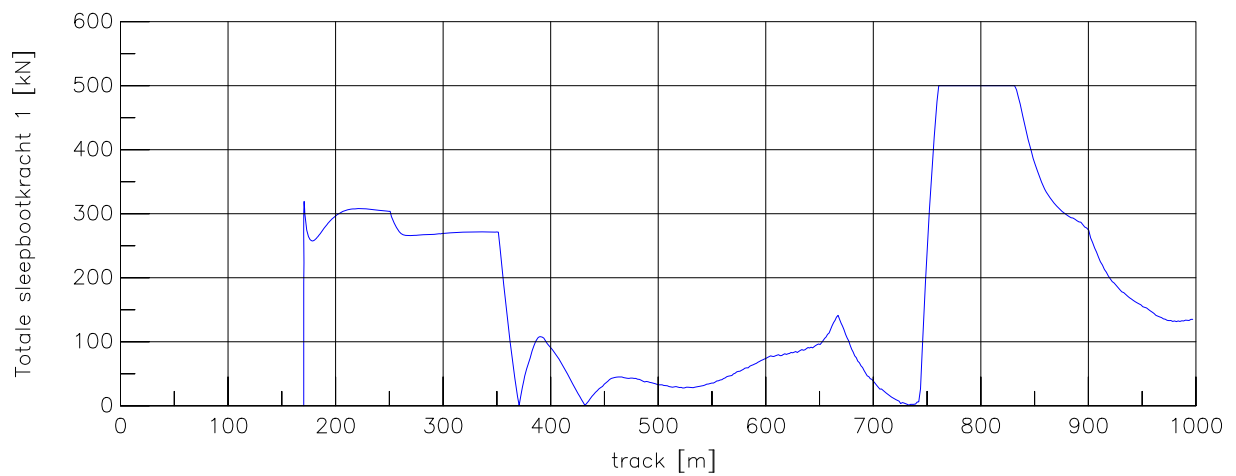
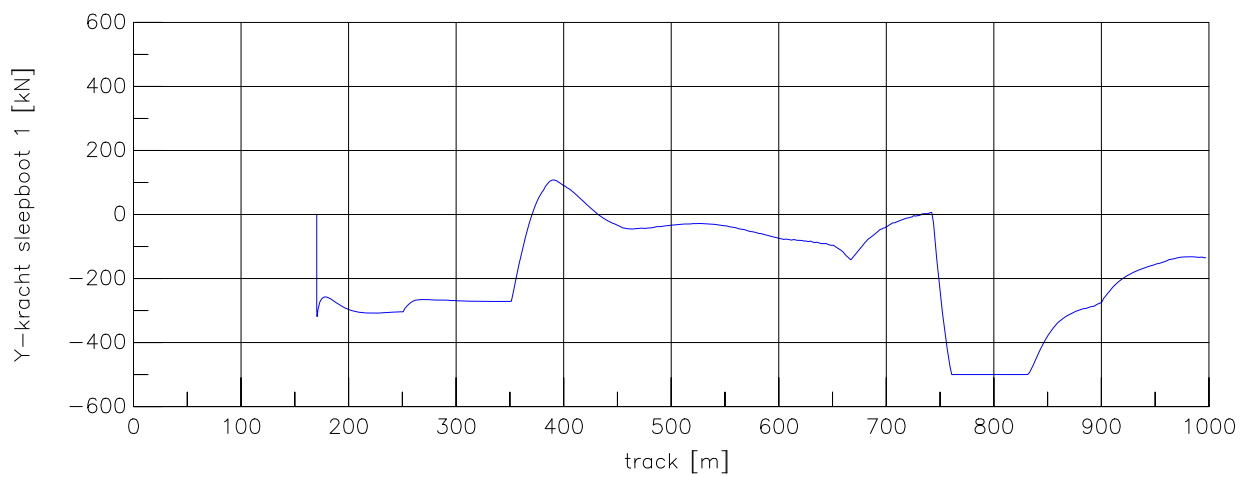
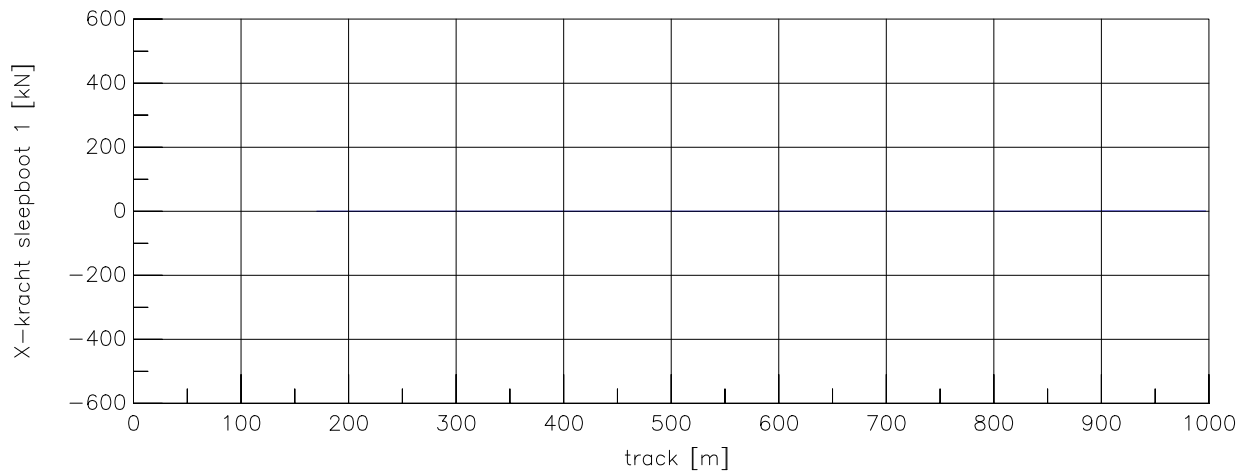
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 4-1

Fig. 4-1c





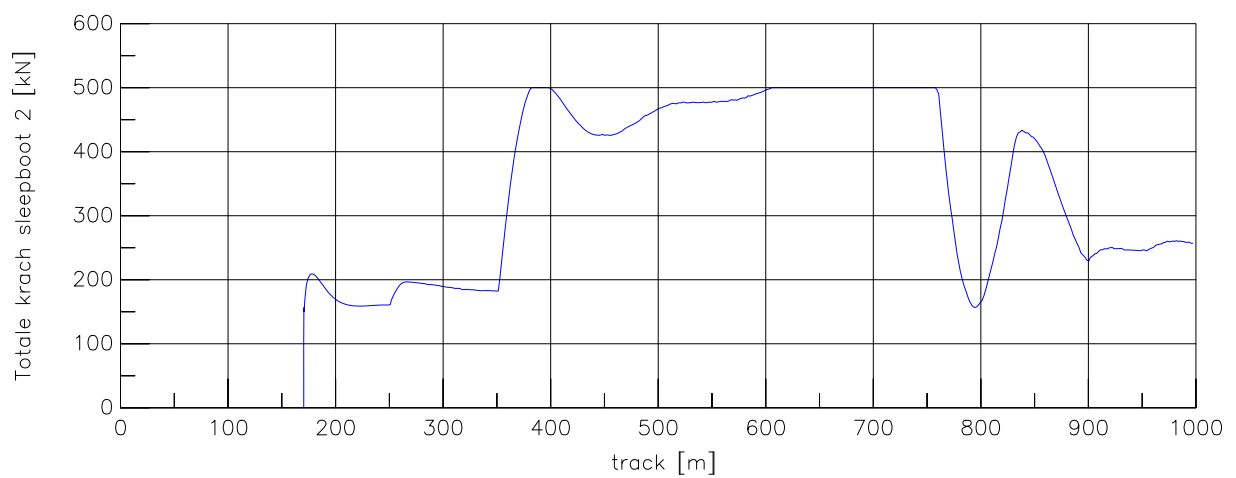
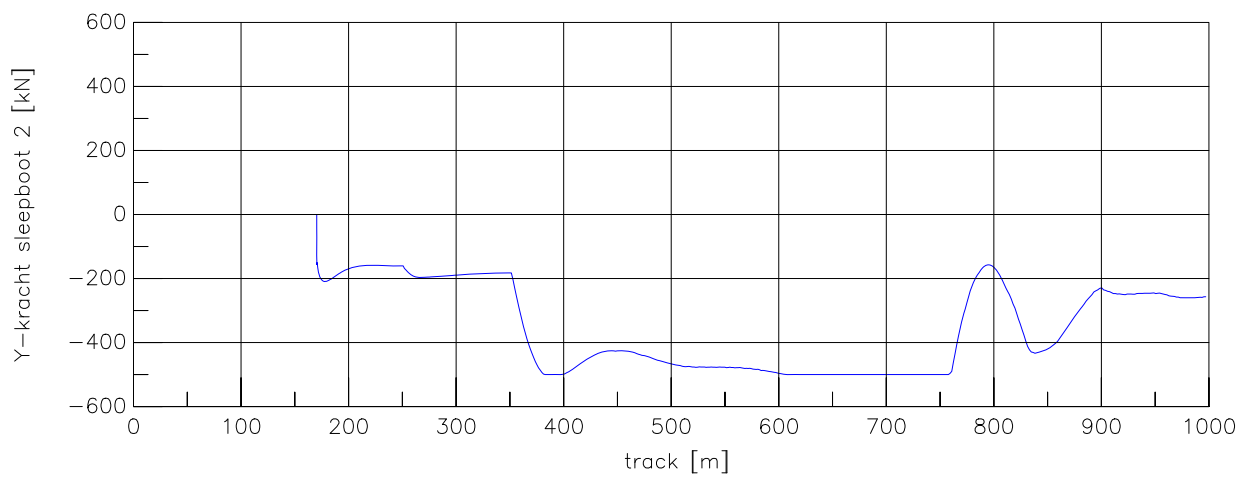
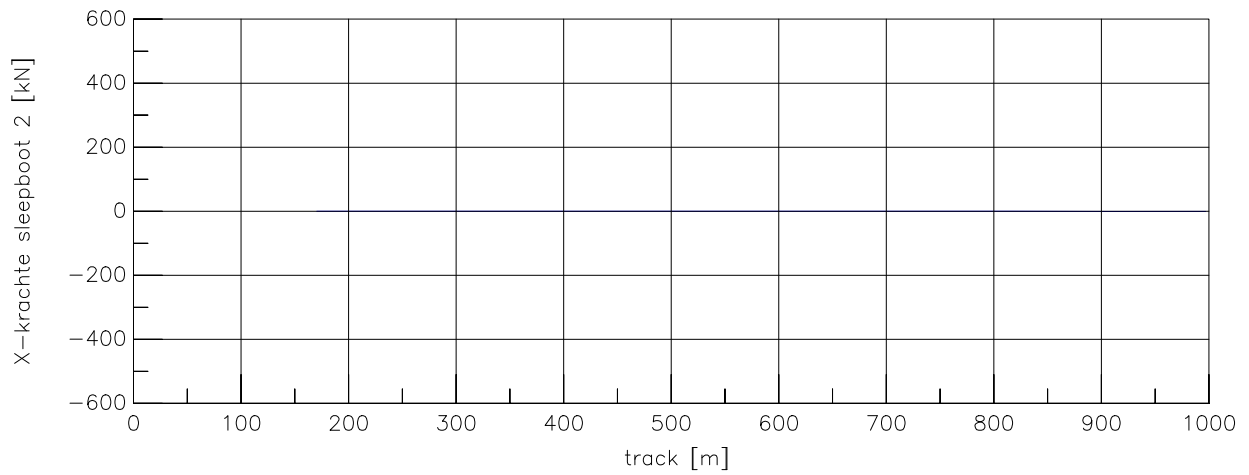
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 4-1

Fig. 4-1d



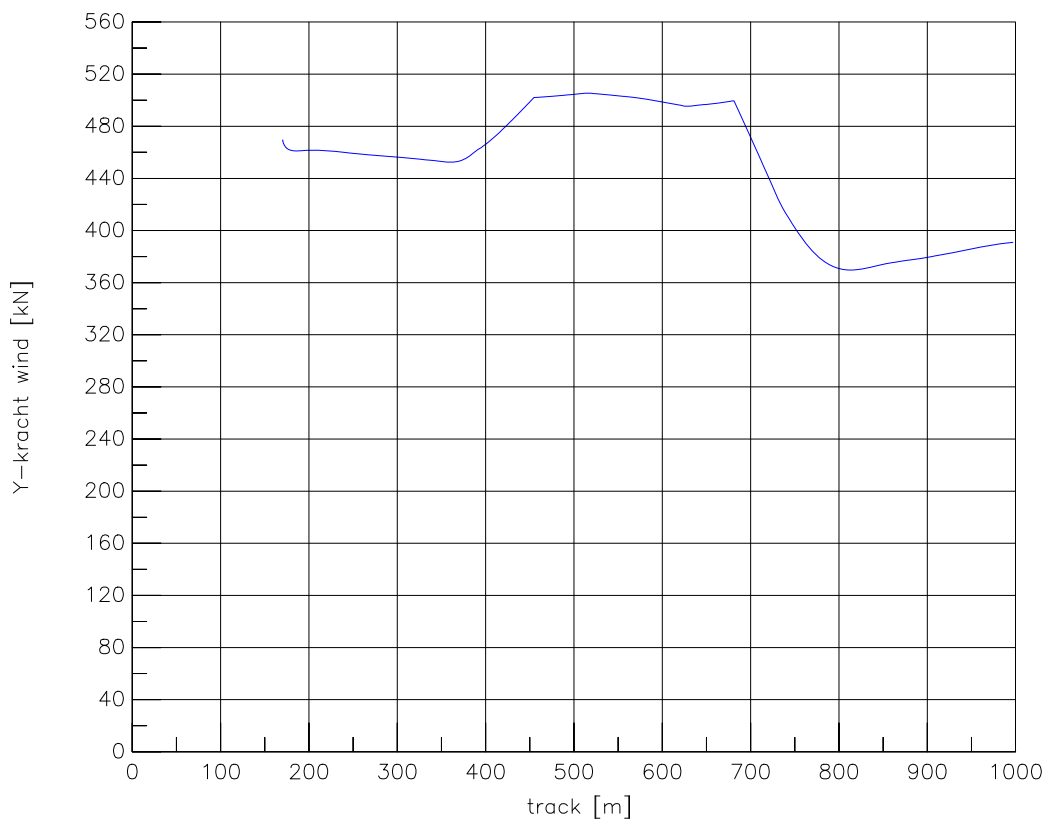
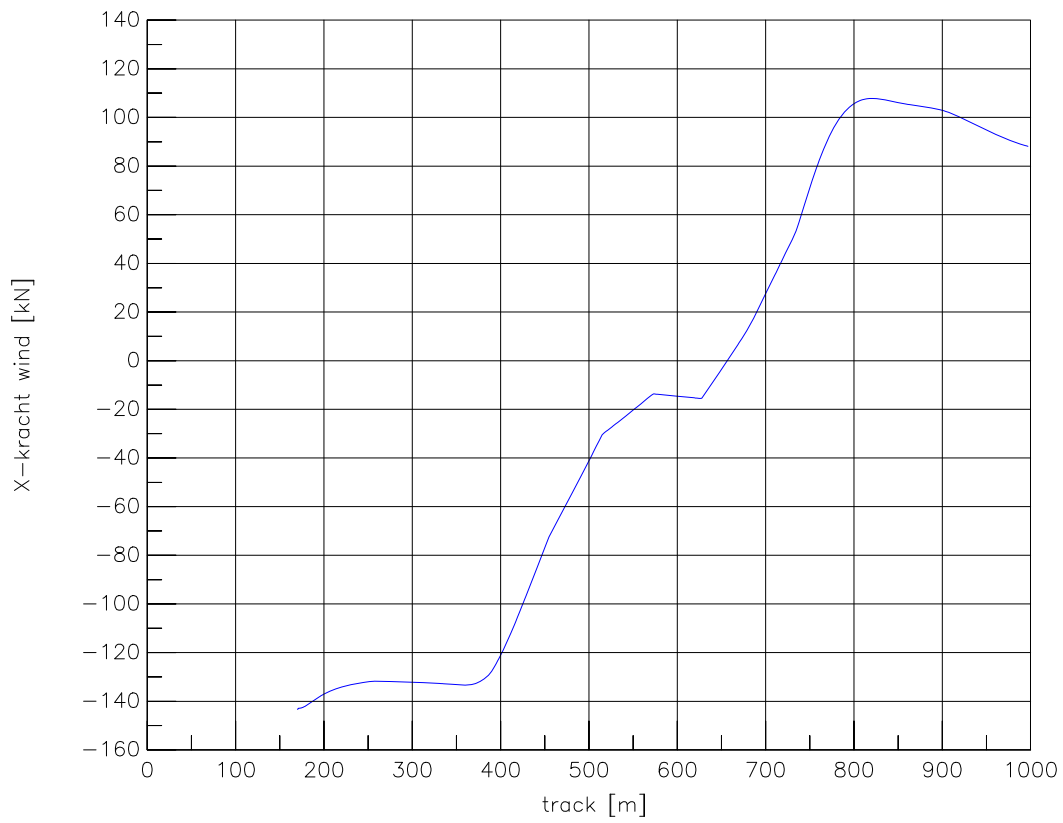
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 4-1

Fig. 4-1e



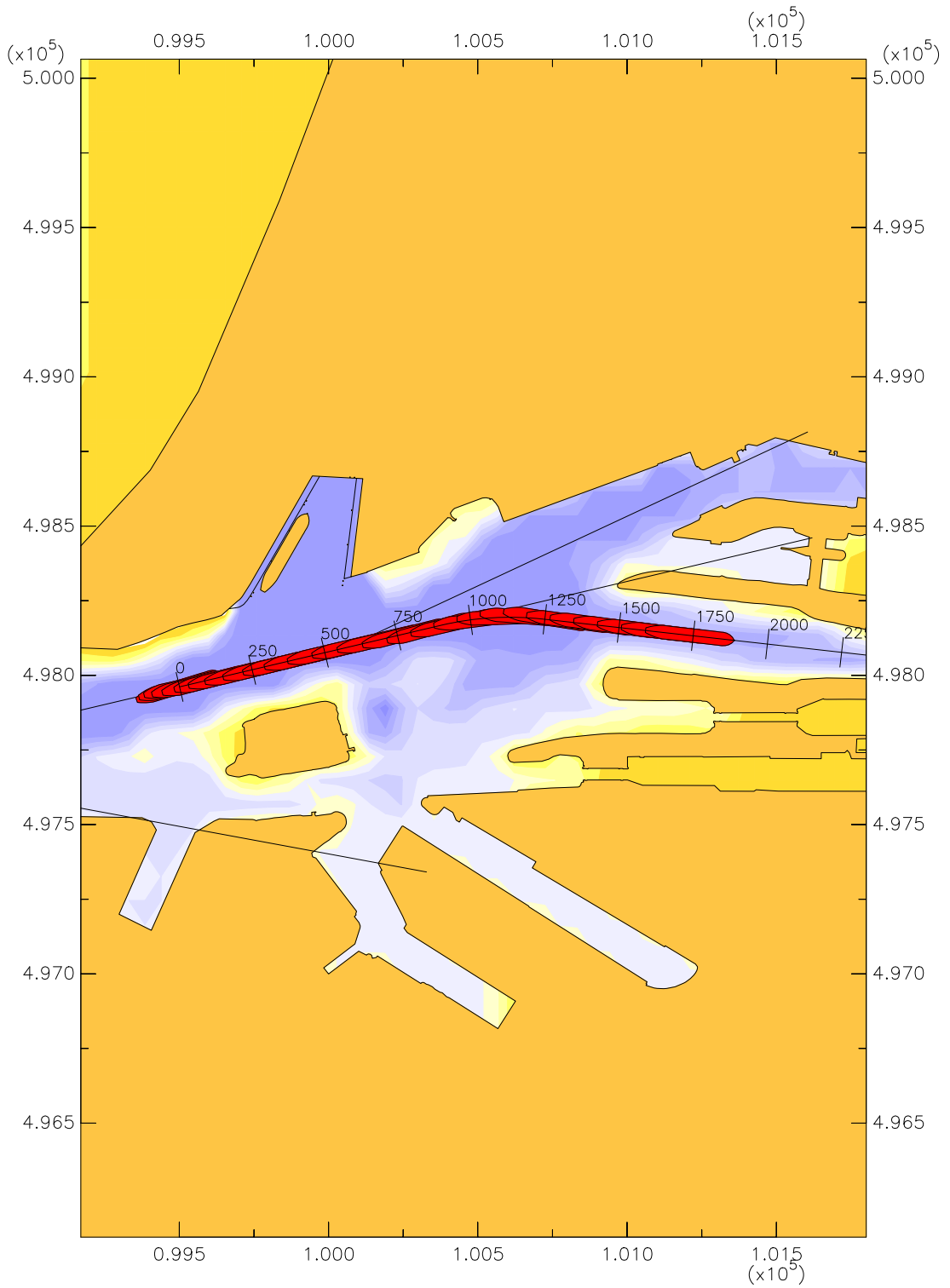
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 4-1

Fig. 4-1f

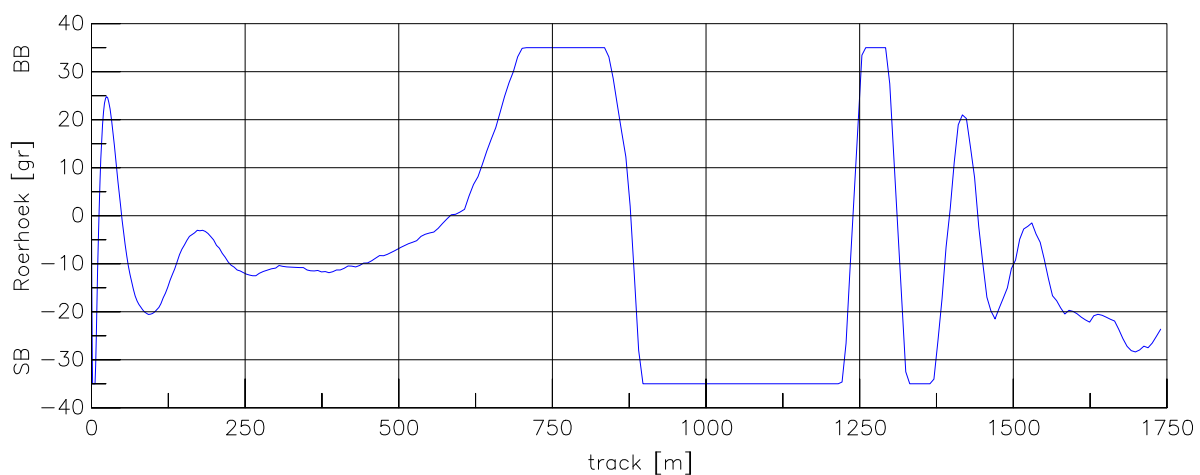
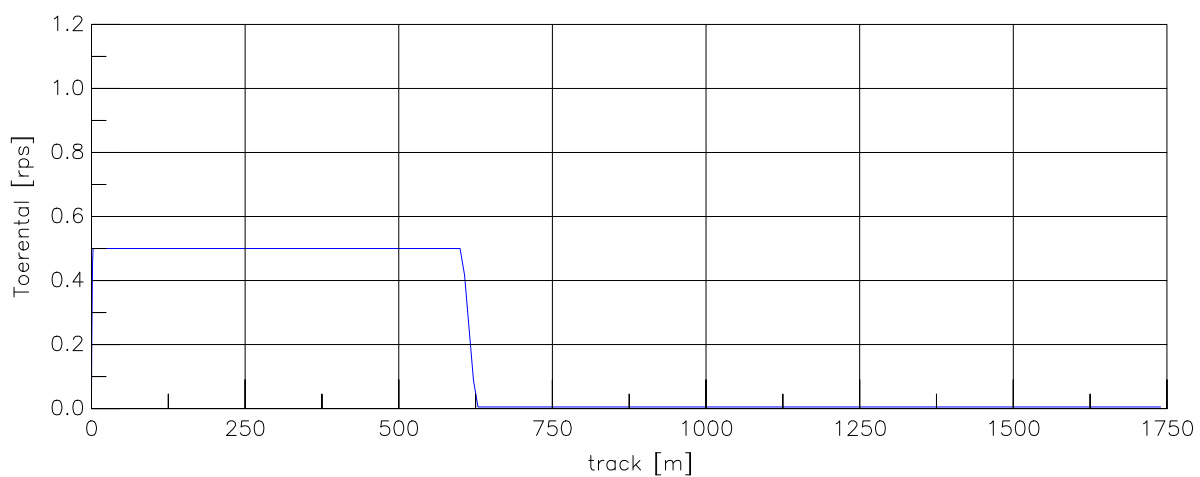
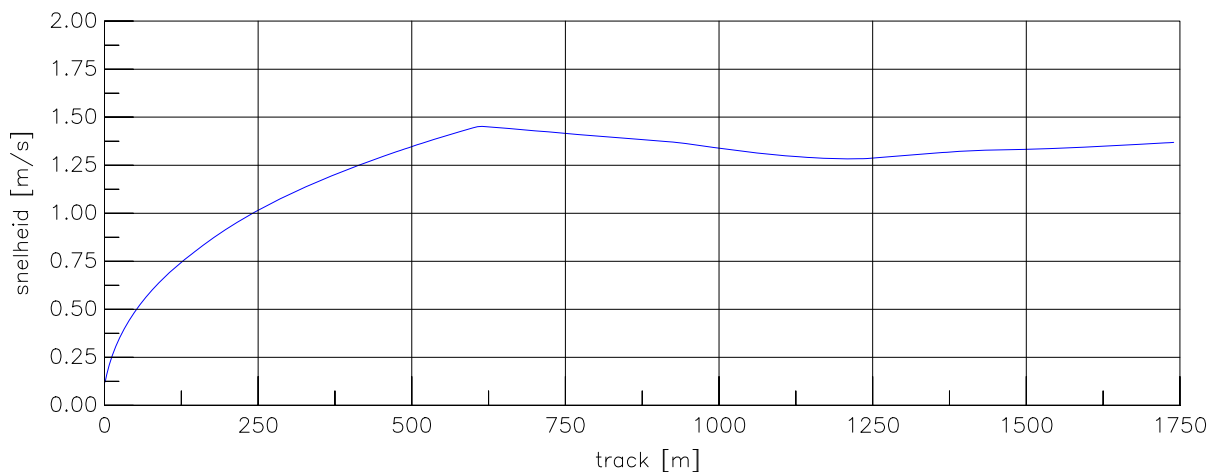


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 4-2 Fig. 4-2a



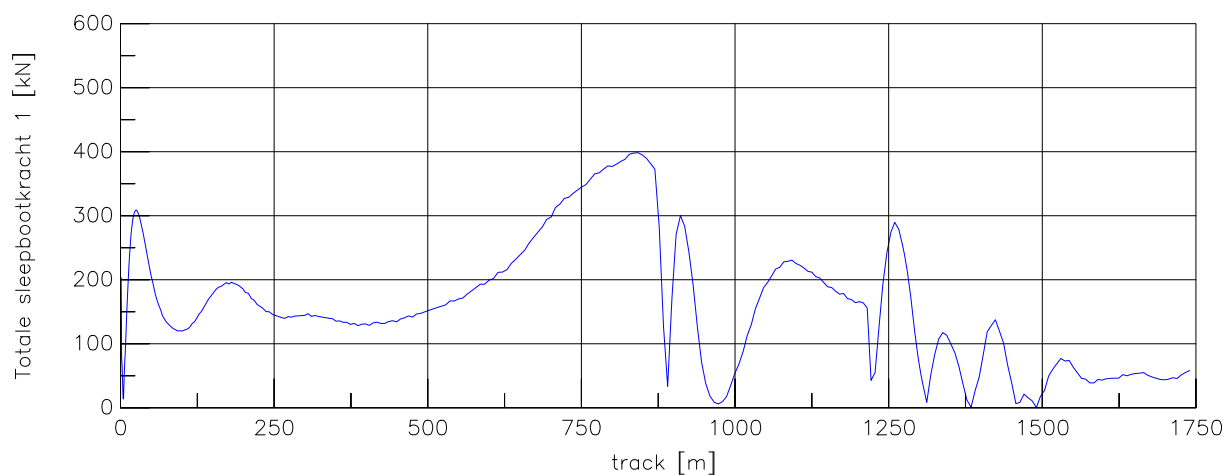
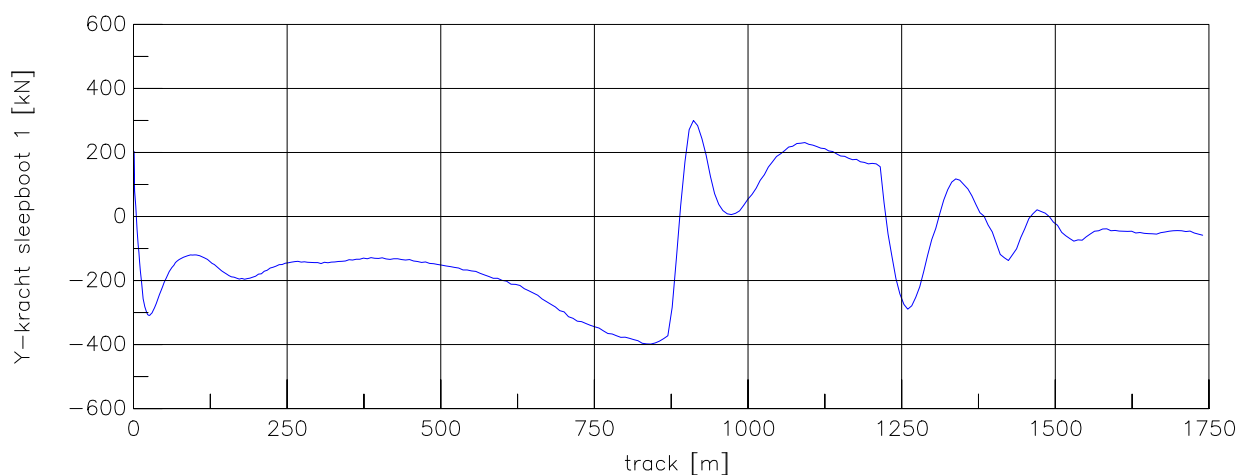
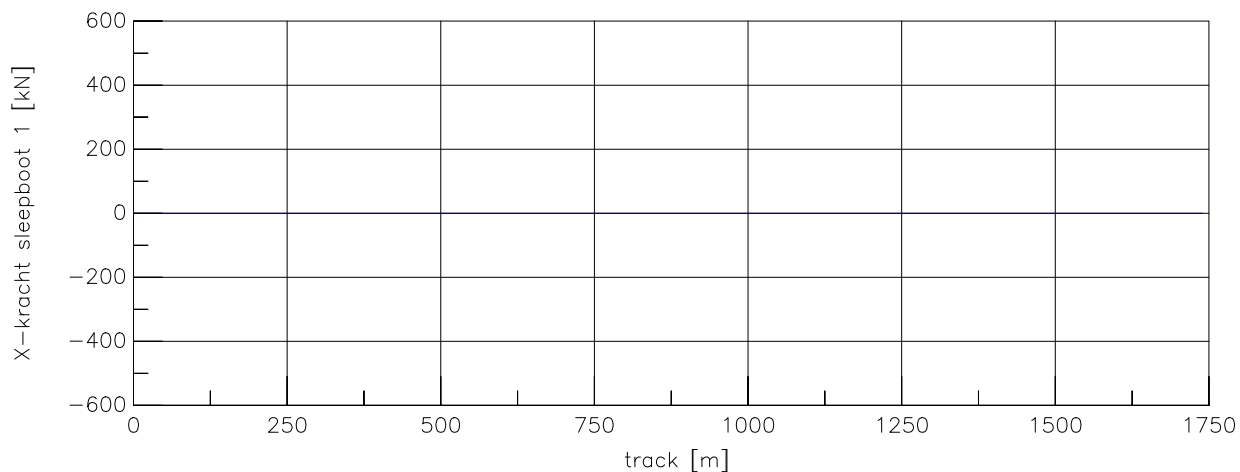
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 4-2

Fig. 4-2c



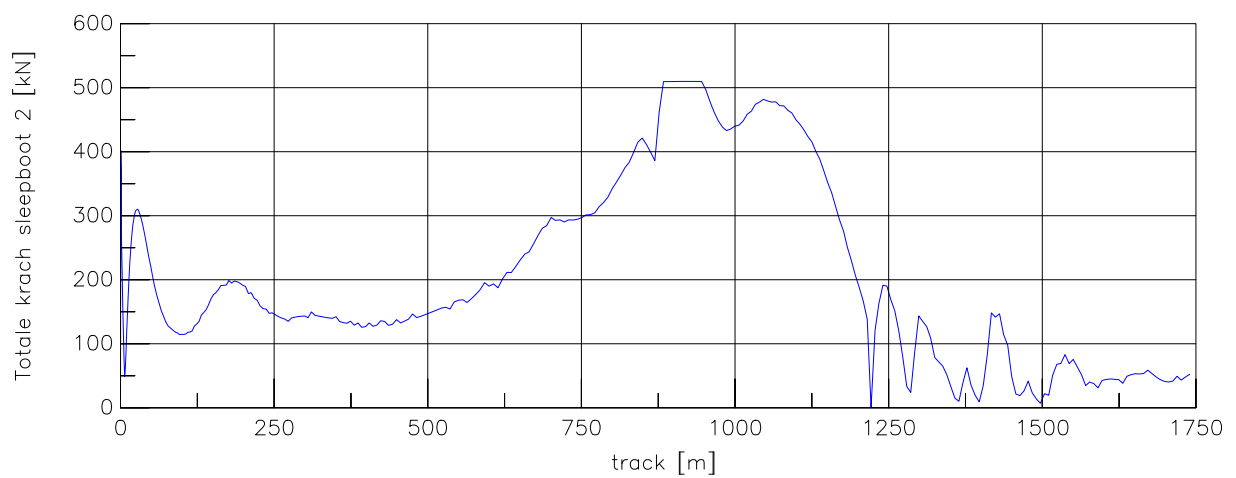
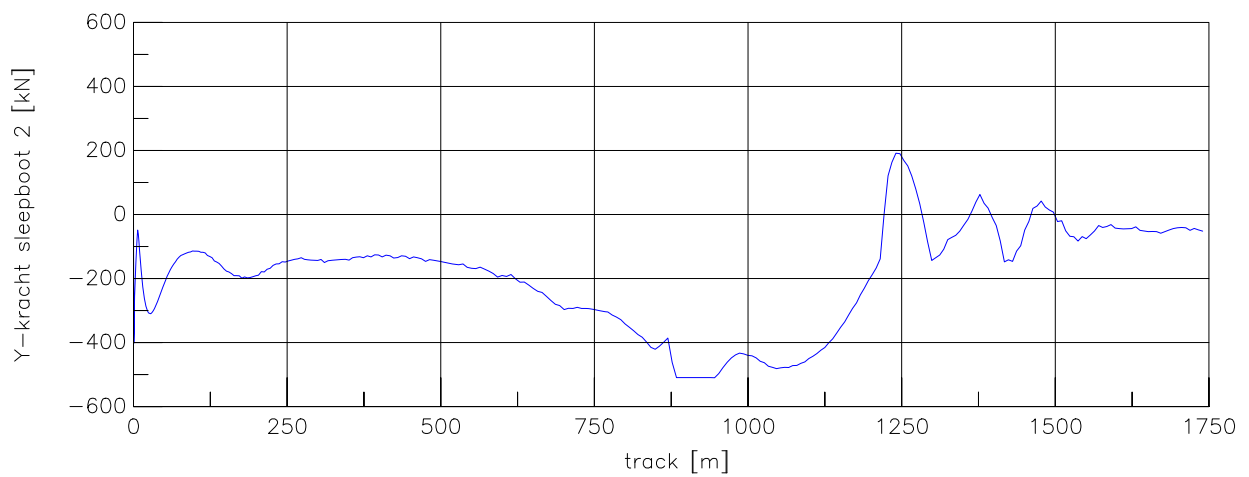
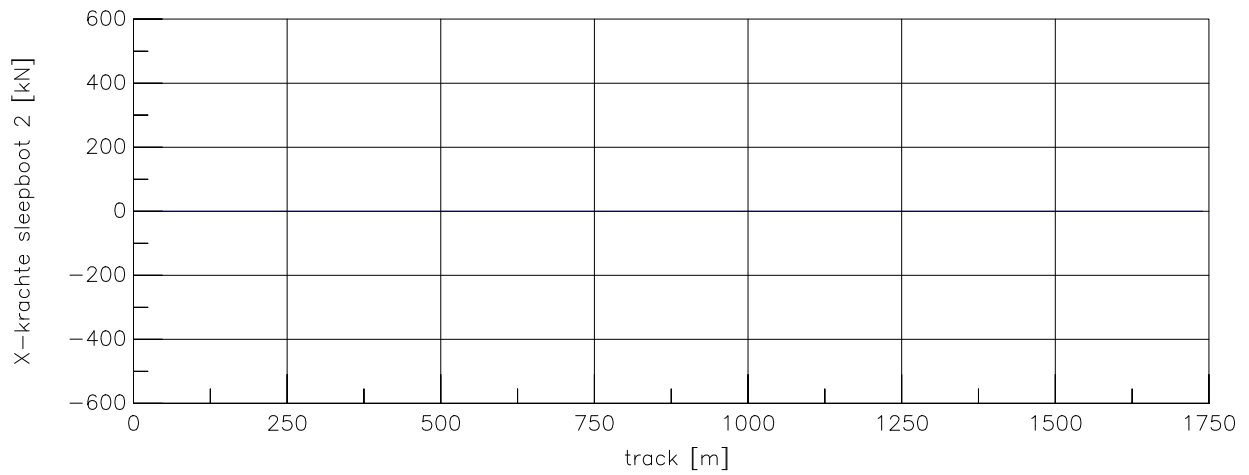
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 4-2

Fig. 4-2d



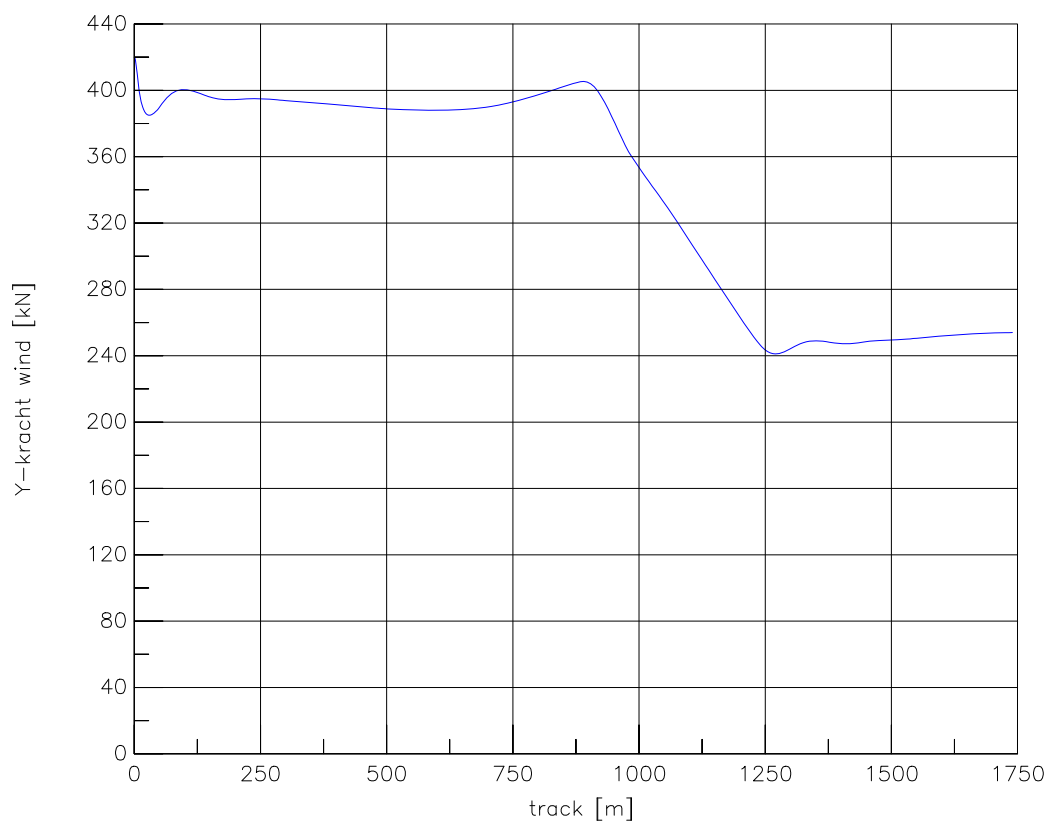
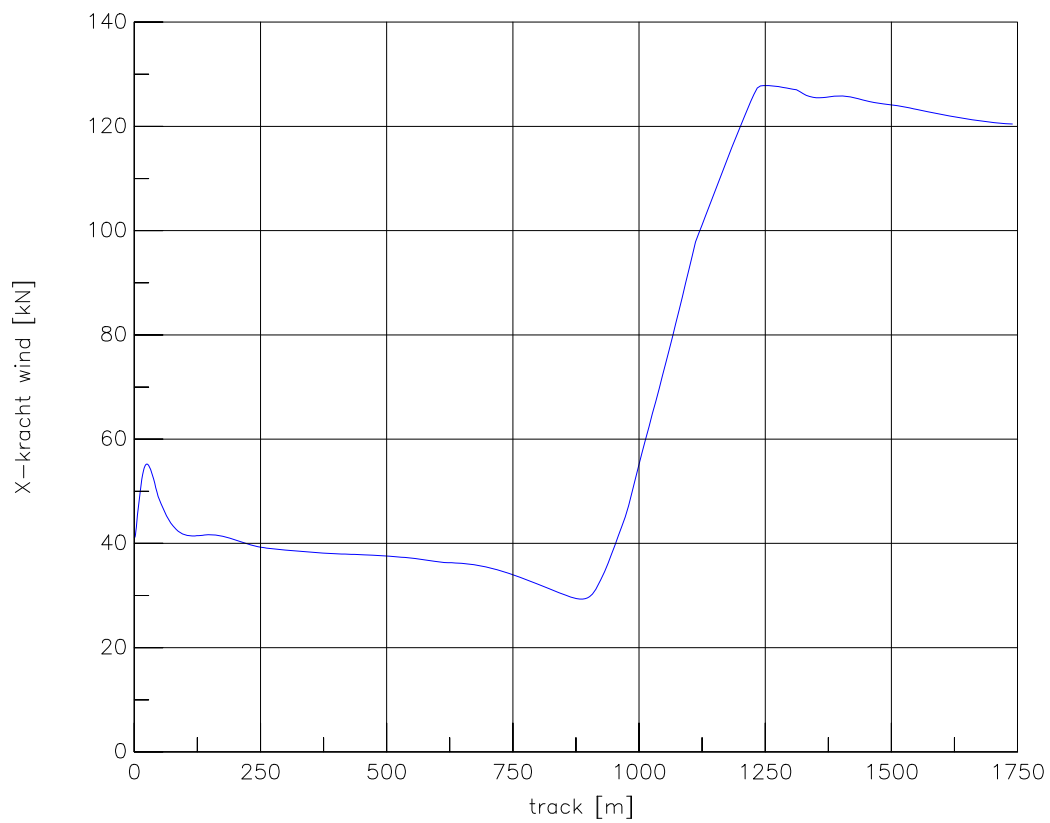
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 4-2

Fig. 4-2e



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

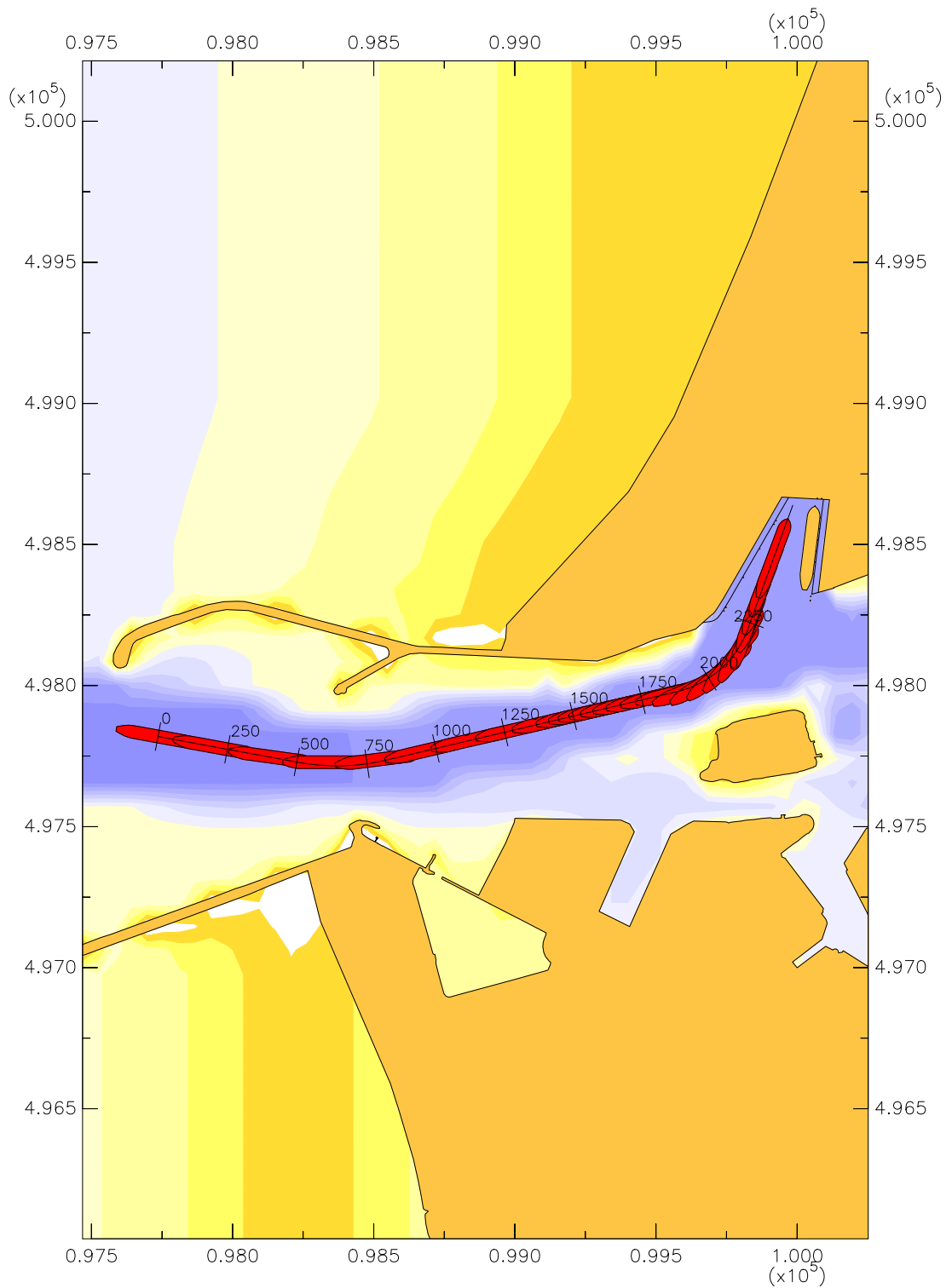
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 4-2

Fig. 4-2f





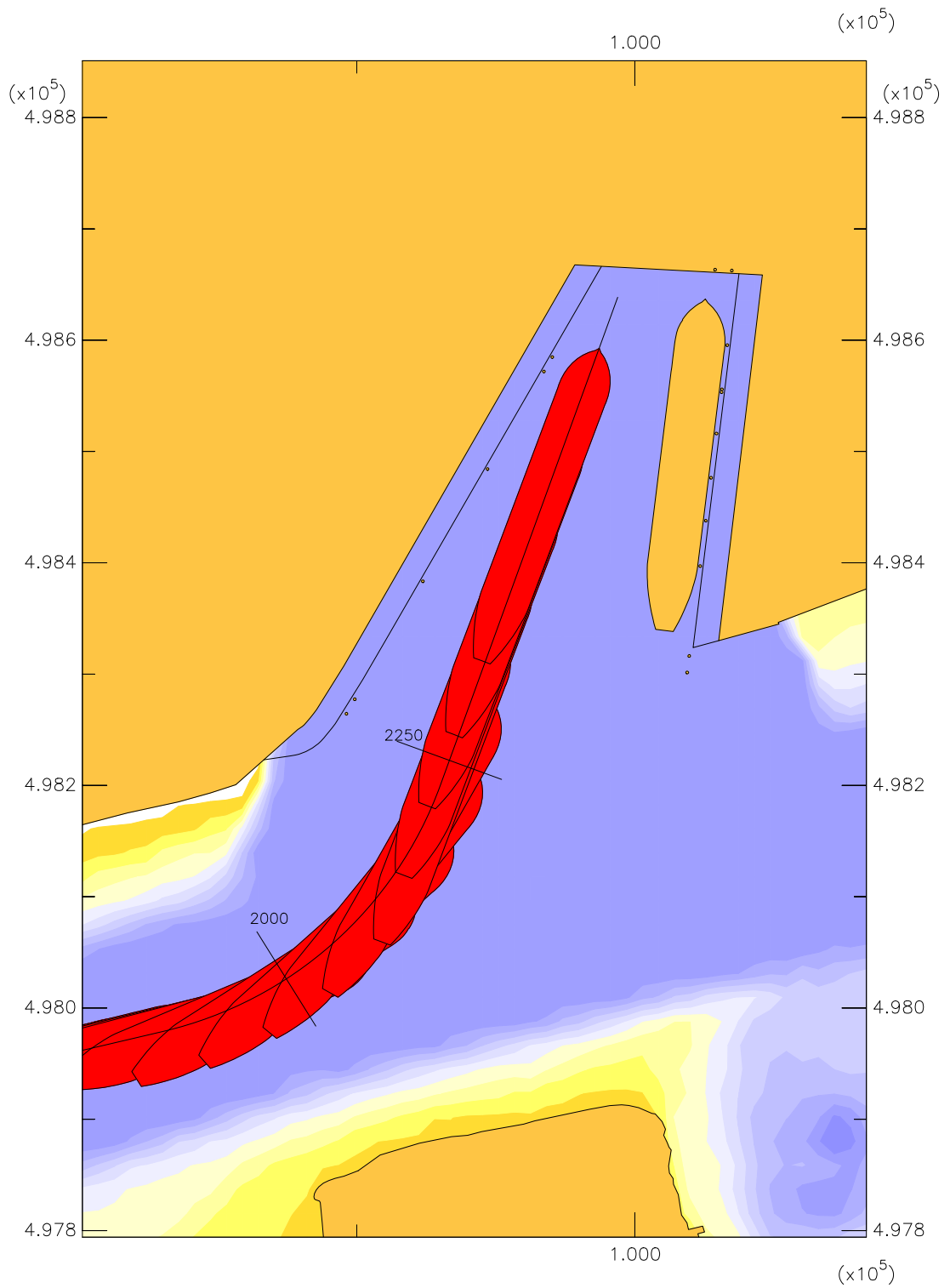
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 5

Fig. 5a



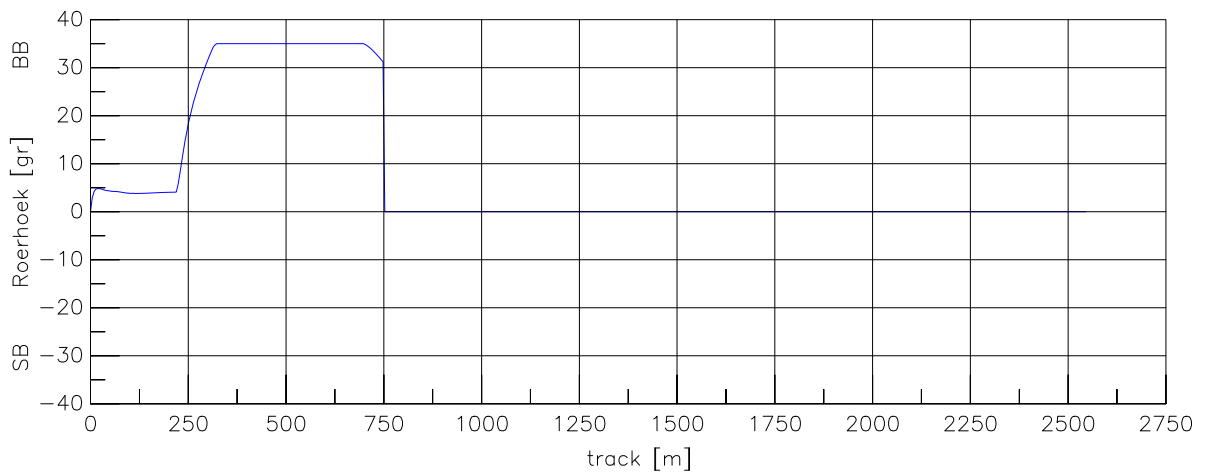
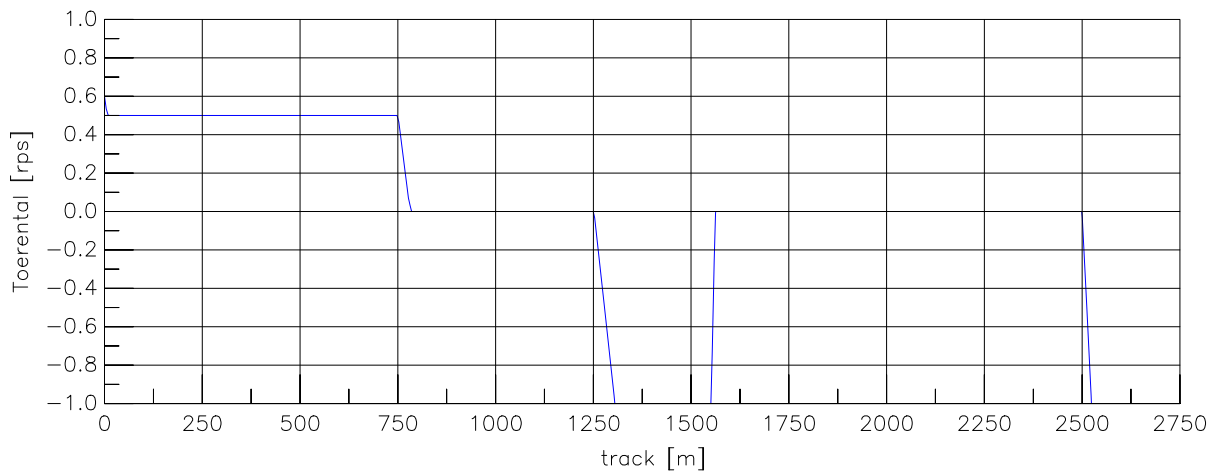
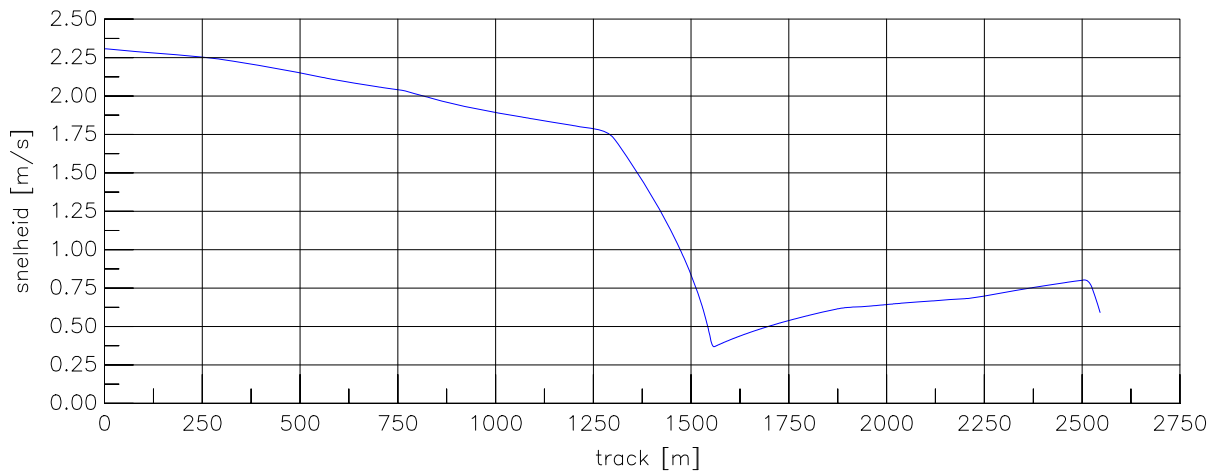
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 5

Fig. 5b



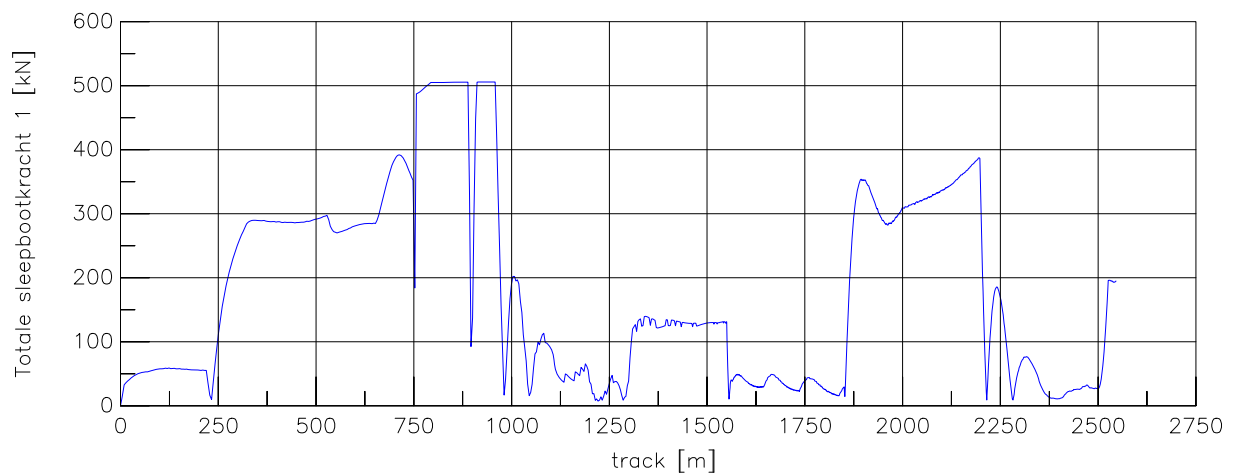
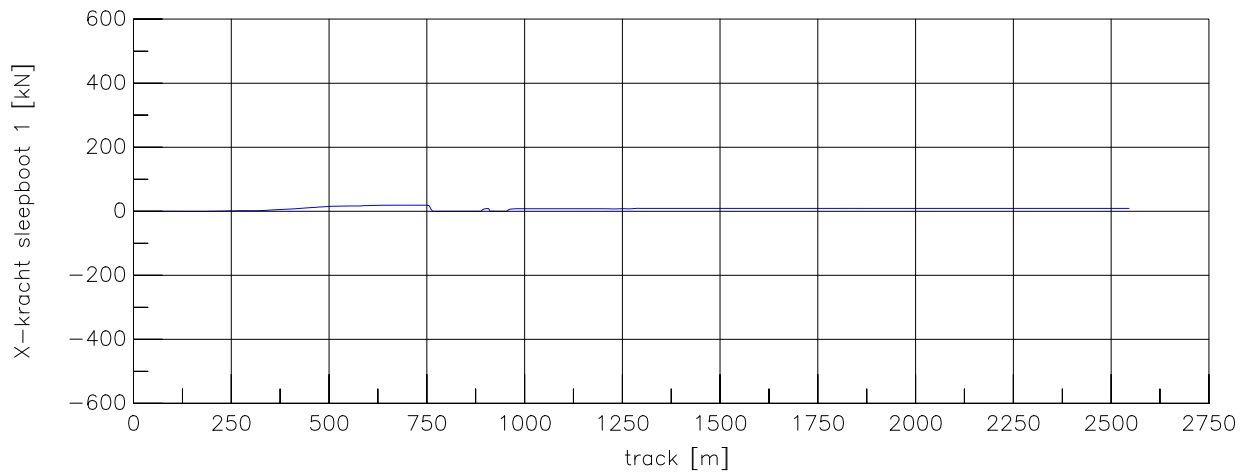
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 5

Fig. 5c



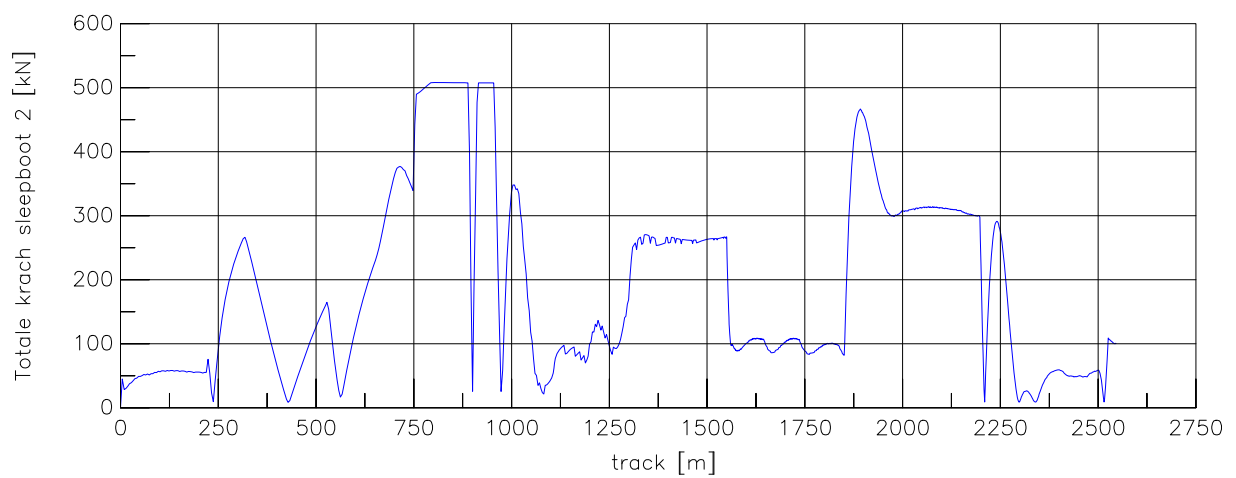
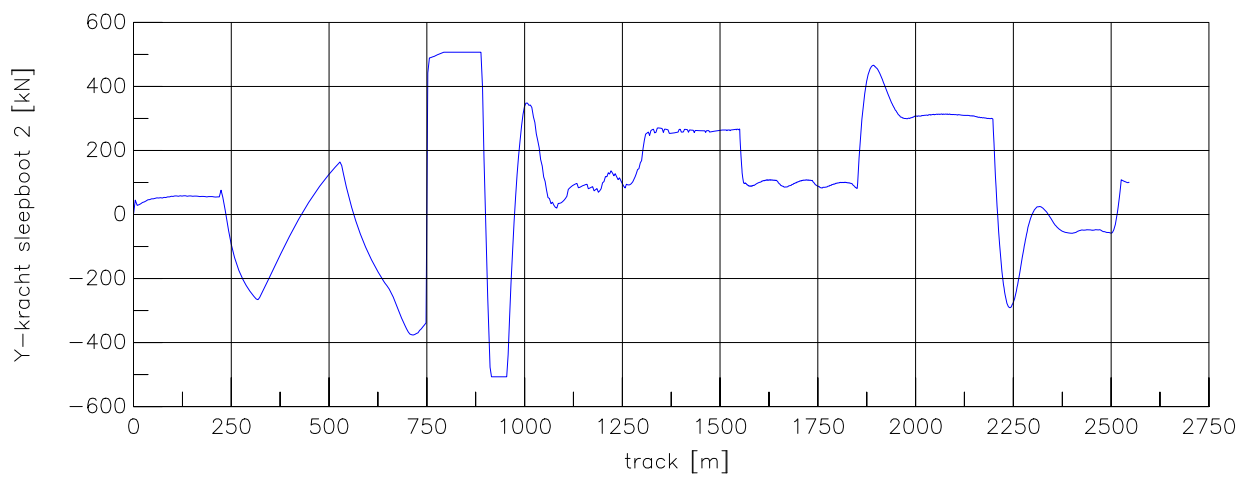
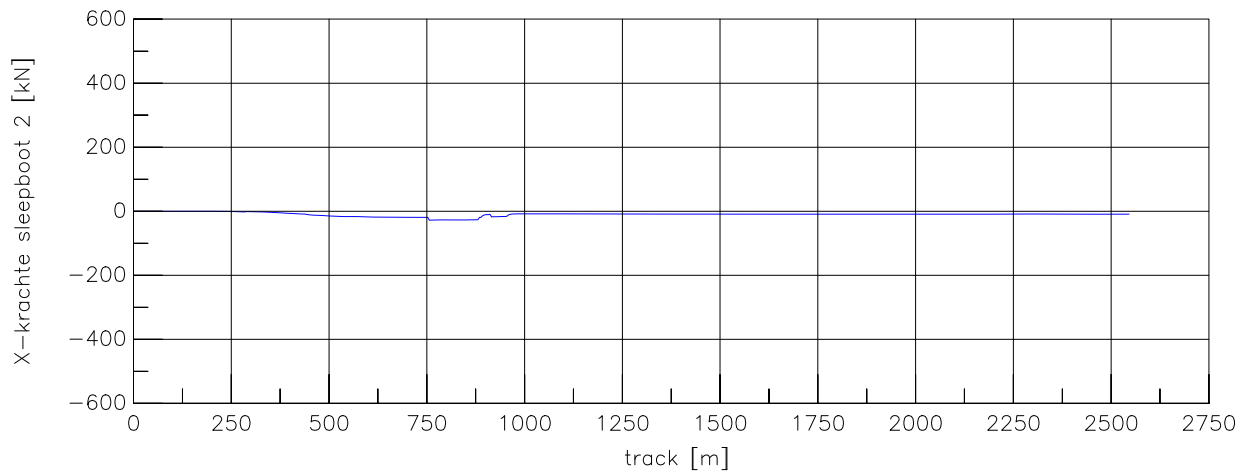
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 5

Fig. 5d



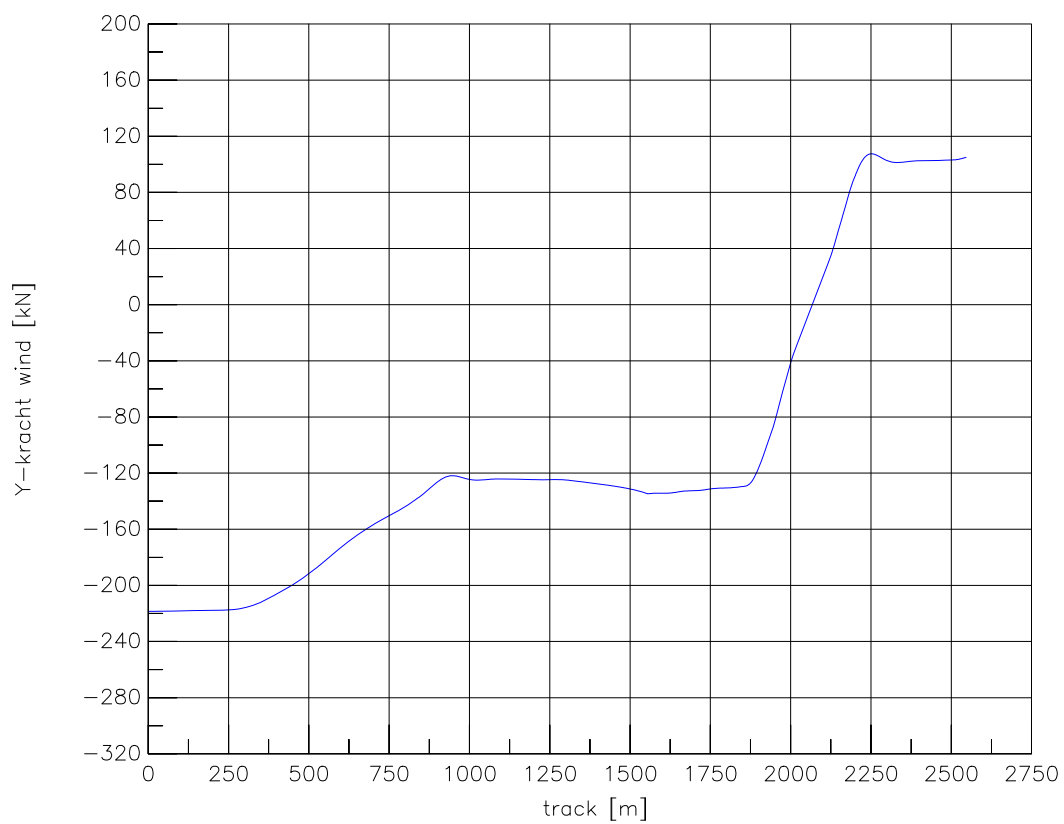
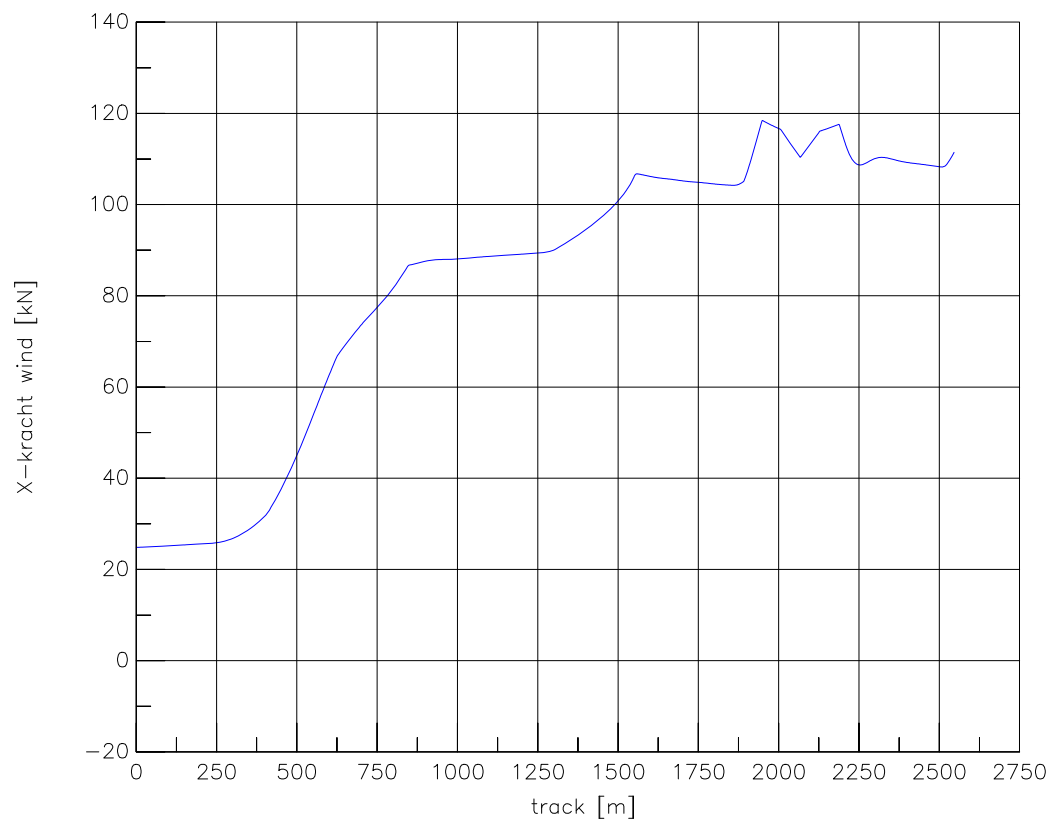
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 5

Fig. 5e



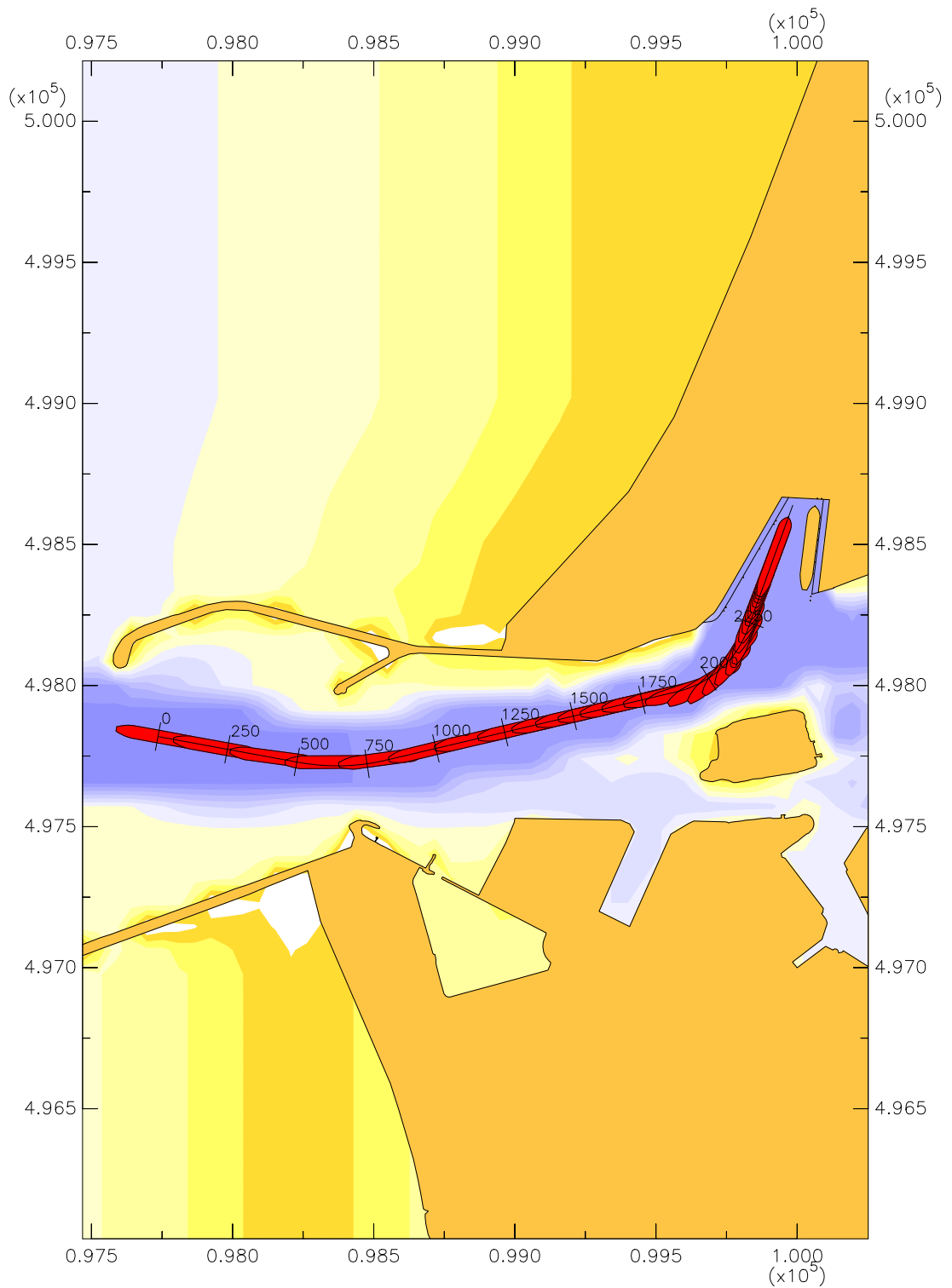
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 5

Fig. 5f



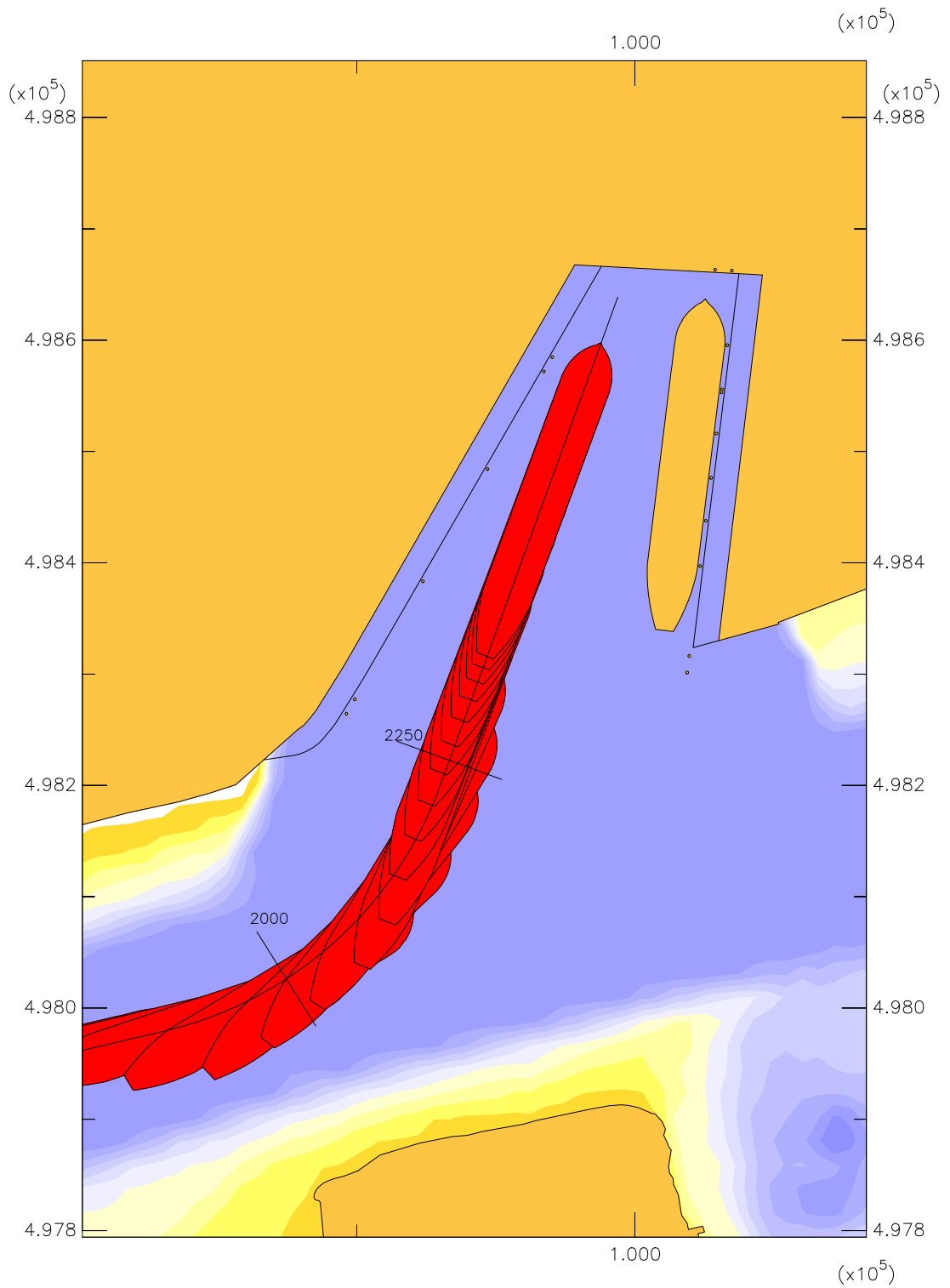
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 6

Fig. 6a



Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebit 260 m<sup>3</sup>, NAP

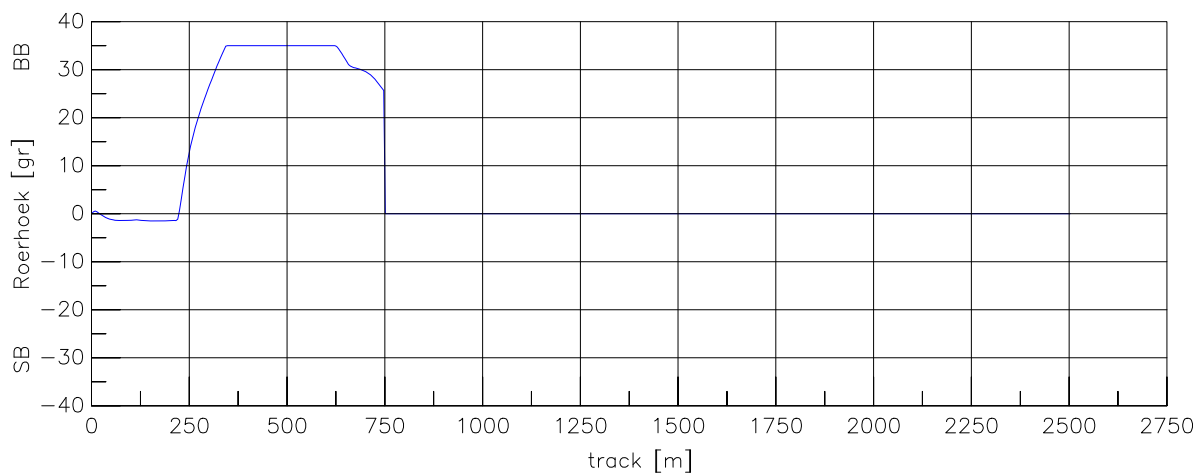
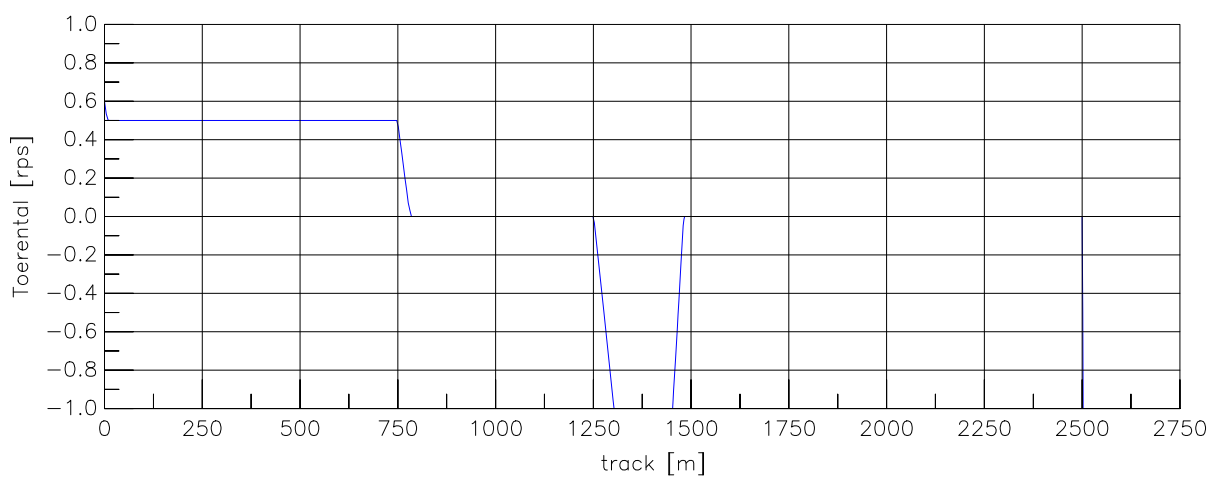
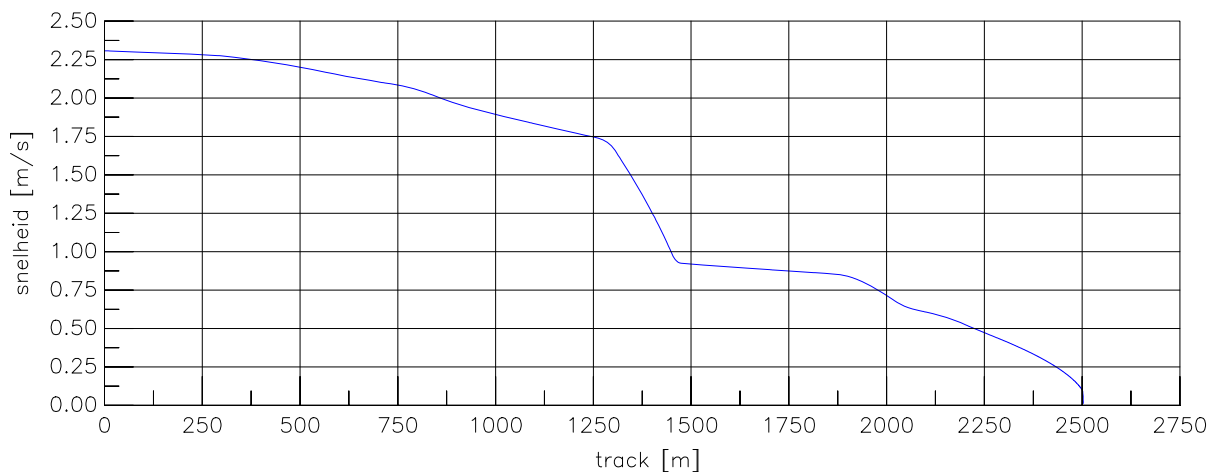
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 6

Fig. 6b





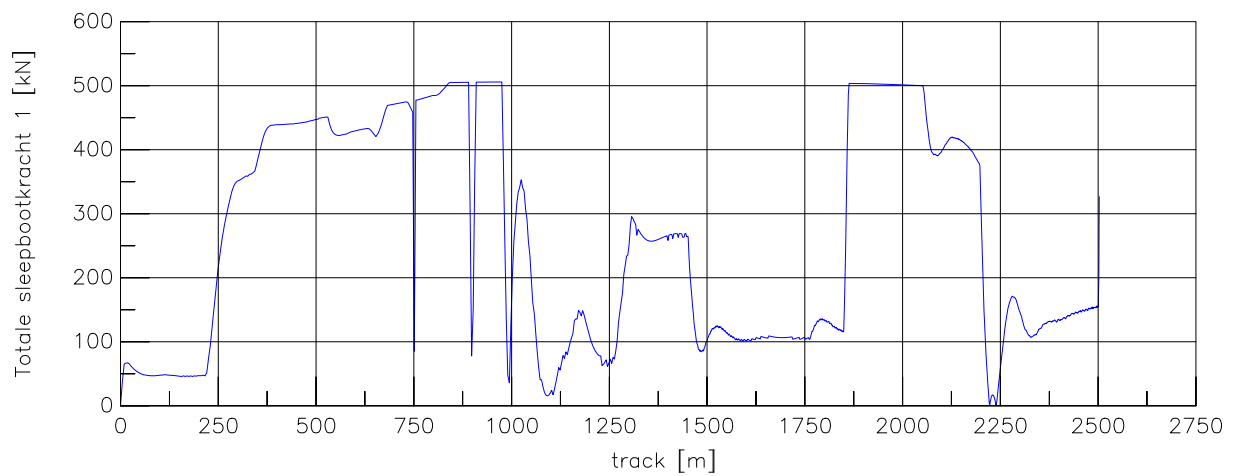
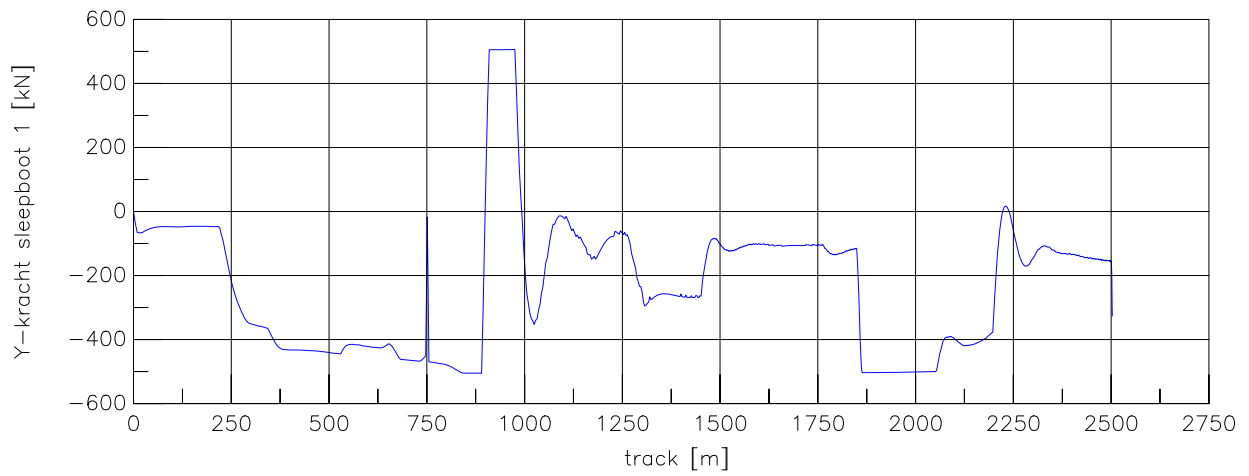
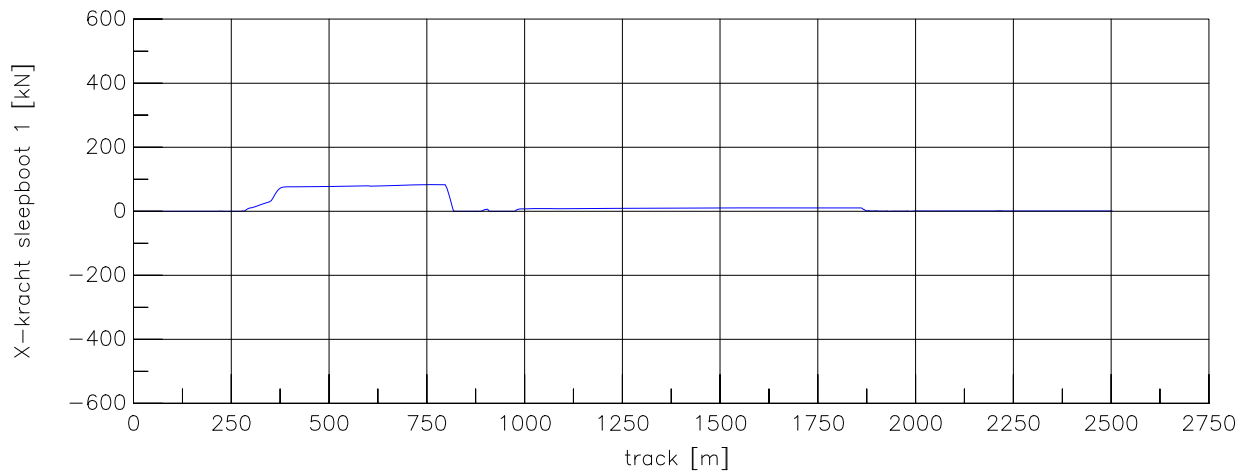
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 6

Fig. 6c



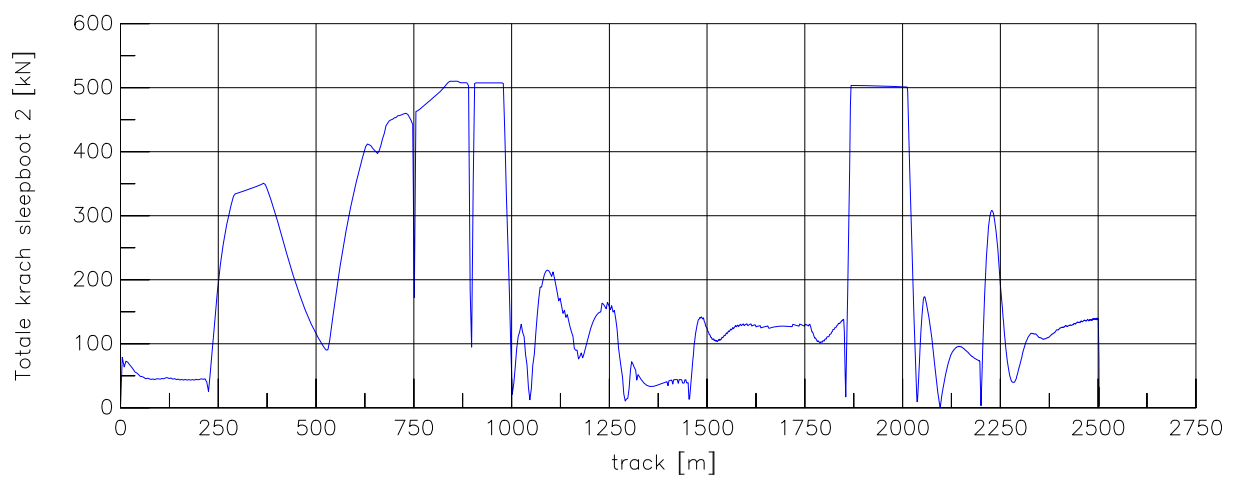
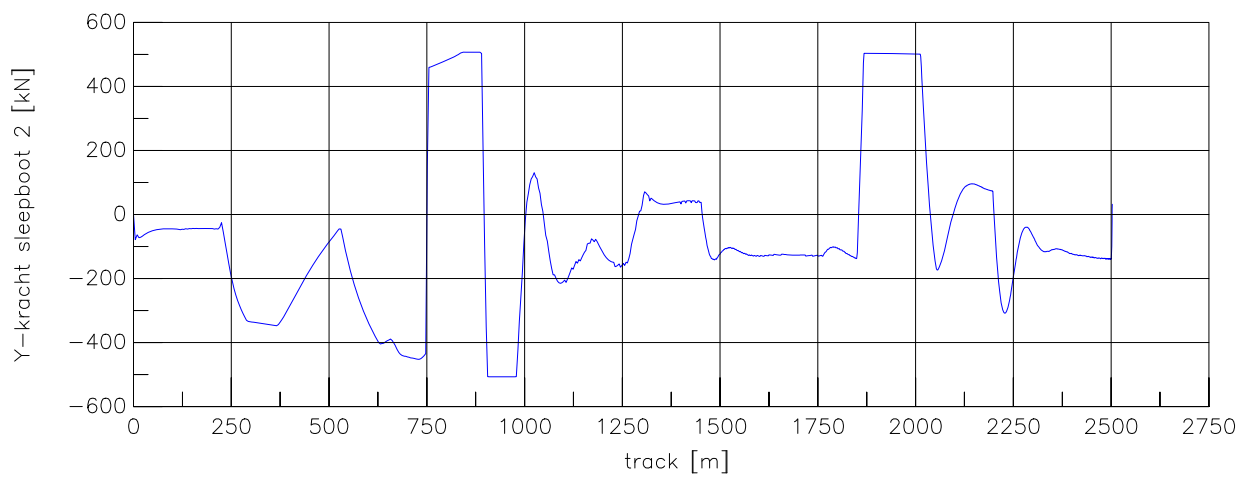
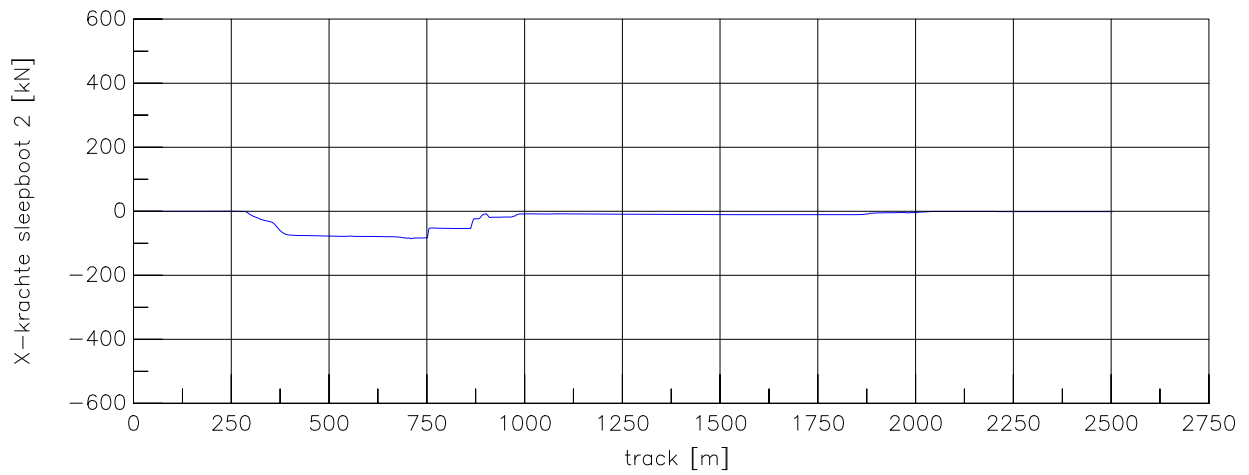
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 6

Fig. 6d



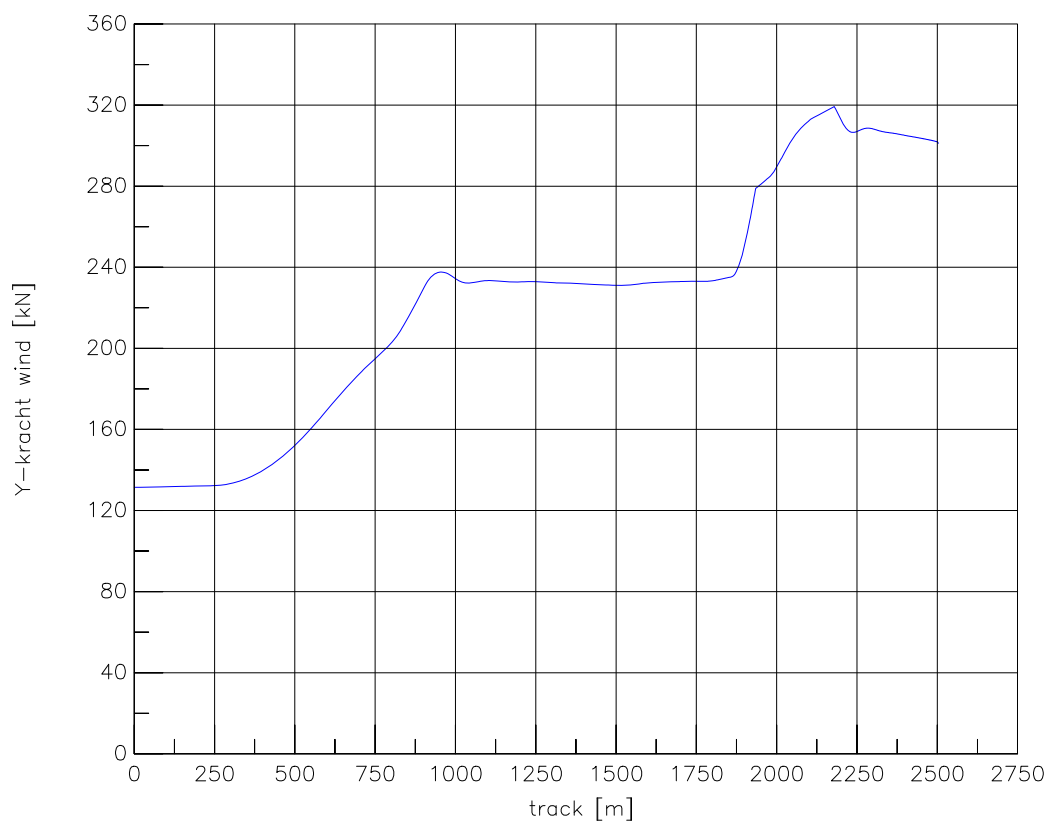
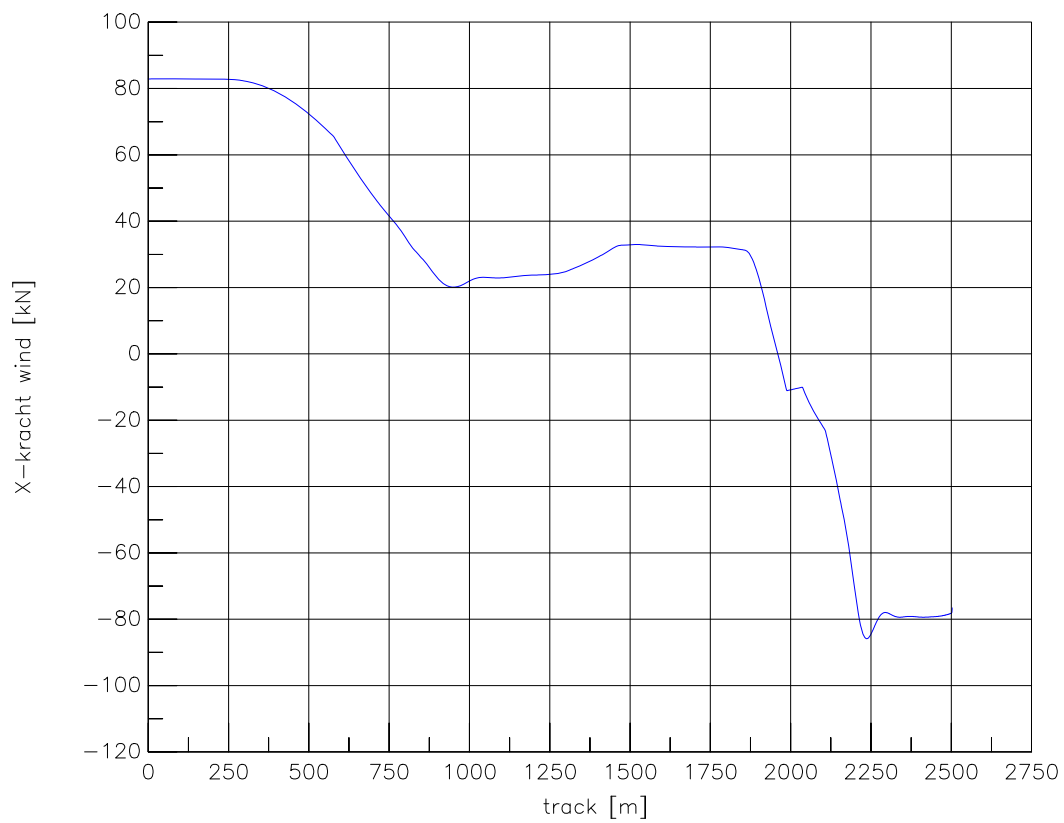
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 6

Fig. 6e



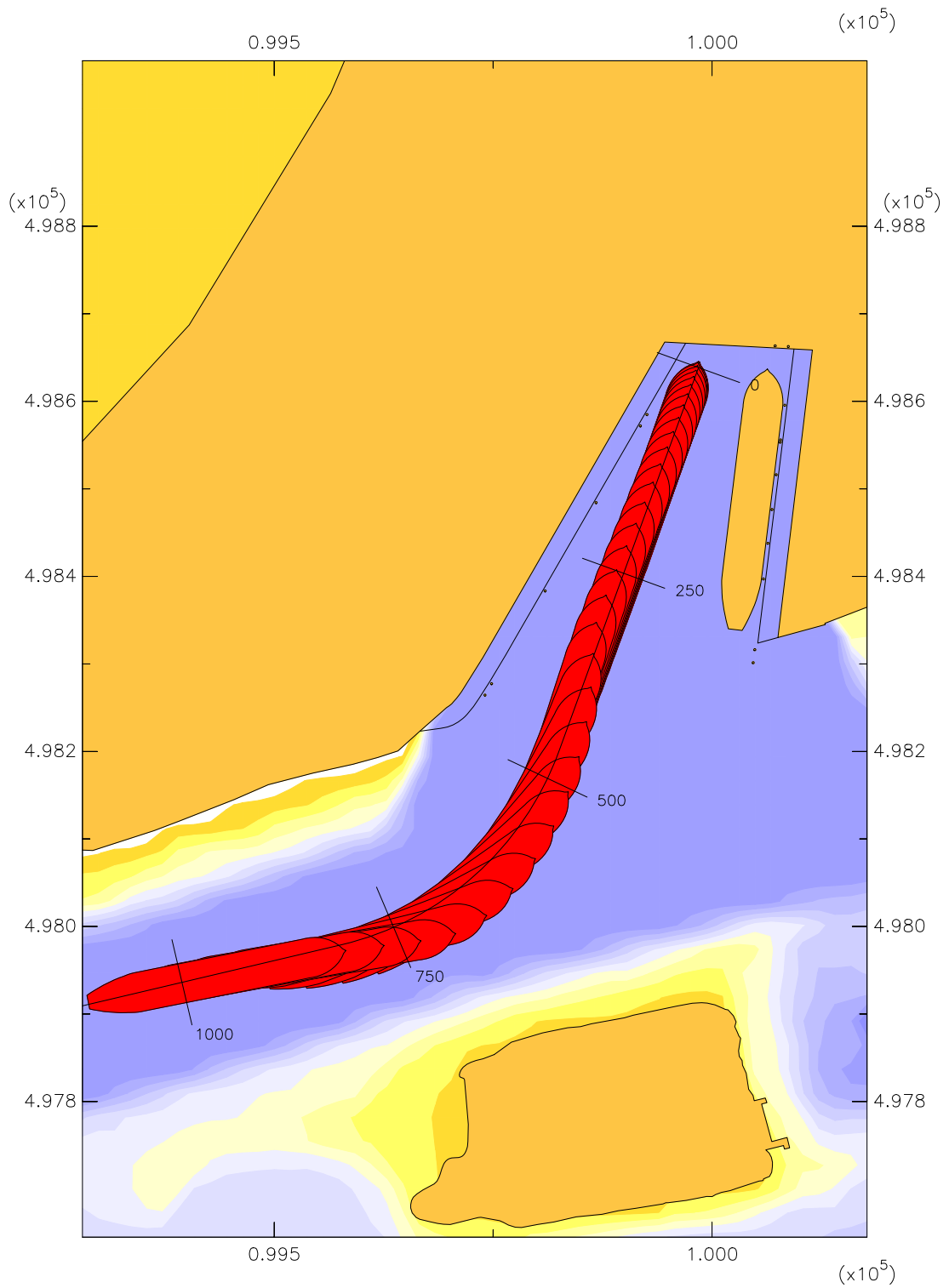
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 6

Fig. 6f

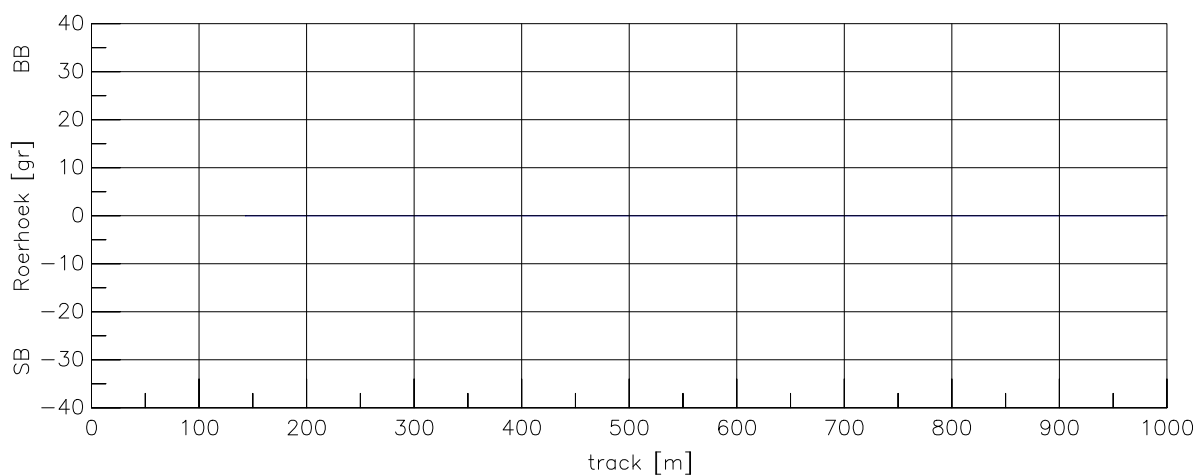
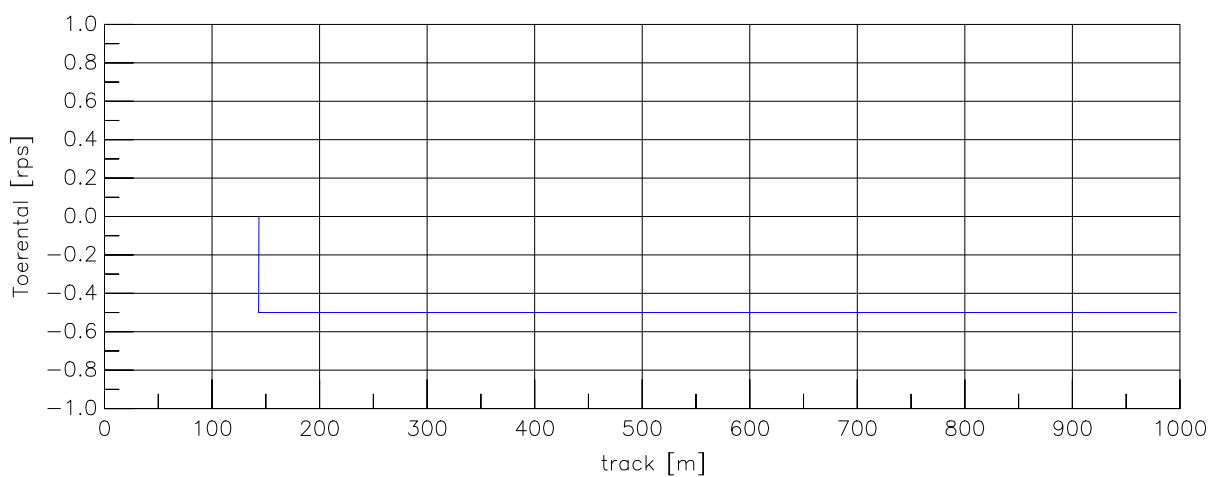
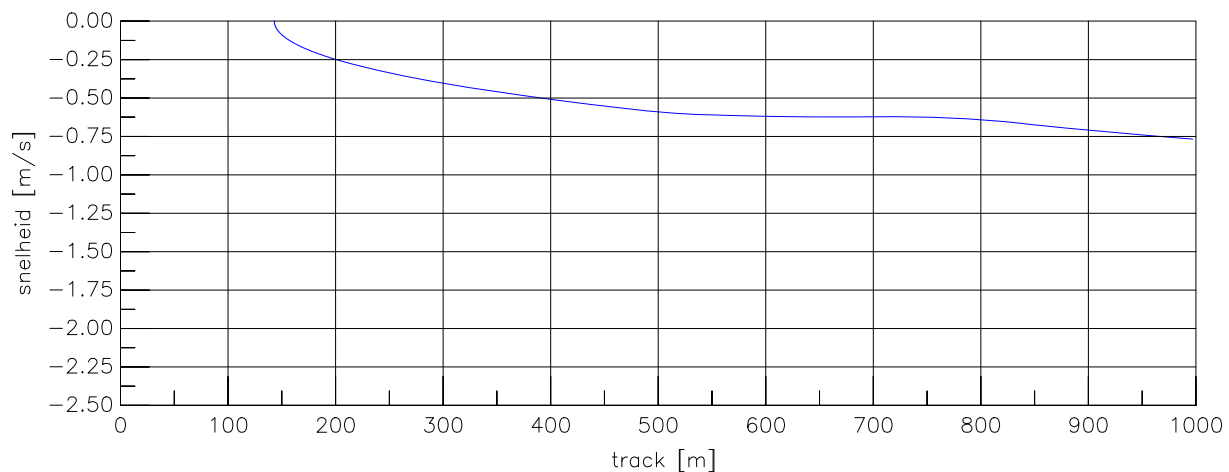


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 7-1 Fig. 7-1a



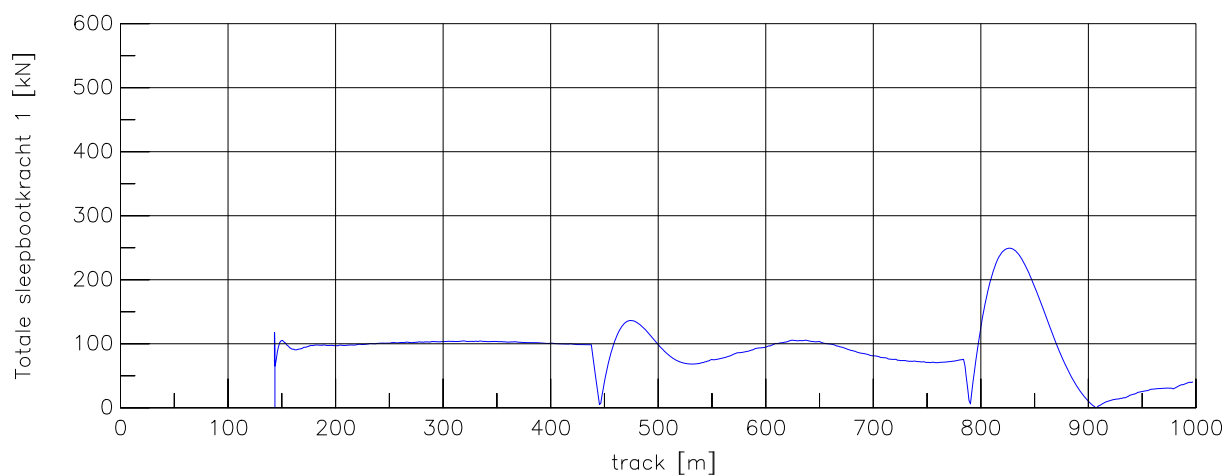
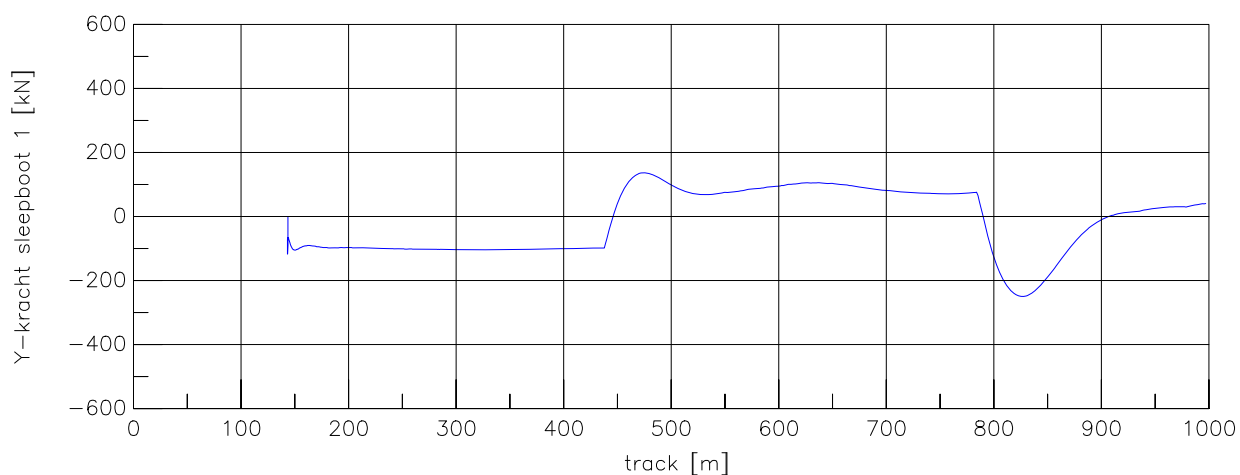
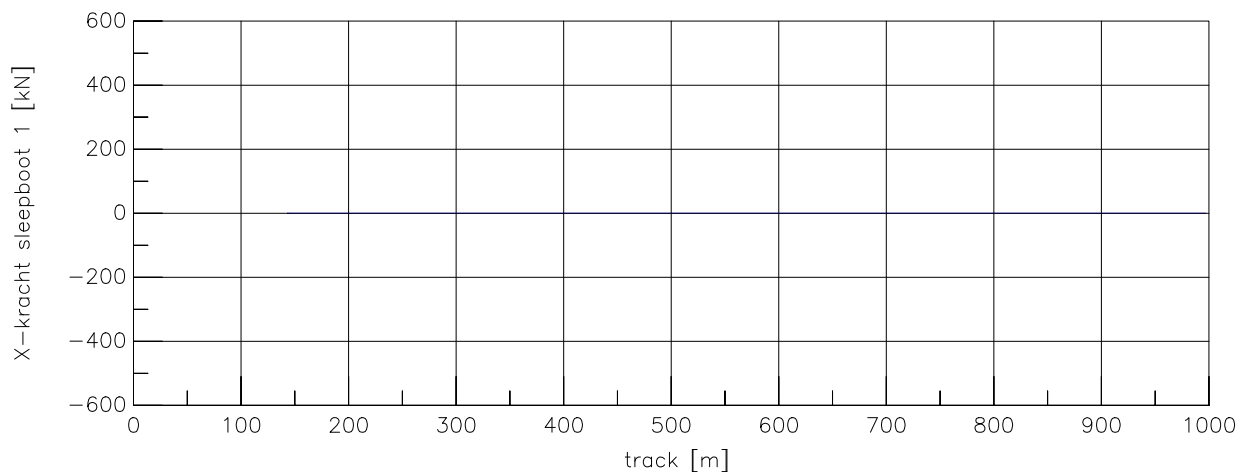
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 7-1

Fig. 7-1c



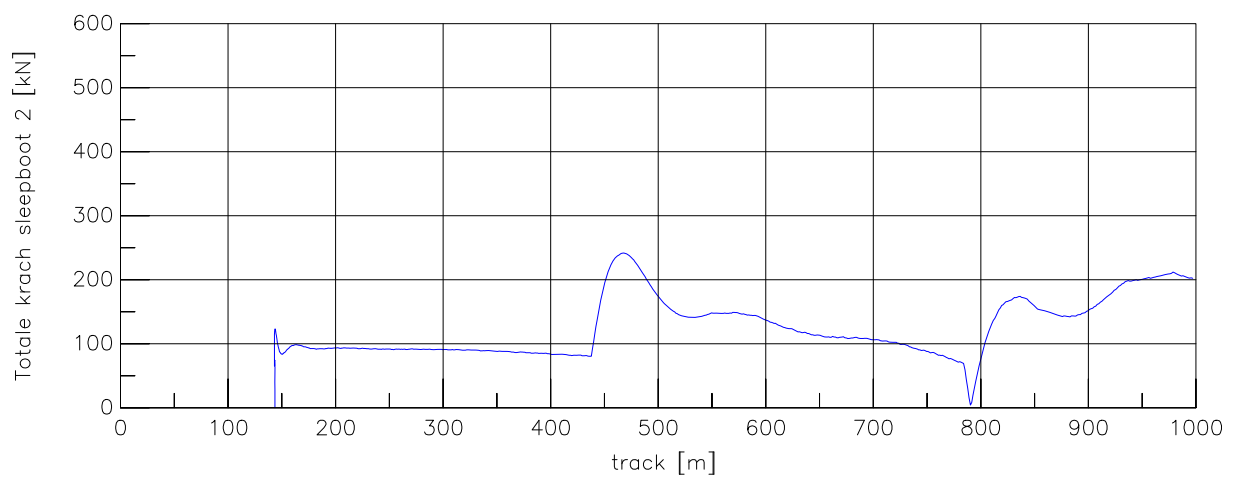
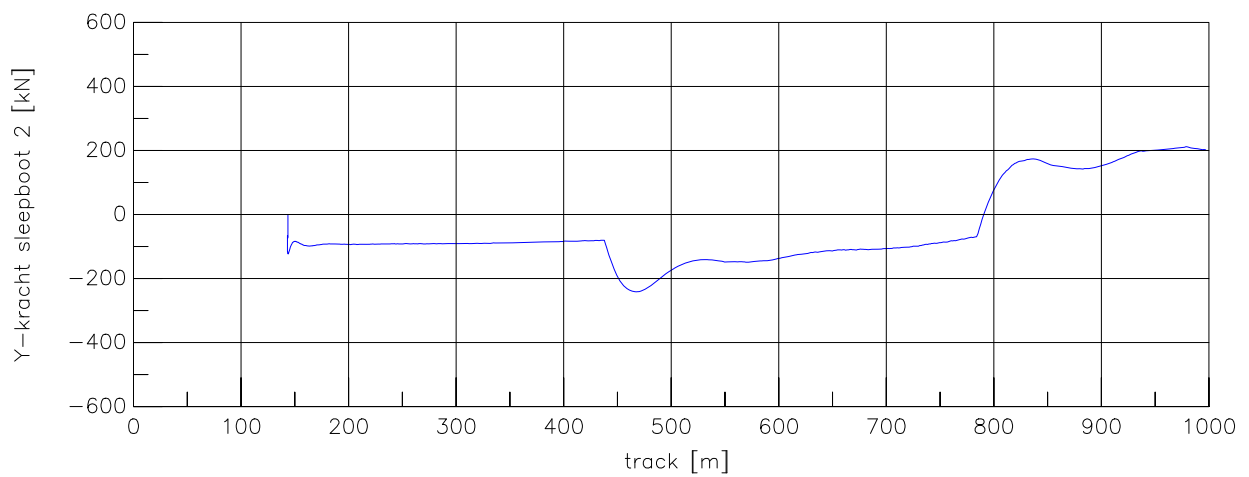
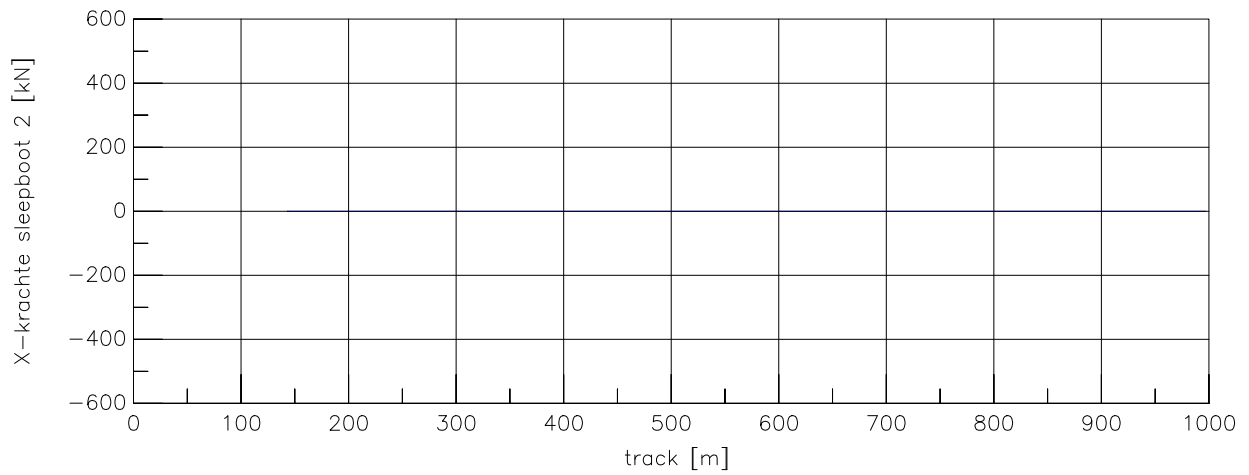
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 7-1

Fig. 7-1d



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

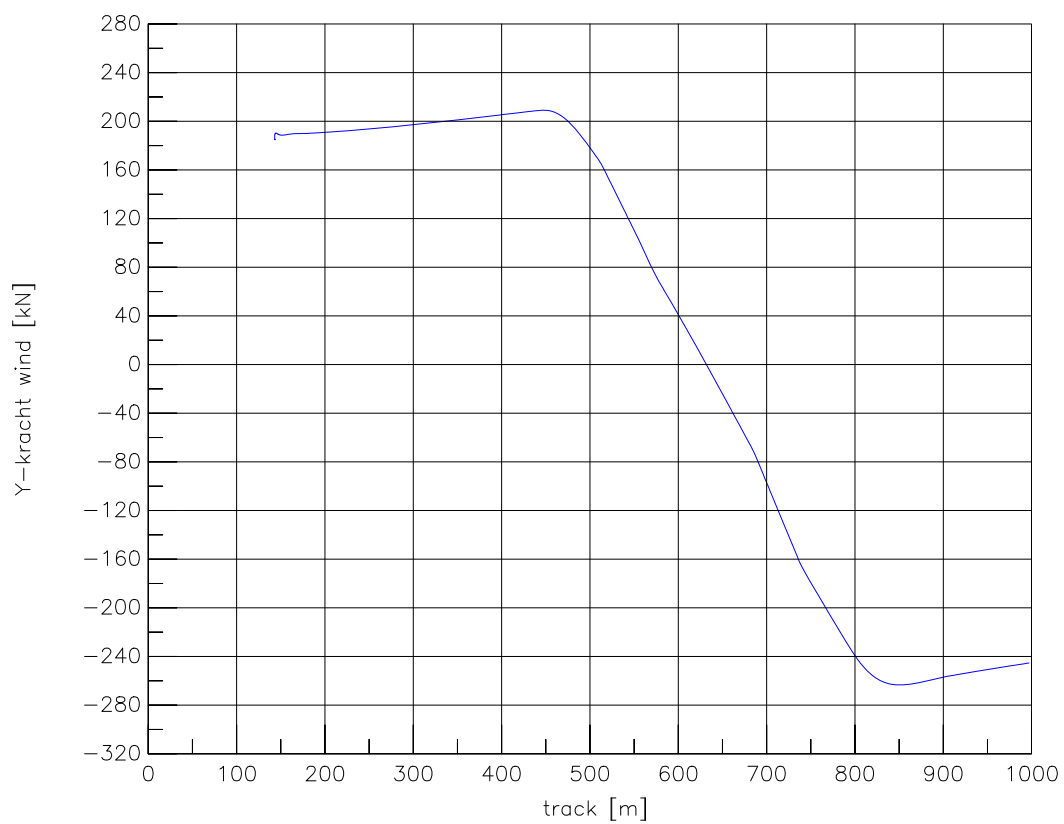
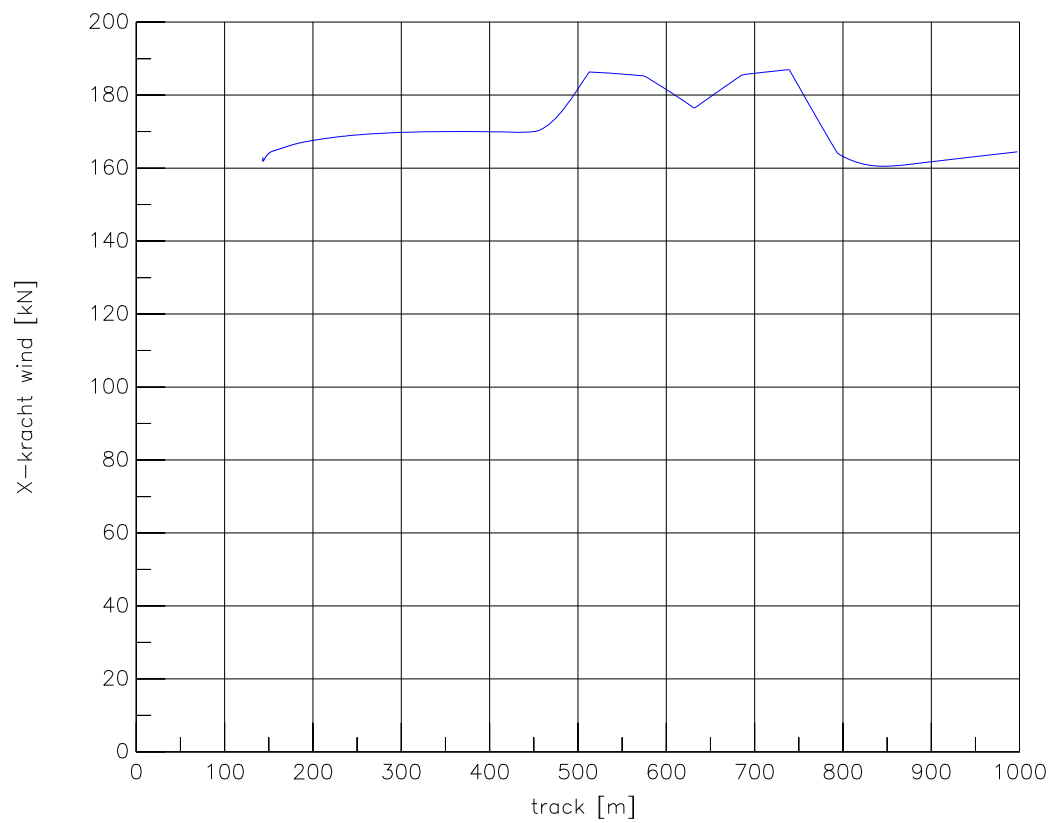
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 7-1

Fig. 7-1e





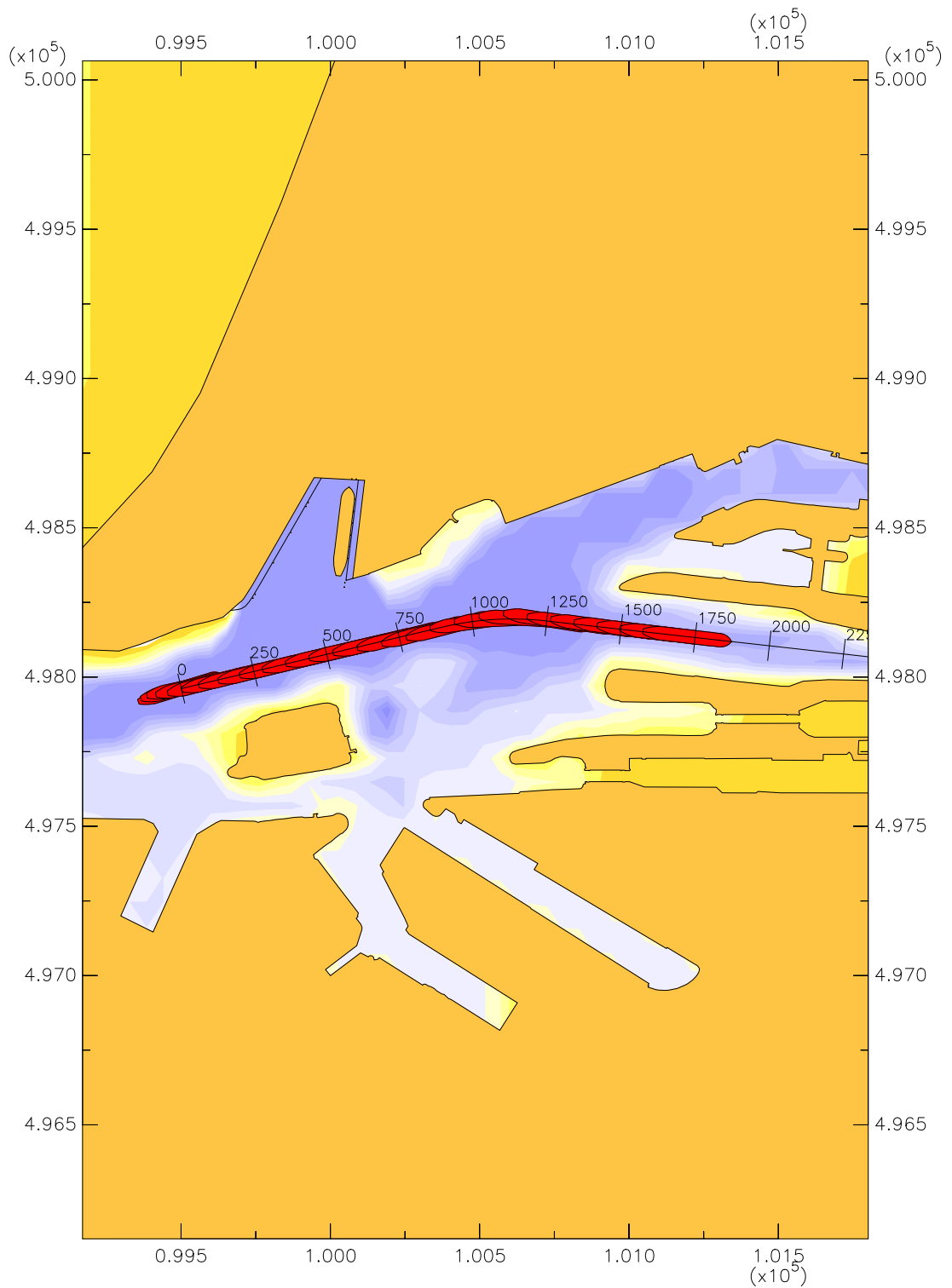
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 7-1

Fig. 7-1f

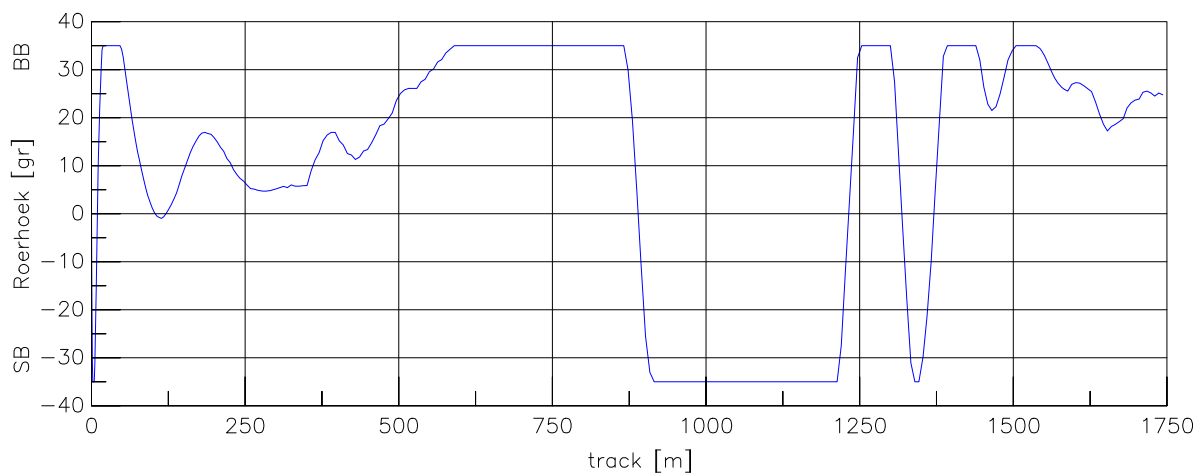
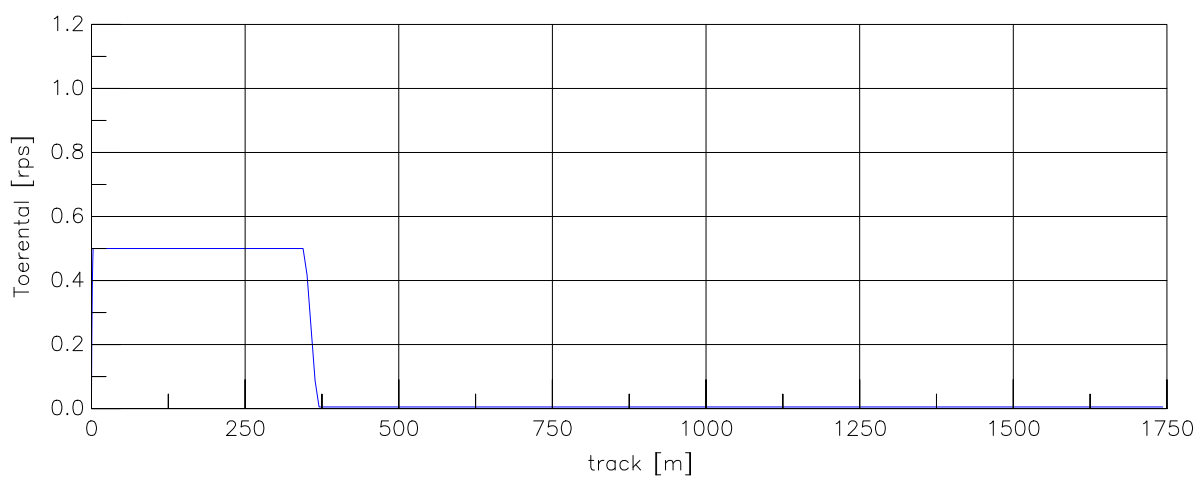
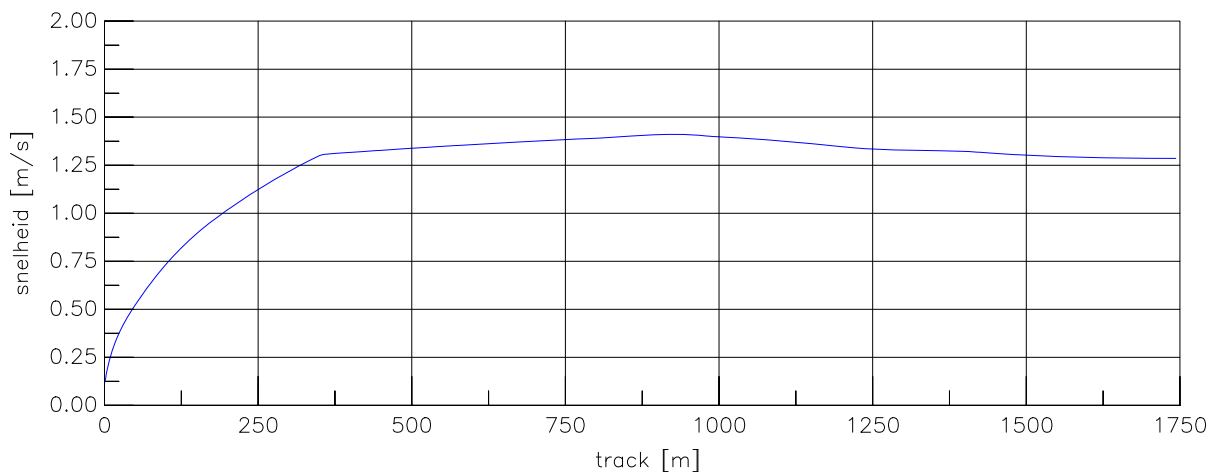


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 7-2 Fig. 7-2a



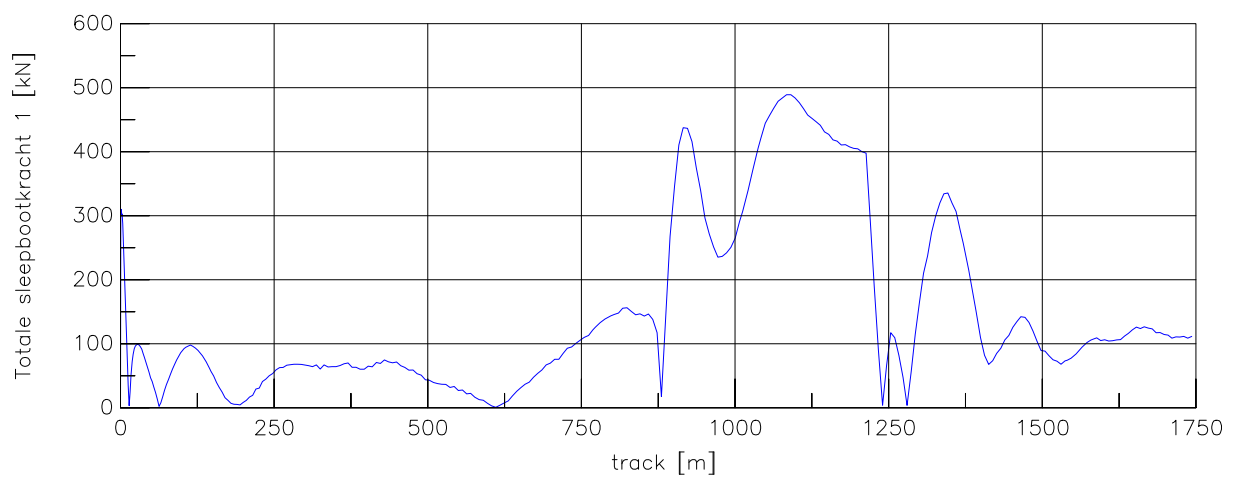
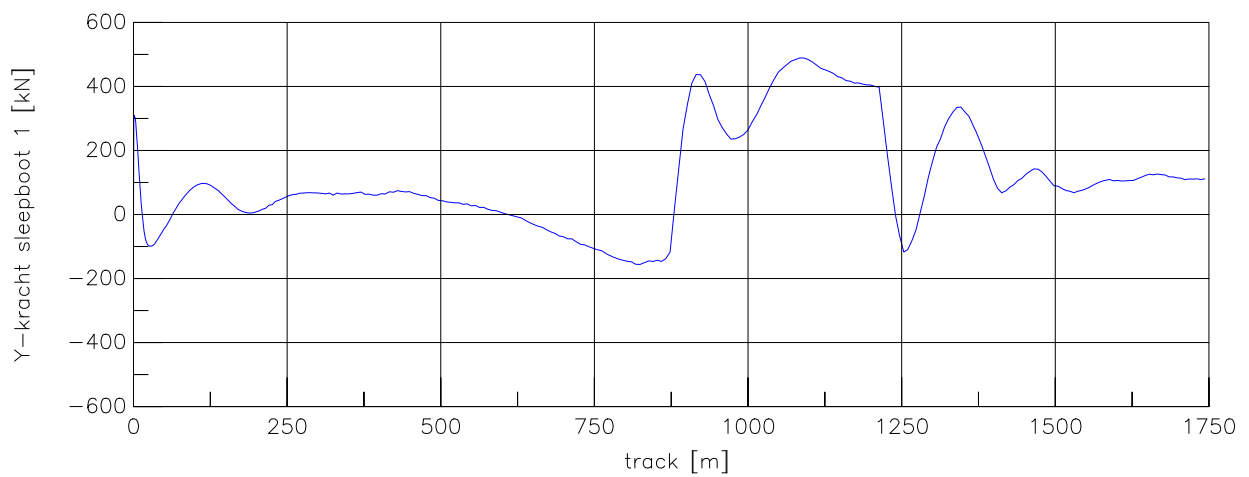
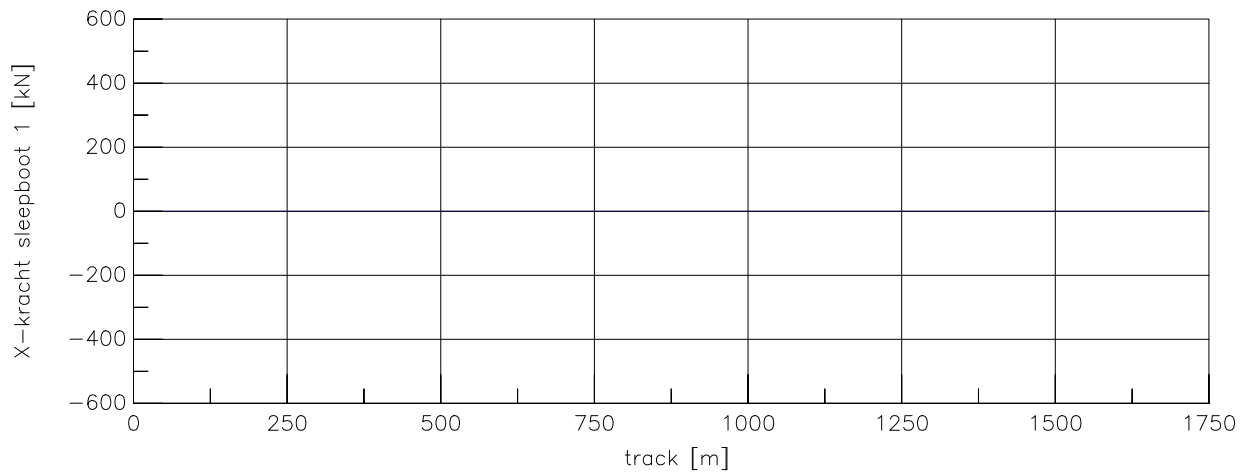
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 7-2

Fig. 7-2c



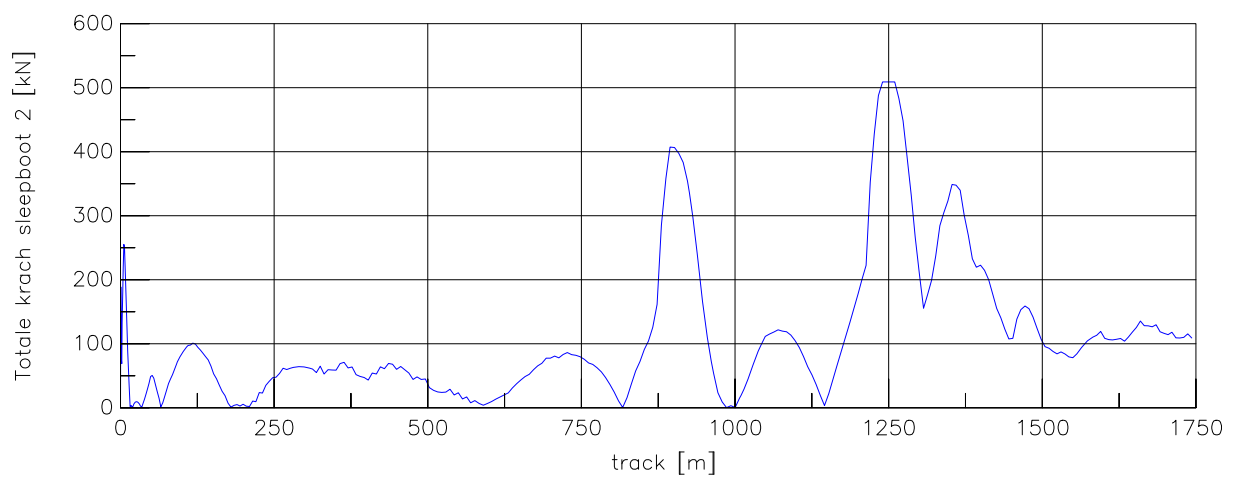
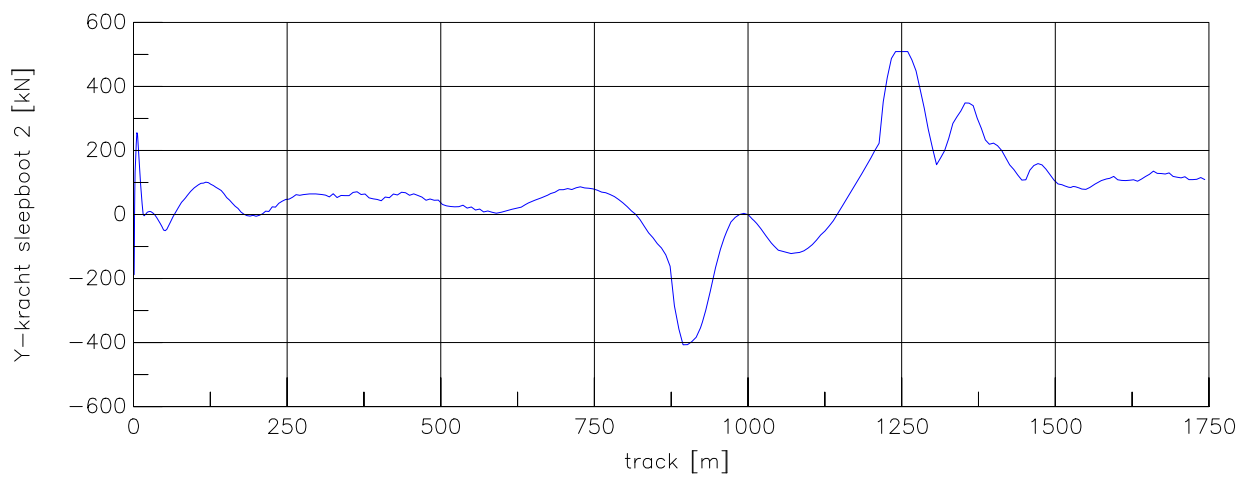
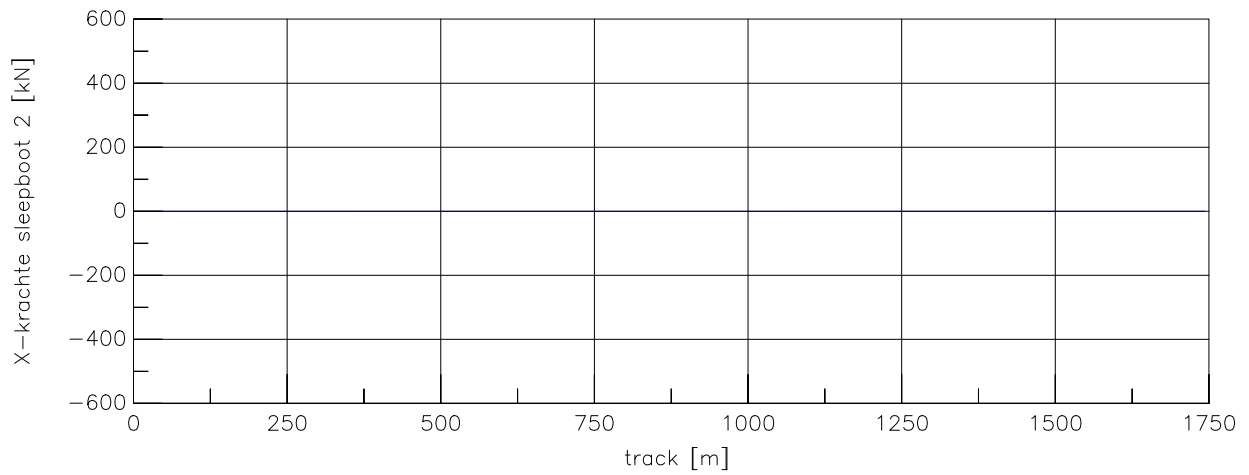
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 7-2

Fig. 7-2d



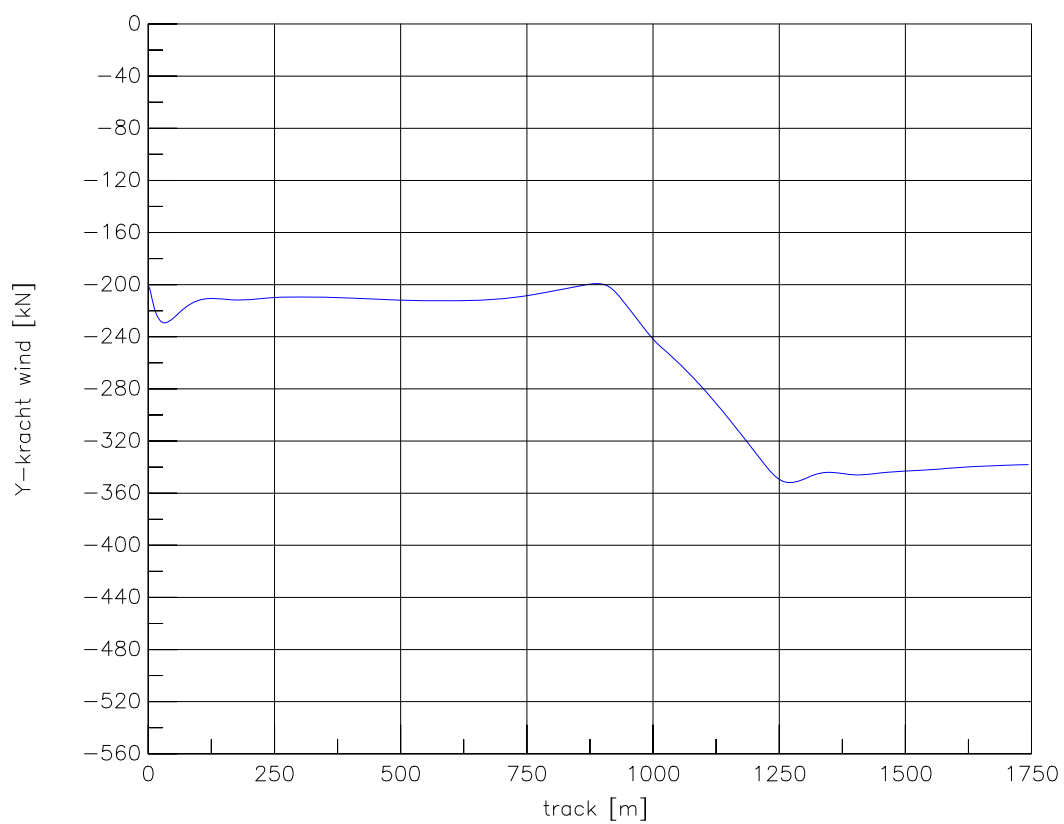
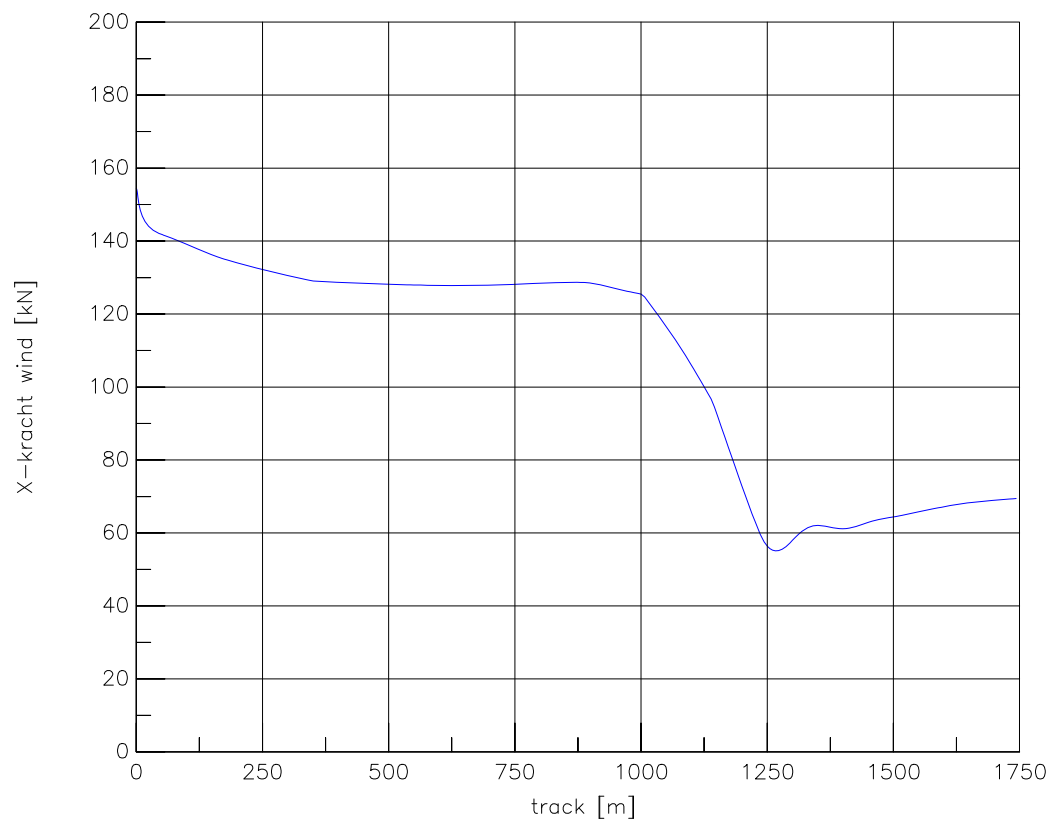
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 7-2

Fig. 7-2e



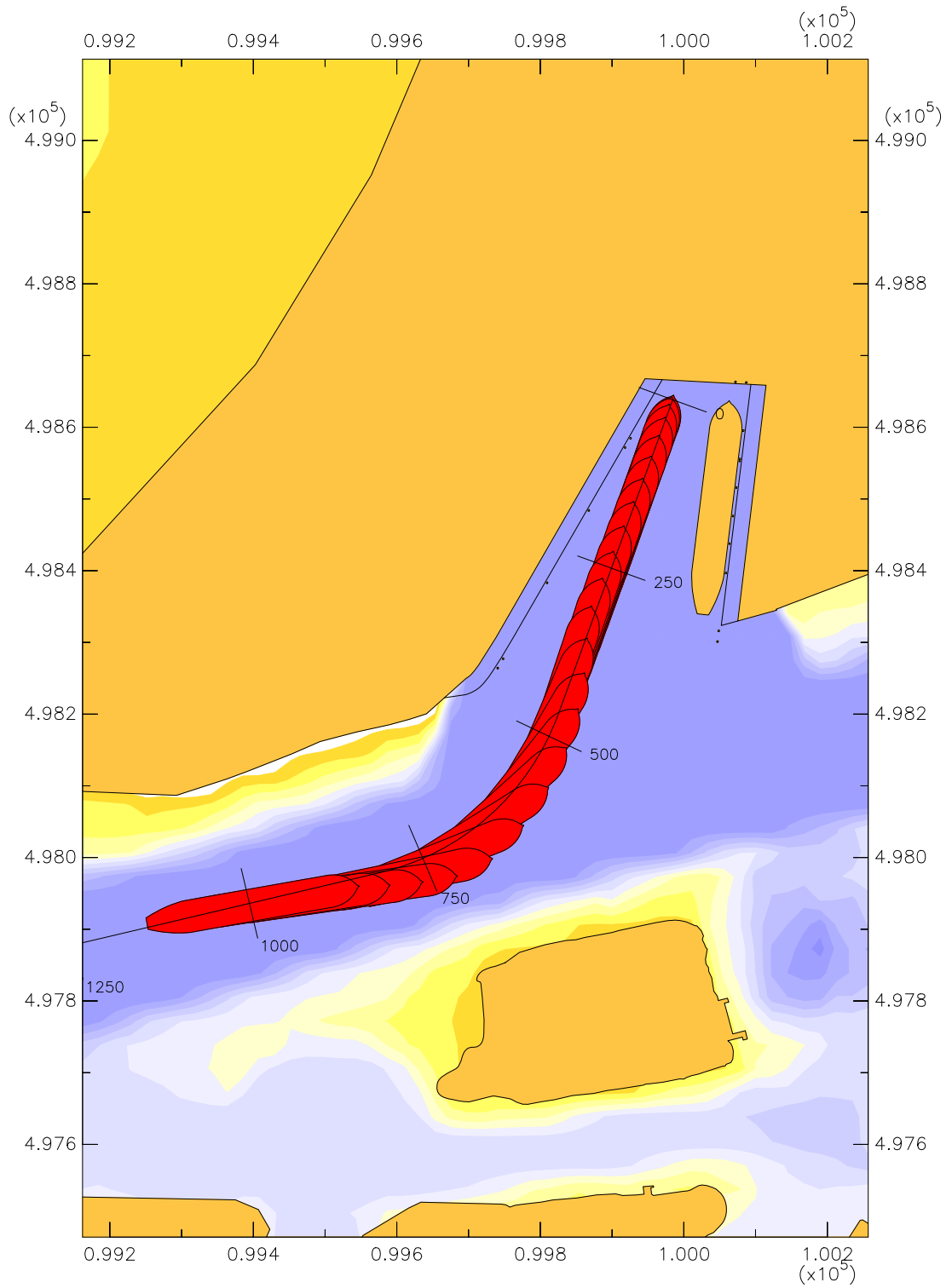
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 7-2

Fig. 7-2f

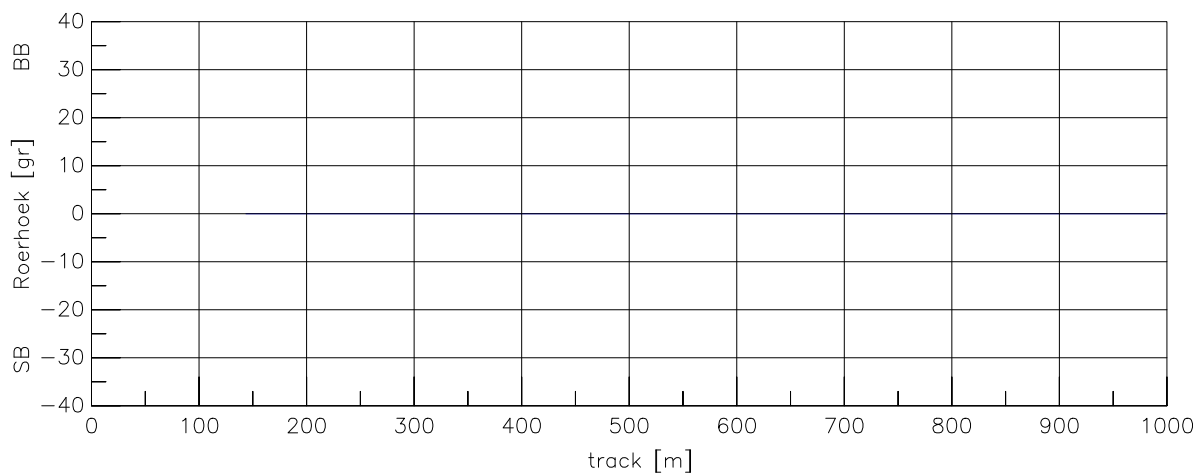
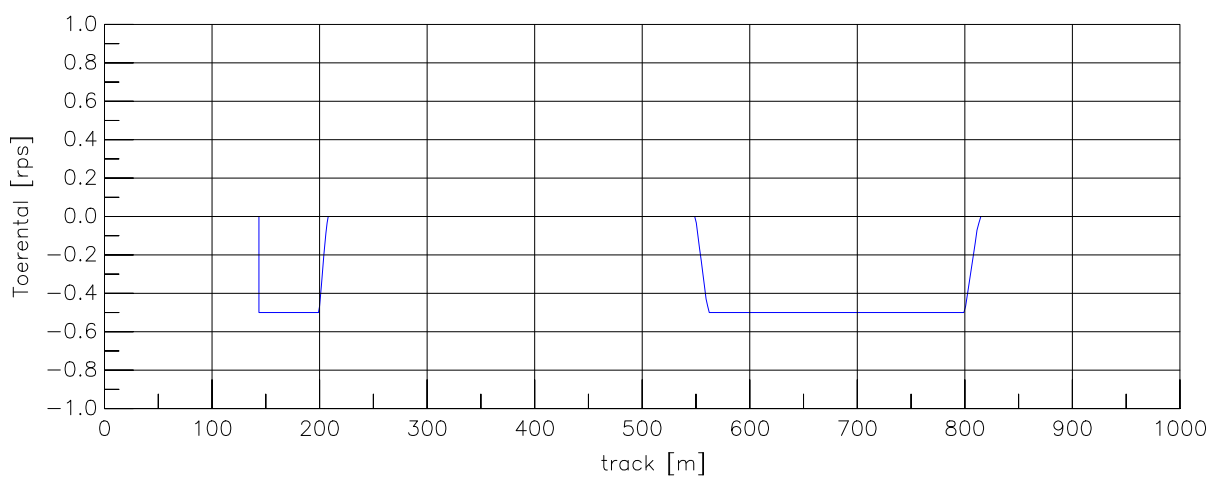
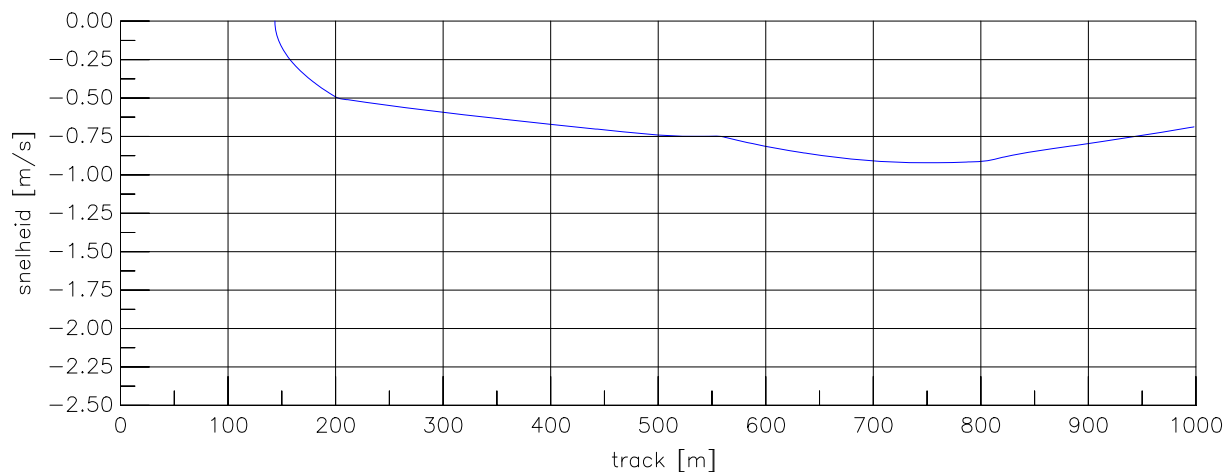


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 8-1 Fig. 8-1a



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

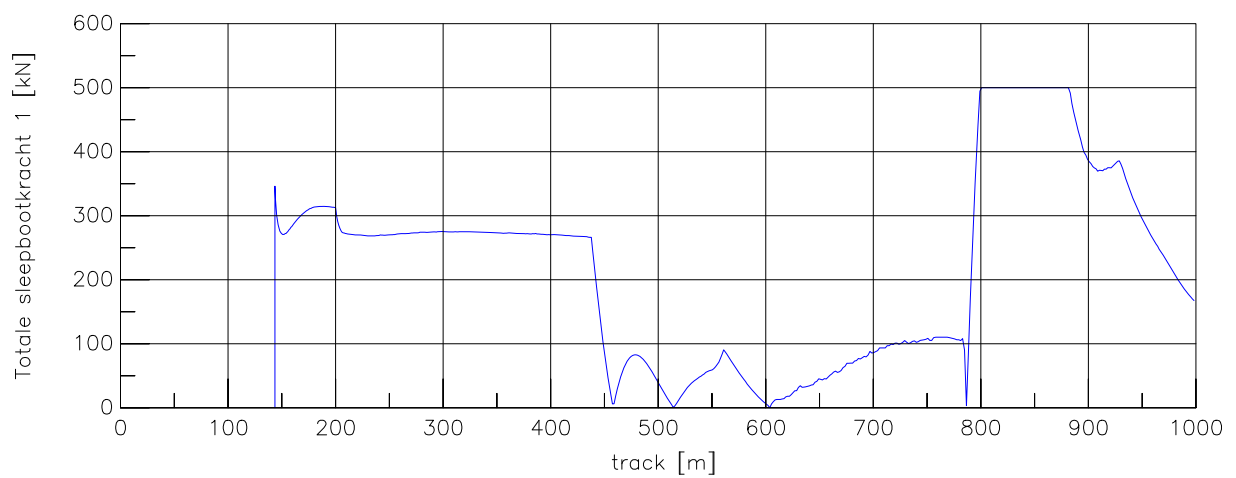
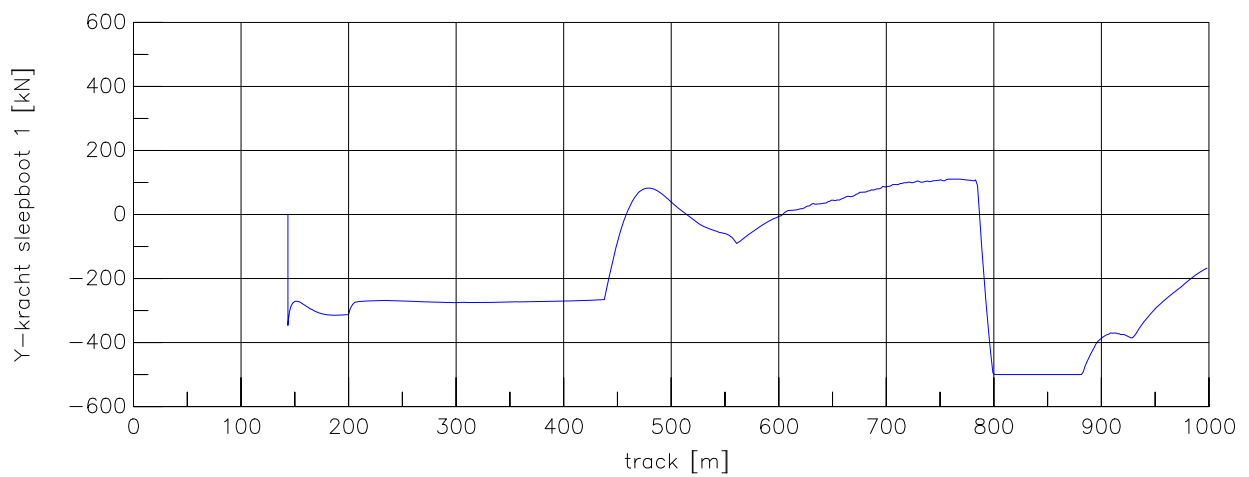
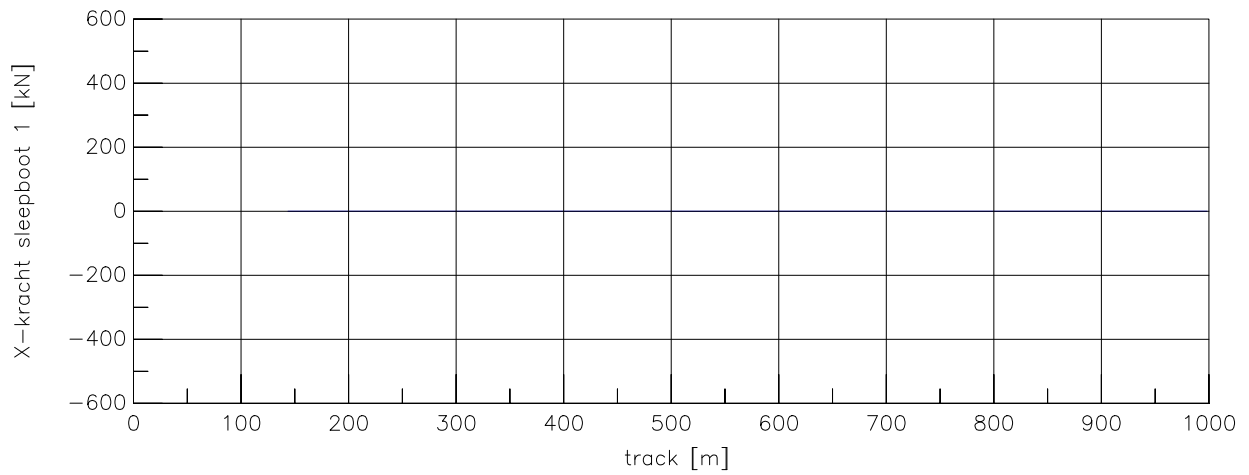
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 8-1

Fig. 8-1c





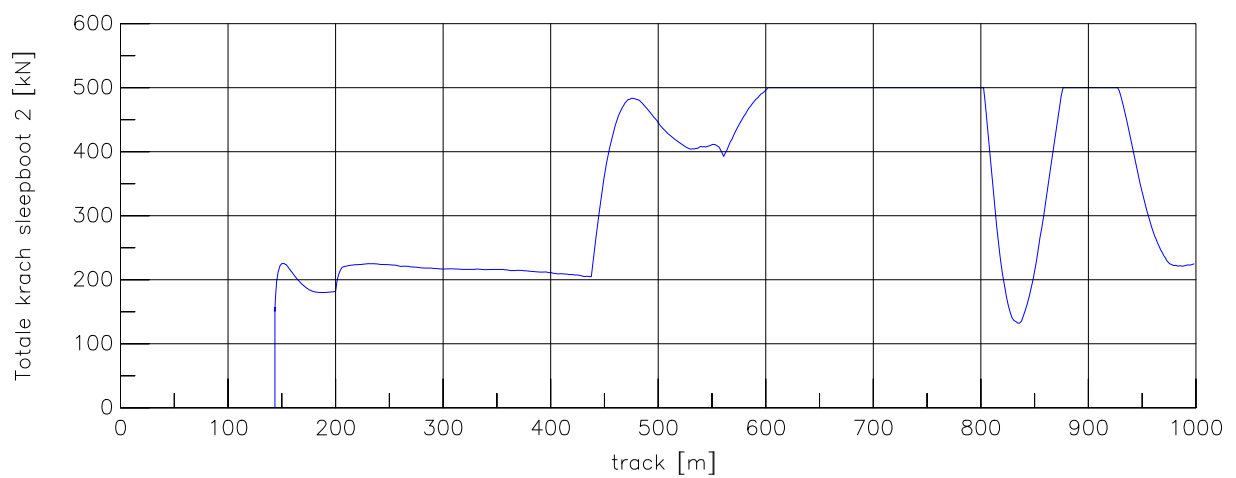
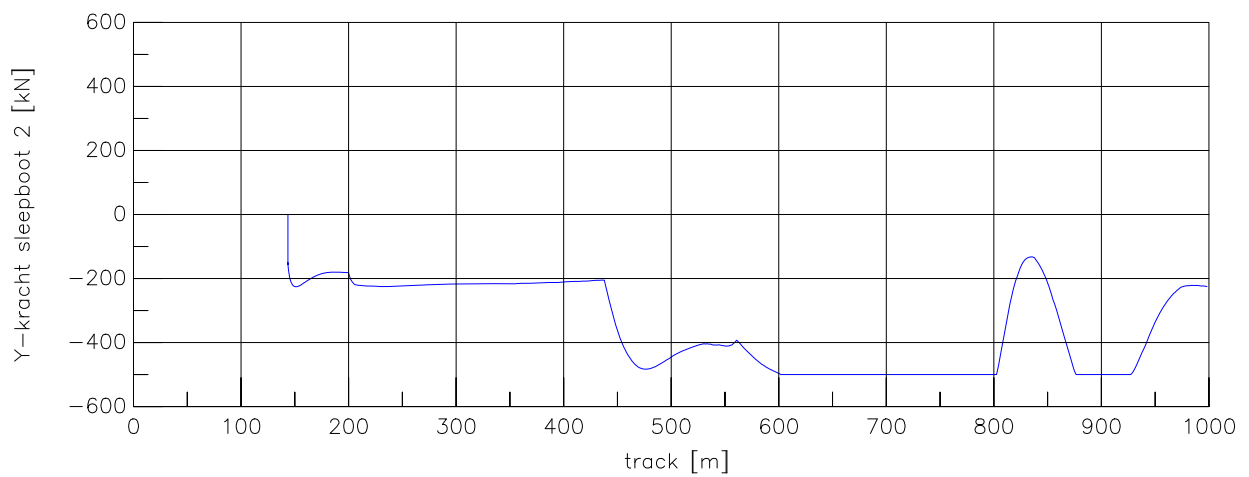
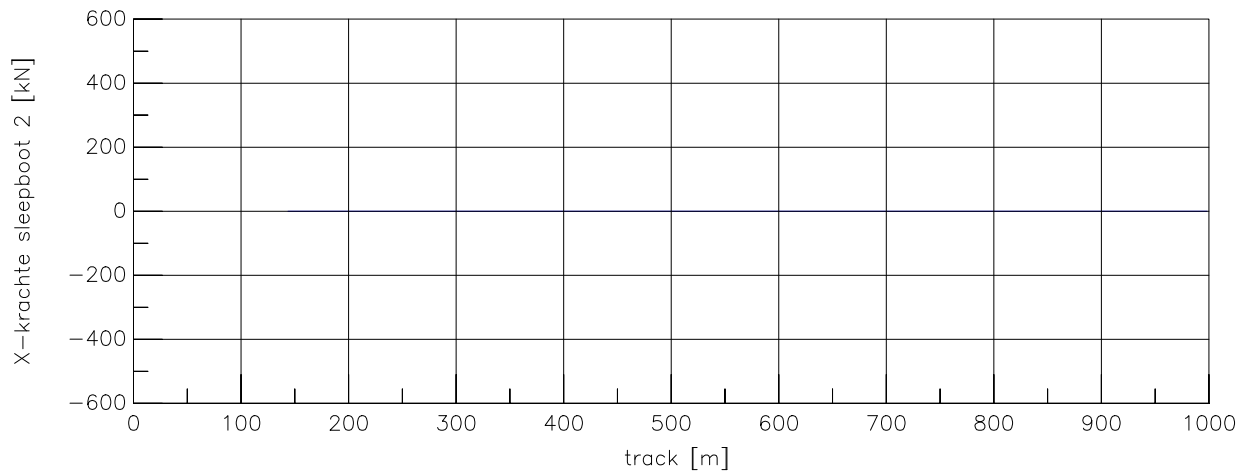
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 8-1

Fig. 8-1d



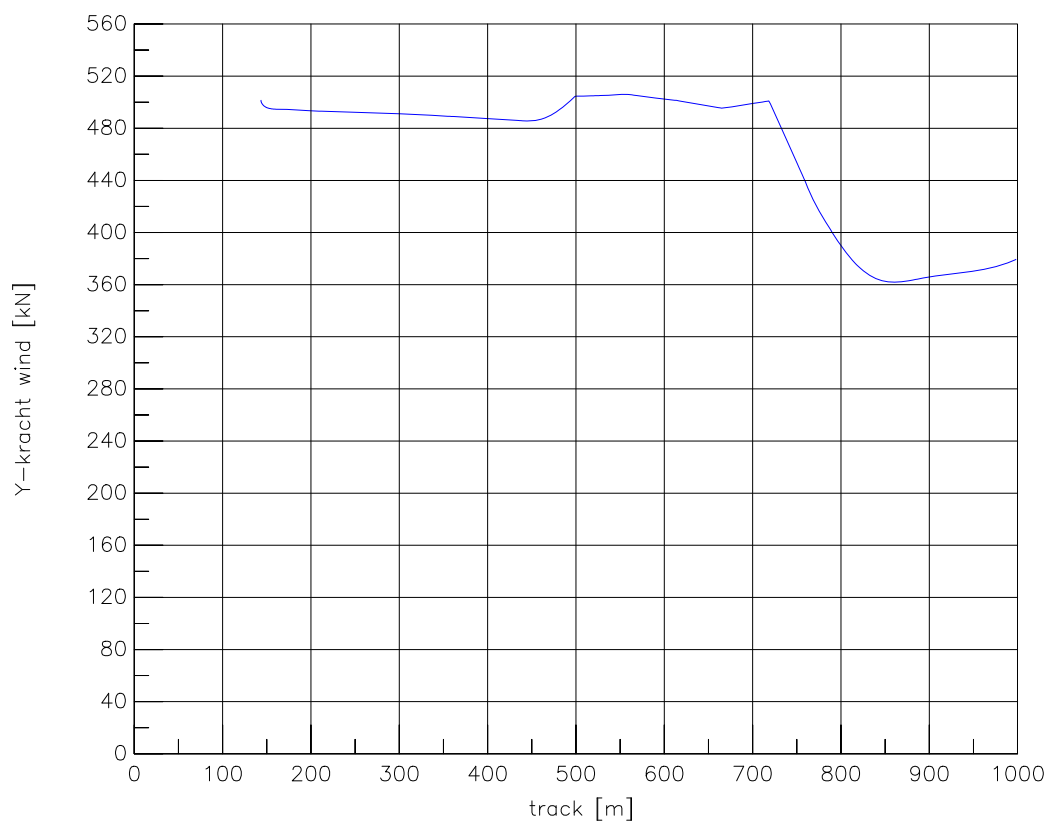
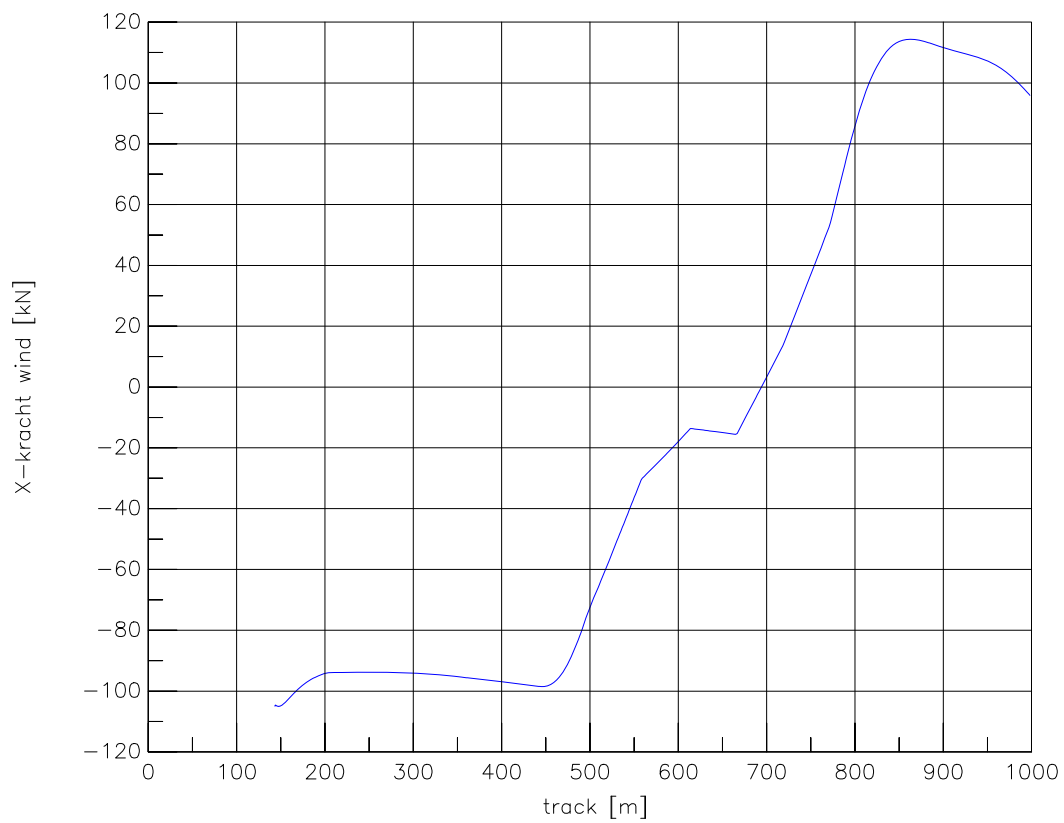
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 8-1

Fig. 8-1e



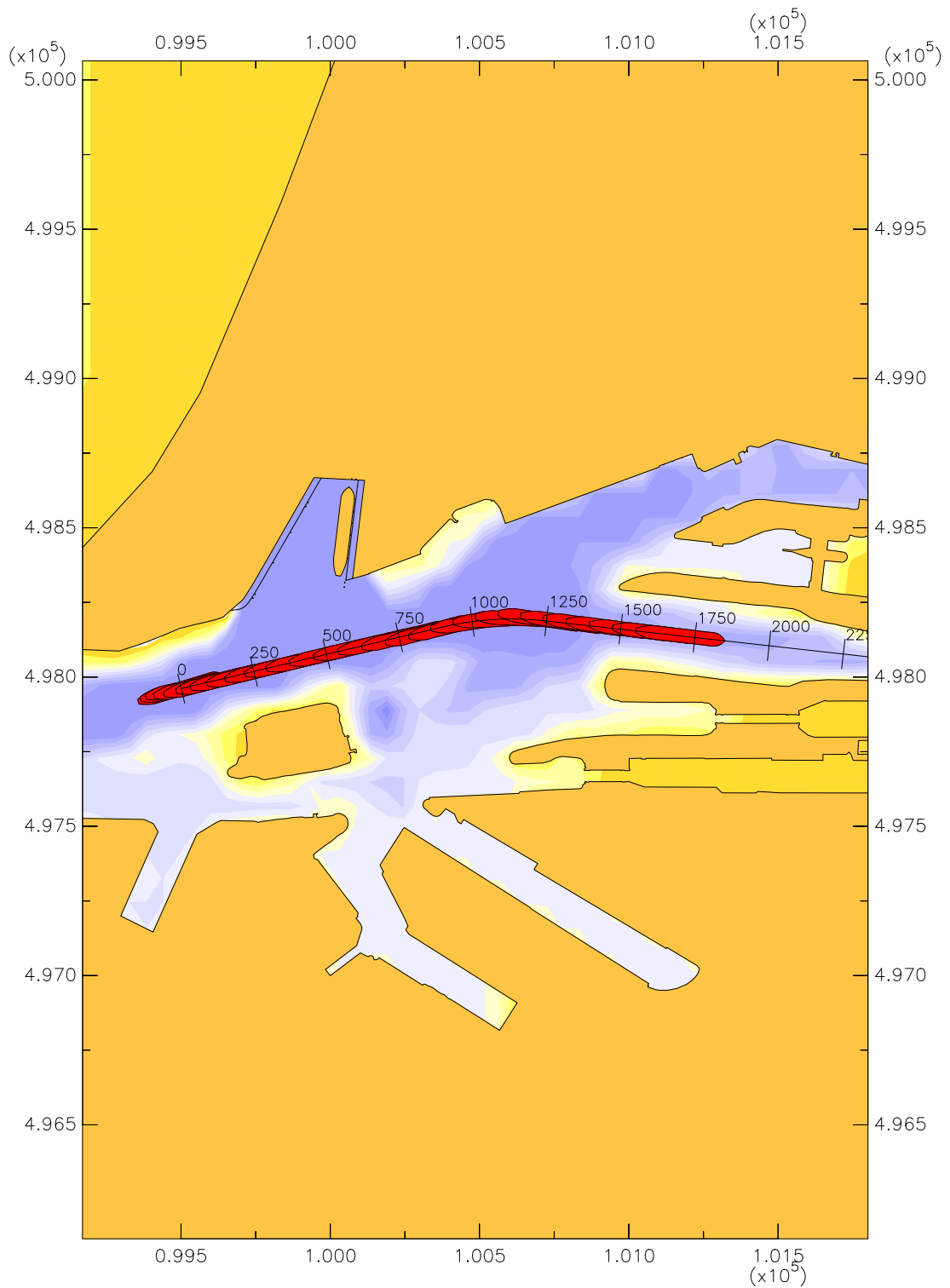
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m3, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 8-1

Fig. 8-1f

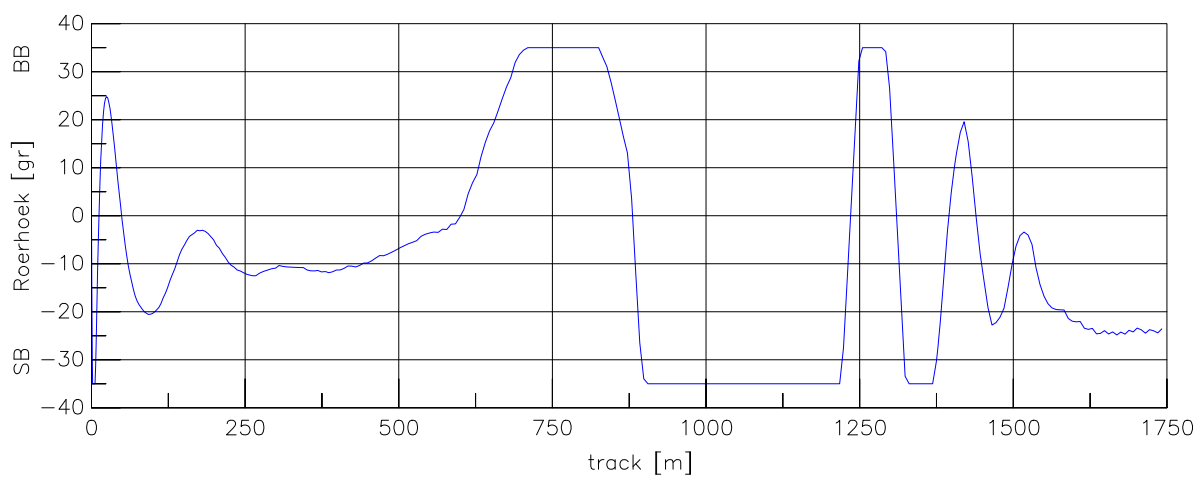
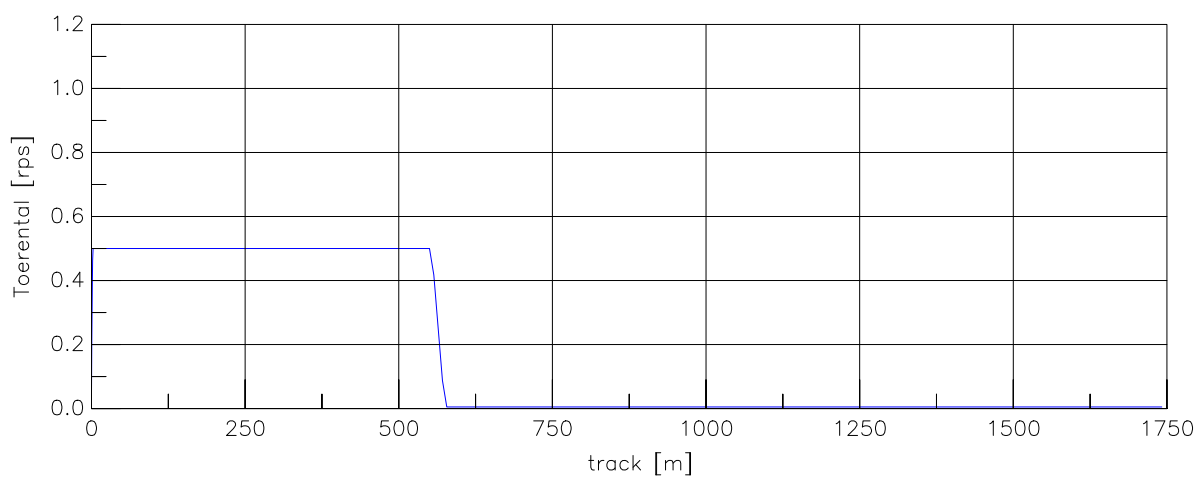
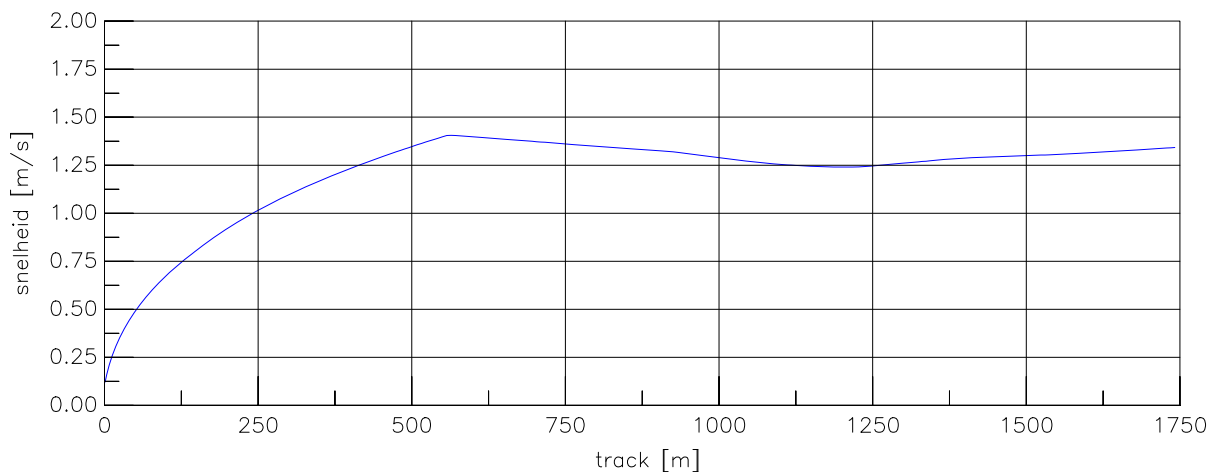


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 8-2 Fig. 8-2a



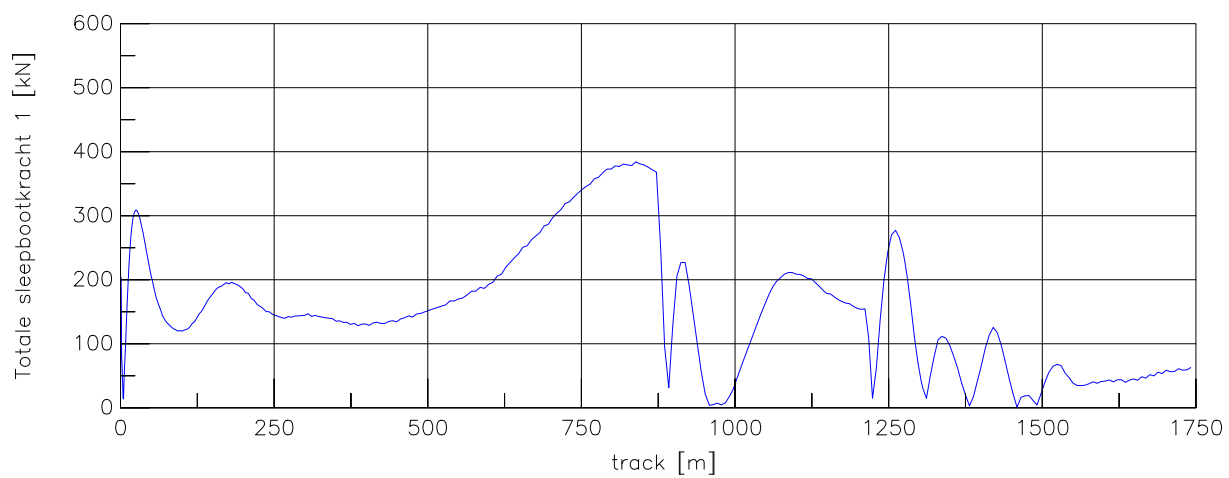
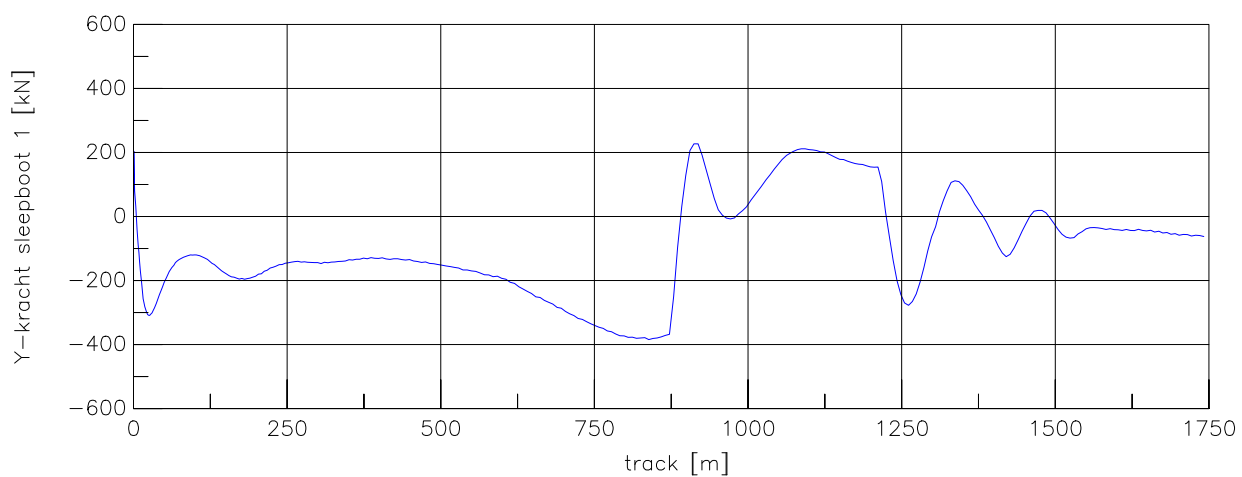
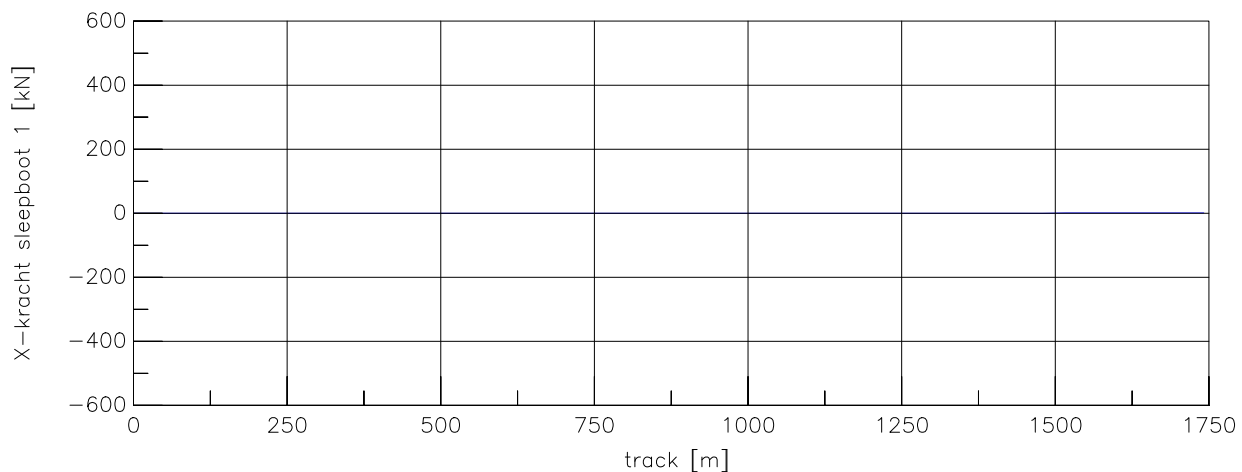
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 8-2

Fig. 8-2c



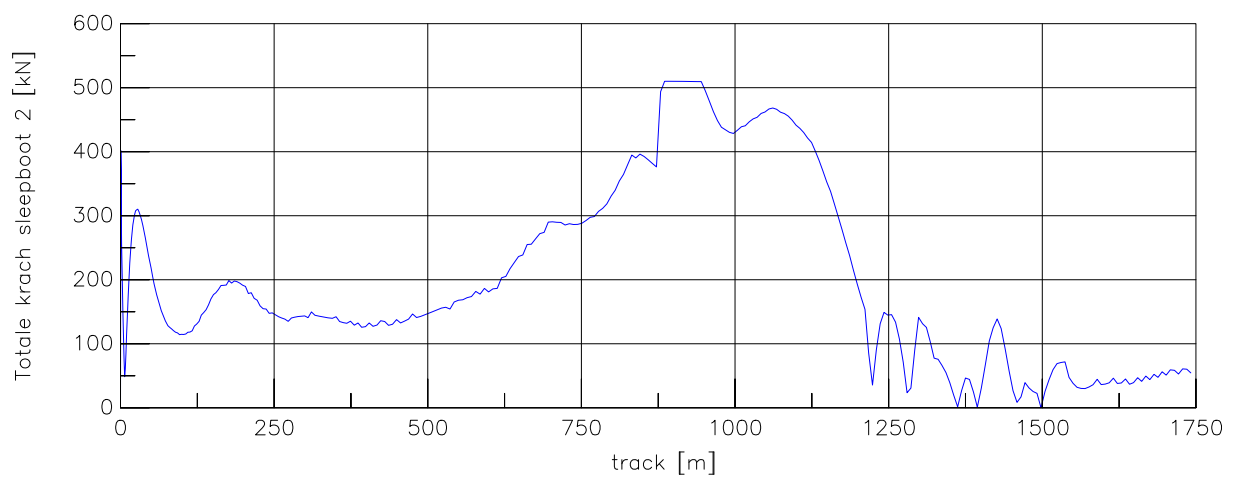
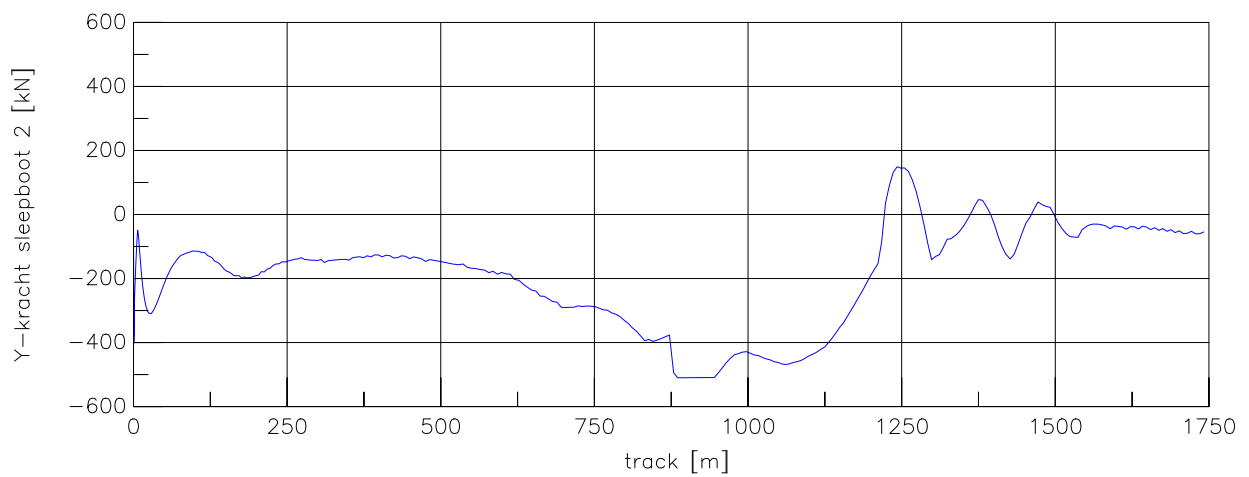
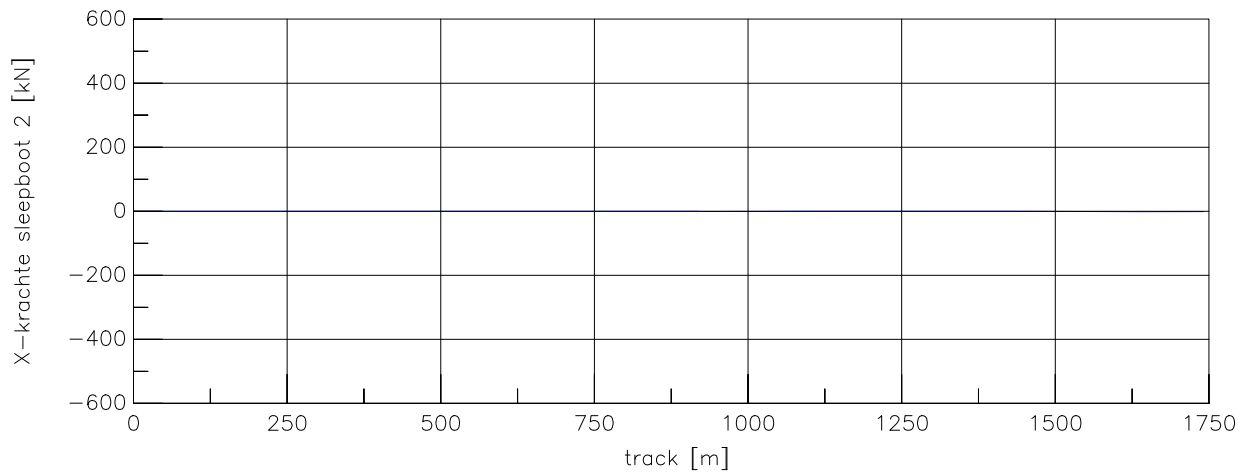
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 8-2

Fig. 8-2d



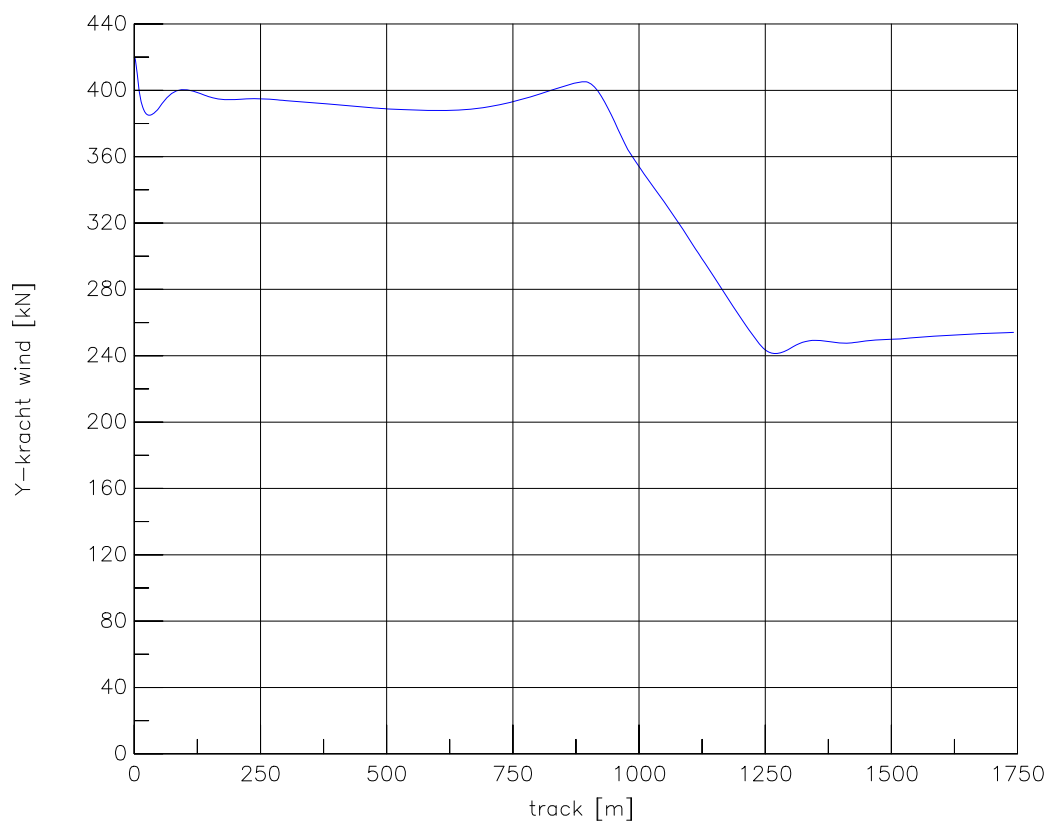
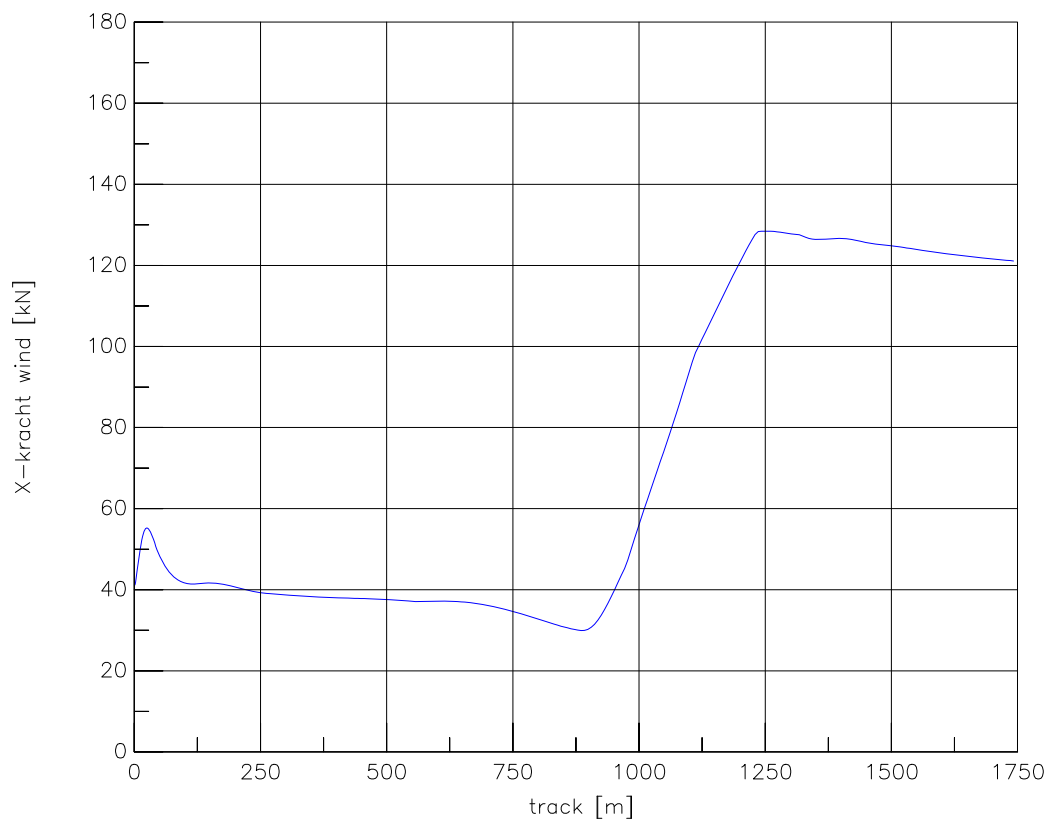
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 8-2

Fig. 8-2e



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

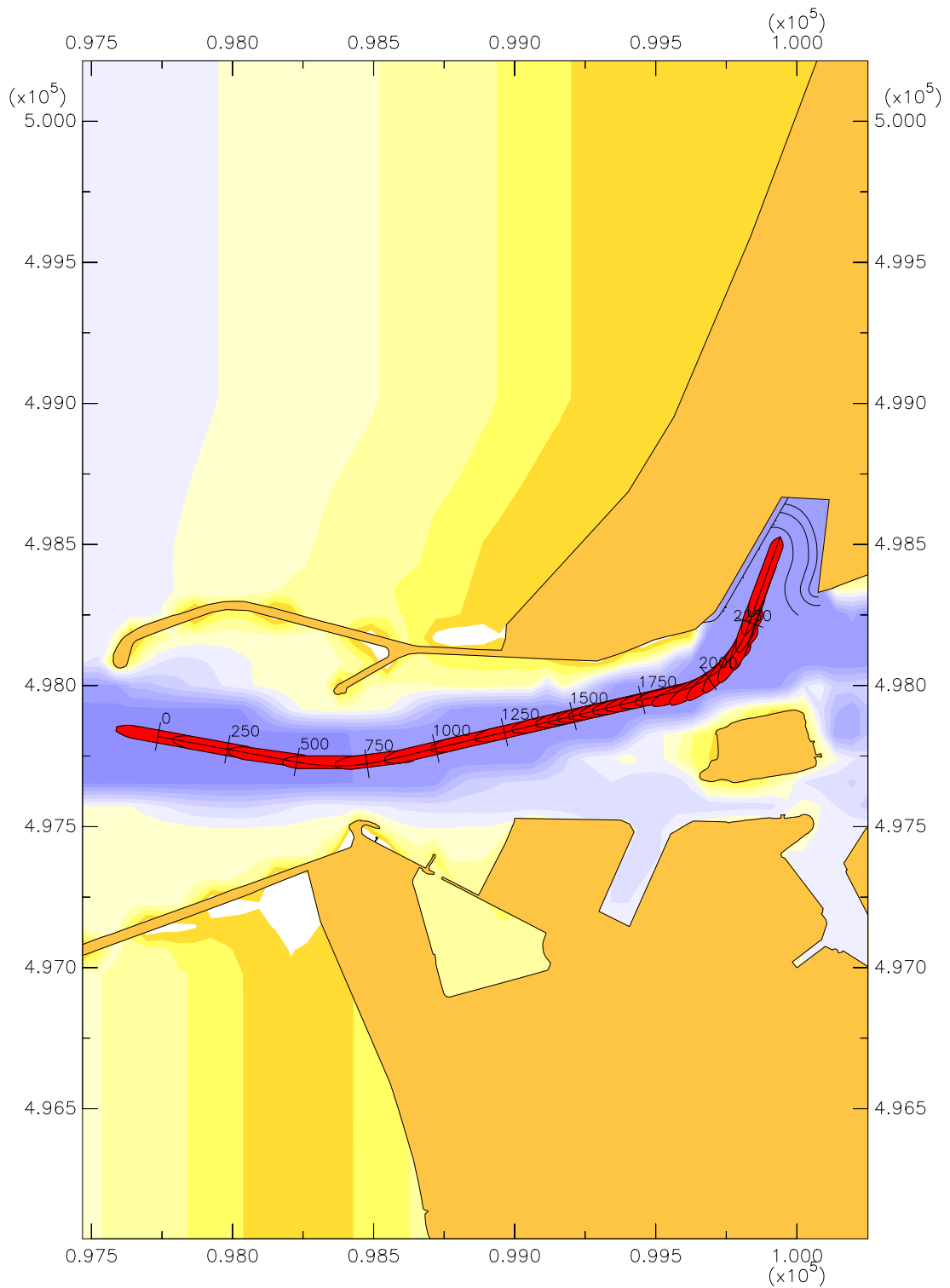
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 8-2

Fig. 8-2f





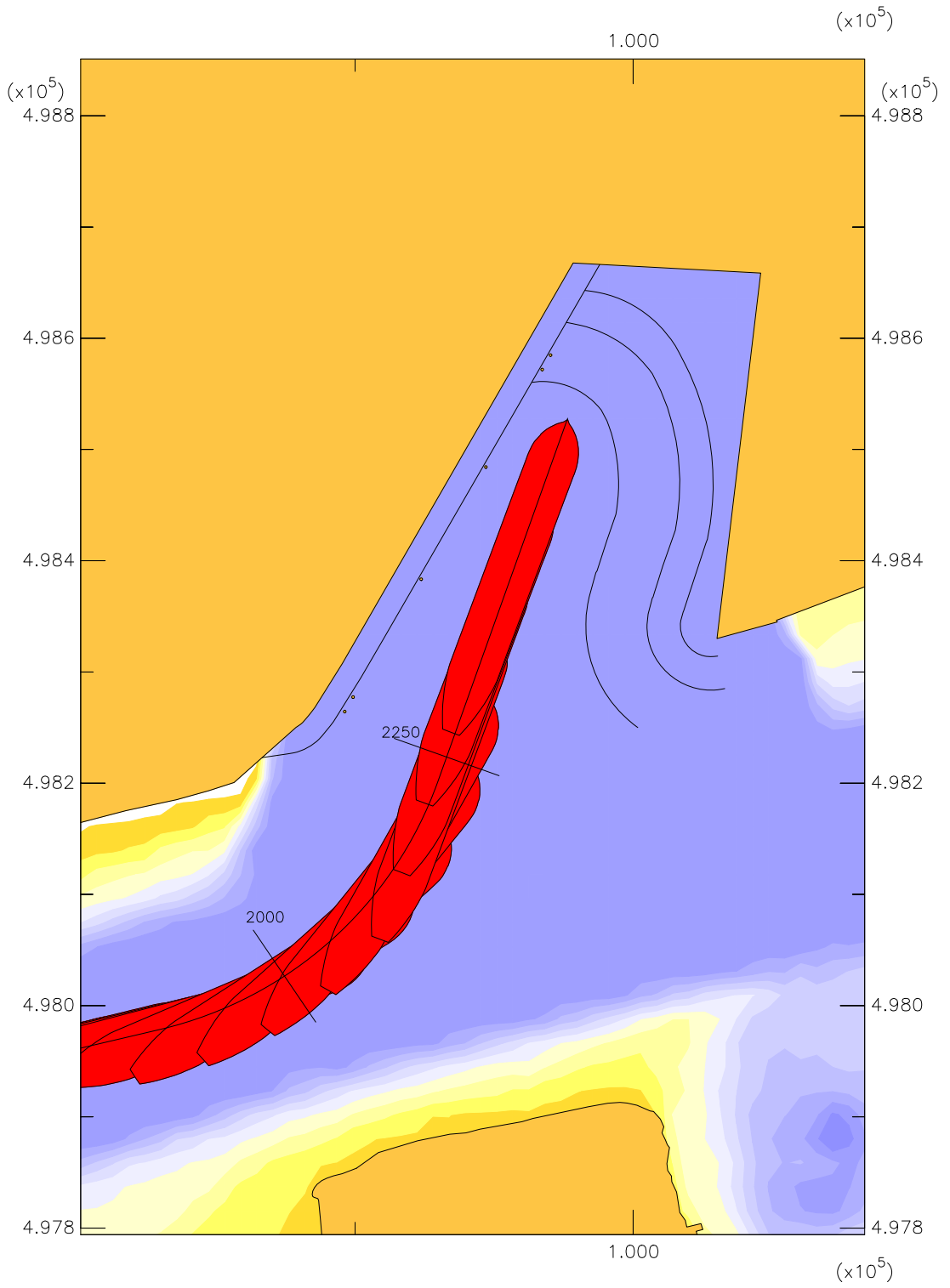
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 9

Fig. 9a



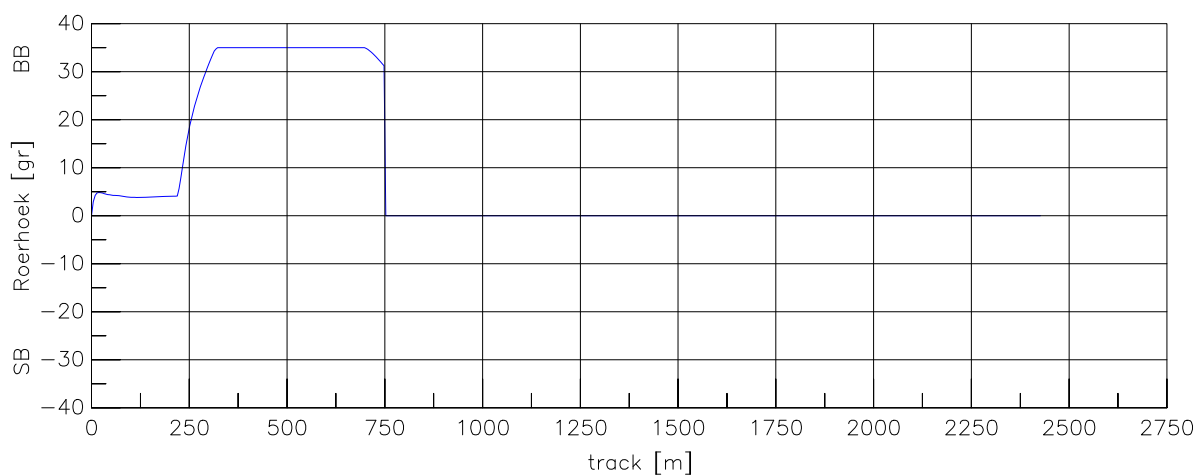
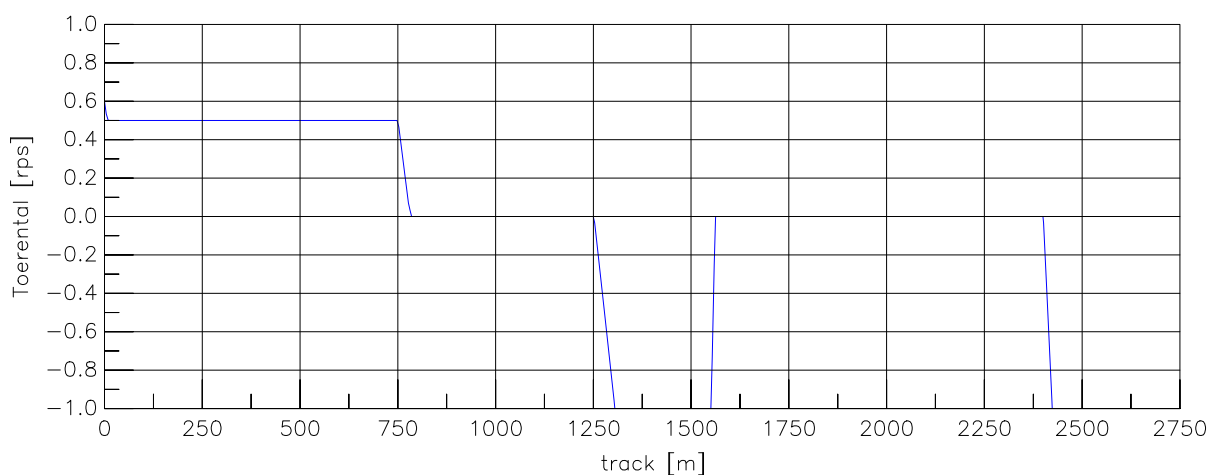
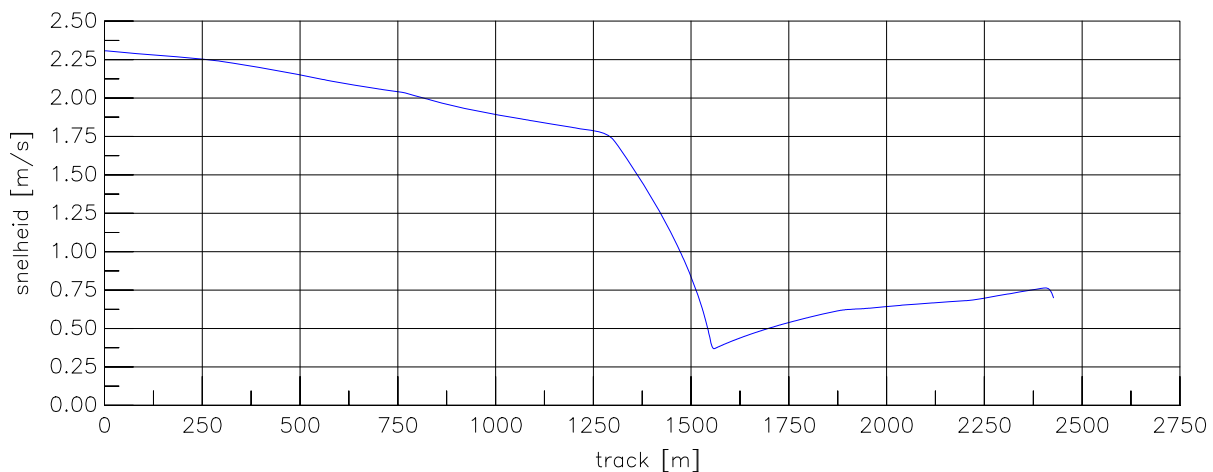
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 9

Fig. 9b



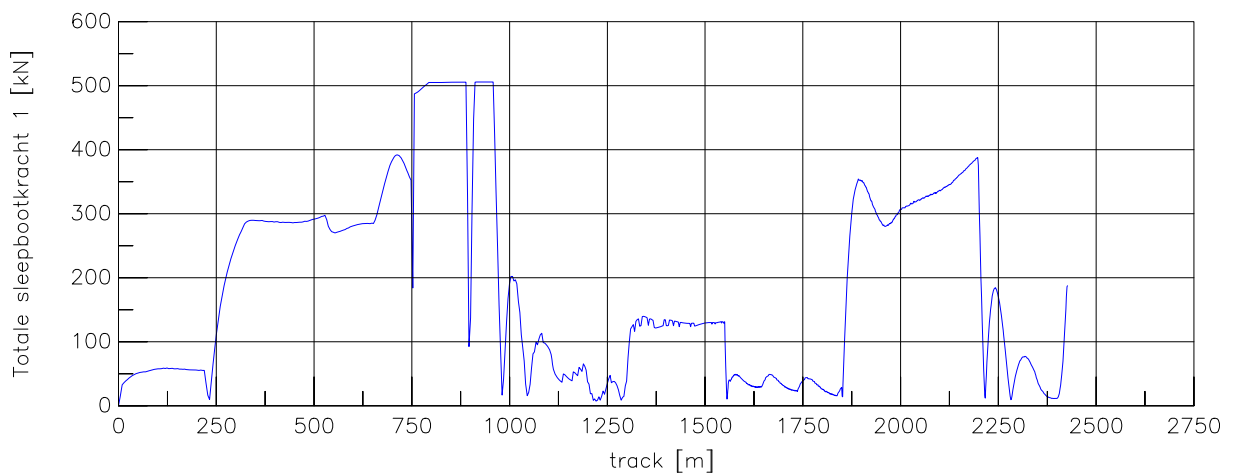
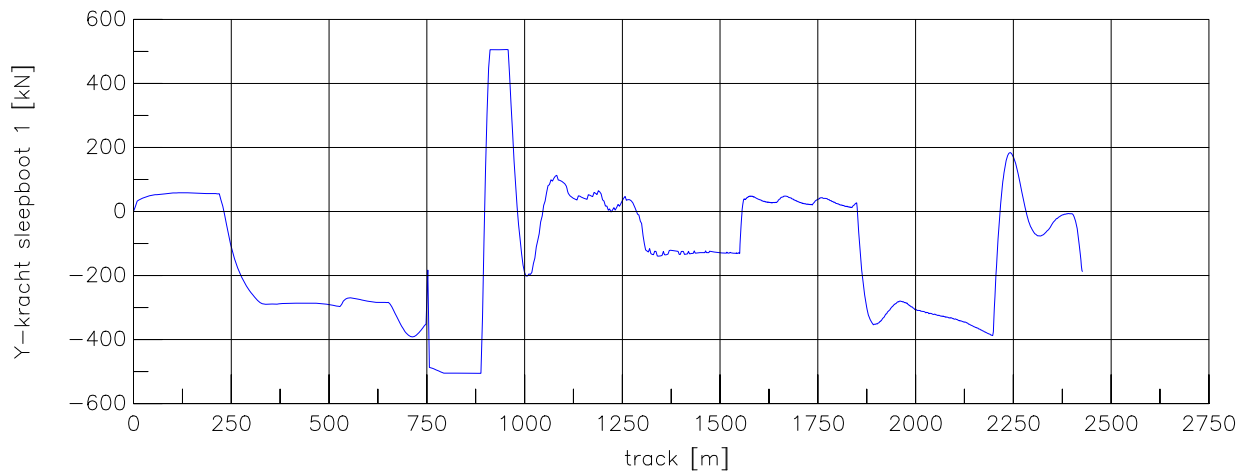
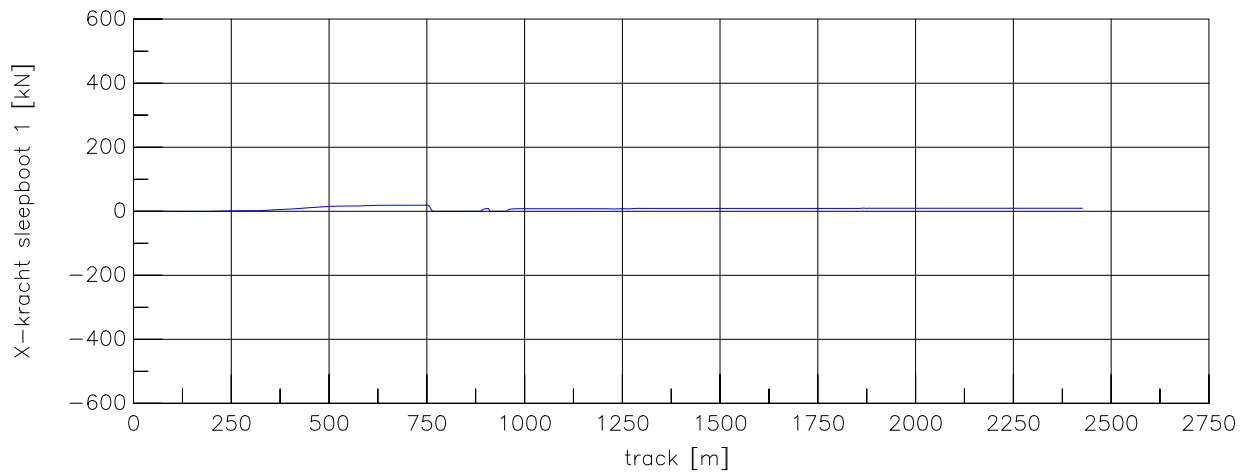
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 9

Fig. 9c



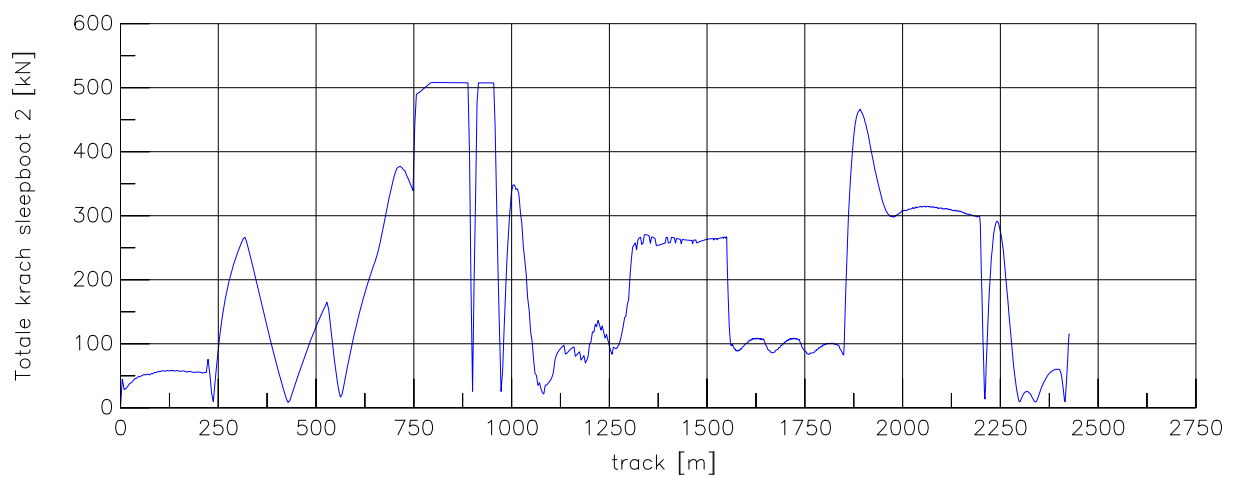
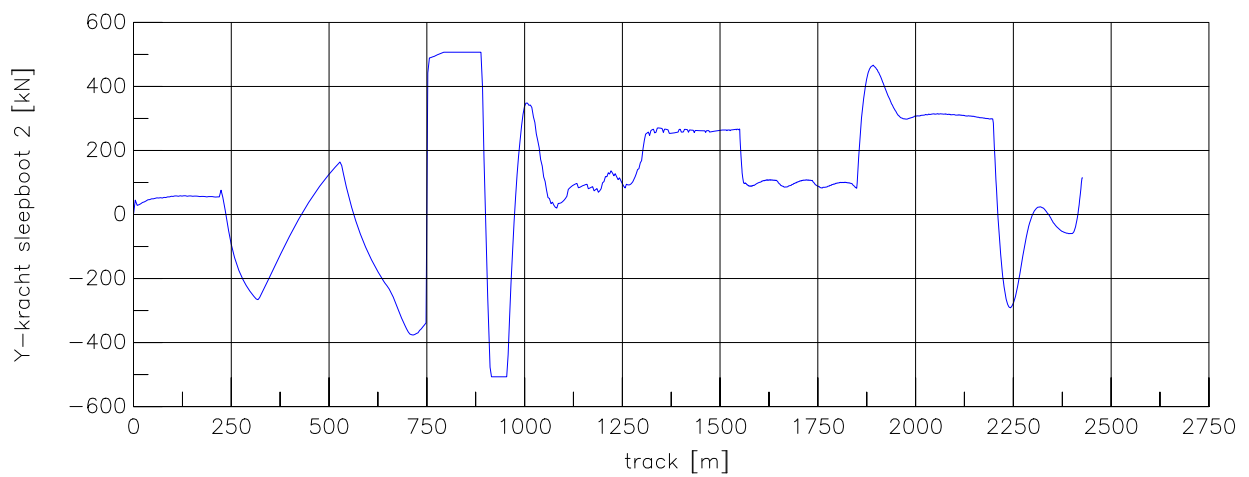
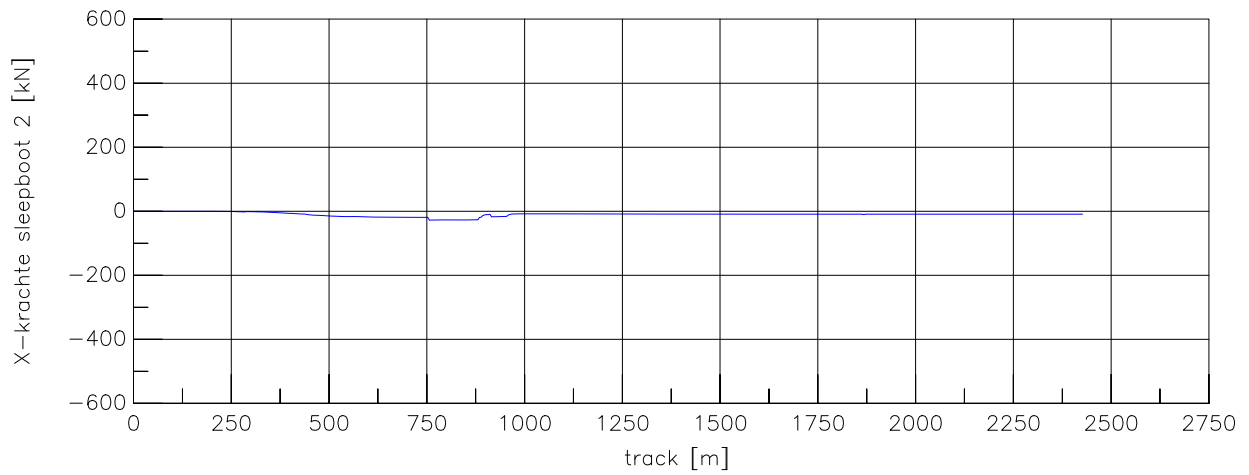
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 9

Fig. 9d



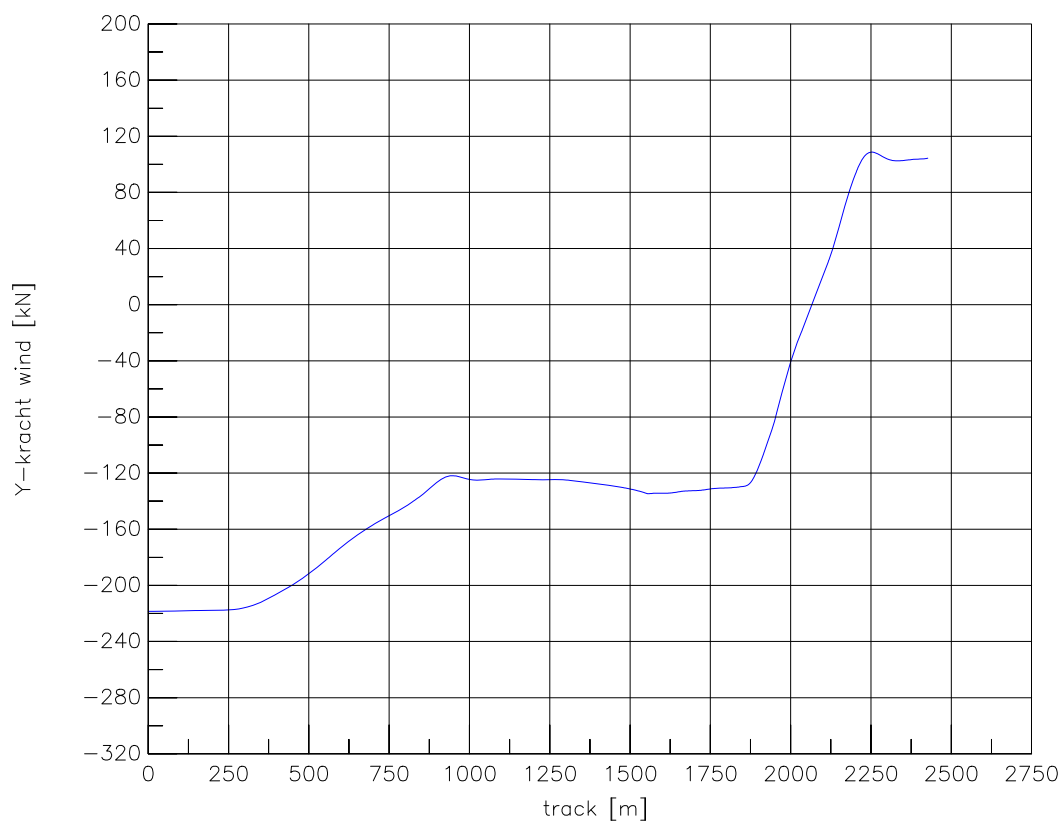
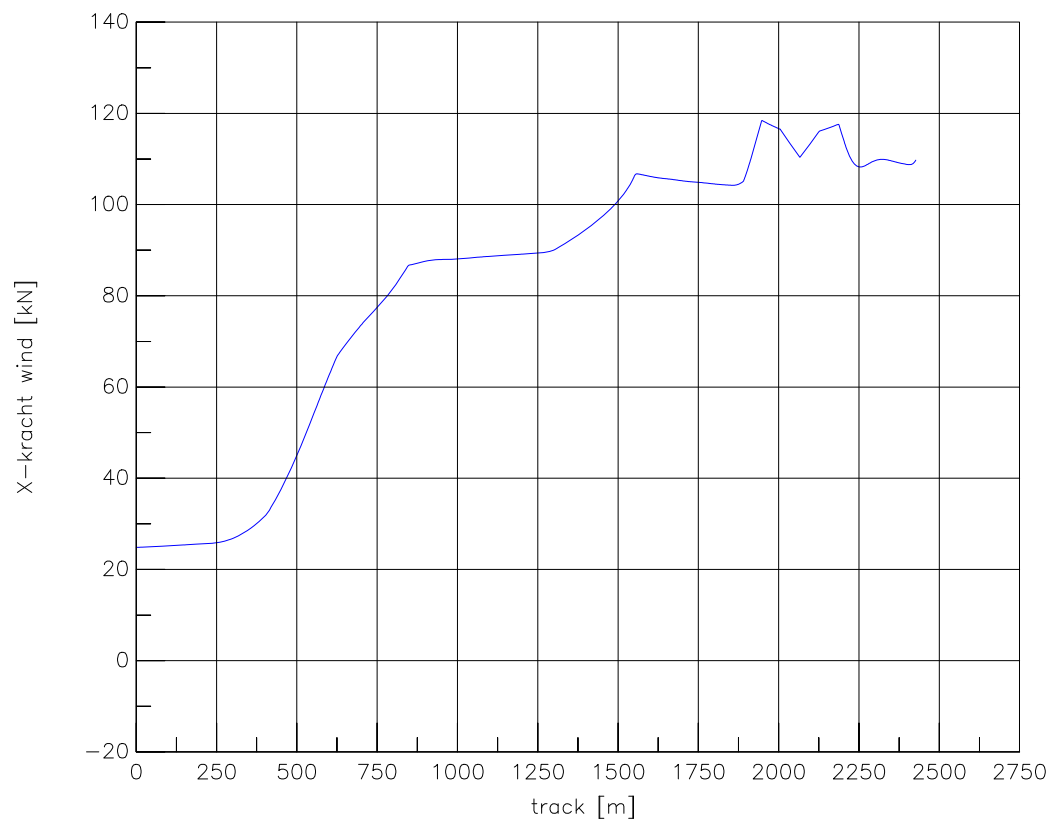
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 9

Fig. 9e



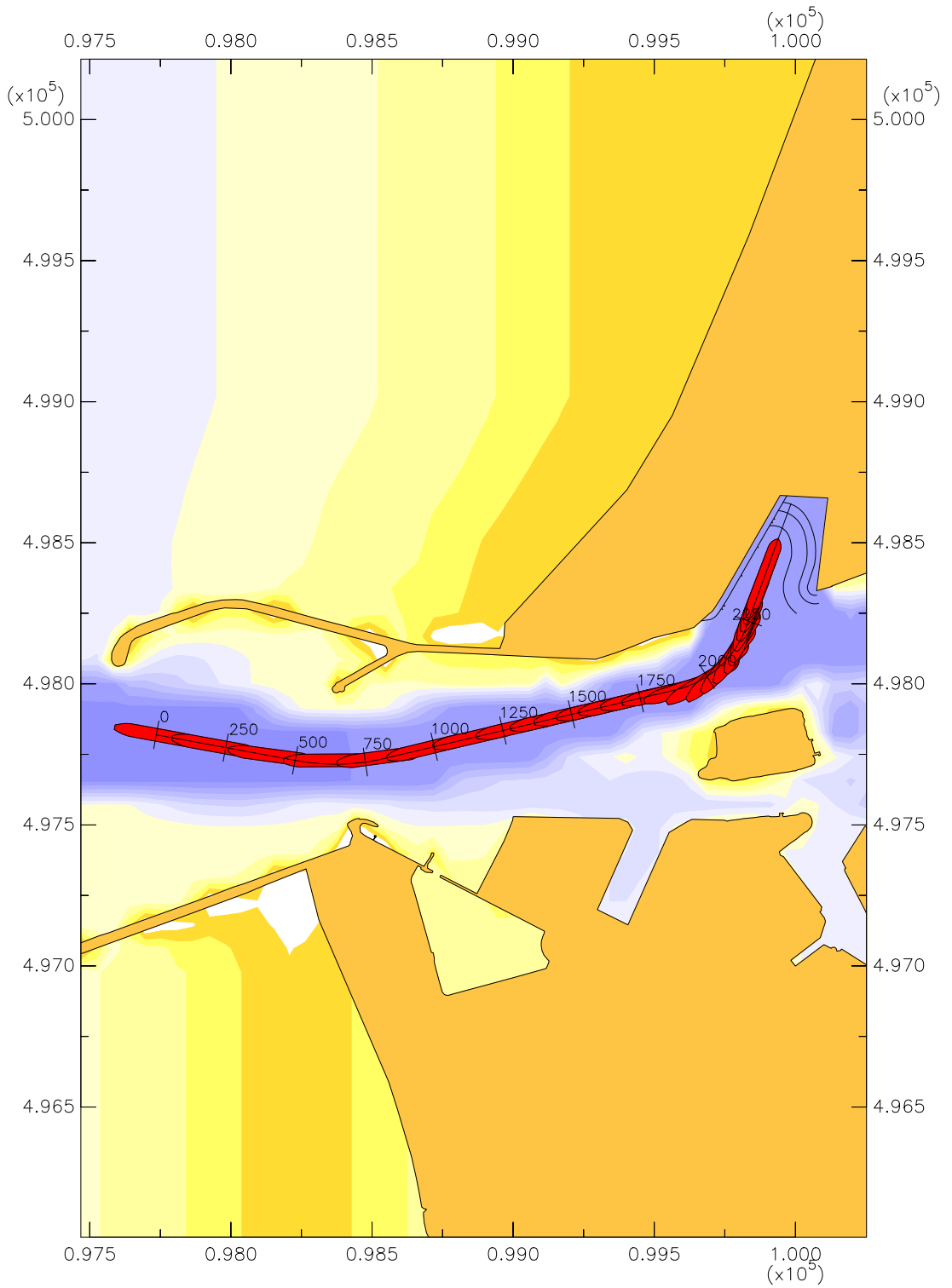
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 9

Fig. 9f



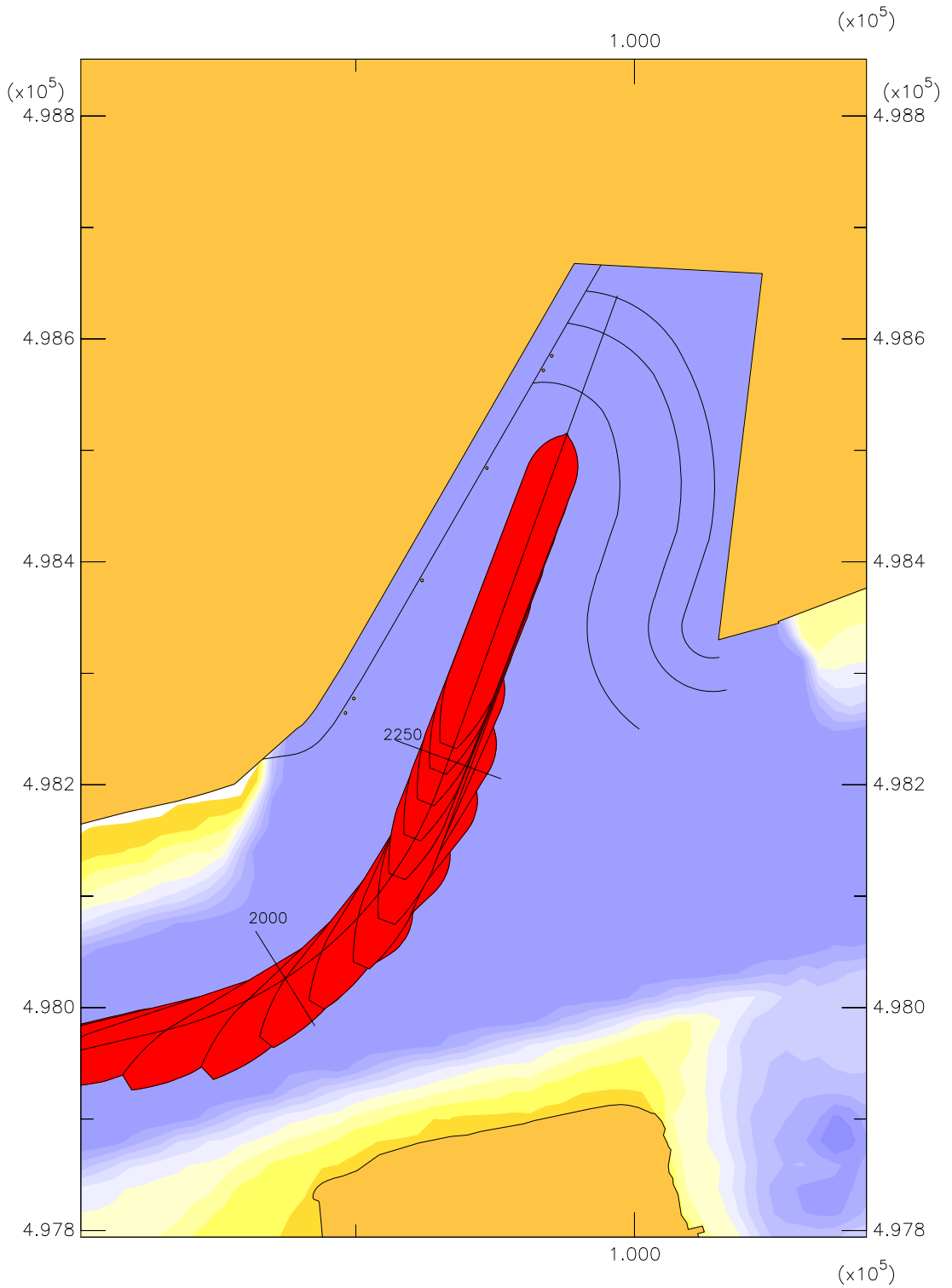
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 10

Fig. 10a



Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

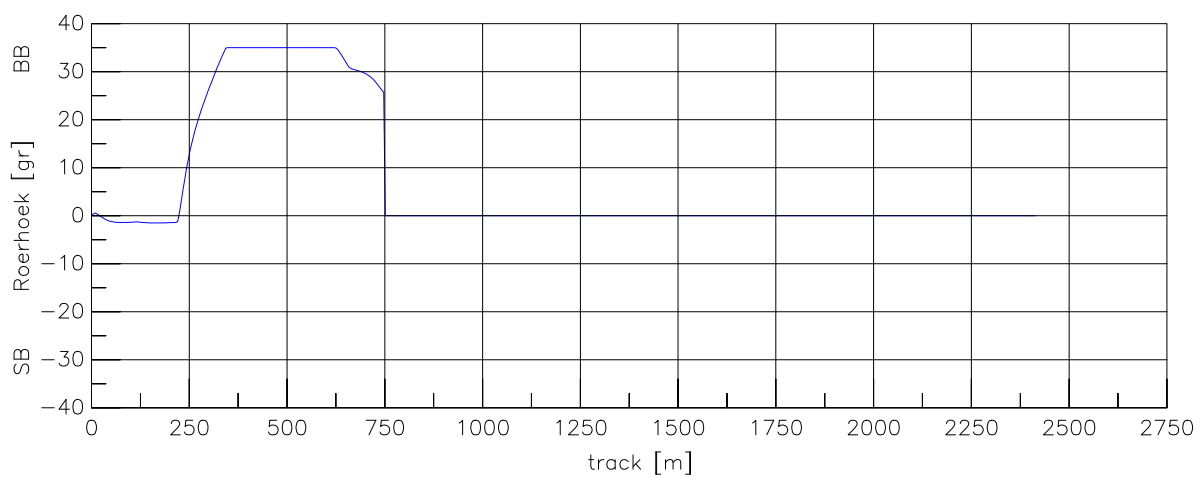
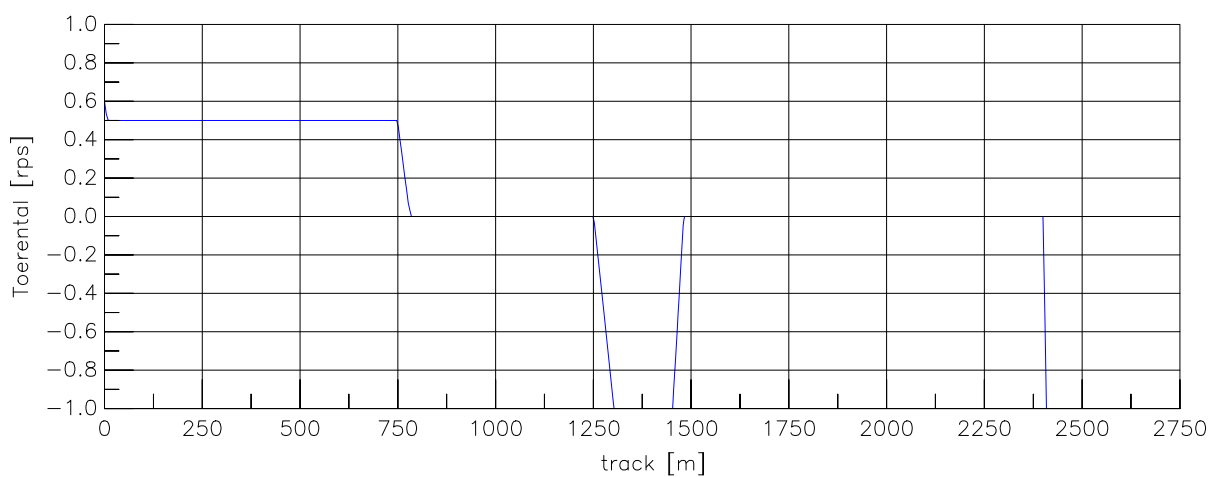
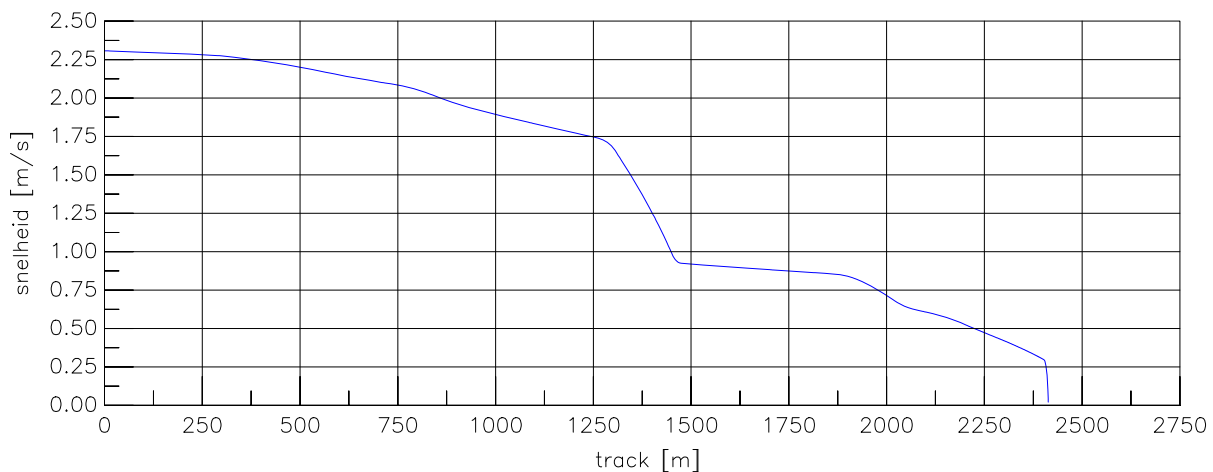
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 10

Fig. 10b





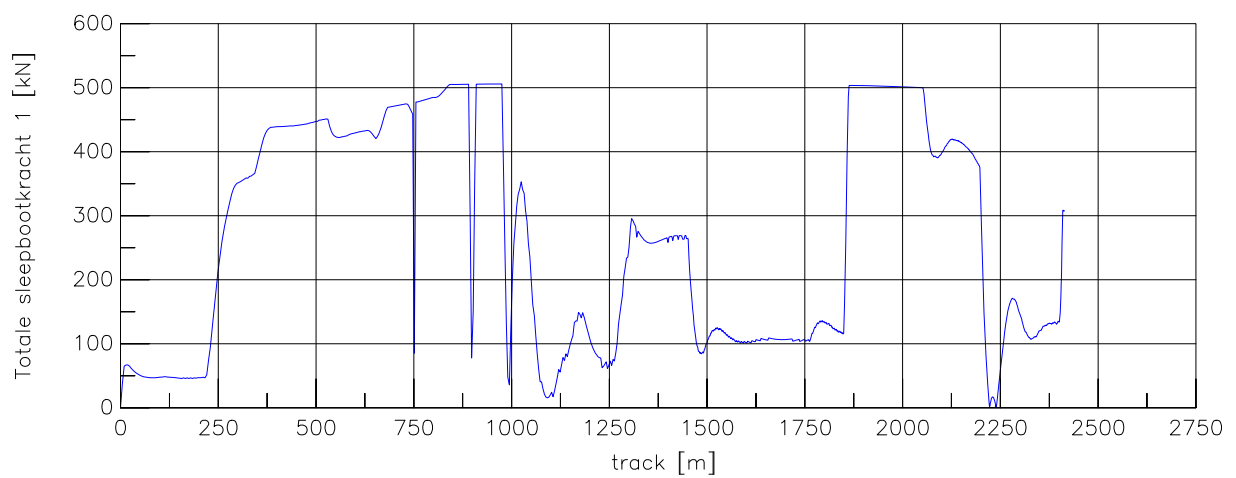
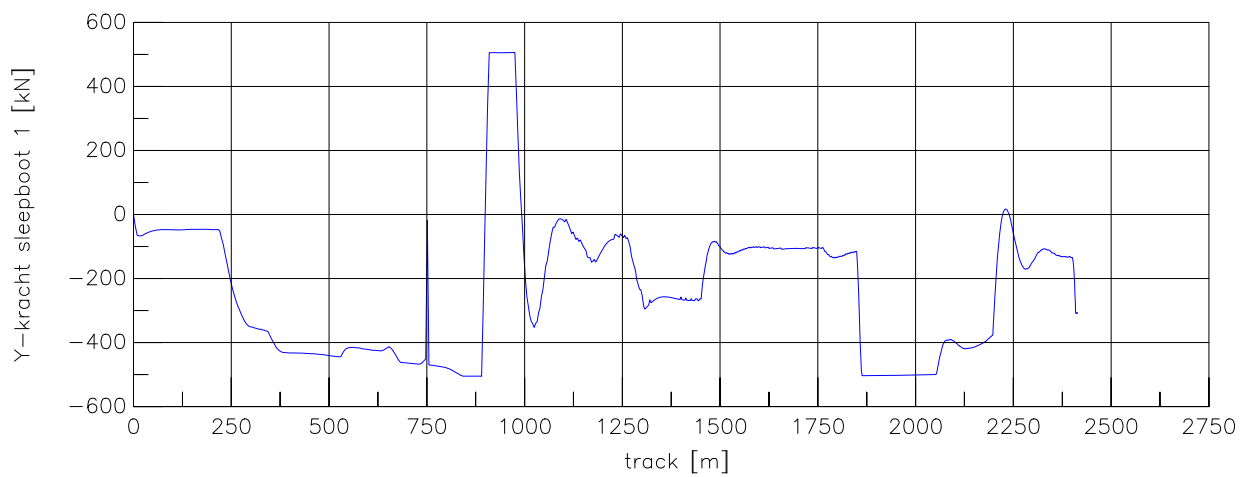
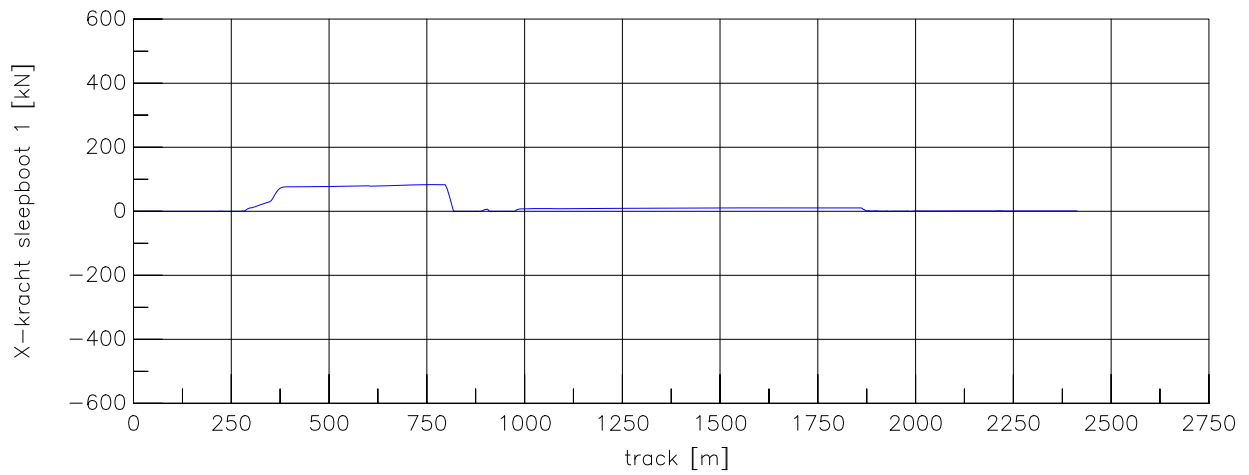
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 10

Fig. 10c



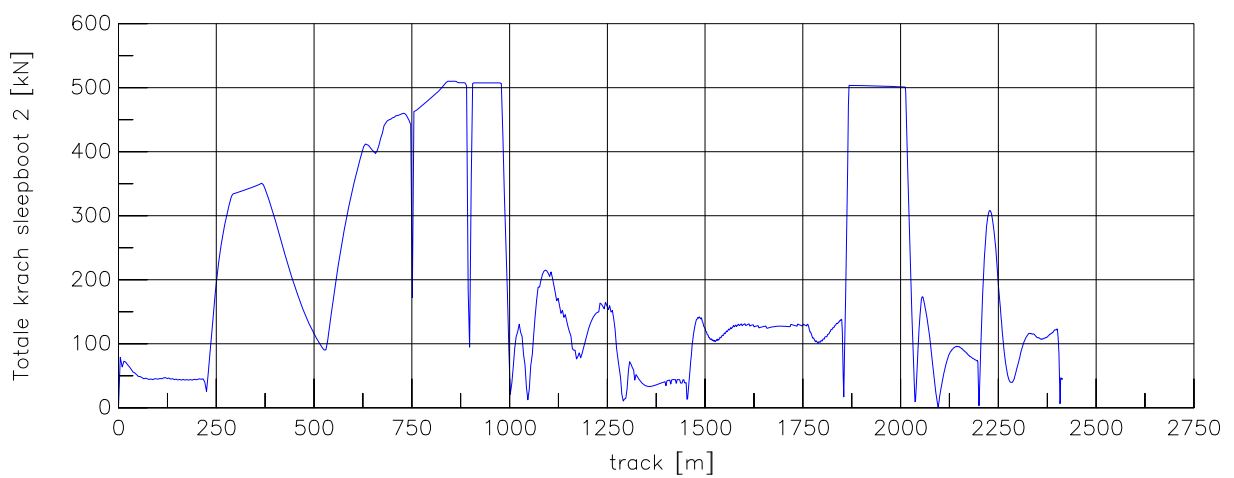
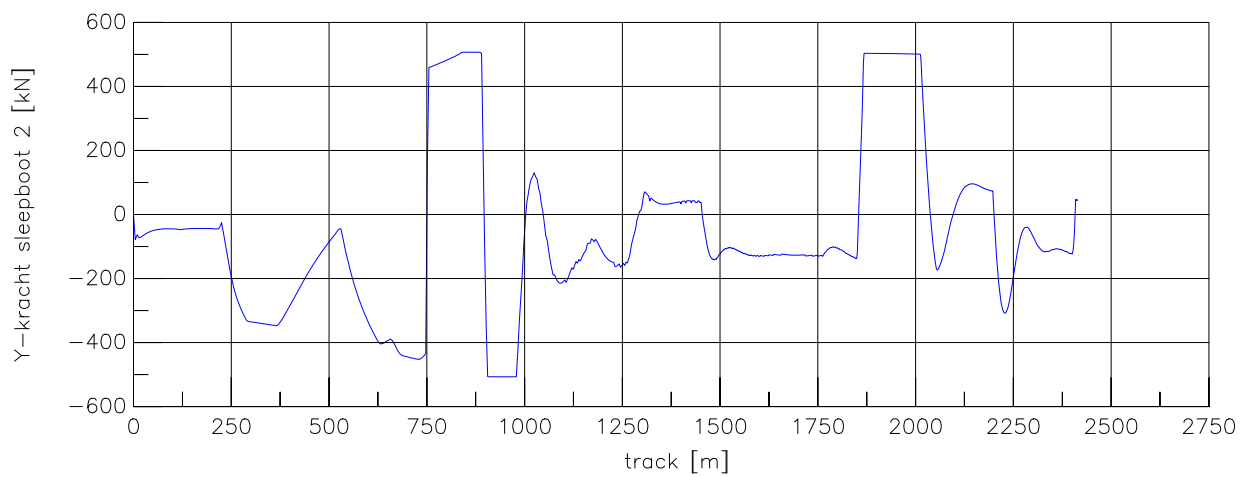
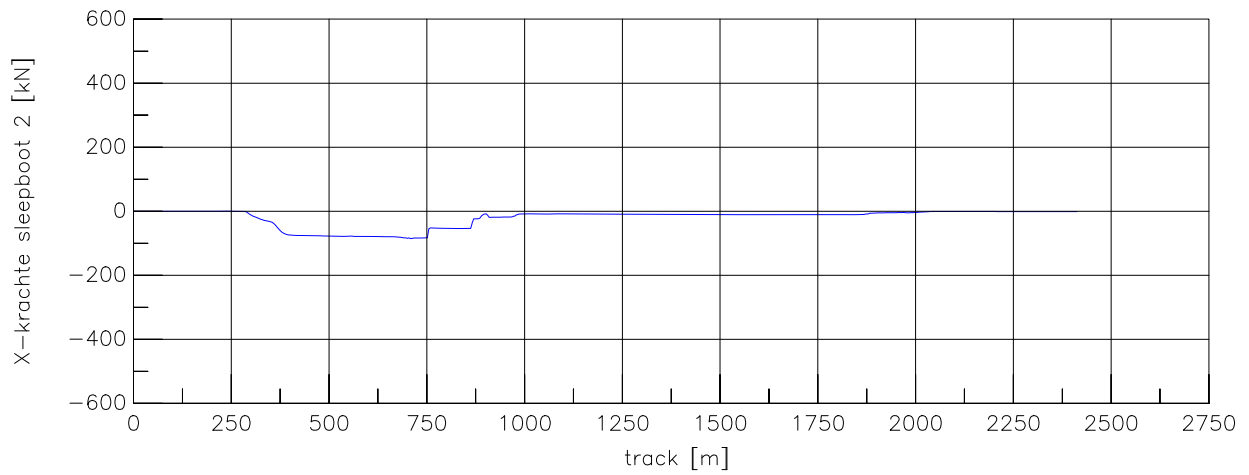
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 10

Fig. 10d



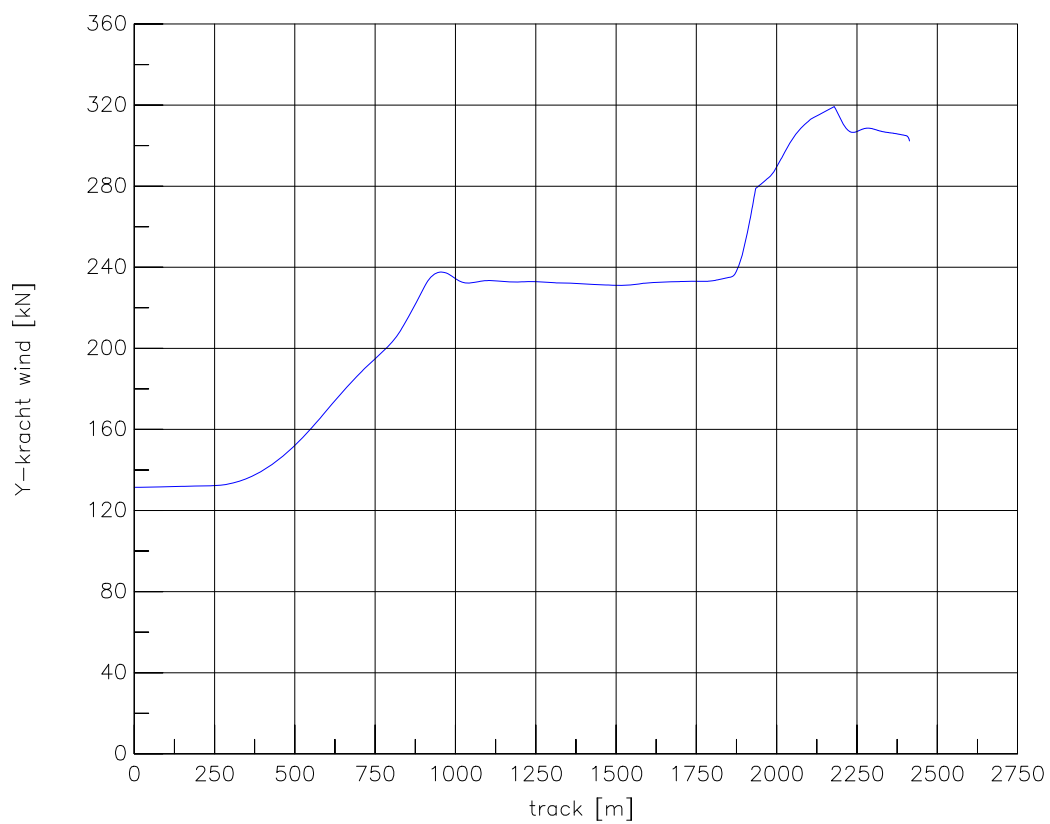
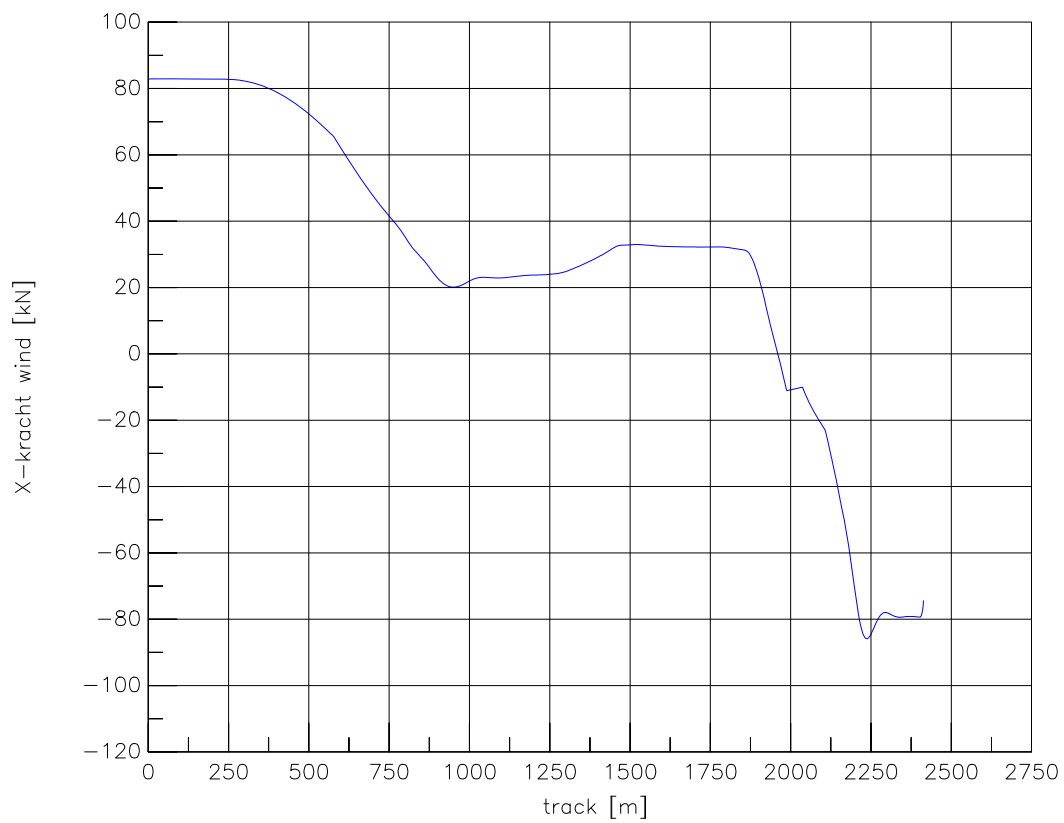
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 10

Fig. 10e



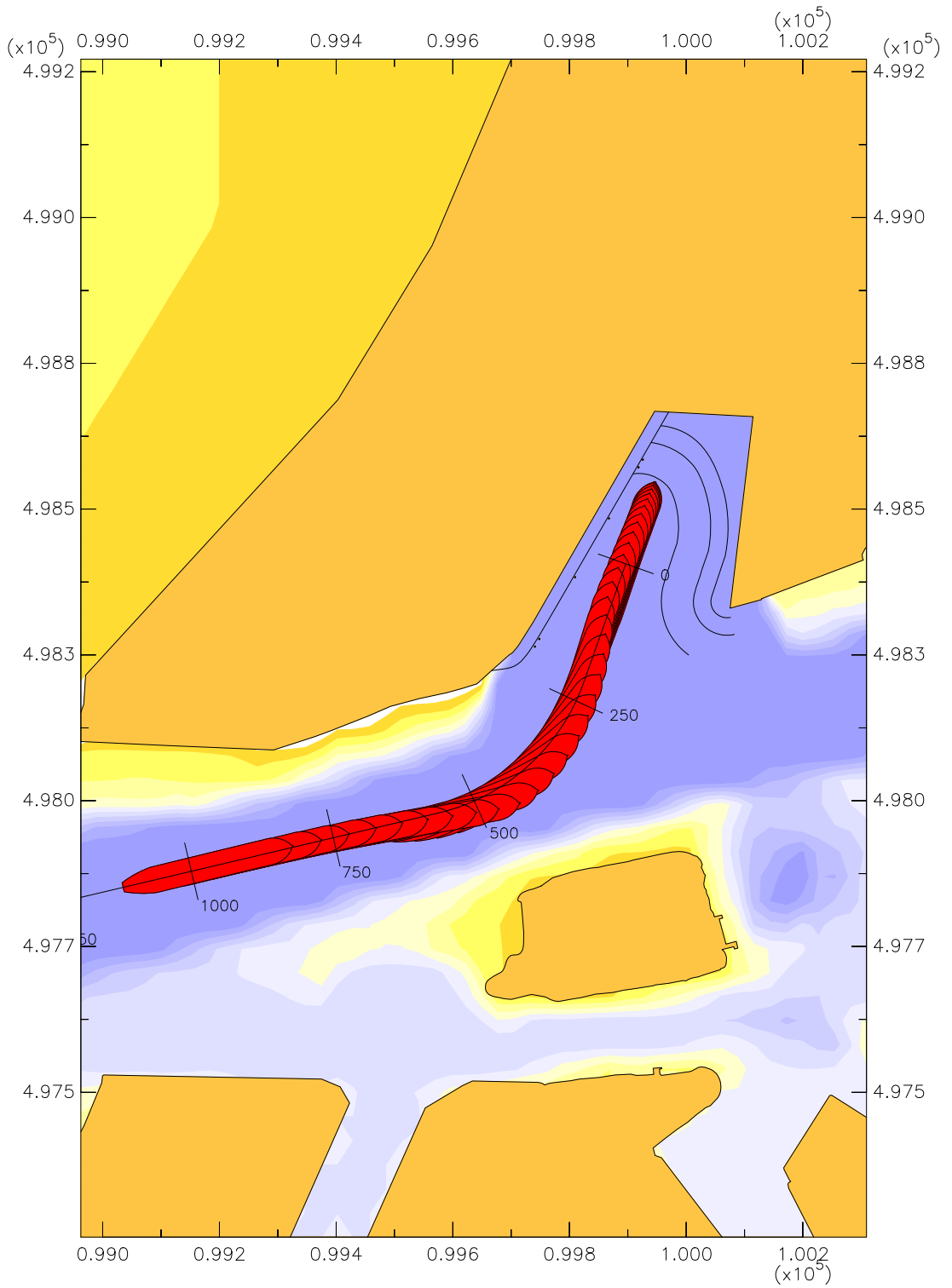
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 10

Fig. 10f

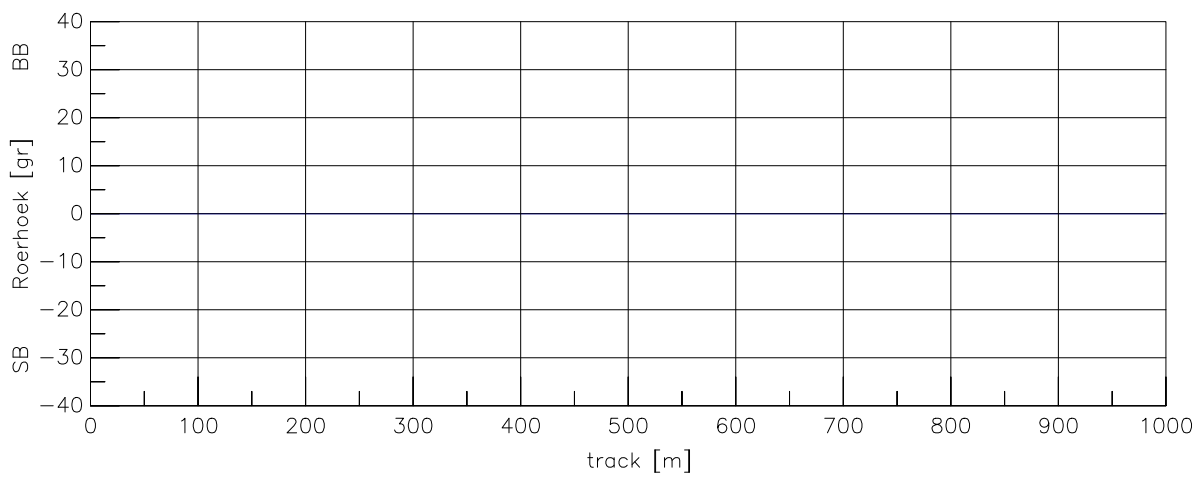
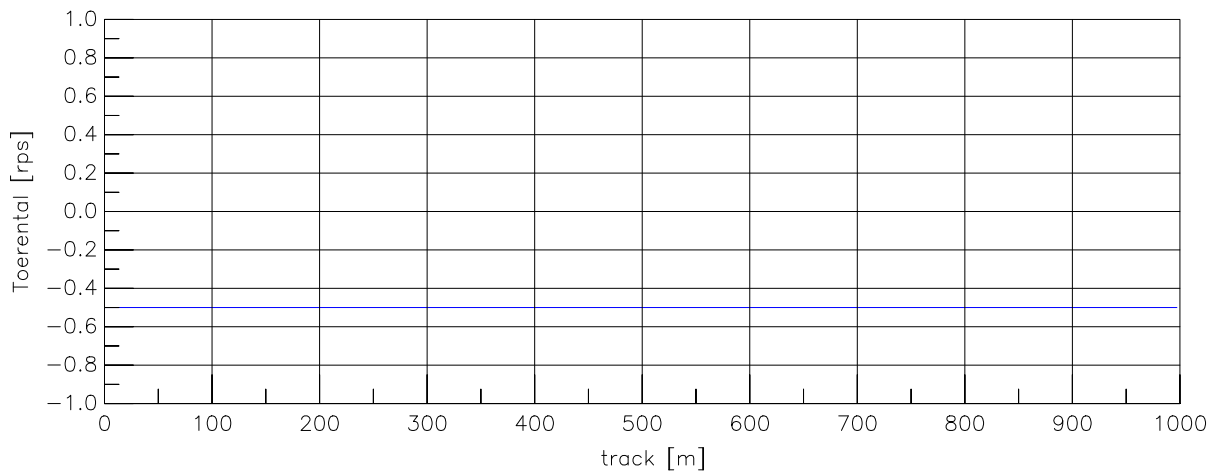
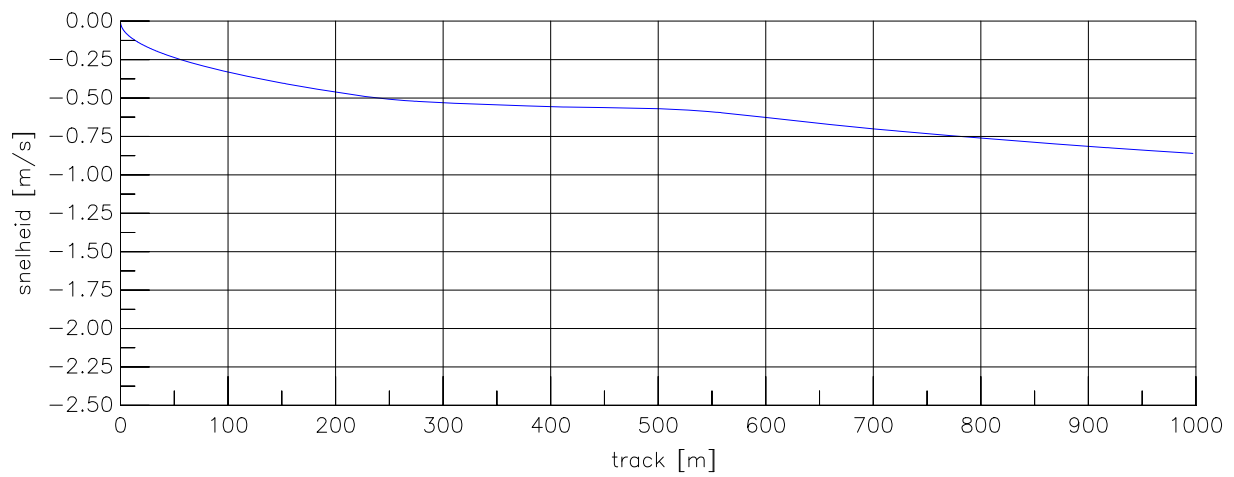


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.11-1 Fig.11-1a



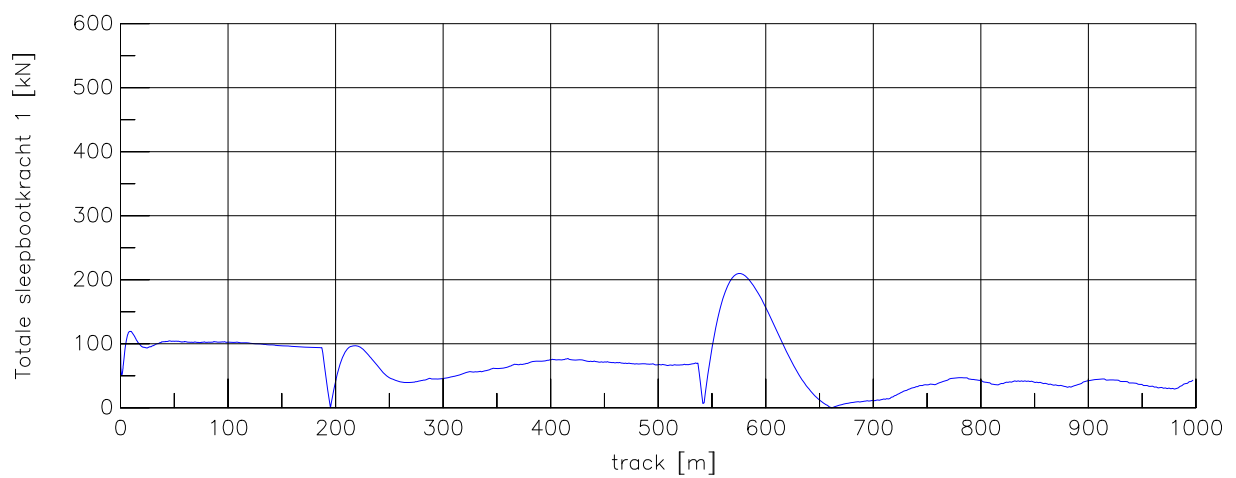
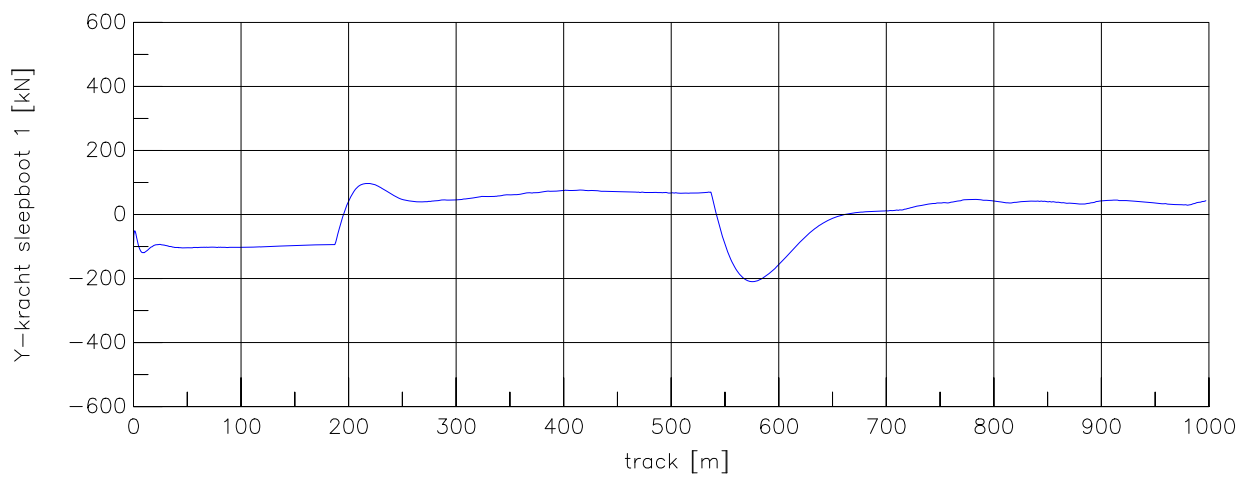
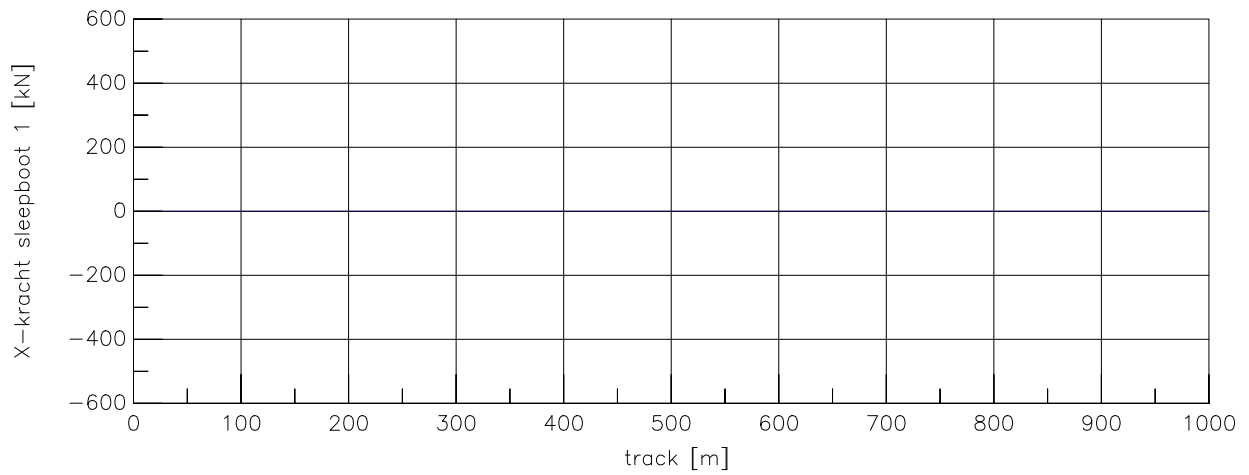
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 11-1

Fig. 11-1c



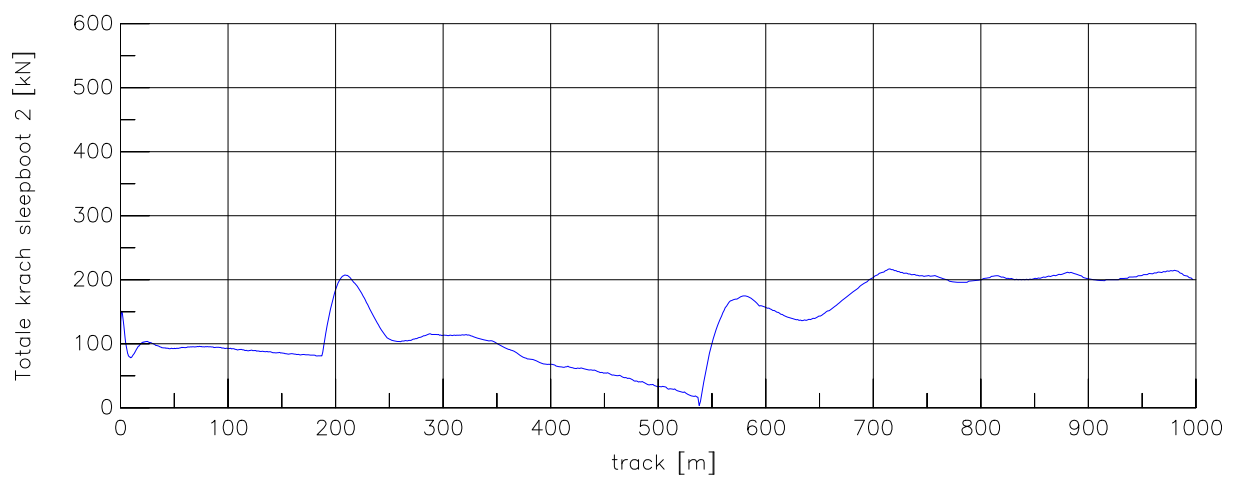
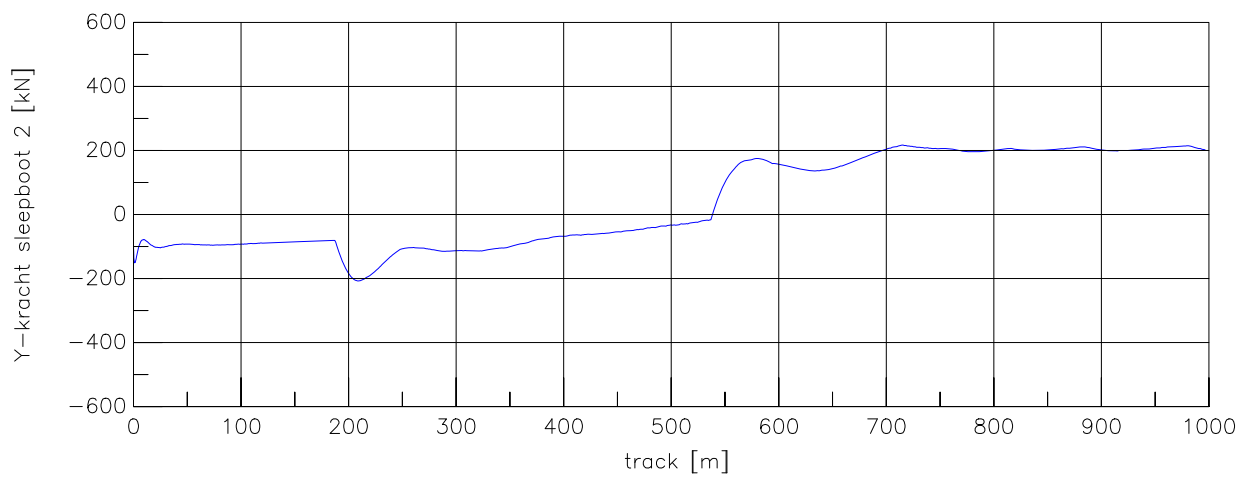
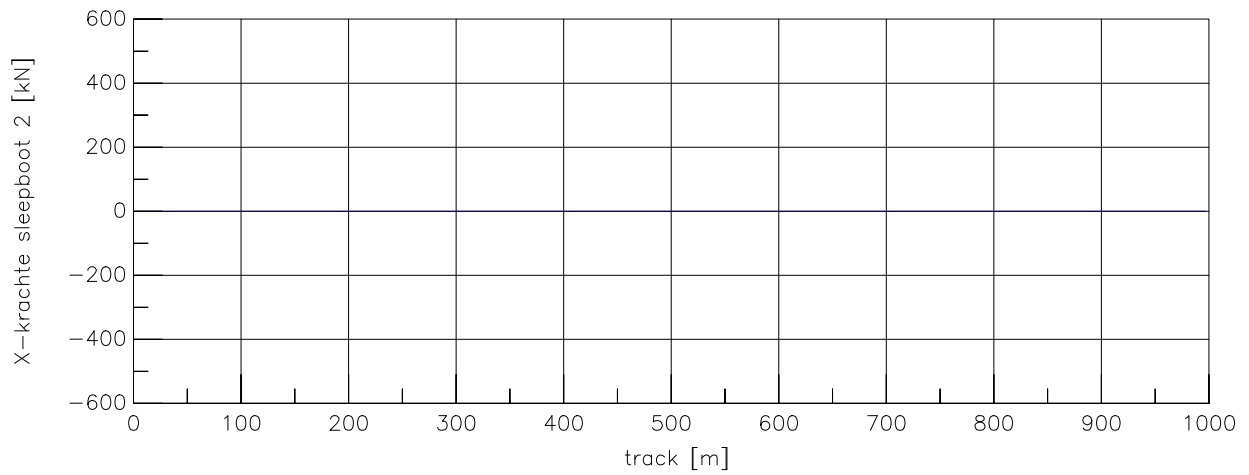
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 11-1

Fig. 11-1d



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

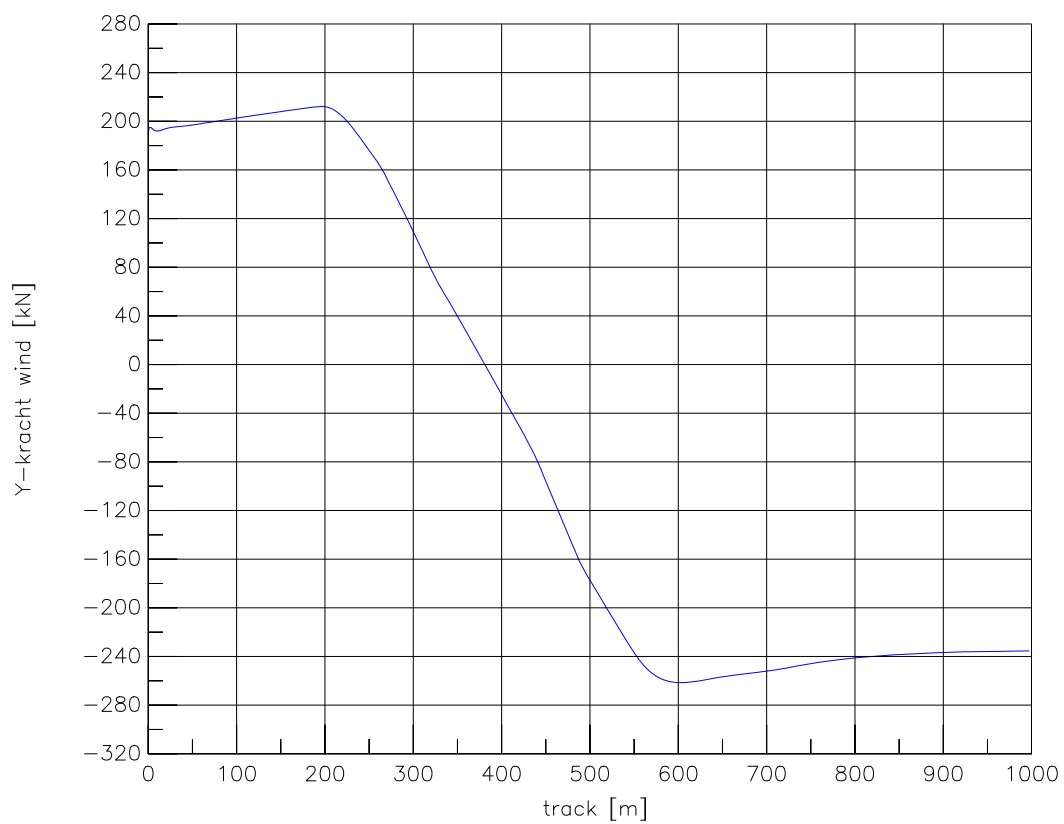
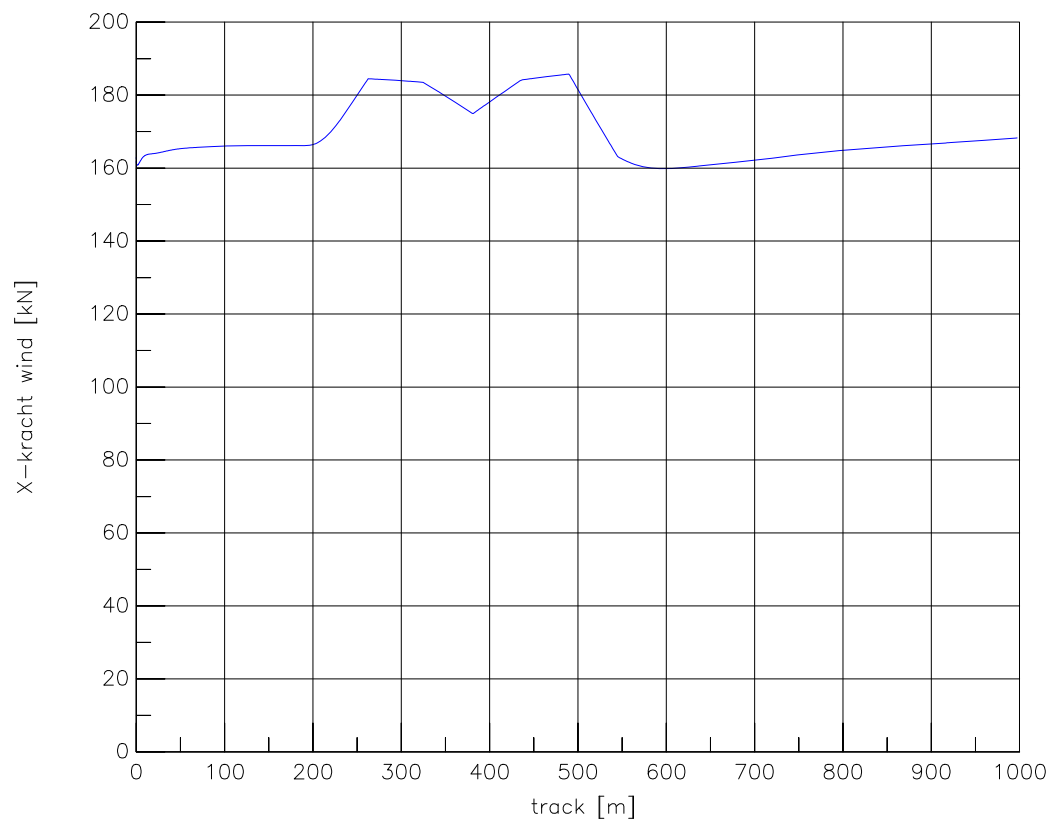
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 11-1

Fig. 11-1e





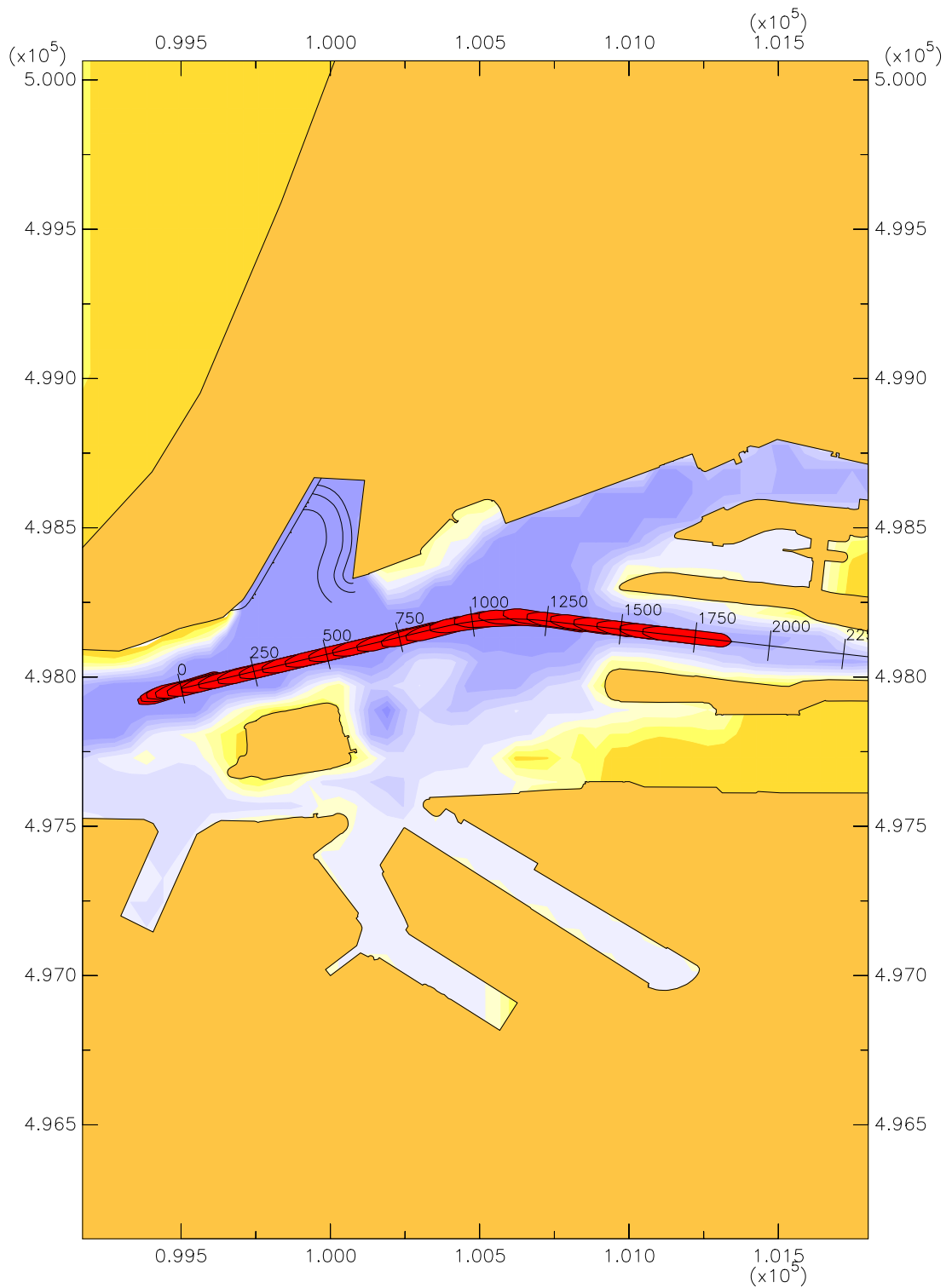
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 11-1

Fig. 11-1f

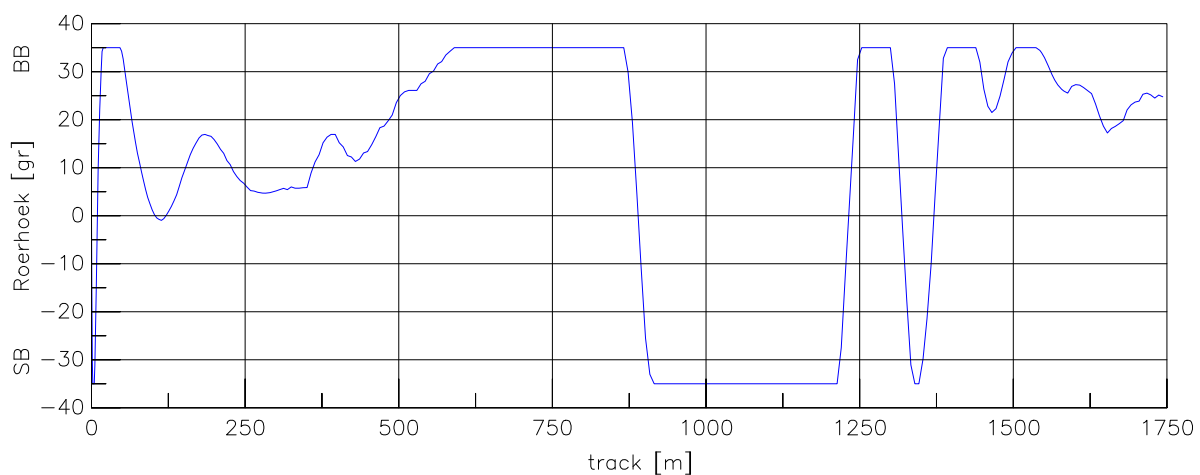
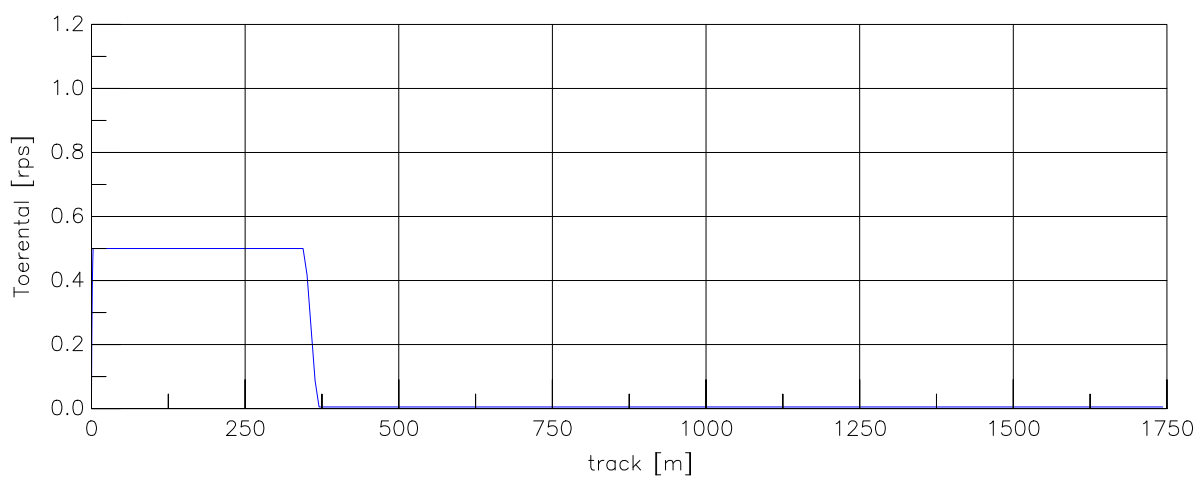
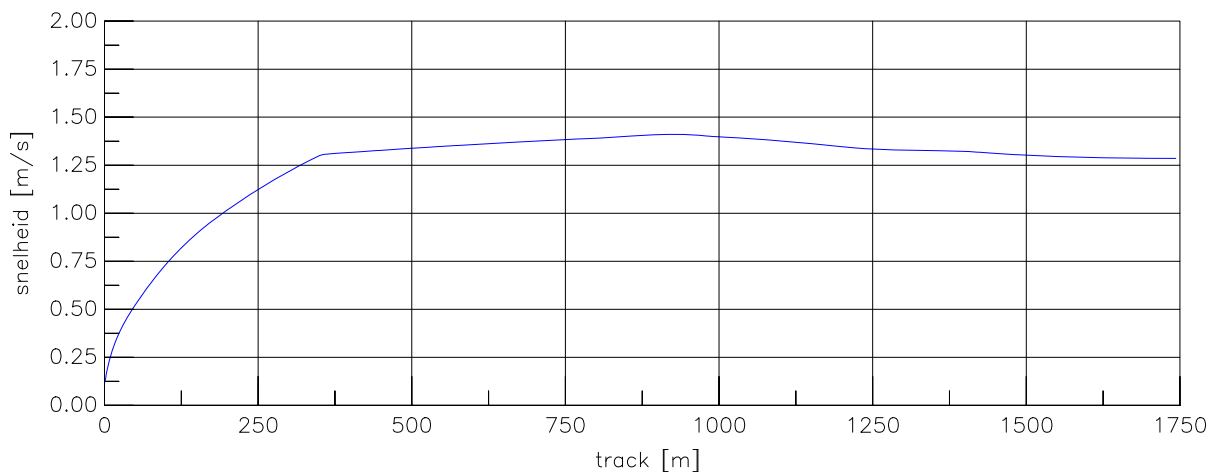


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.11-2 Fig.11-2a



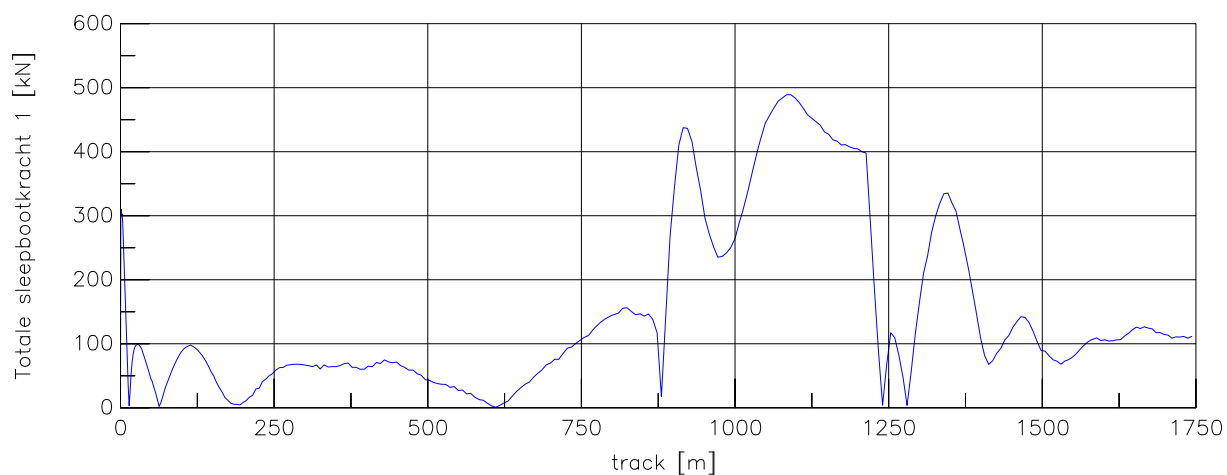
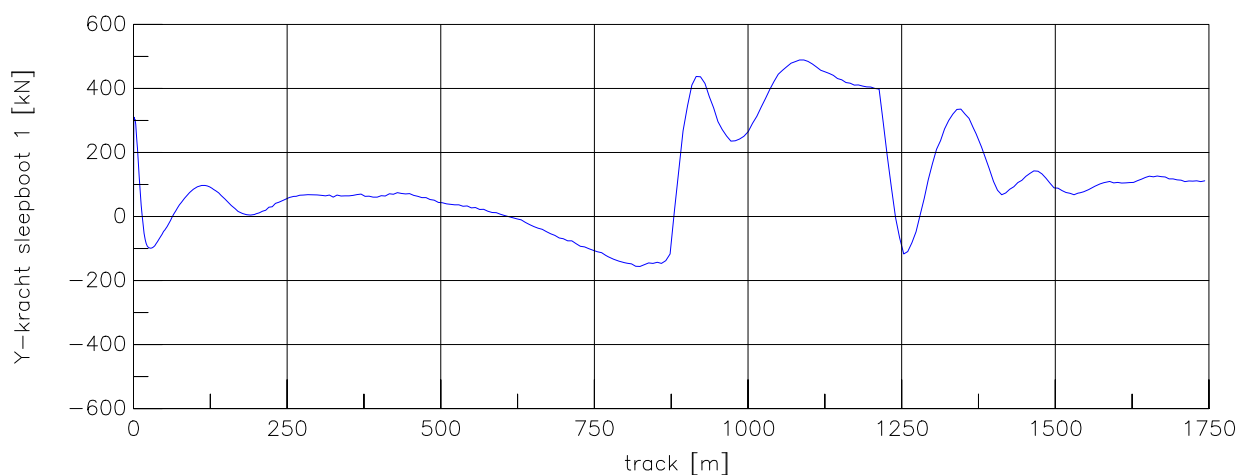
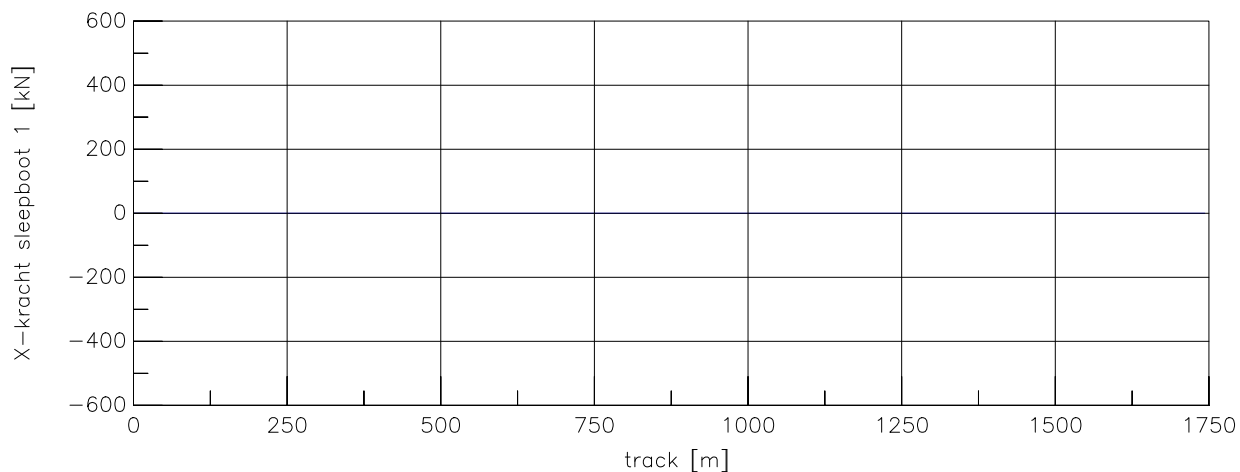
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 11-2

Fig. 11-2c



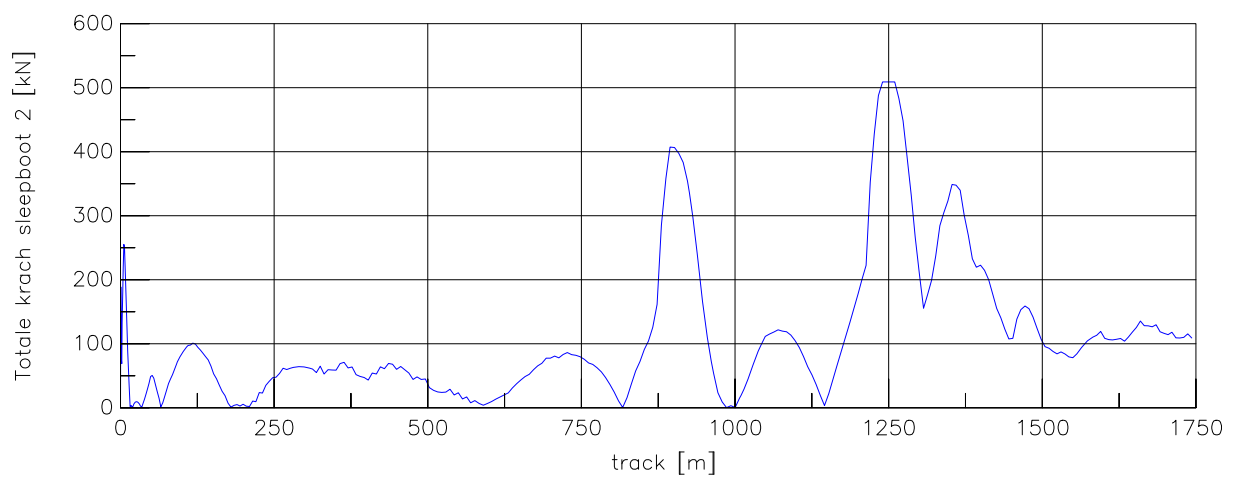
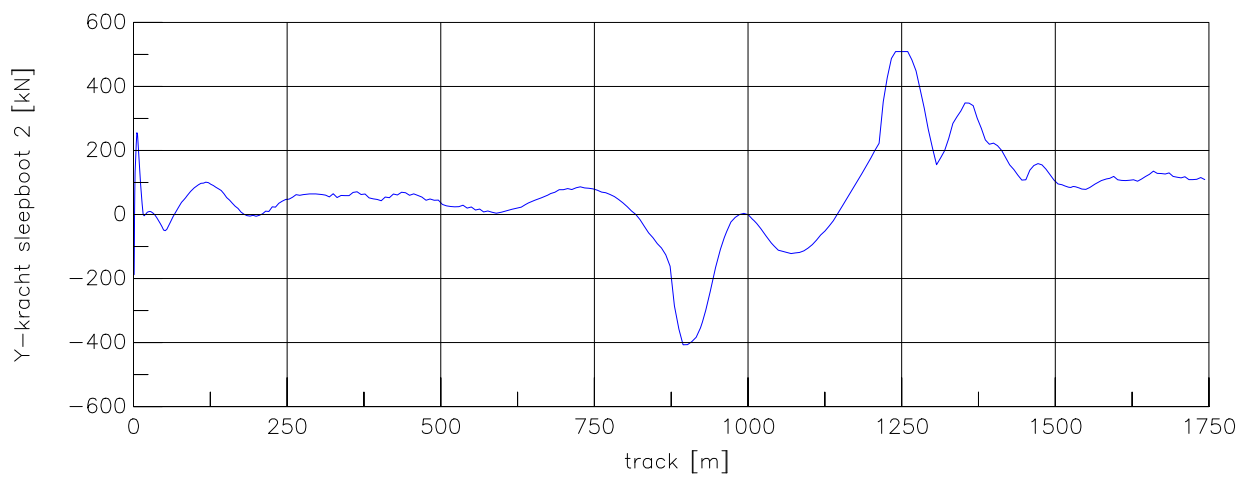
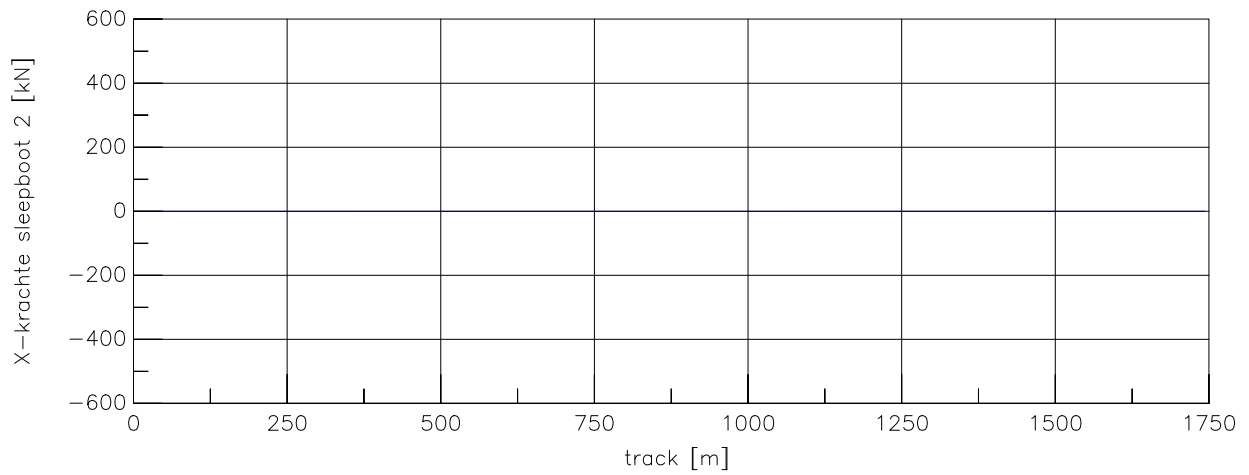
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 11-2

Fig. 11-2d



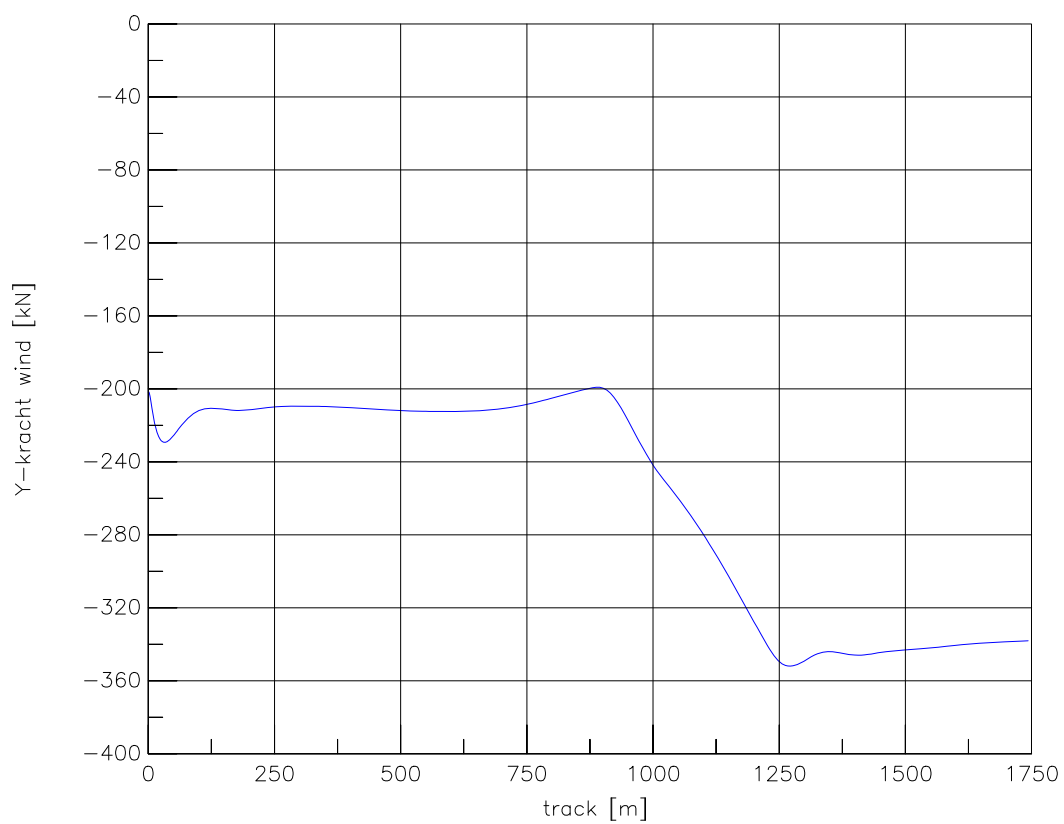
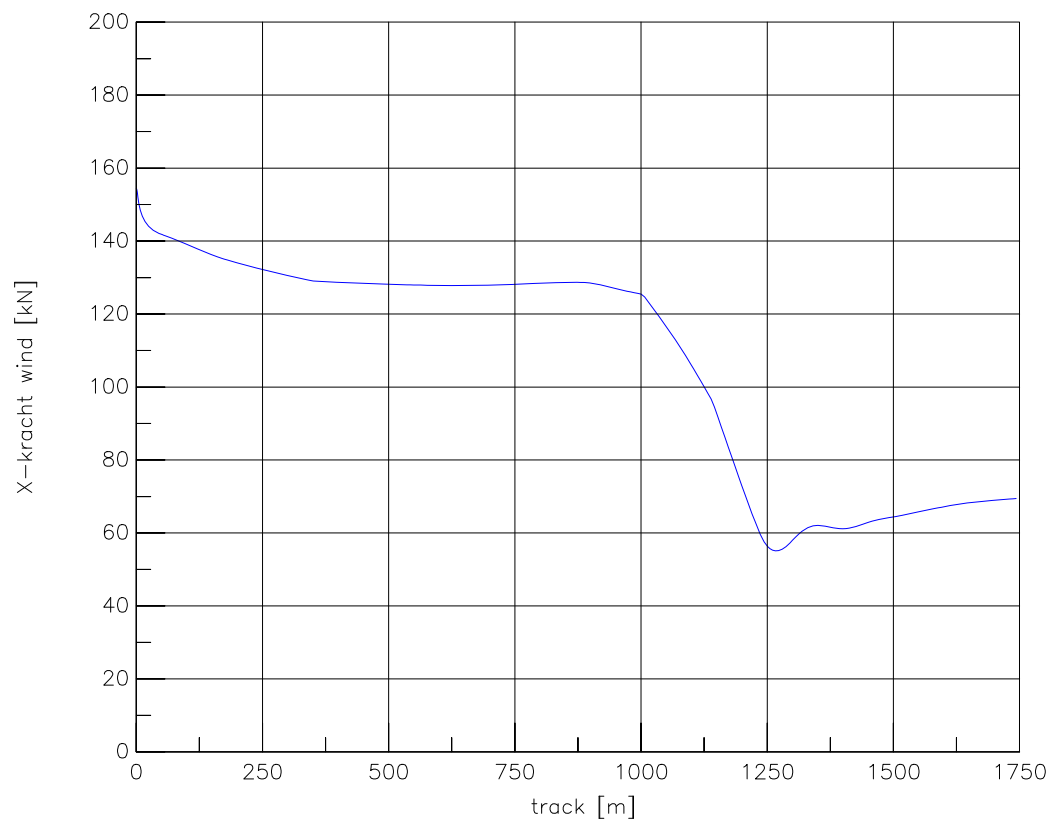
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 11-2

Fig. 11-2e



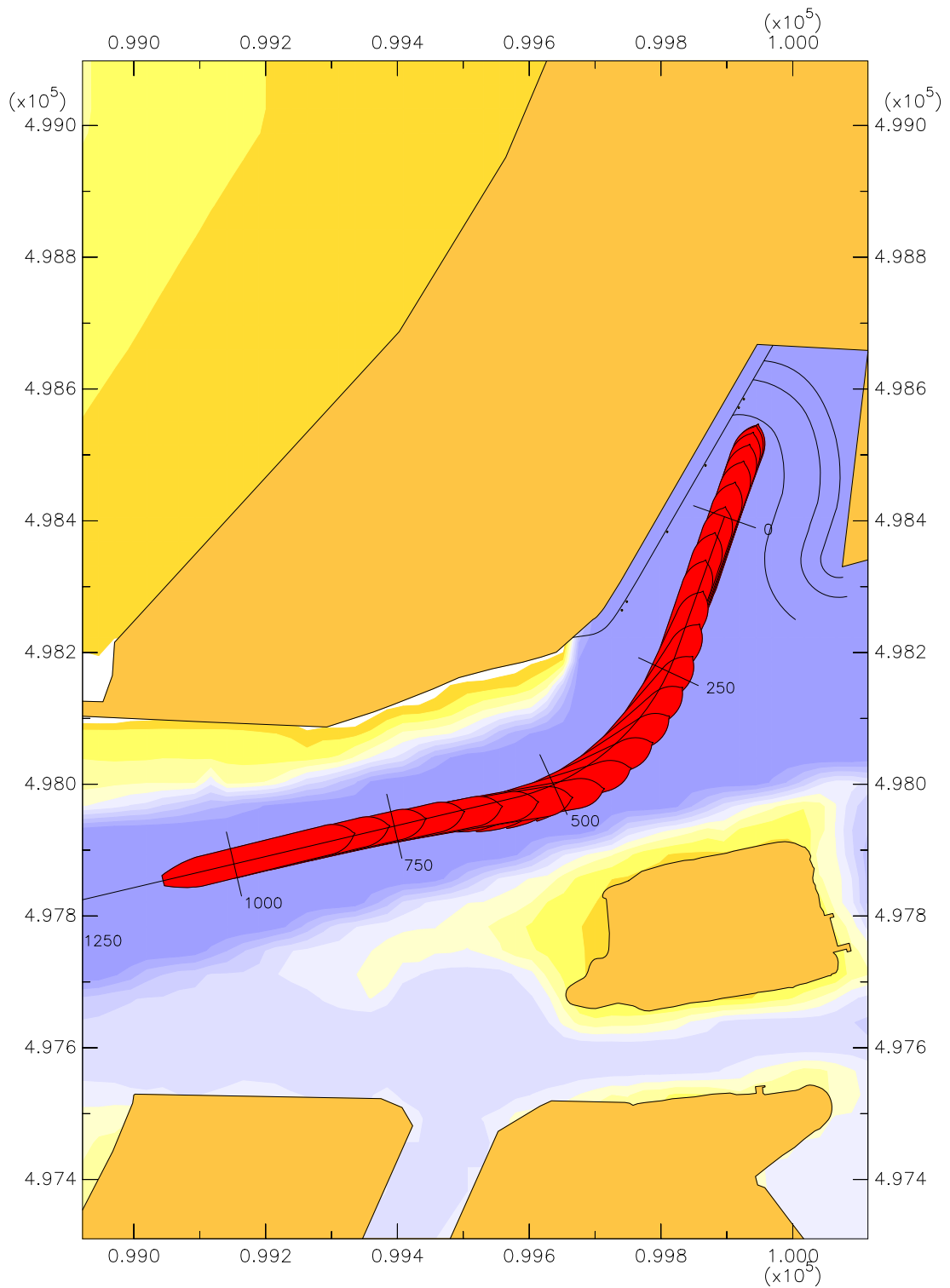
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 11-2

Fig. 11-2f

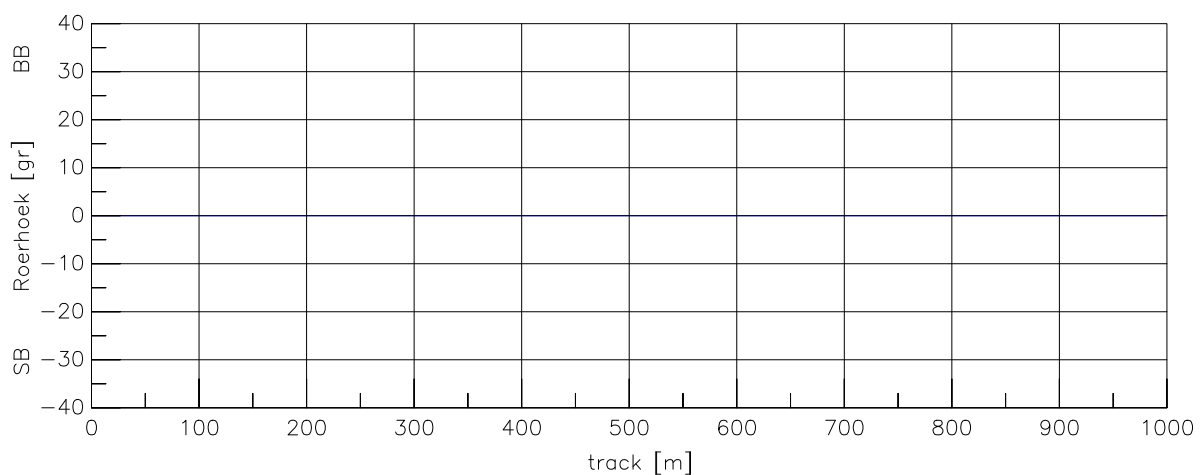
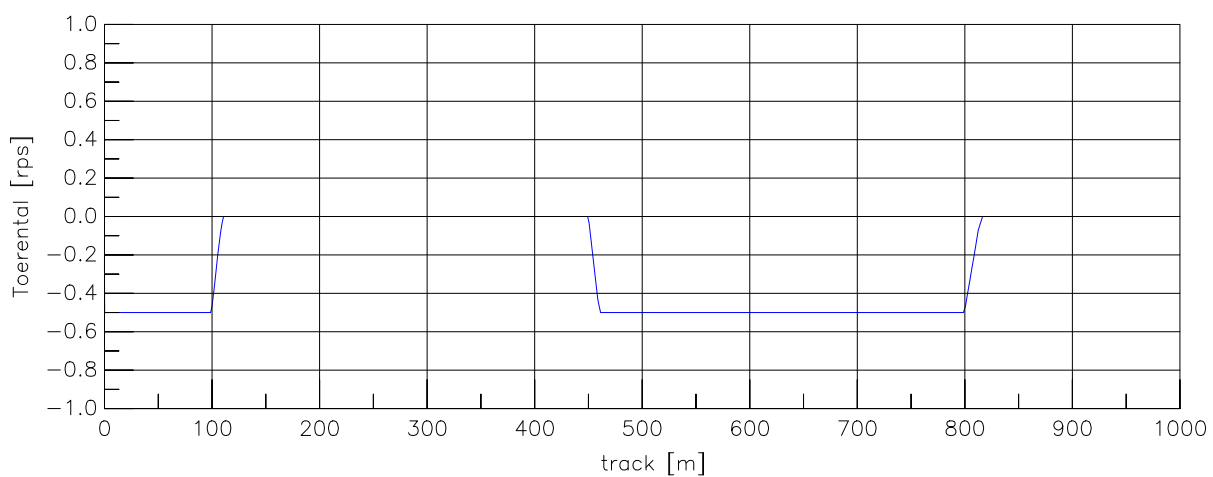
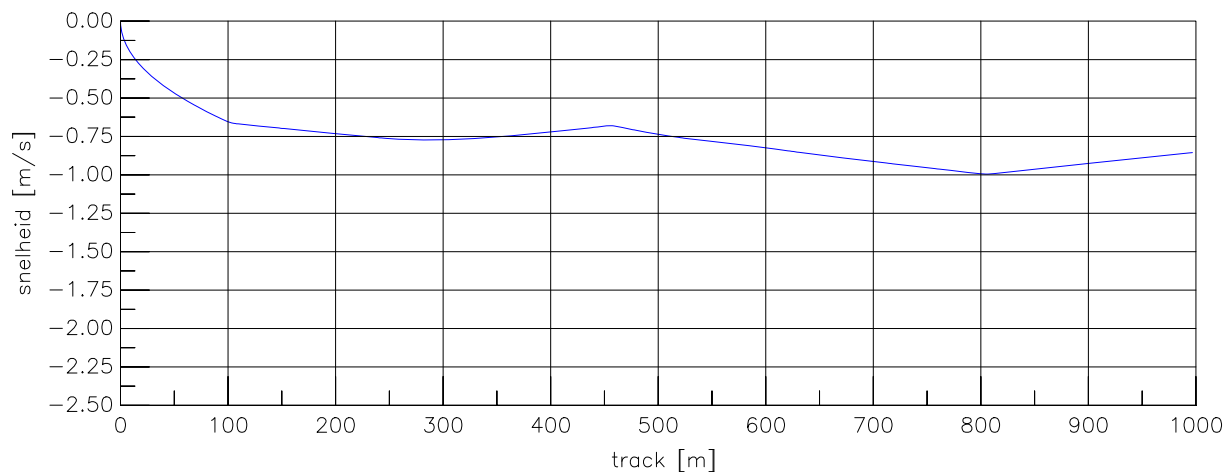


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.12-1 Fig.12-1a



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

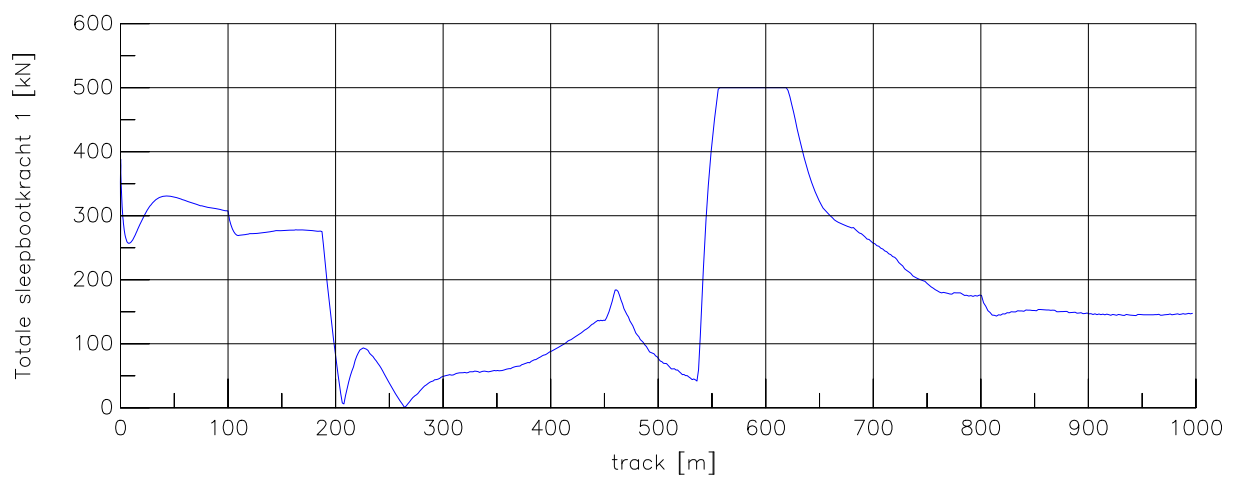
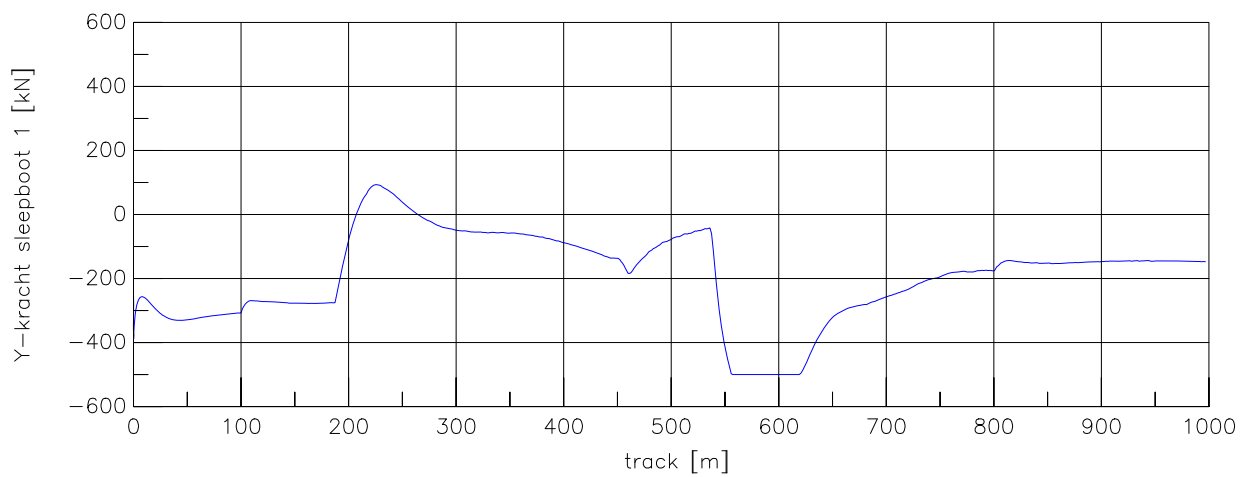
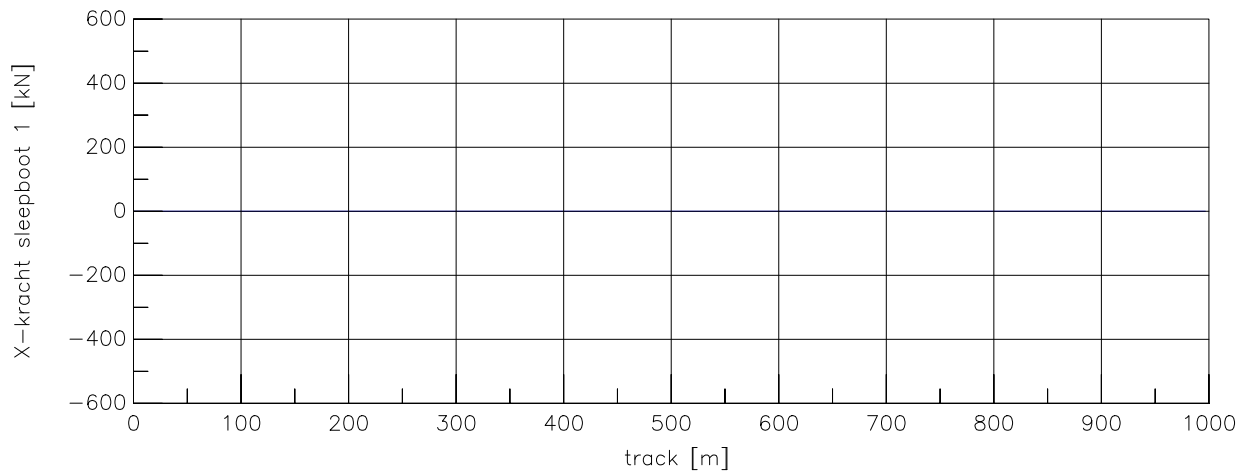
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 12-1

Fig. 12-1c





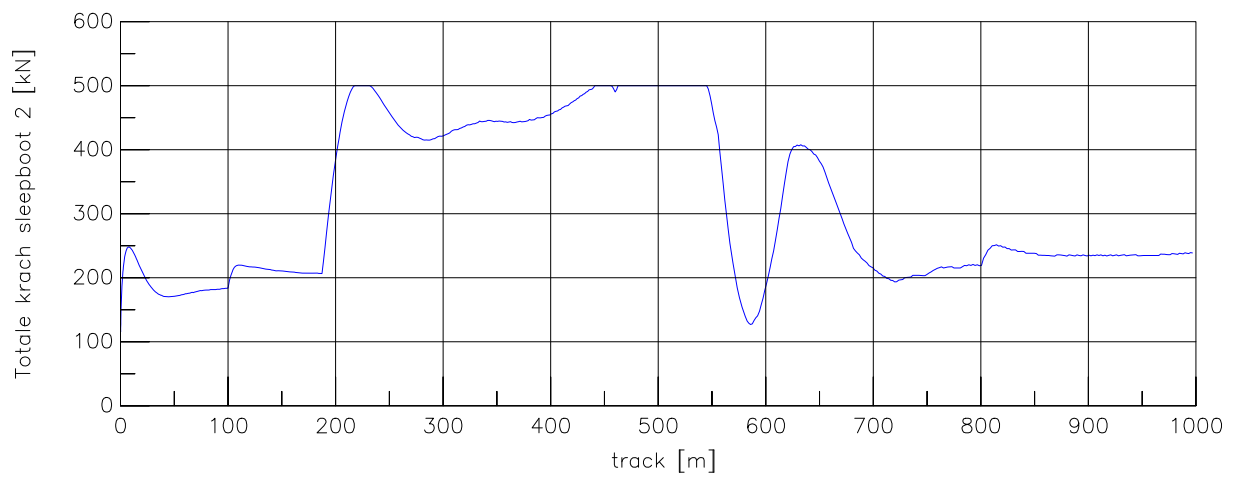
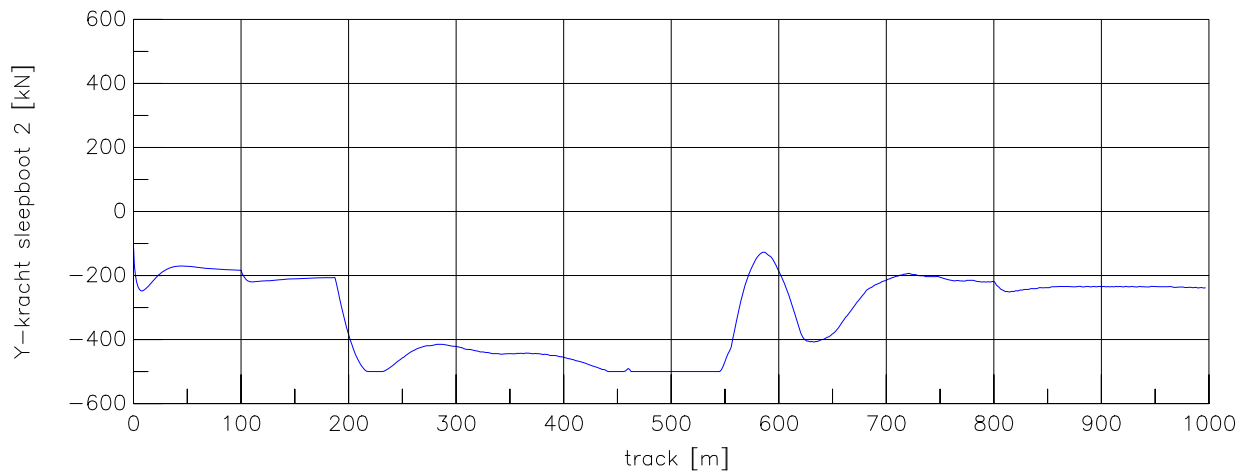
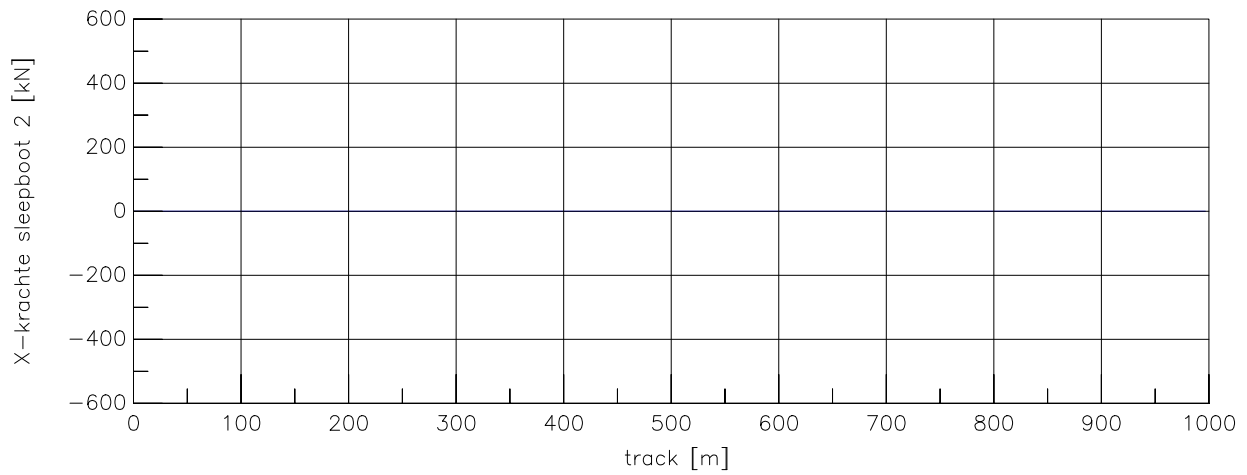
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.12-1

Fig.12-1d



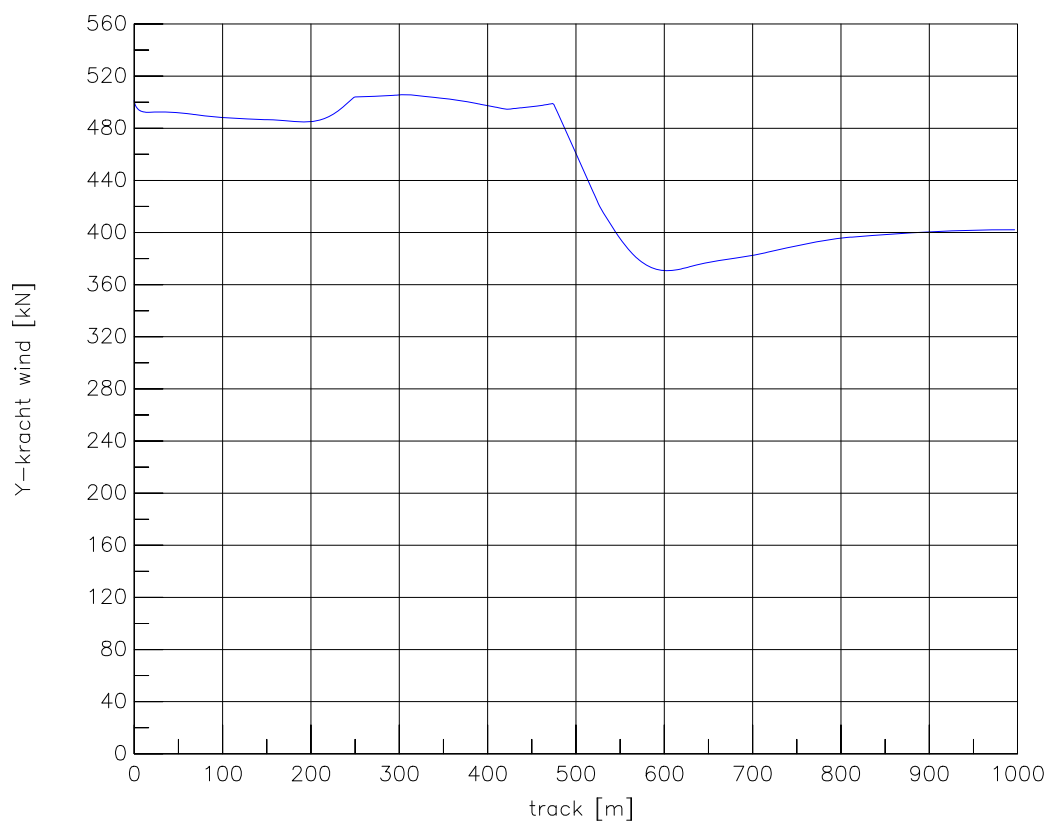
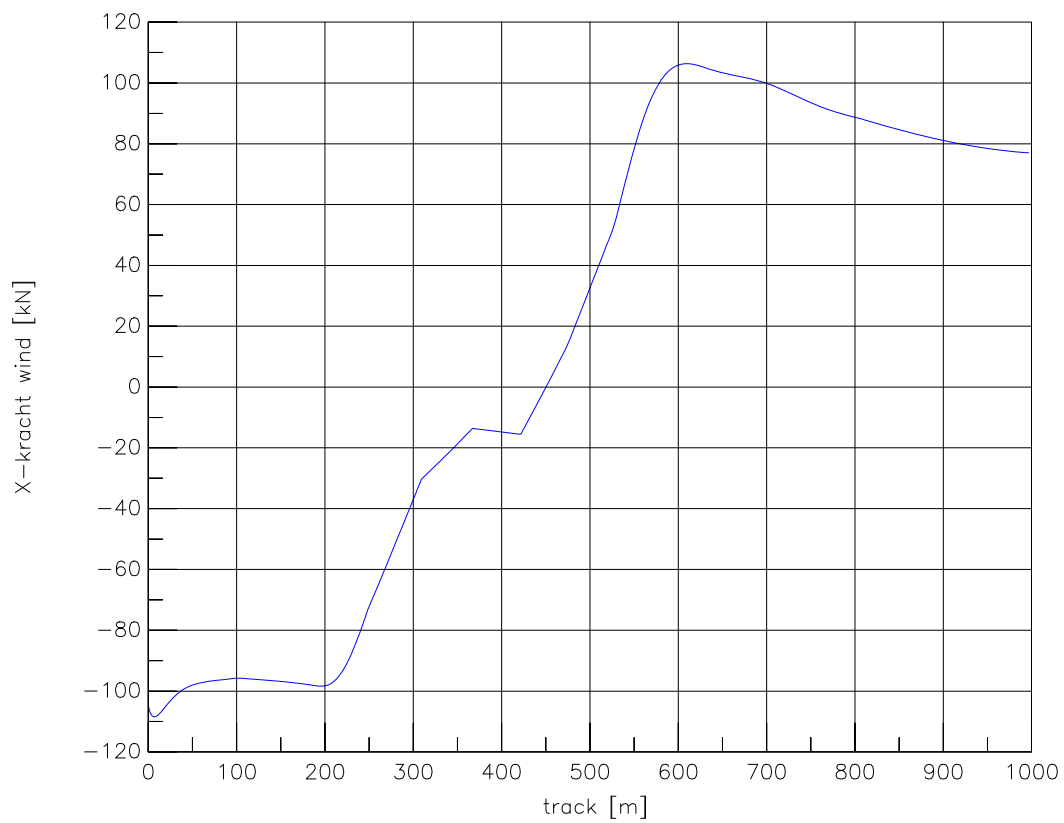
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 12-1

Fig. 12-1e



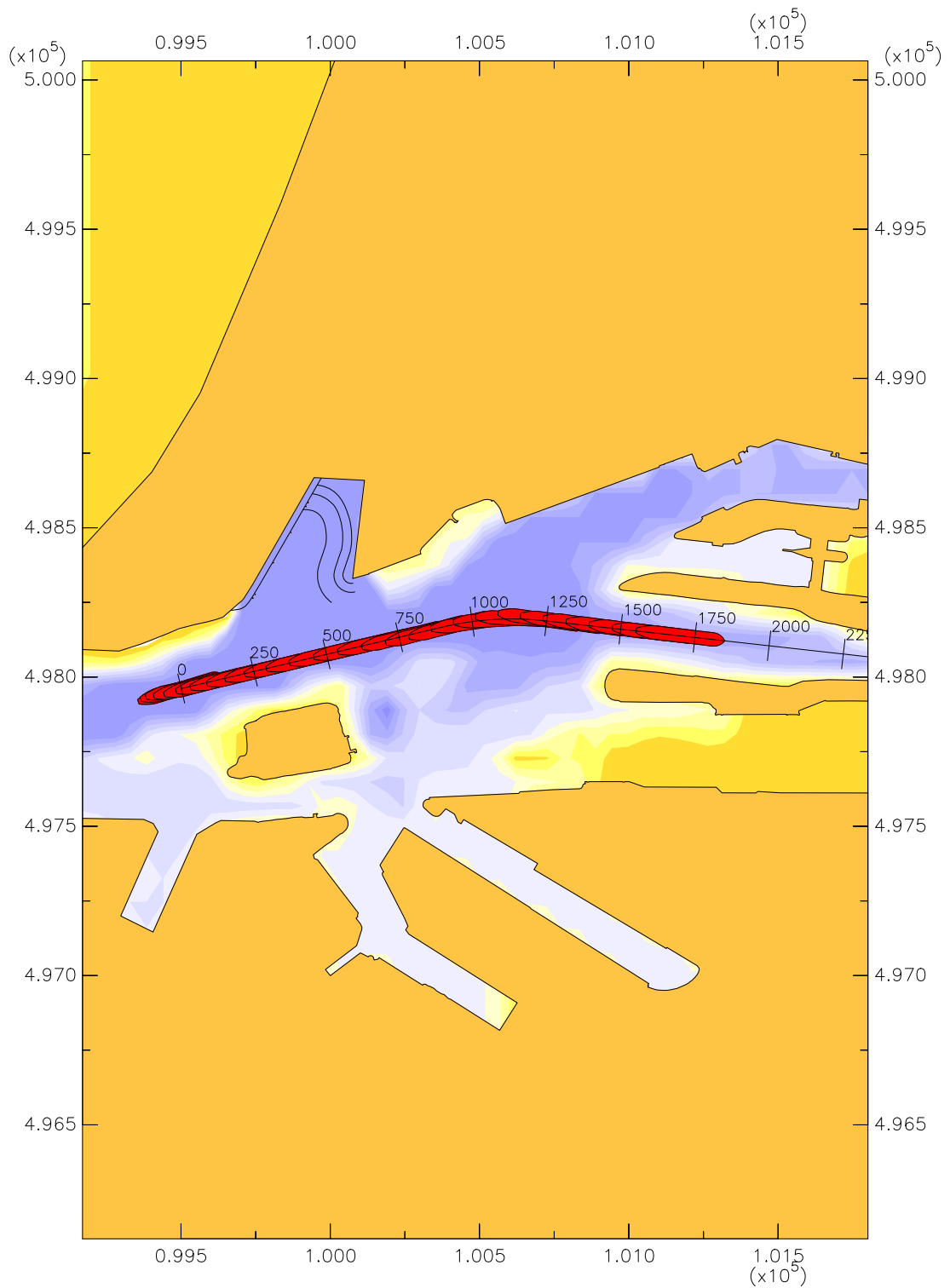
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.12-1

Fig.12-1f

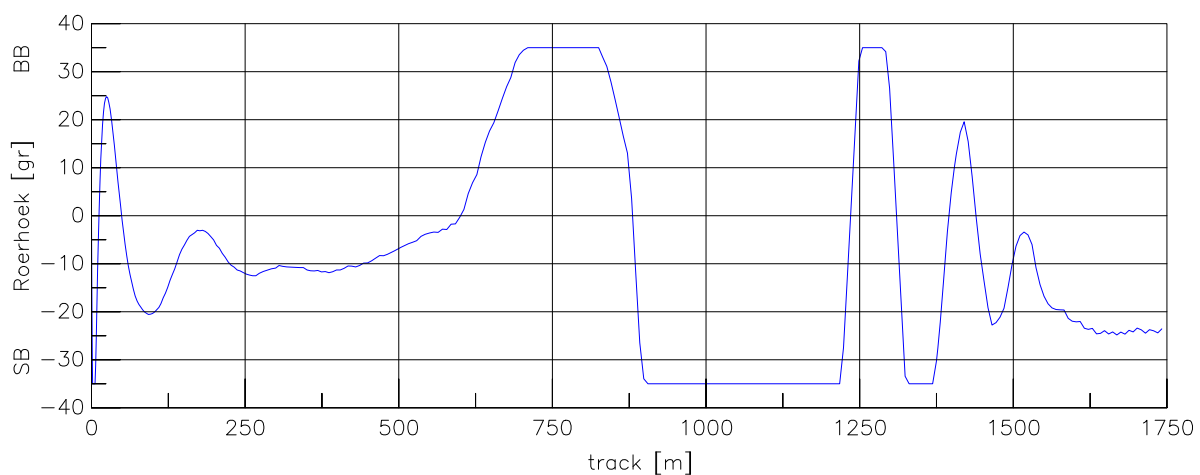
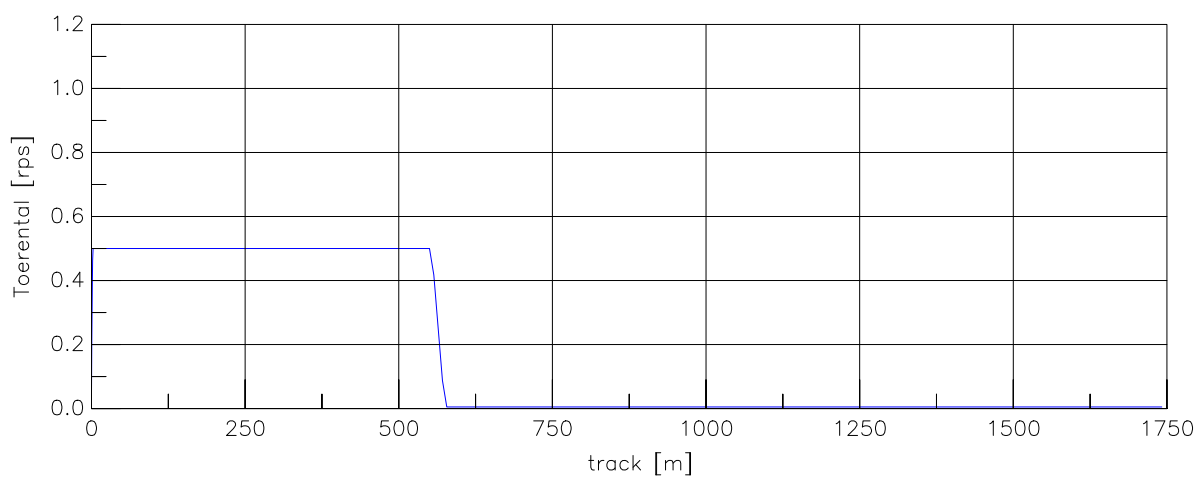
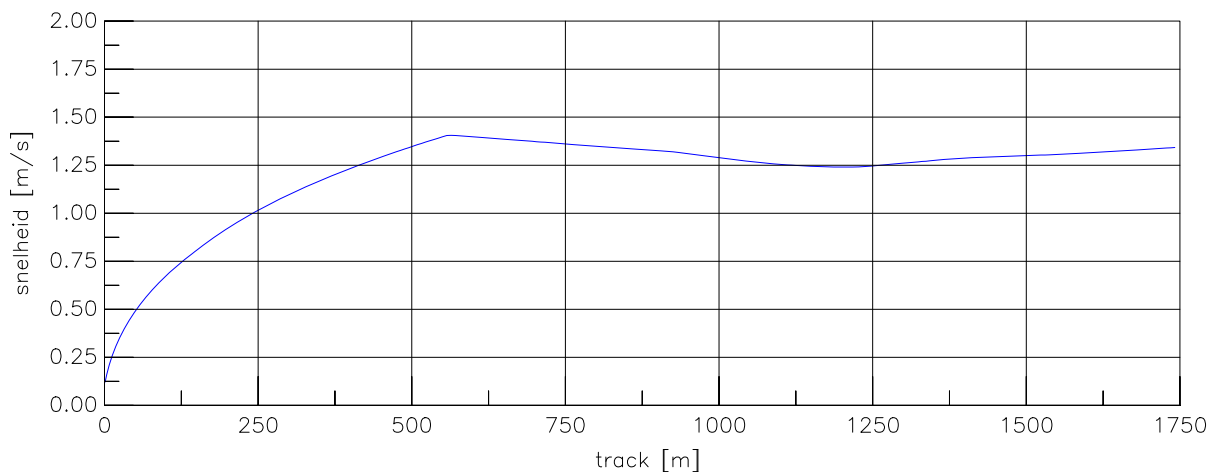


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.12-2 Fig.12-2a



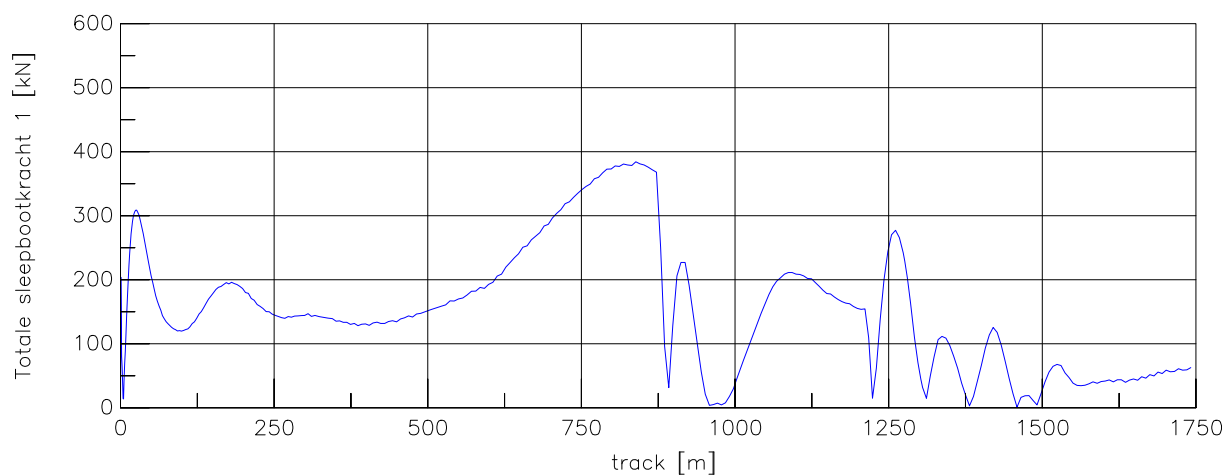
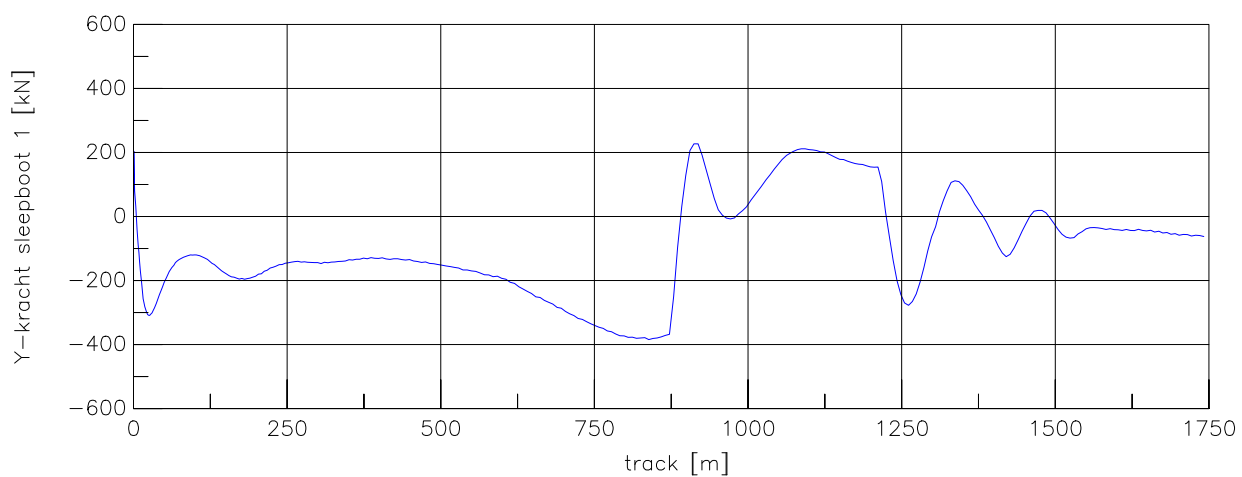
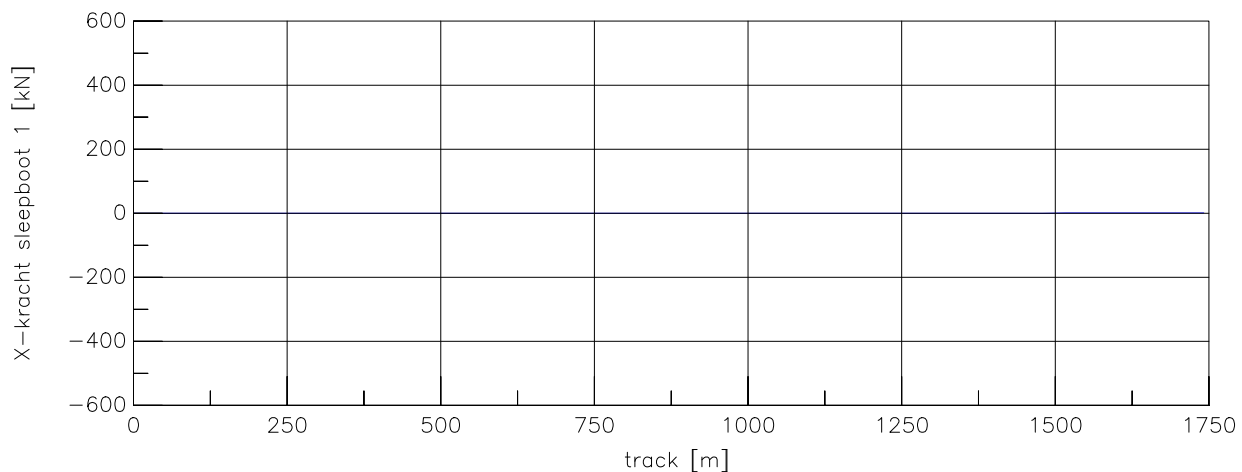
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 12-2

Fig. 12-2c



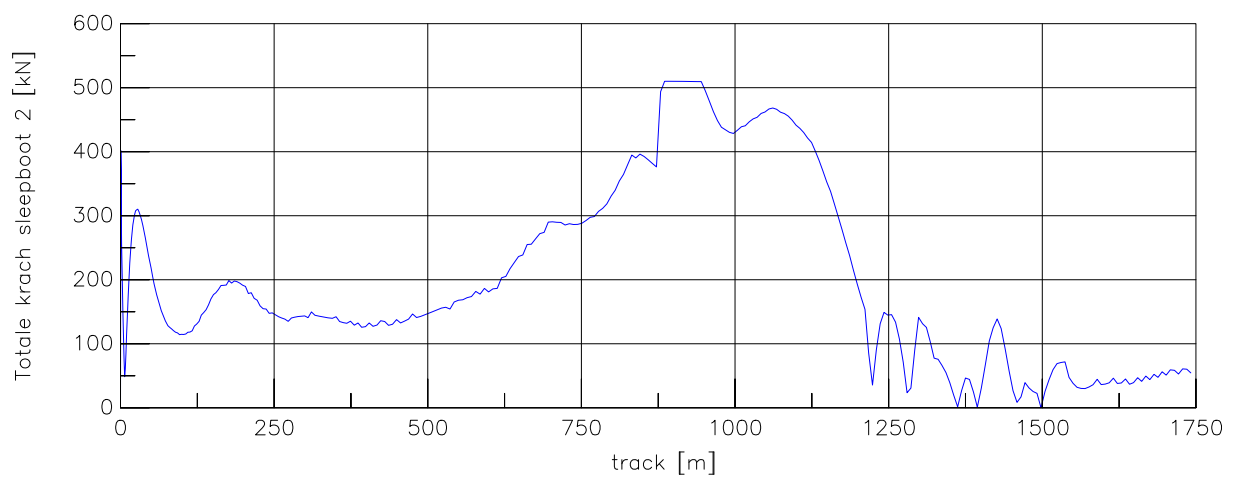
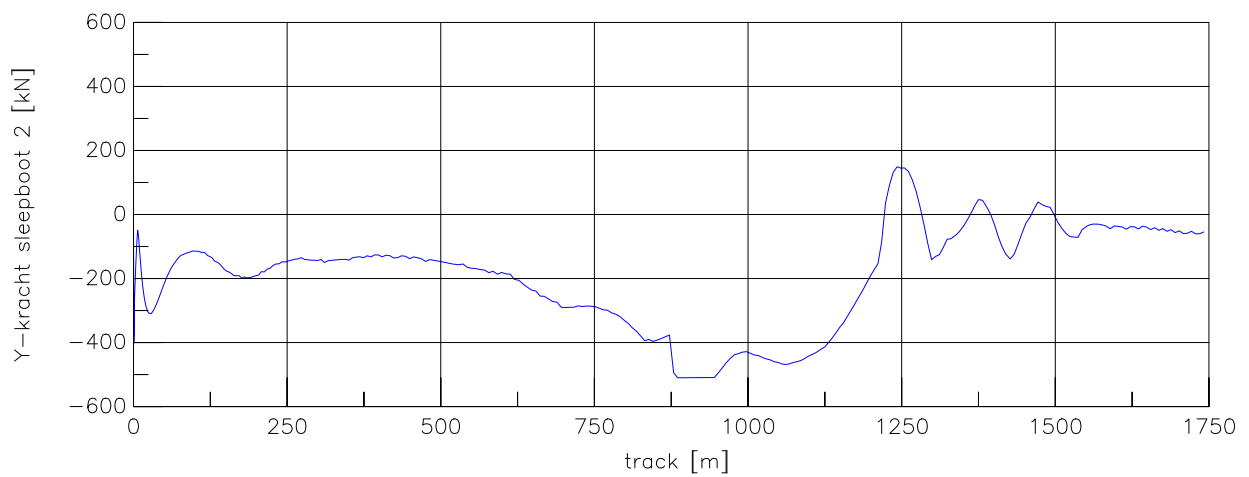
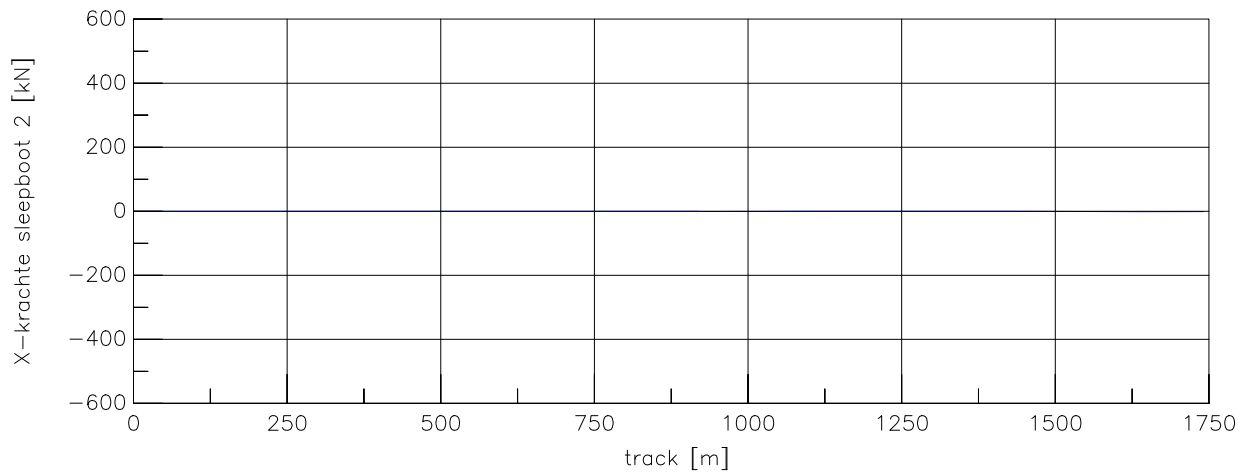
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 12-2

Fig. 12-2d



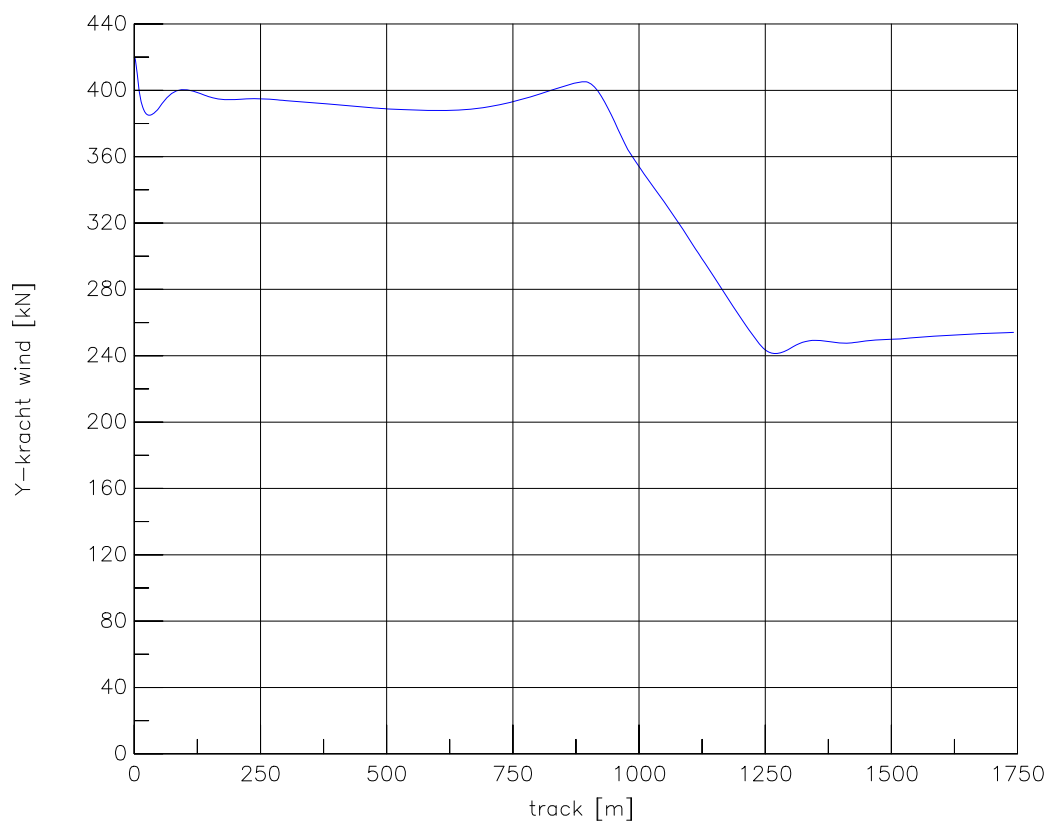
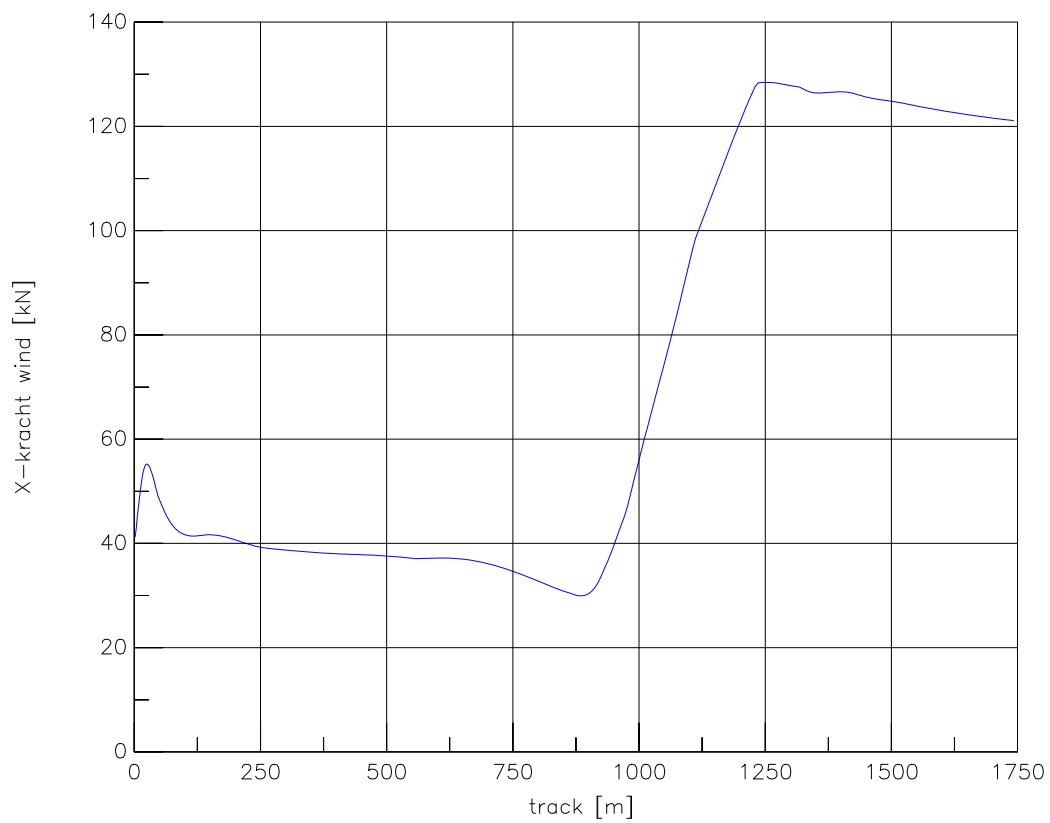
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 12-2

Fig. 12-2e



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

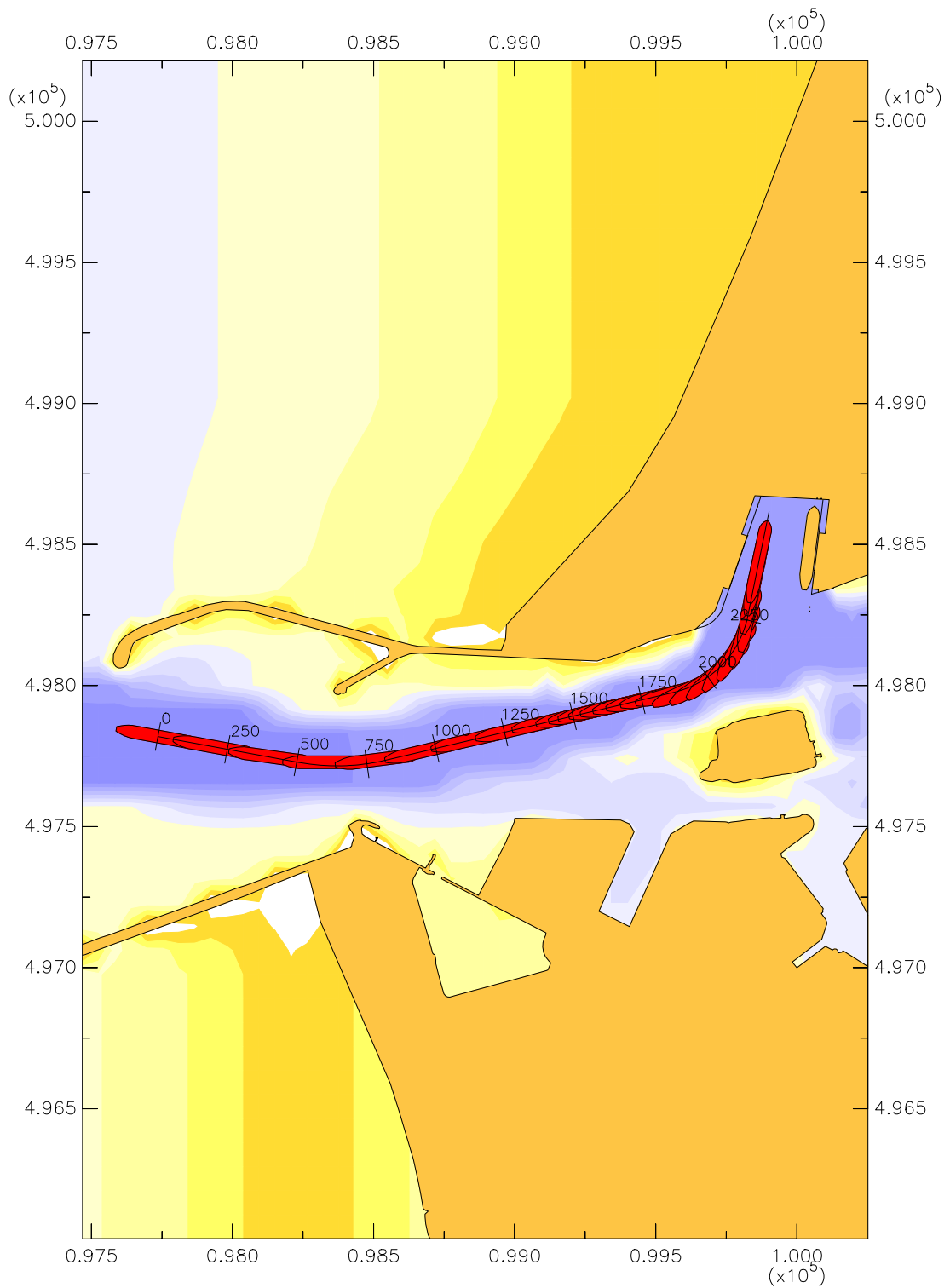
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 12-2

Fig. 12-2f





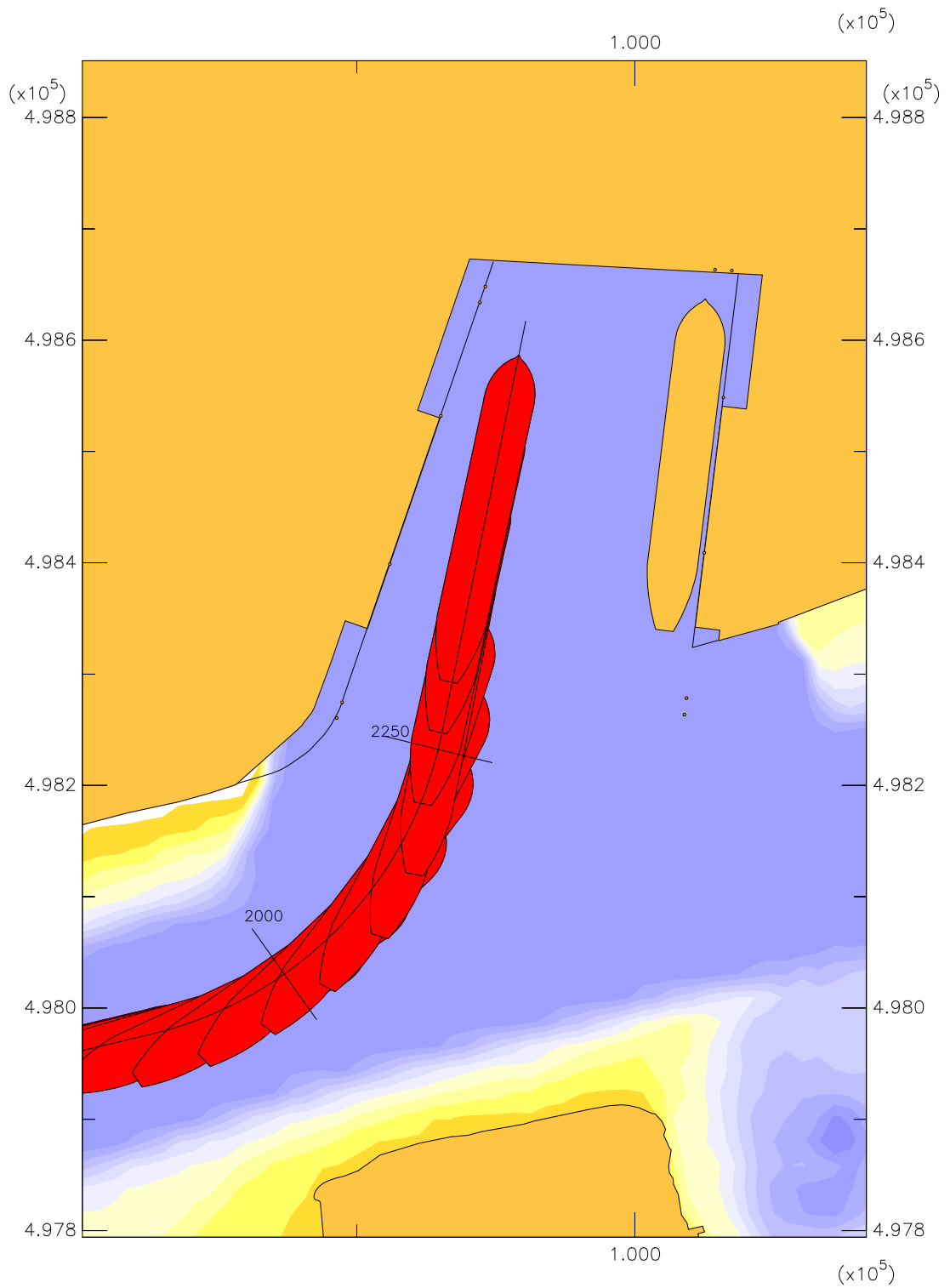
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 13

Fig. 13a



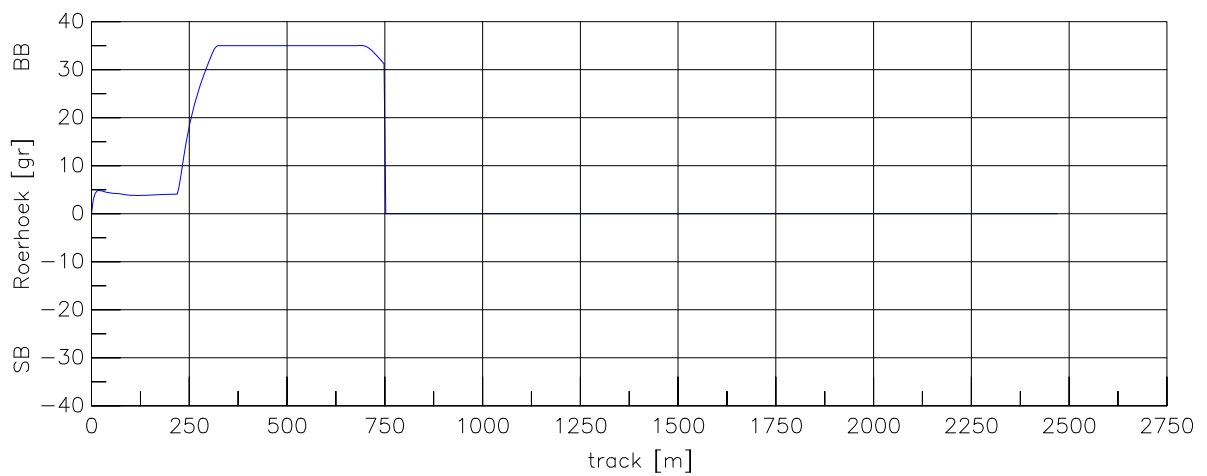
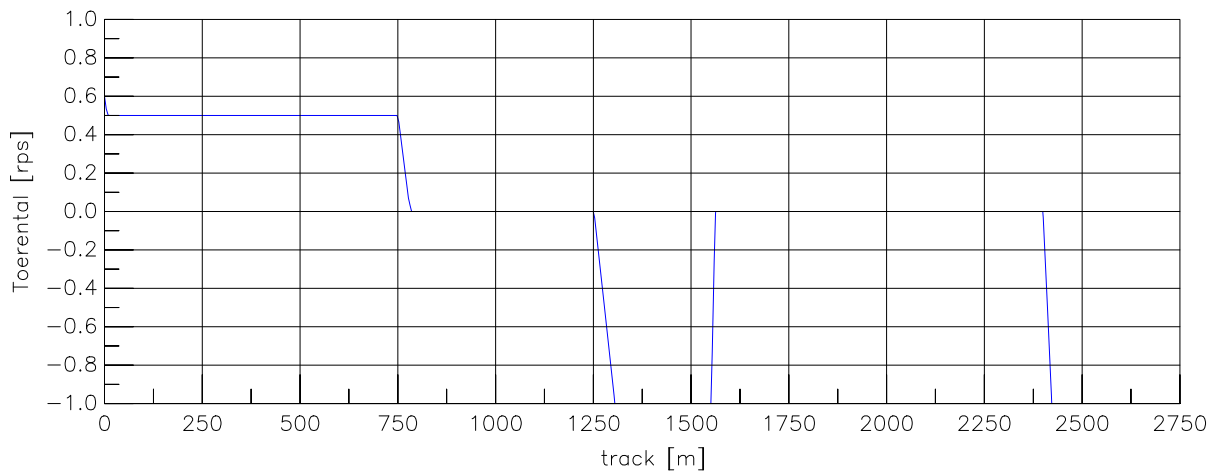
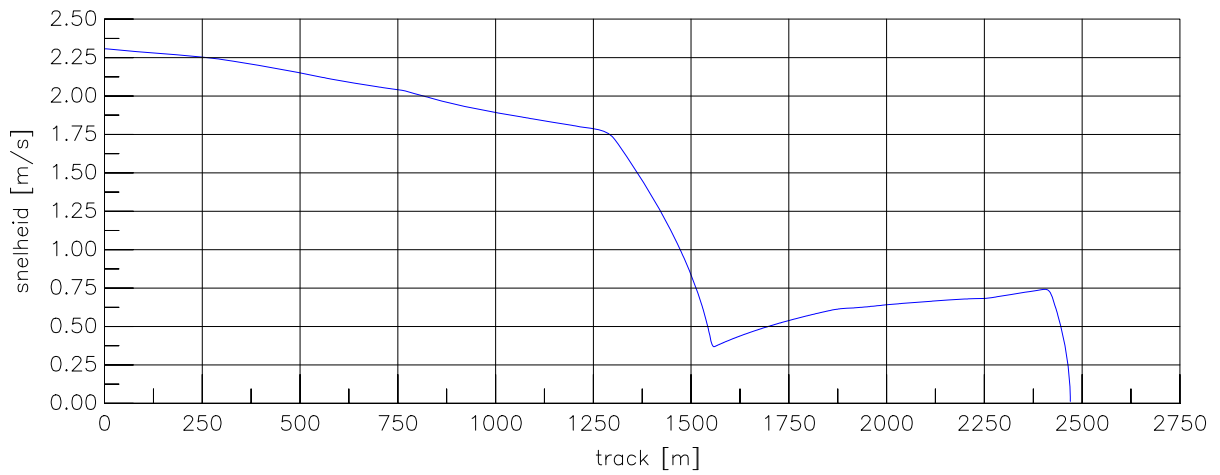
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 13

Fig. 13b



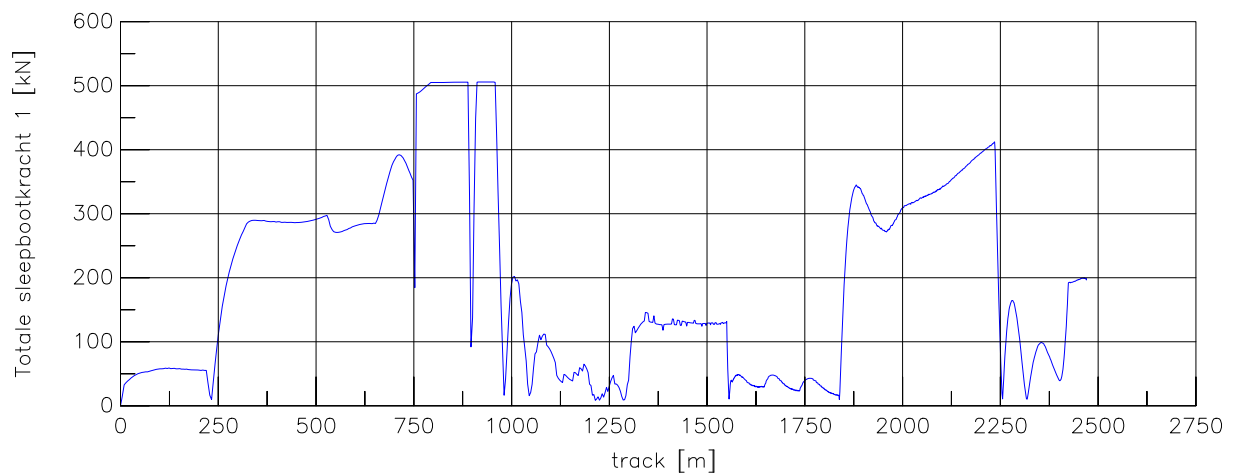
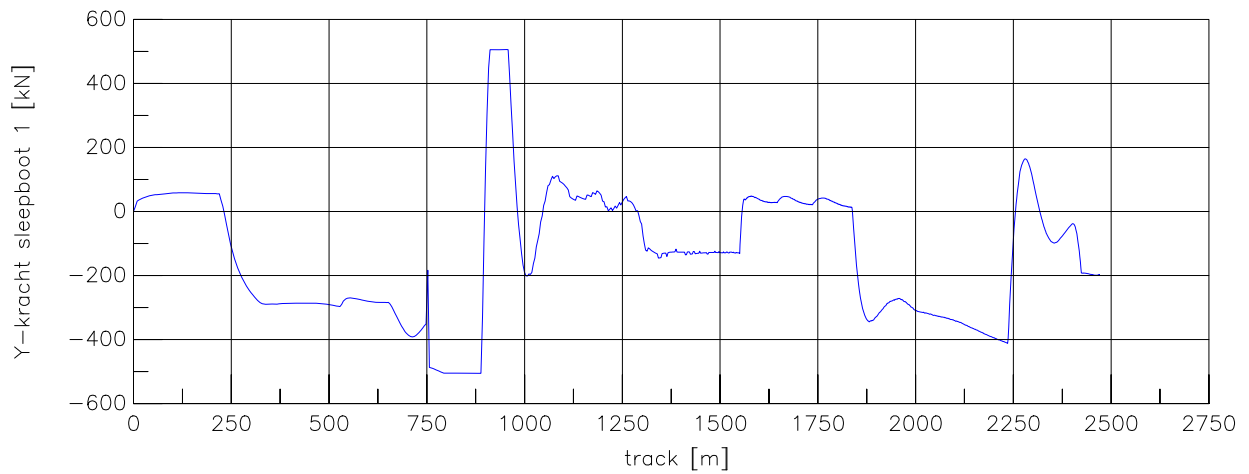
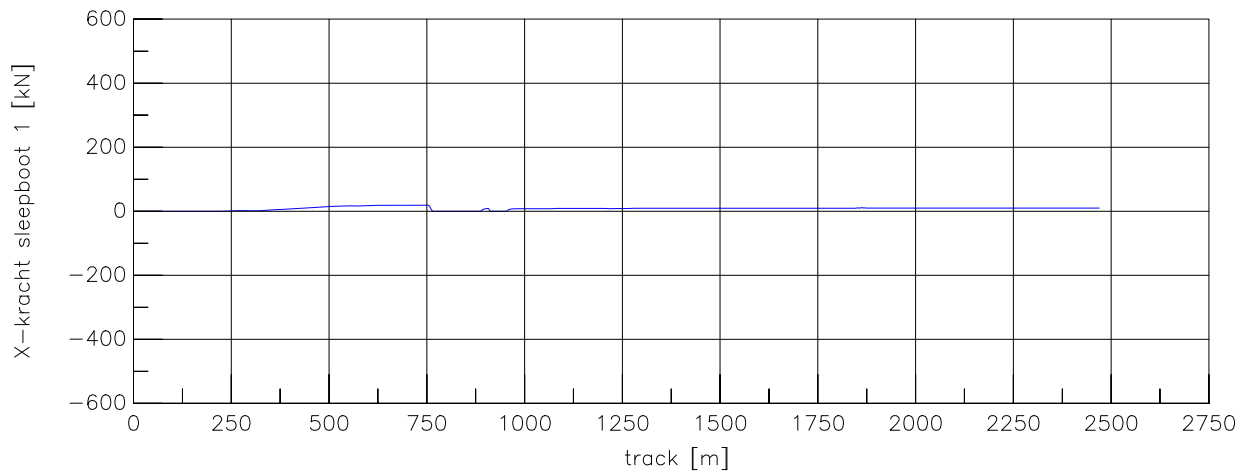
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 13

Fig. 13c



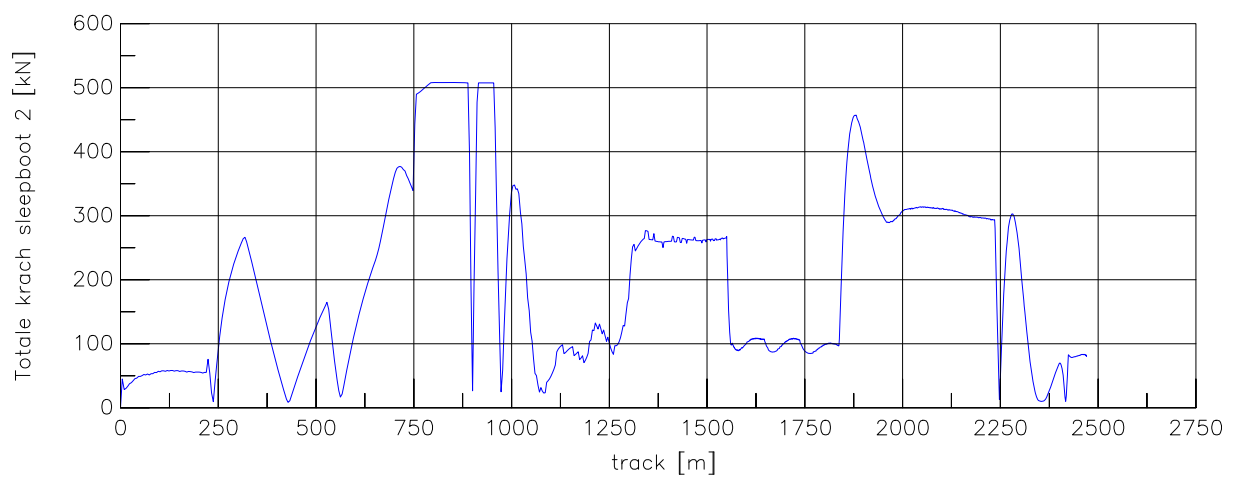
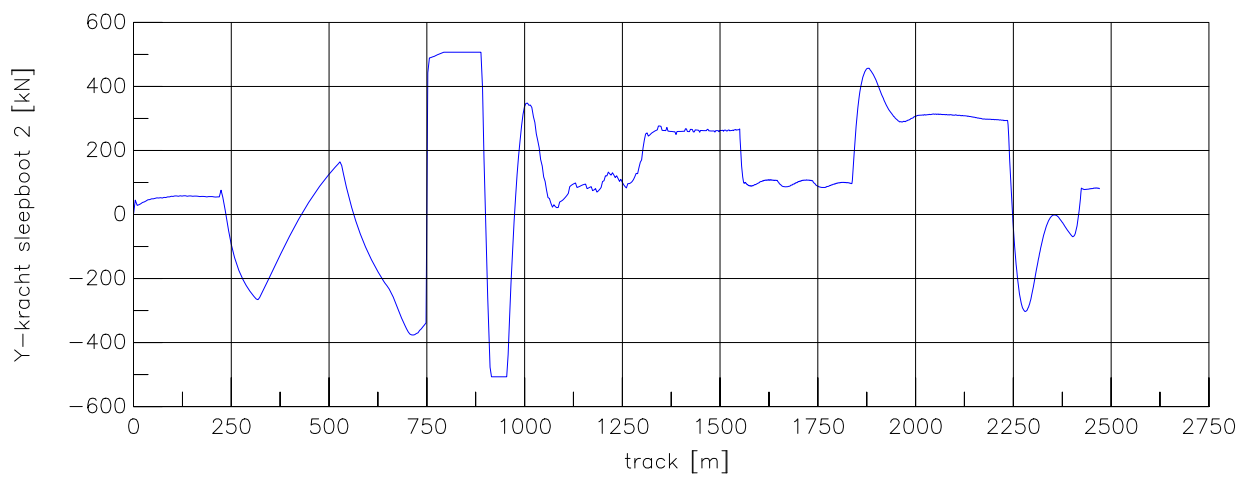
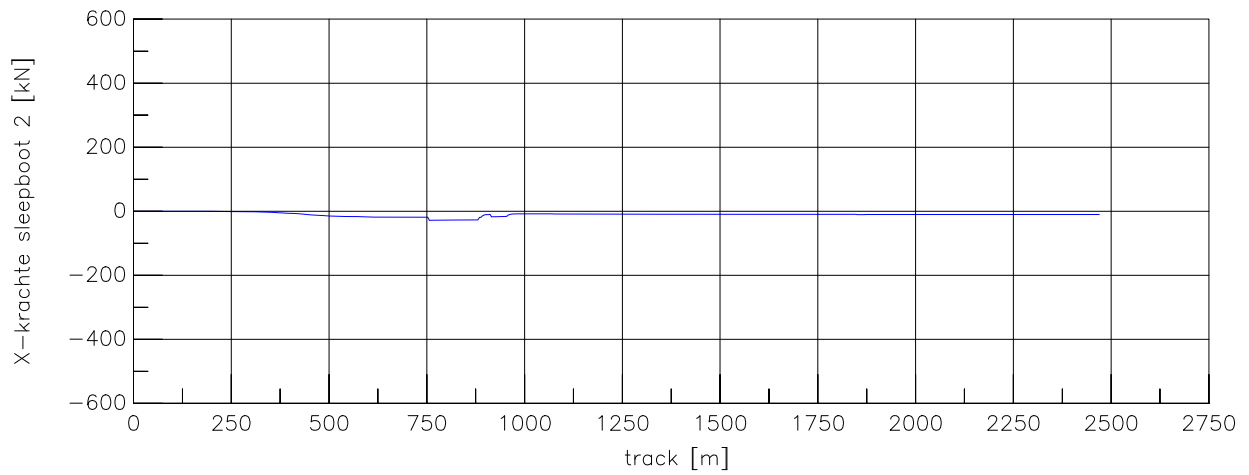
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 13

Fig. 13d



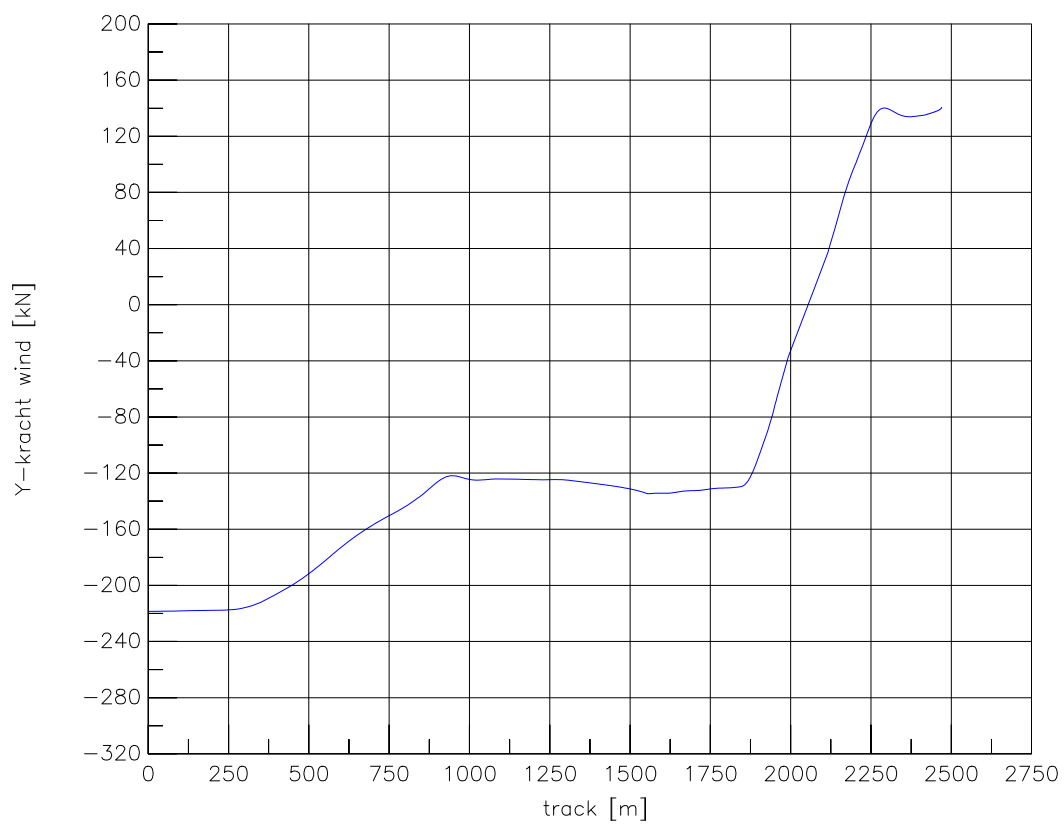
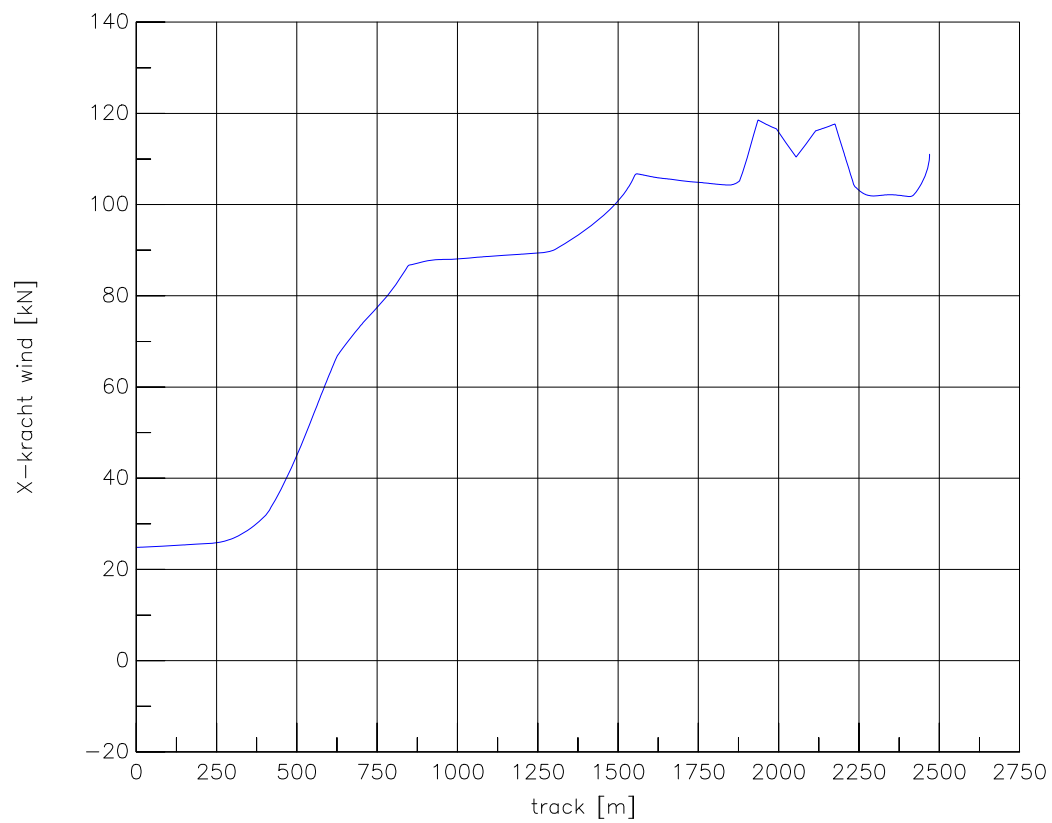
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 13

Fig. 13e



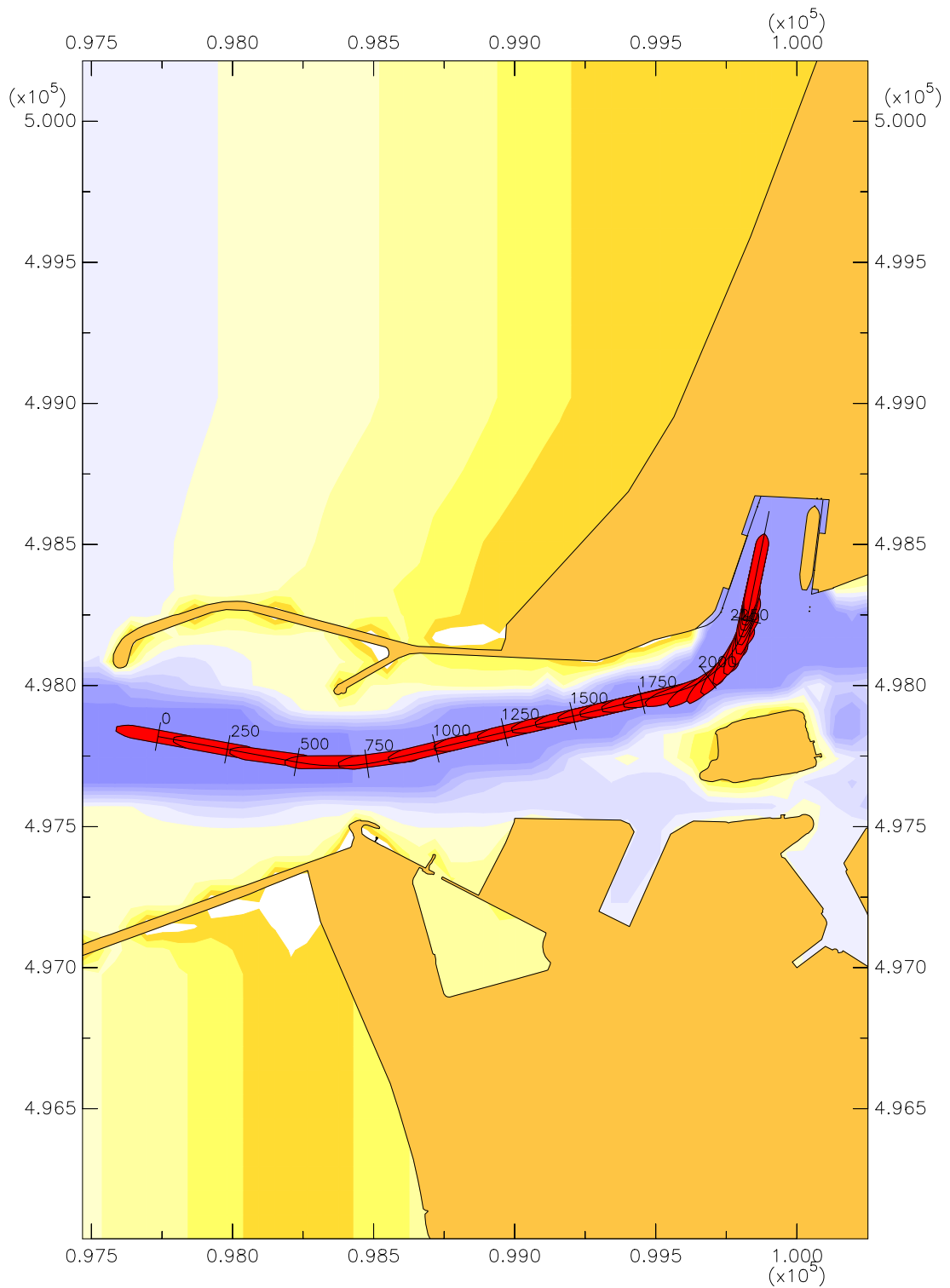
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 13

Fig. 13f



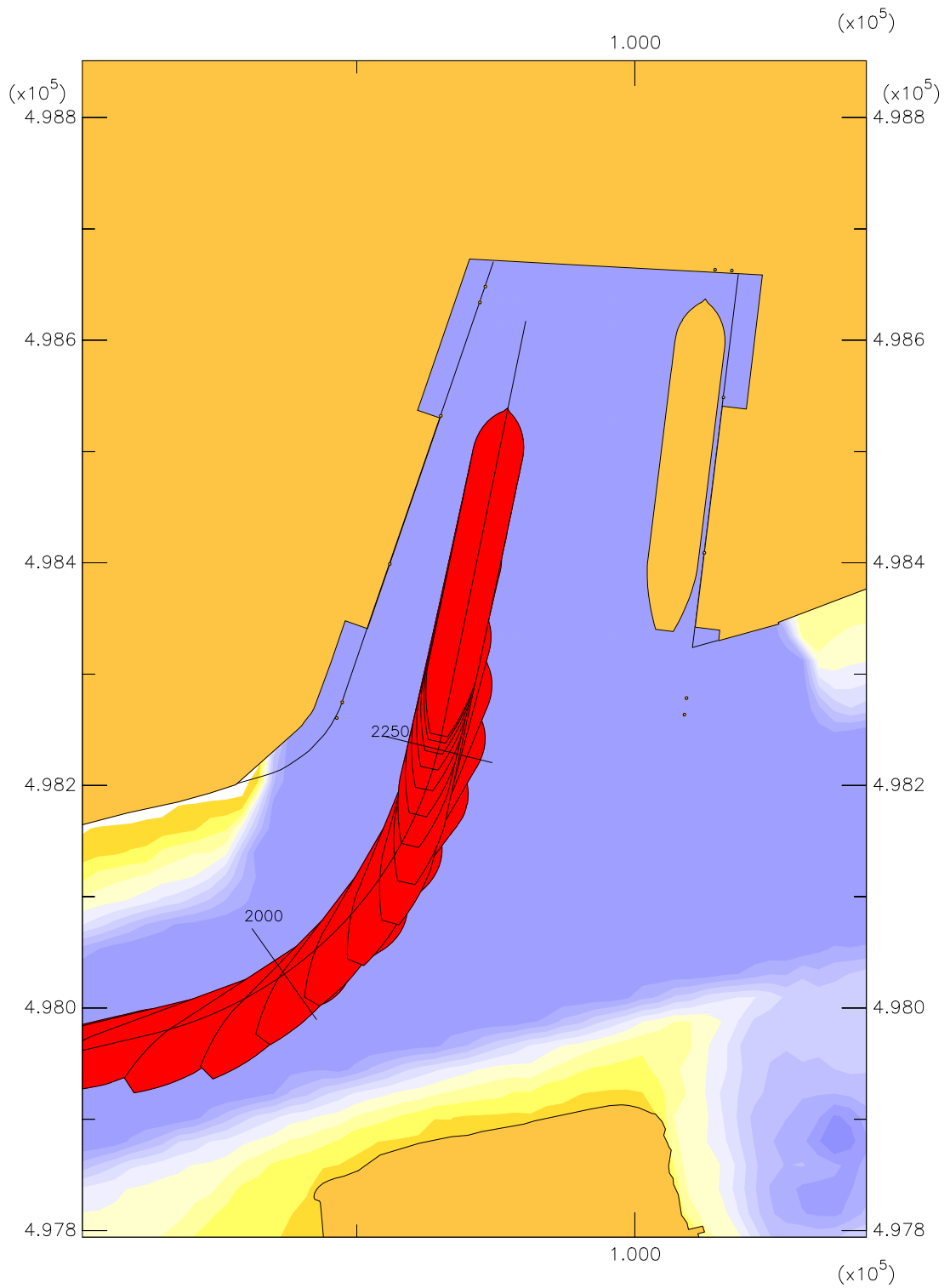
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 14

Fig. 14a



Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

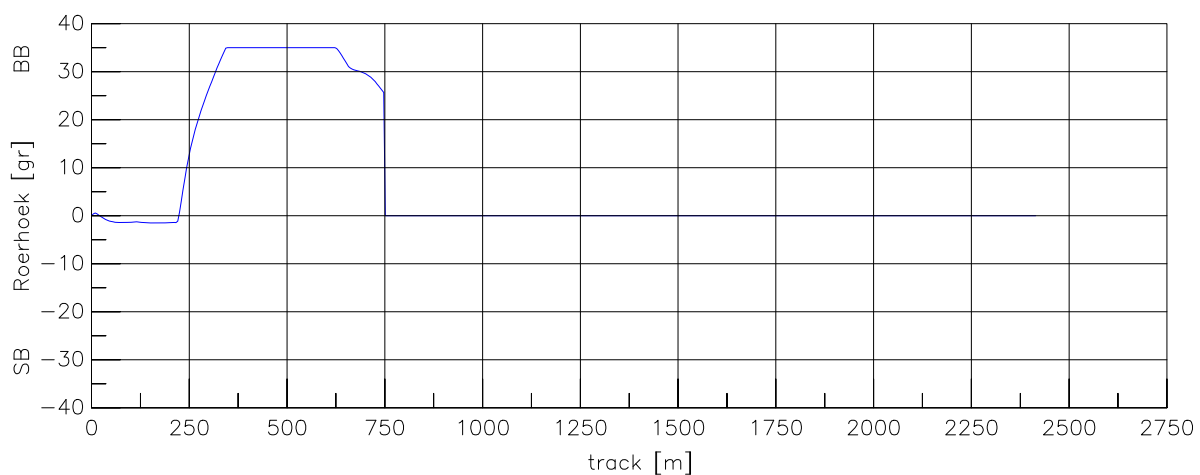
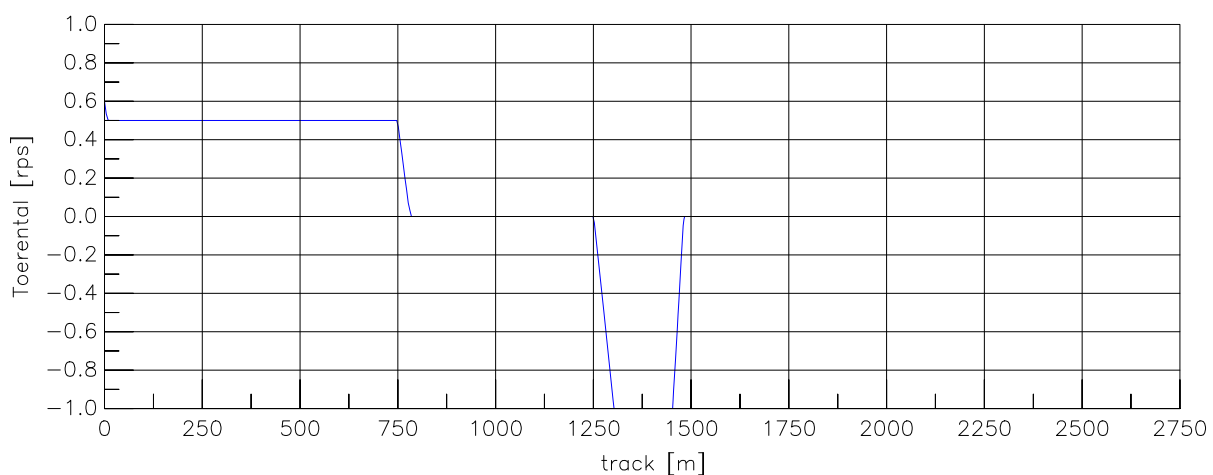
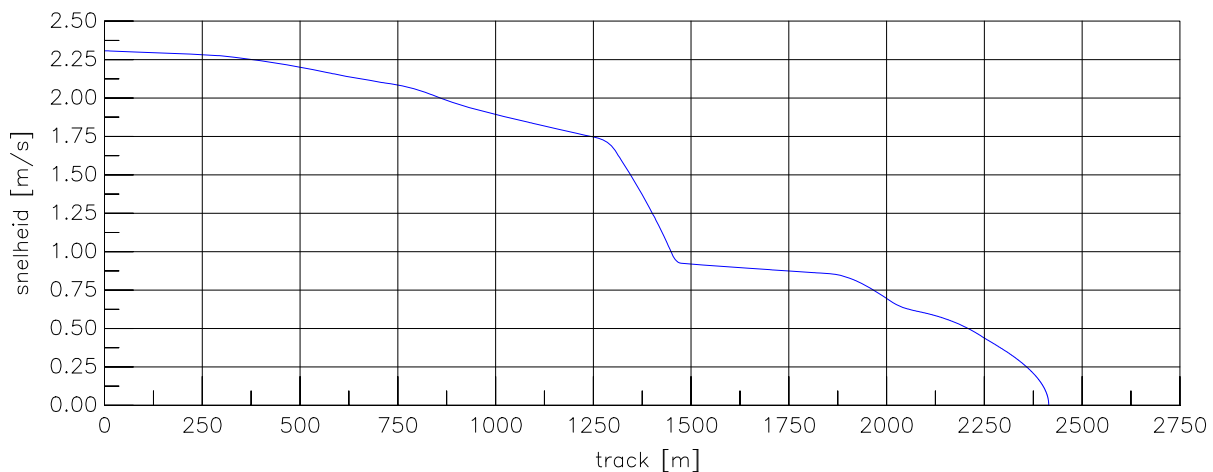
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 14

Fig. 14b





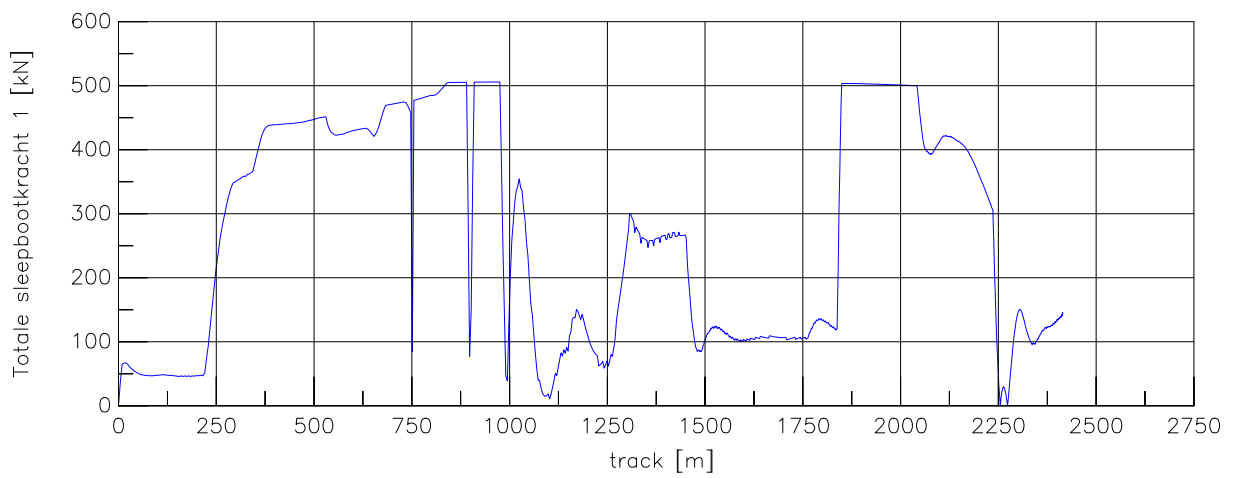
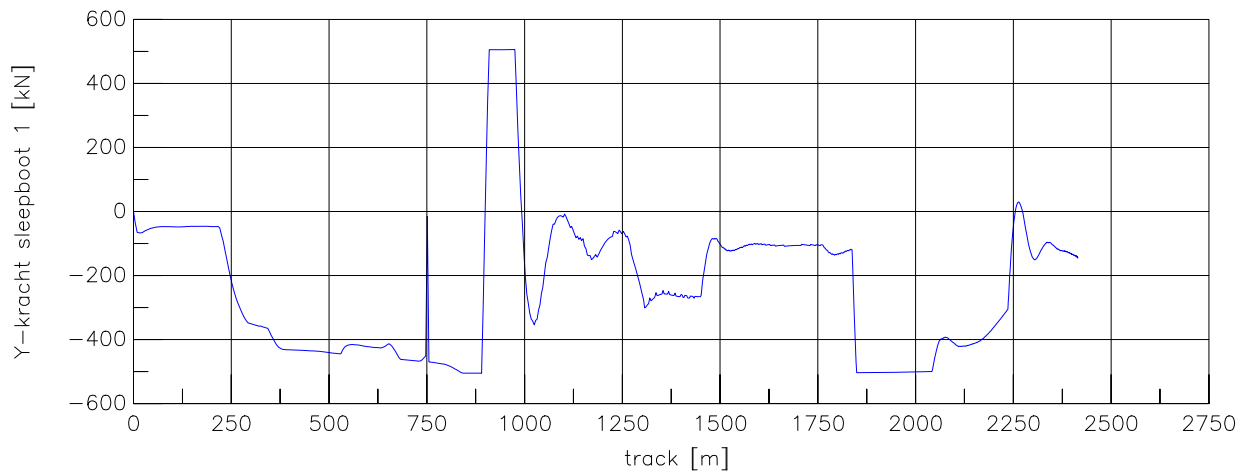
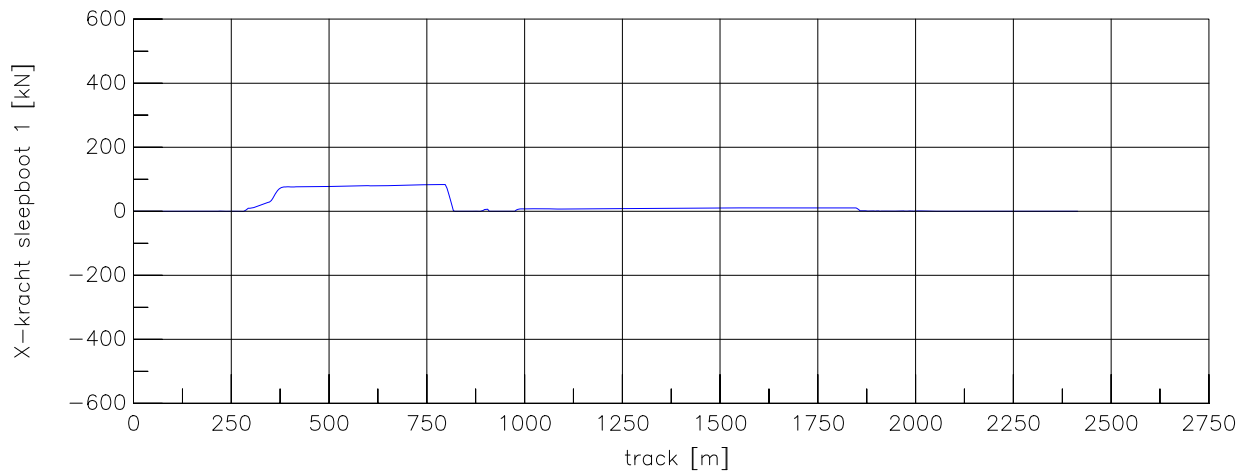
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 14

Fig. 14c



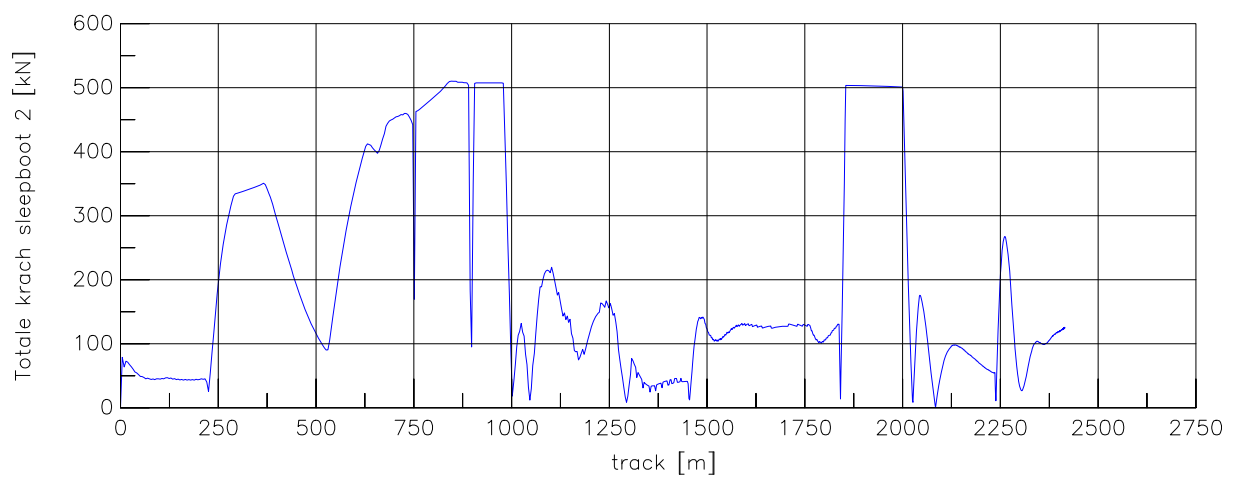
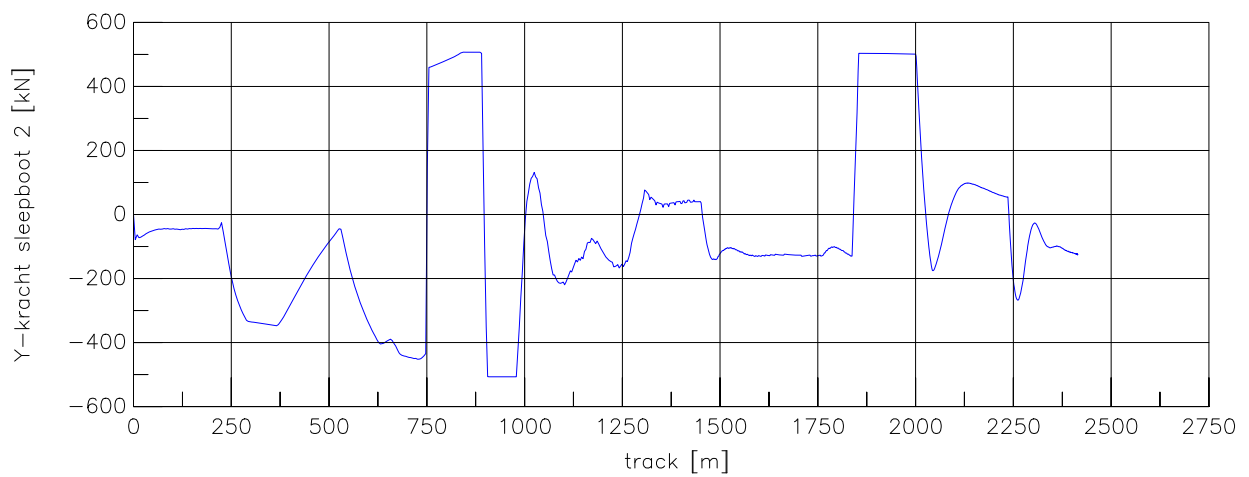
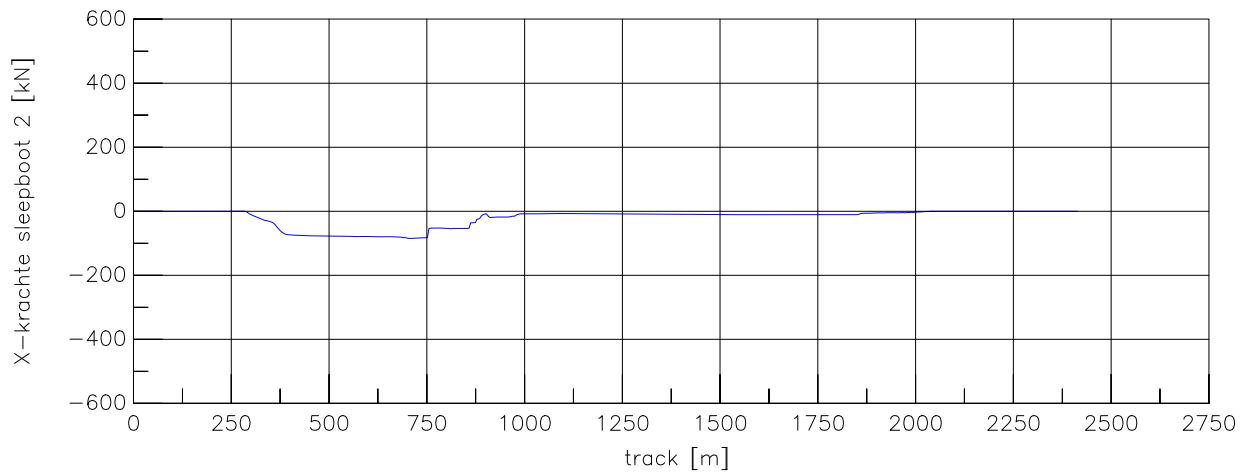
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 14

Fig. 14d



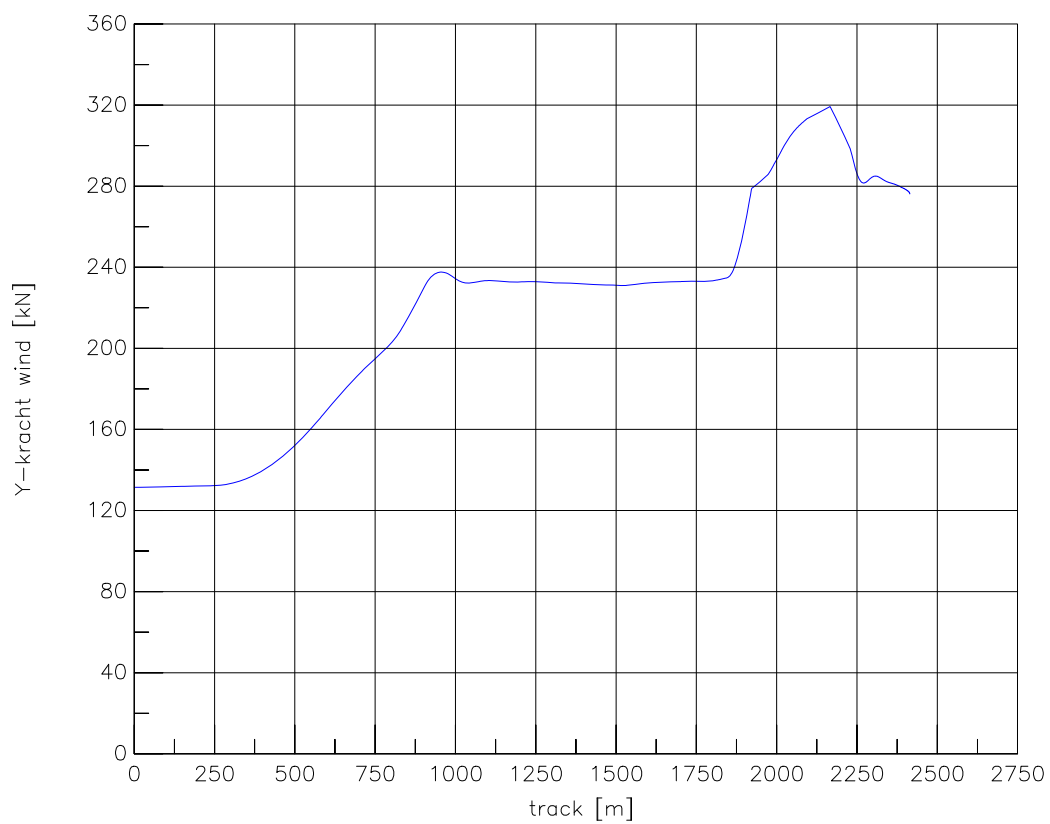
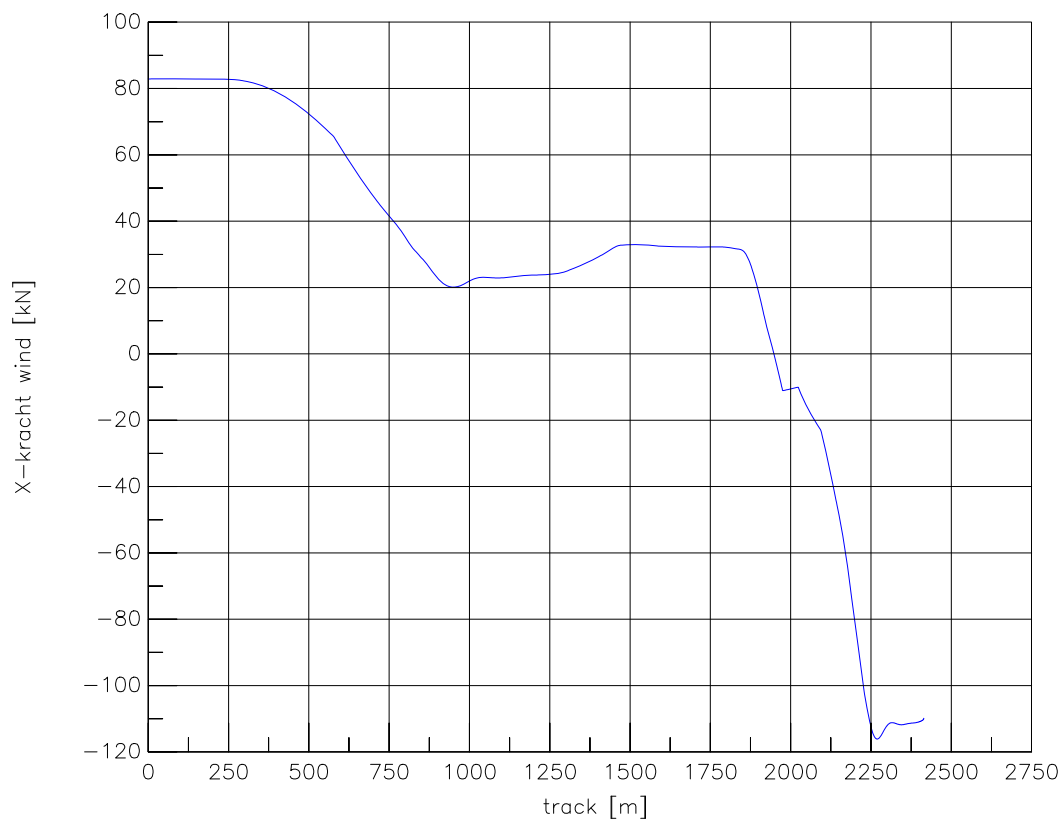
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 14

Fig. 14e



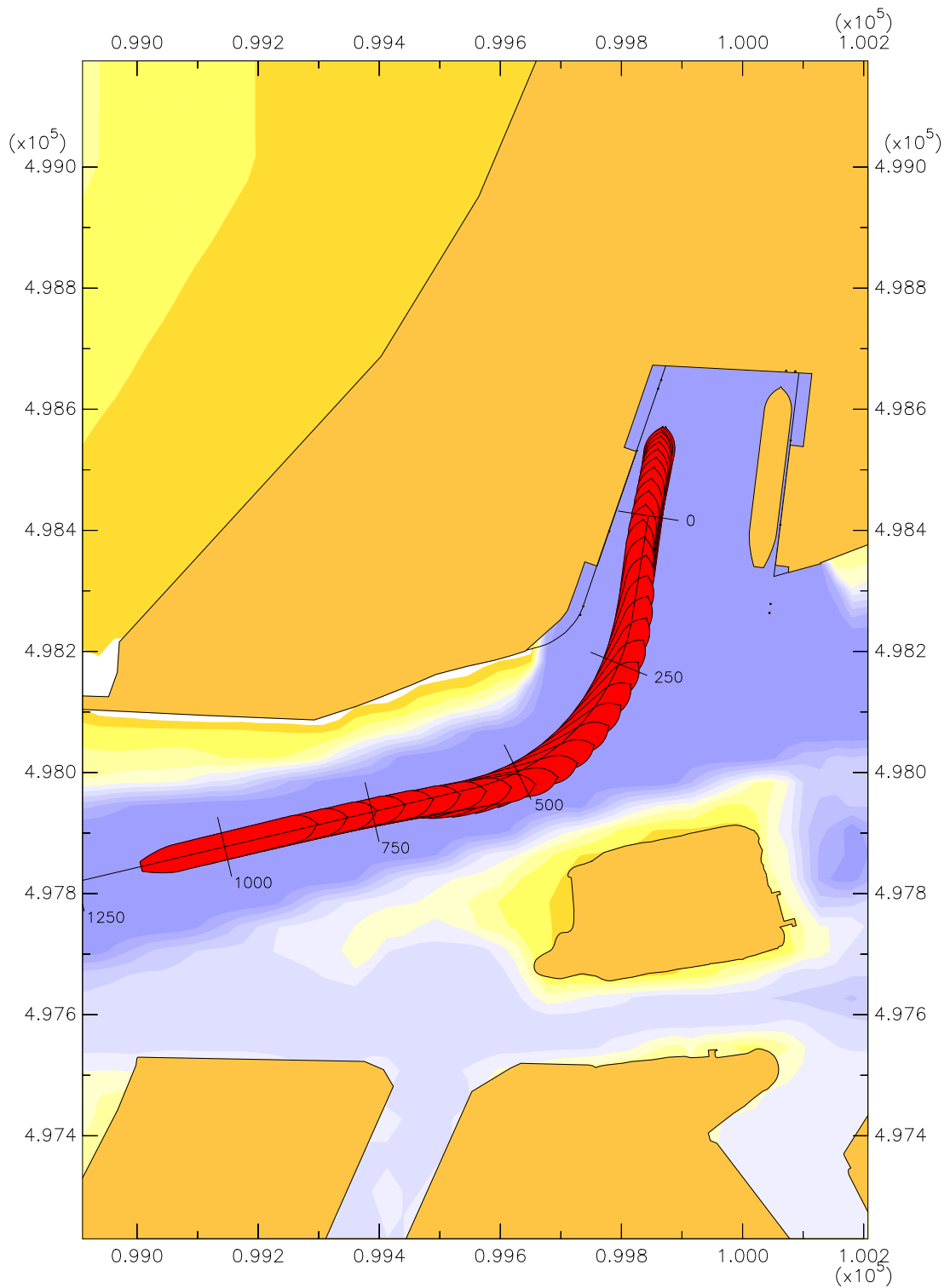
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 14

Fig. 14f

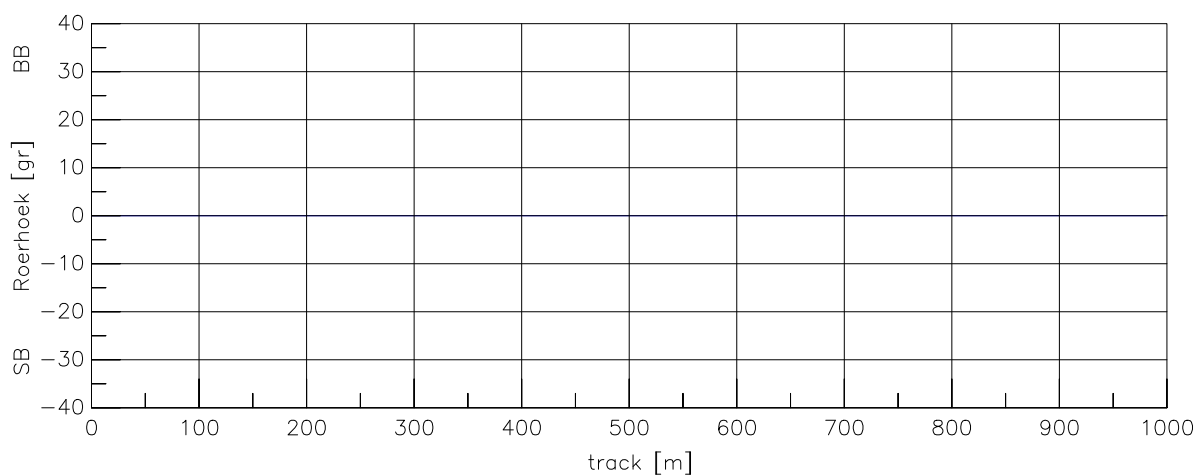
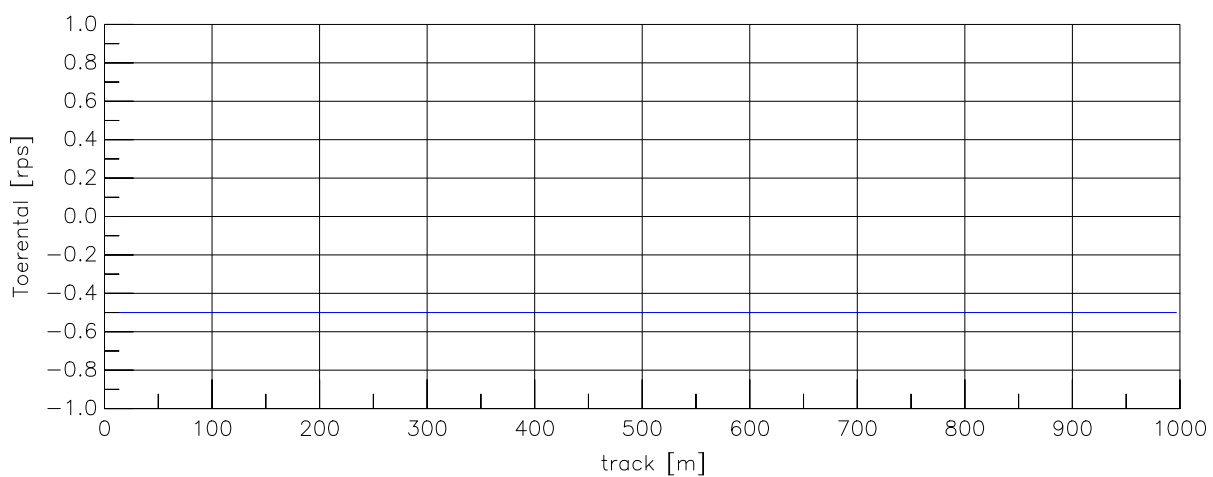
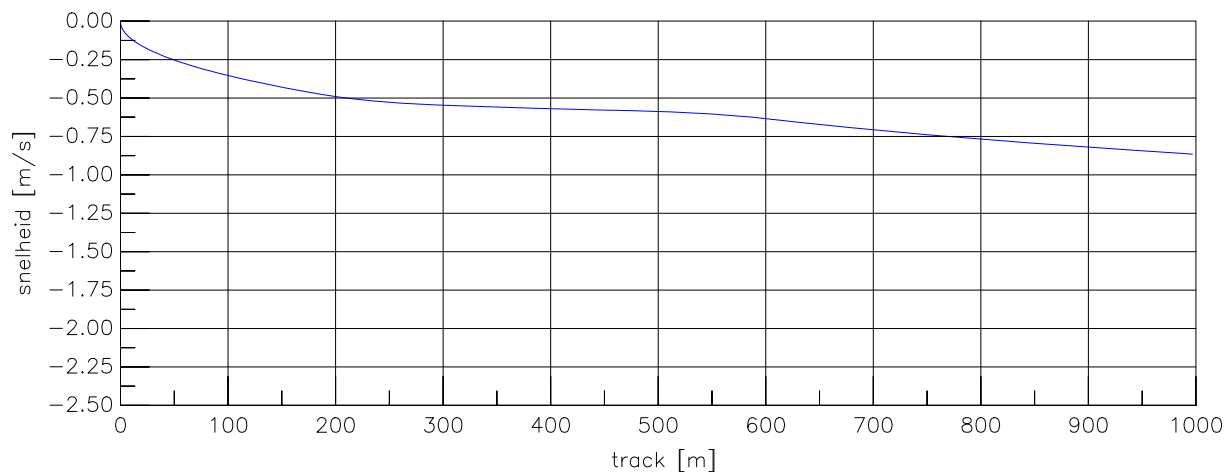


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.15-1 Fig.15-1a



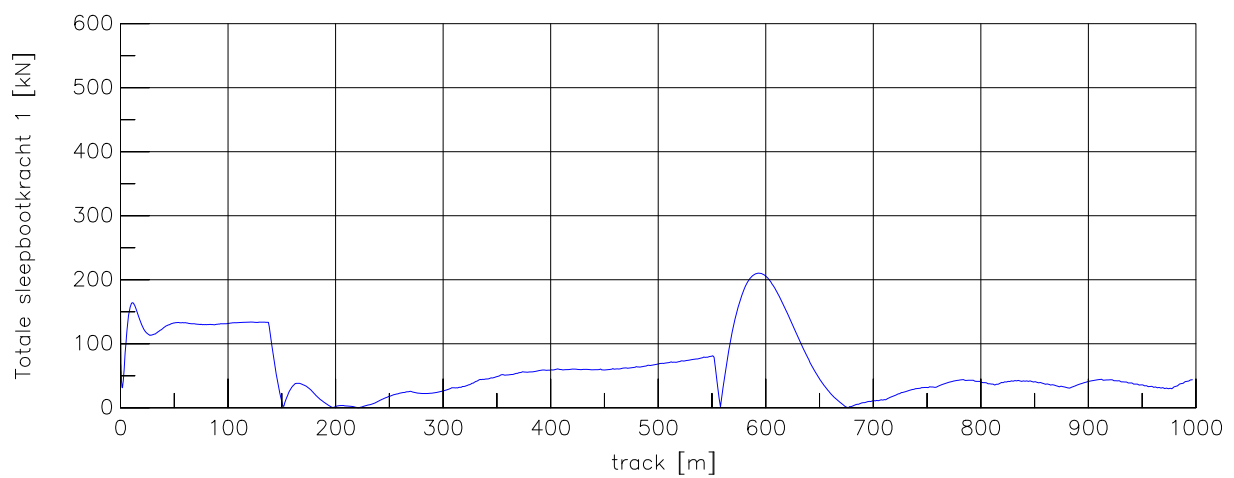
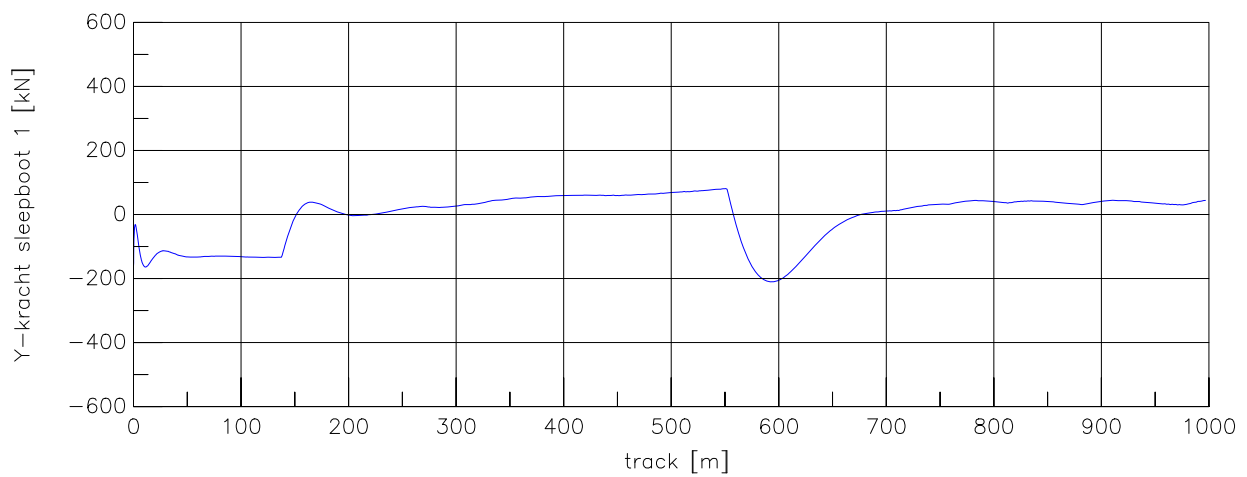
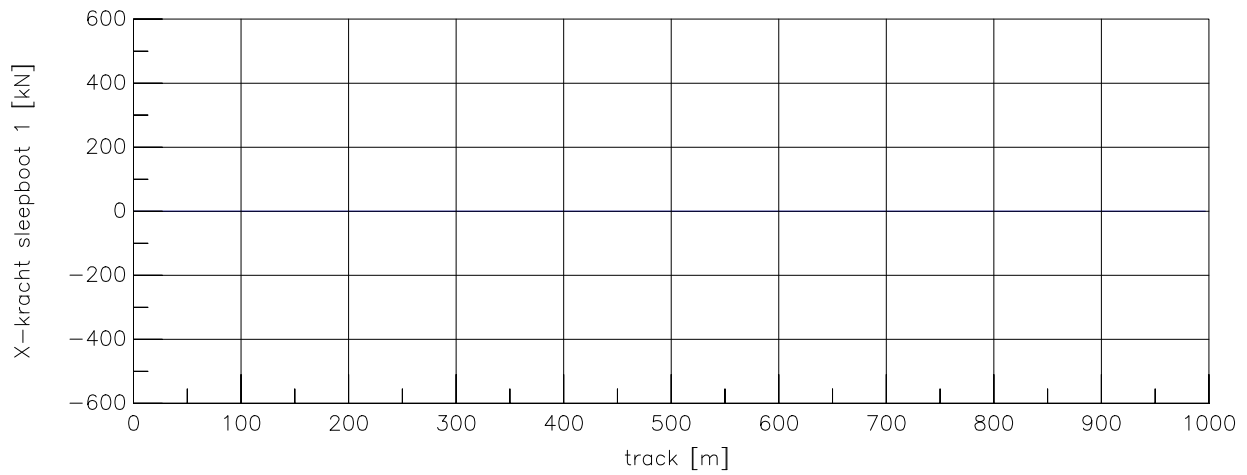
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 15-1

Fig. 15-1c



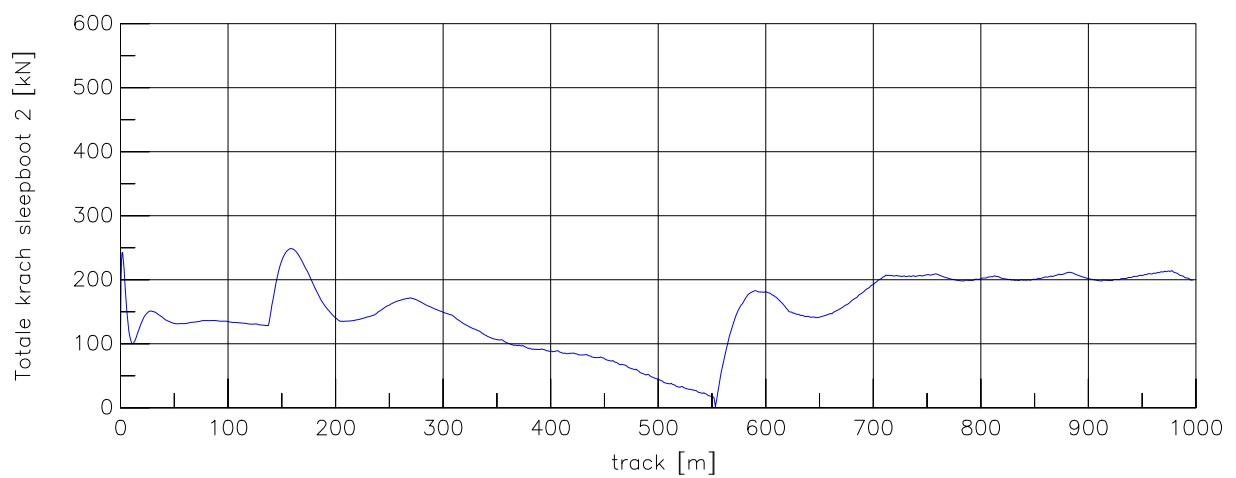
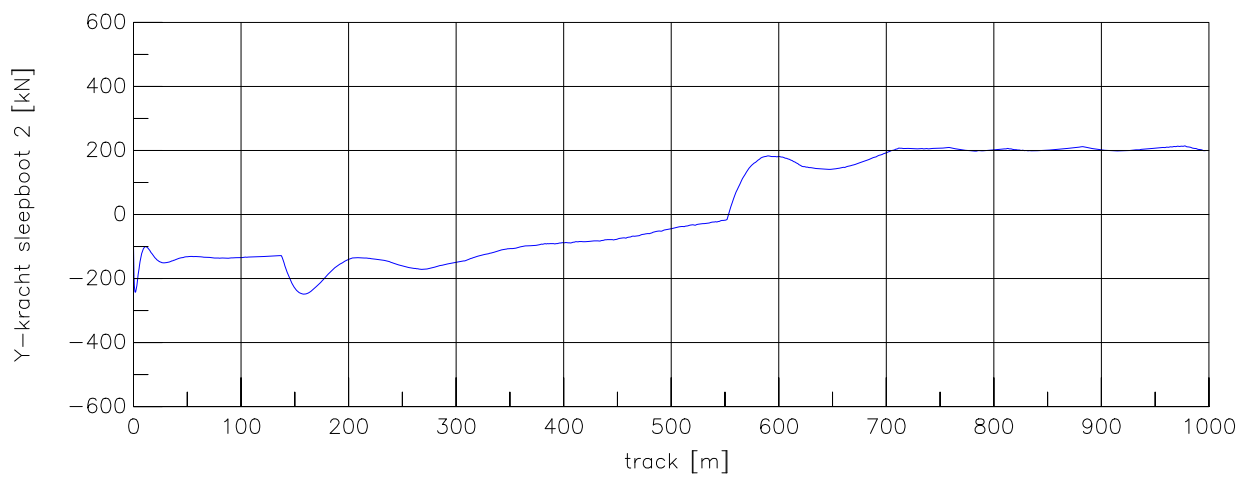
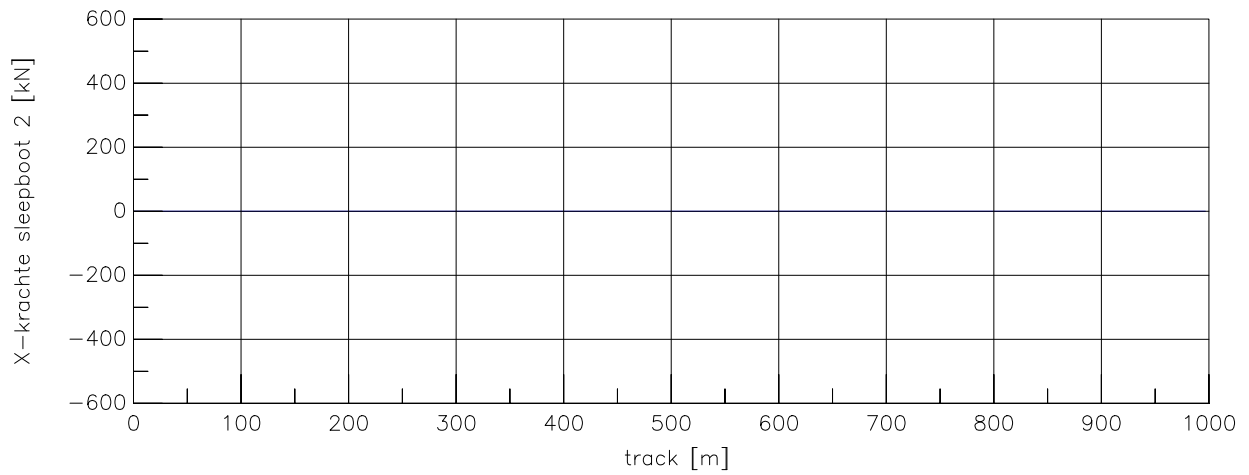
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 15-1

Fig. 15-1d



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

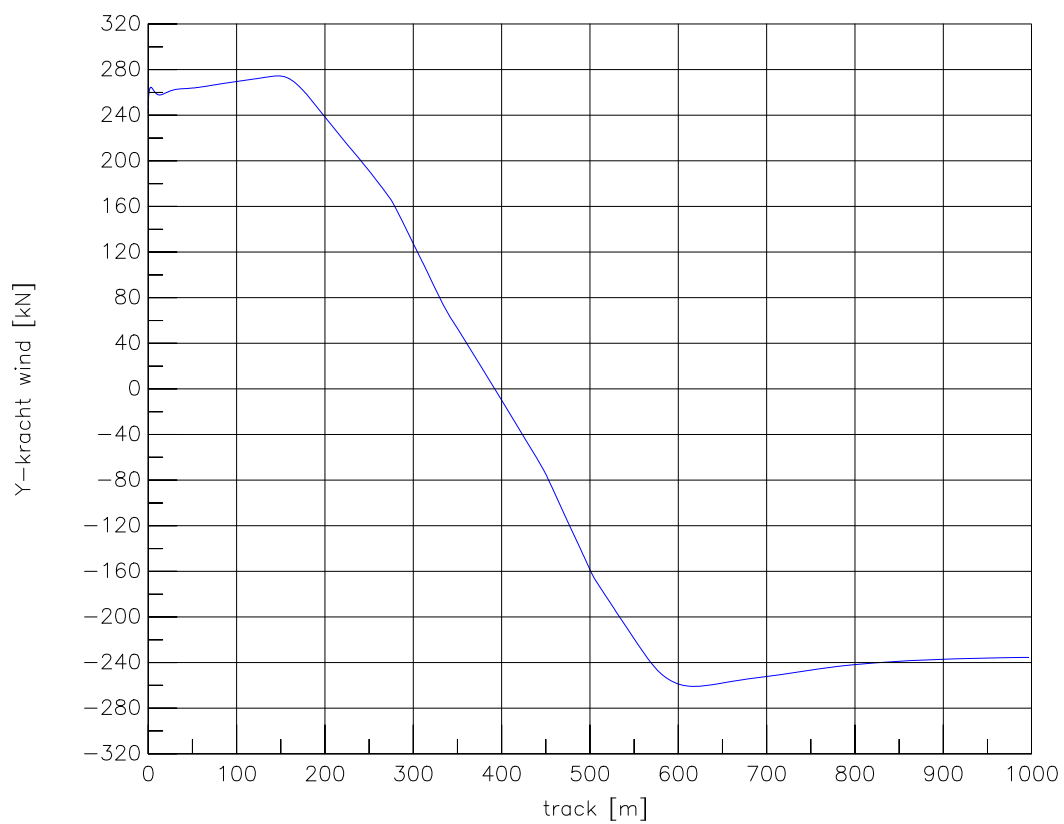
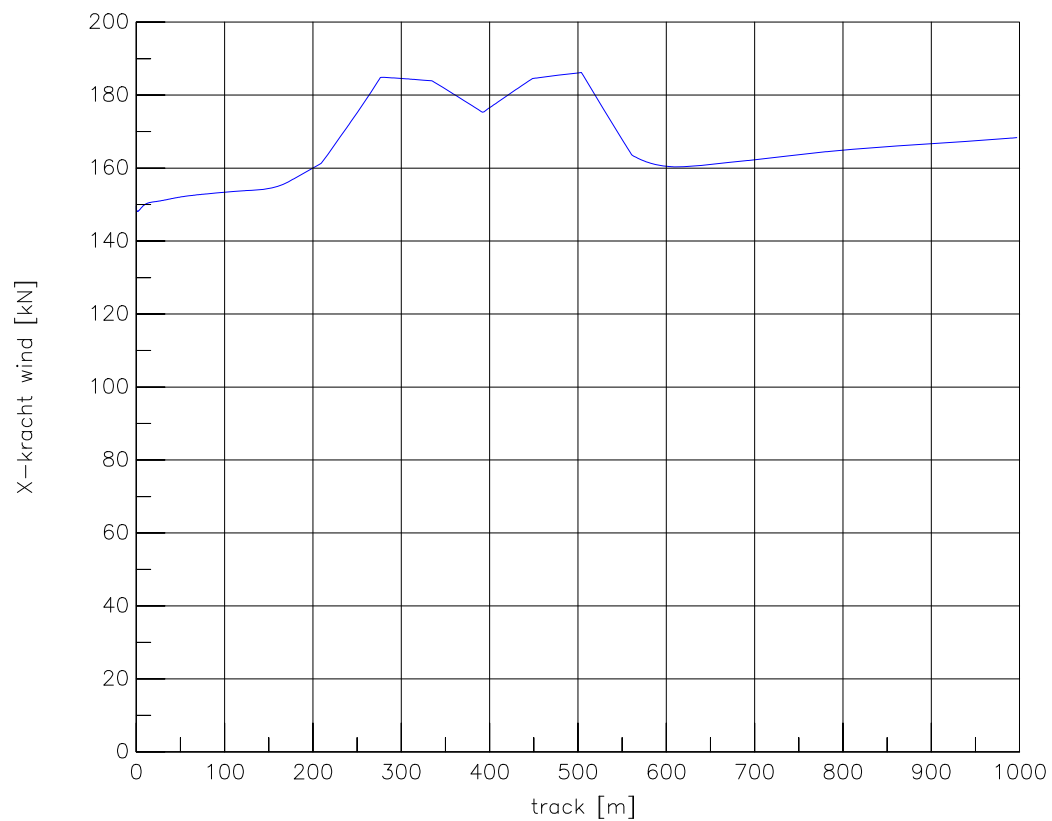
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 15-1

Fig. 15-1e





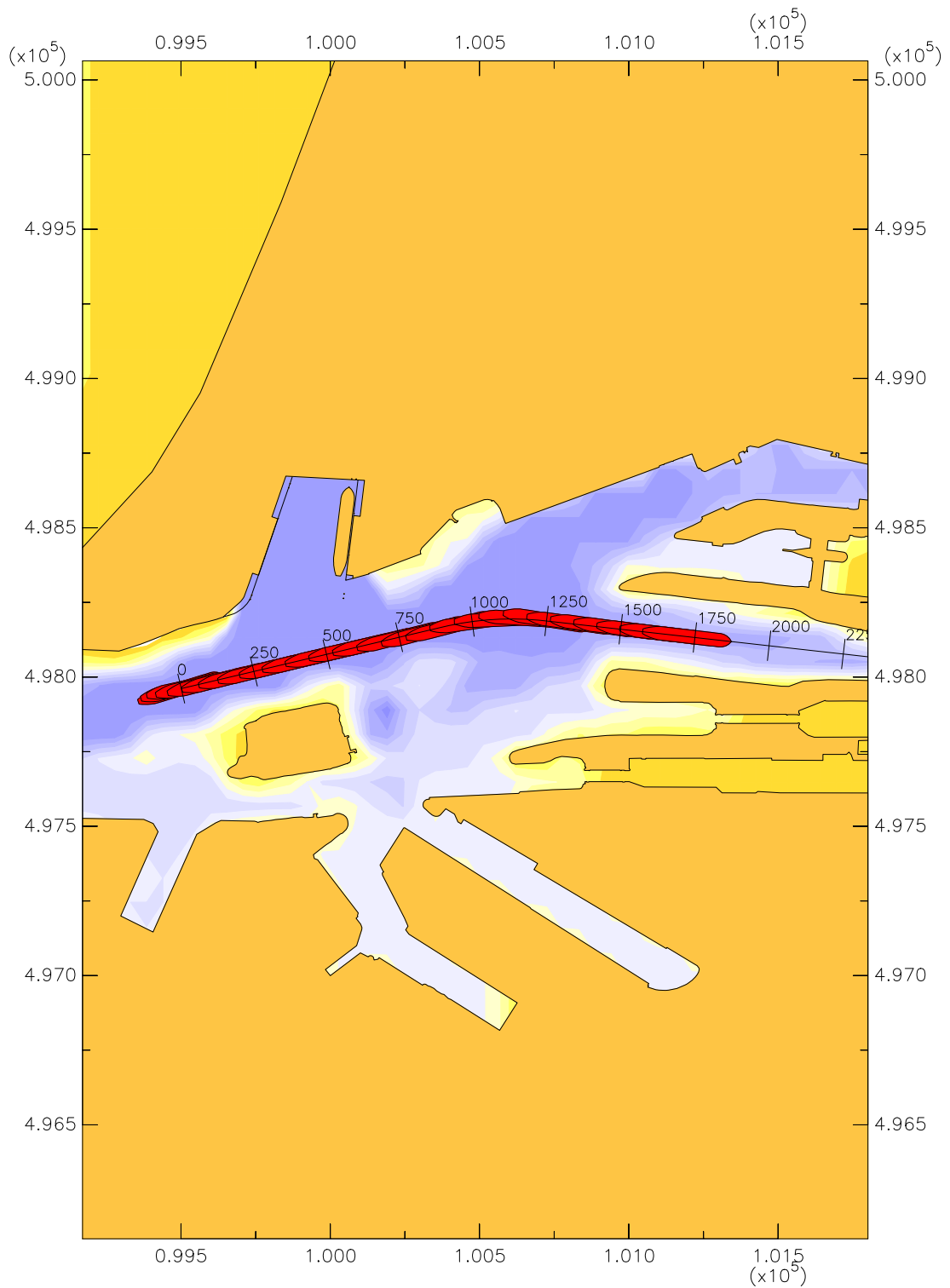
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 15-1

Fig. 15-1f

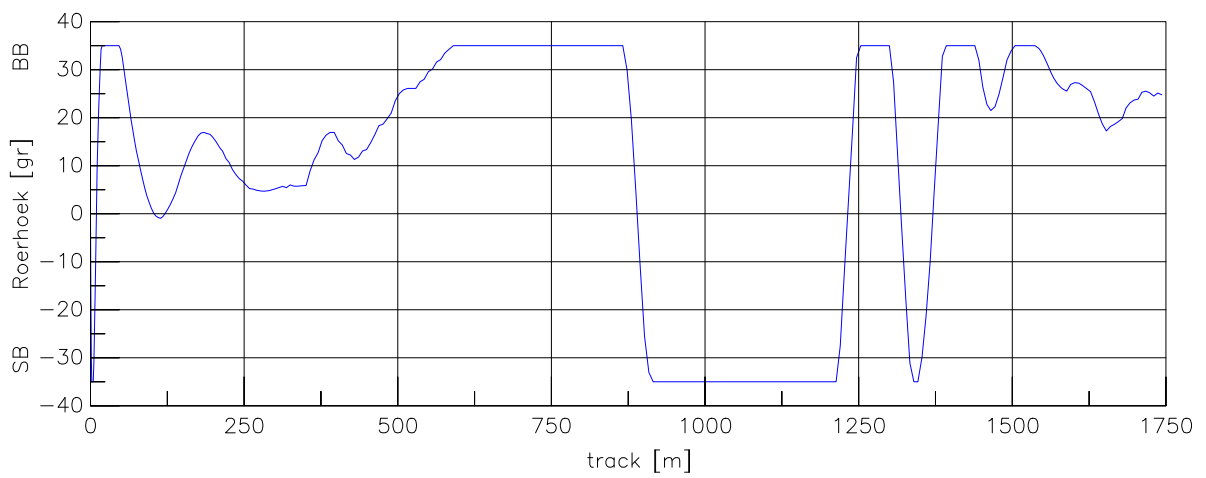
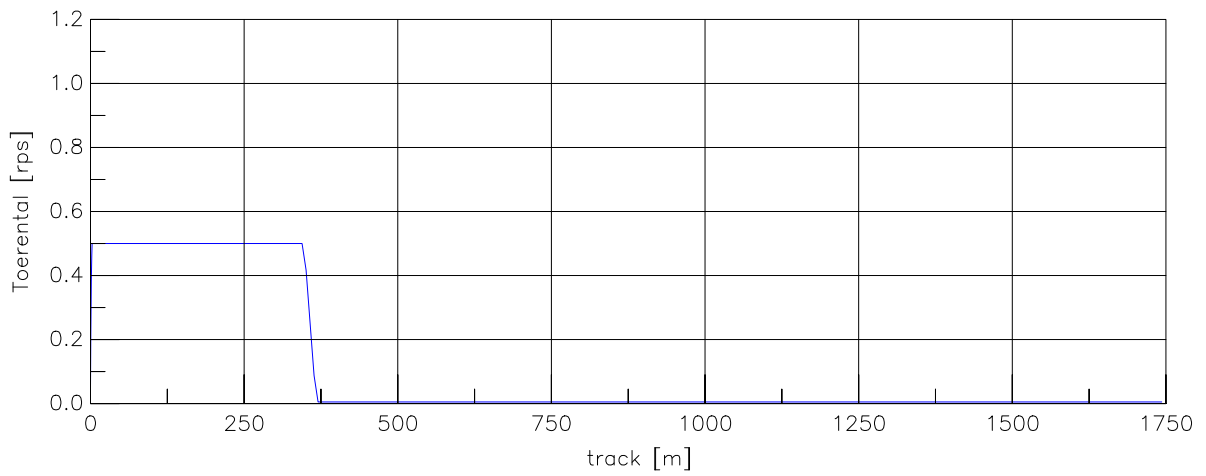
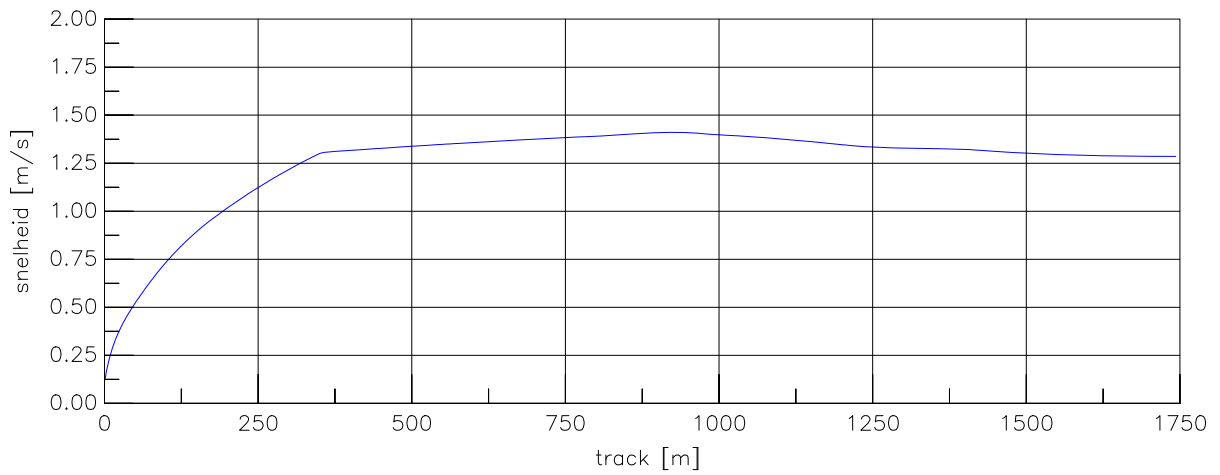


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.15-2 Fig.15-2a



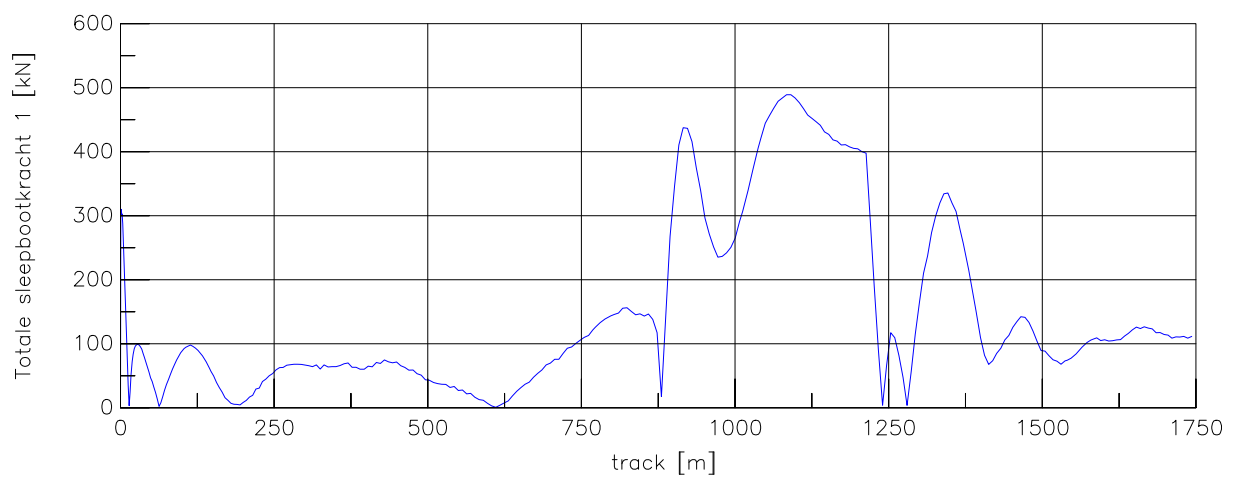
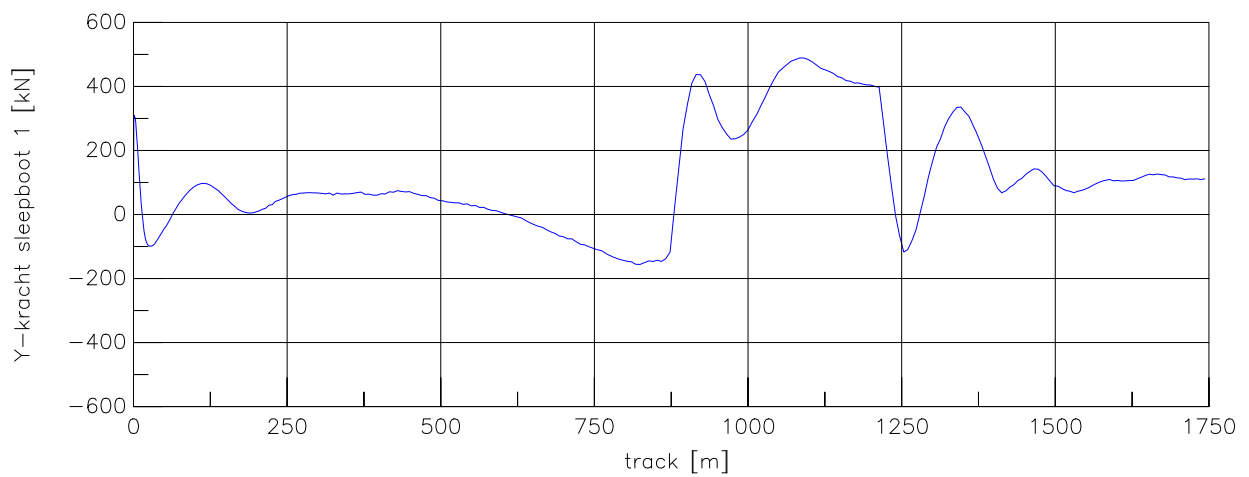
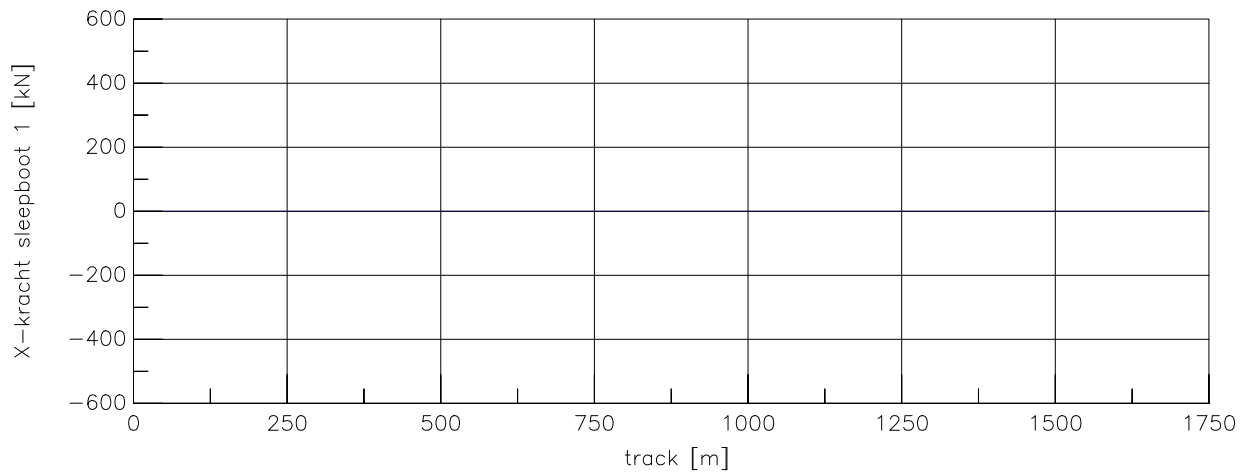
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 15-2

Fig. 15-2c



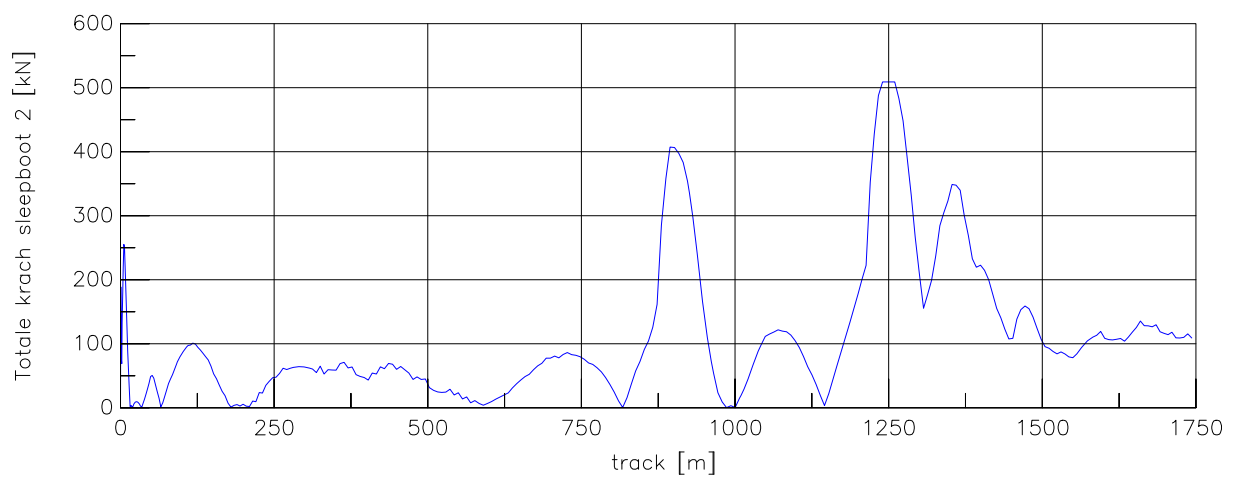
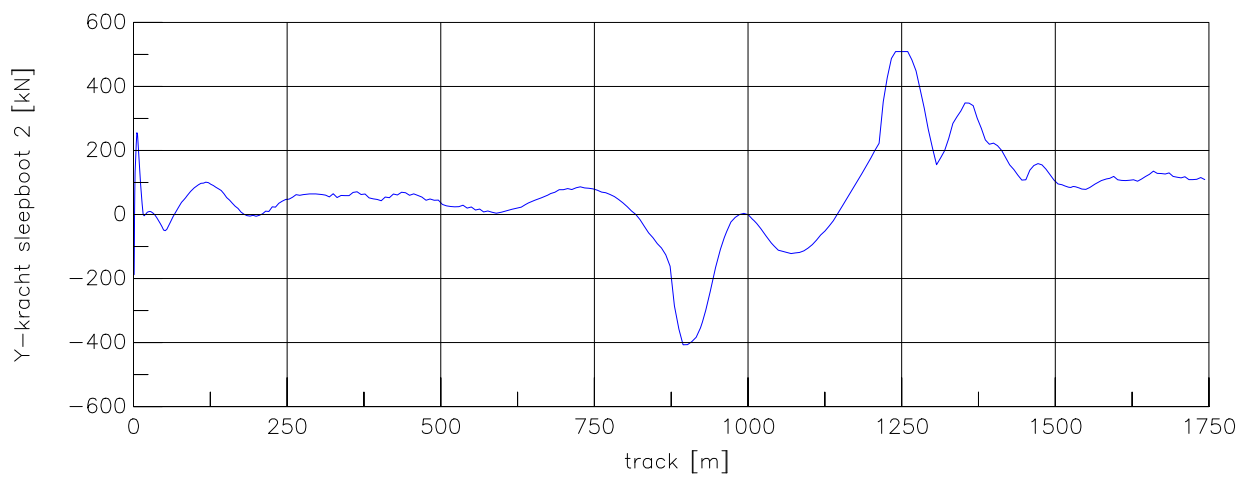
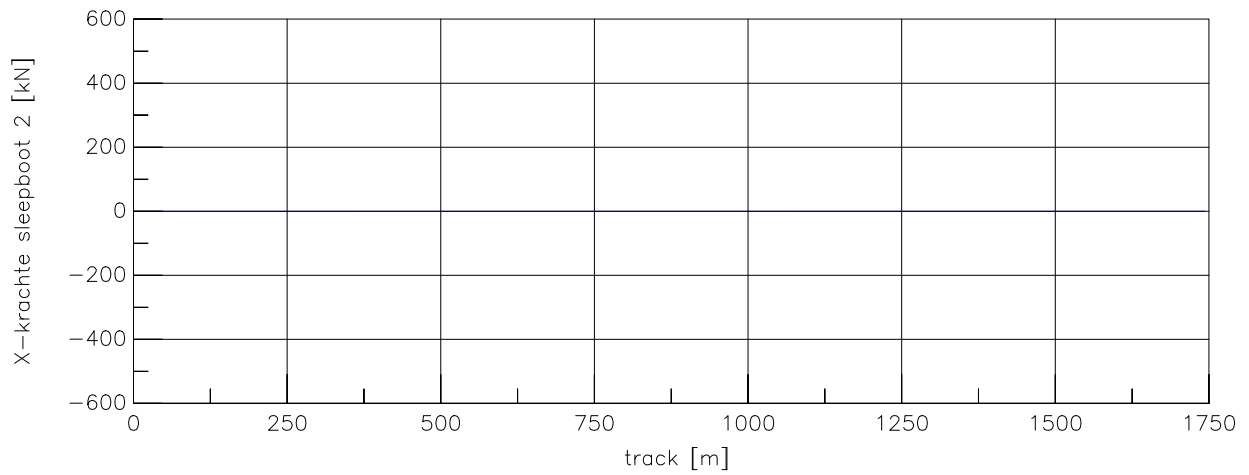
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 15-2

Fig. 15-2d



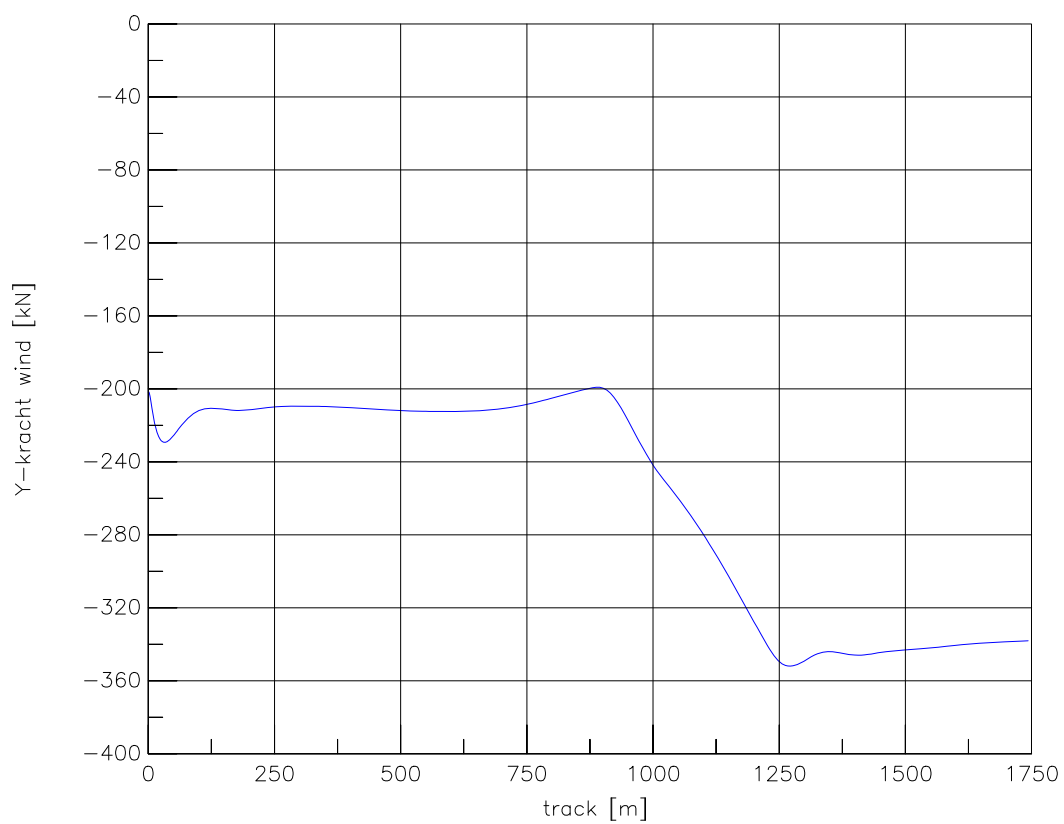
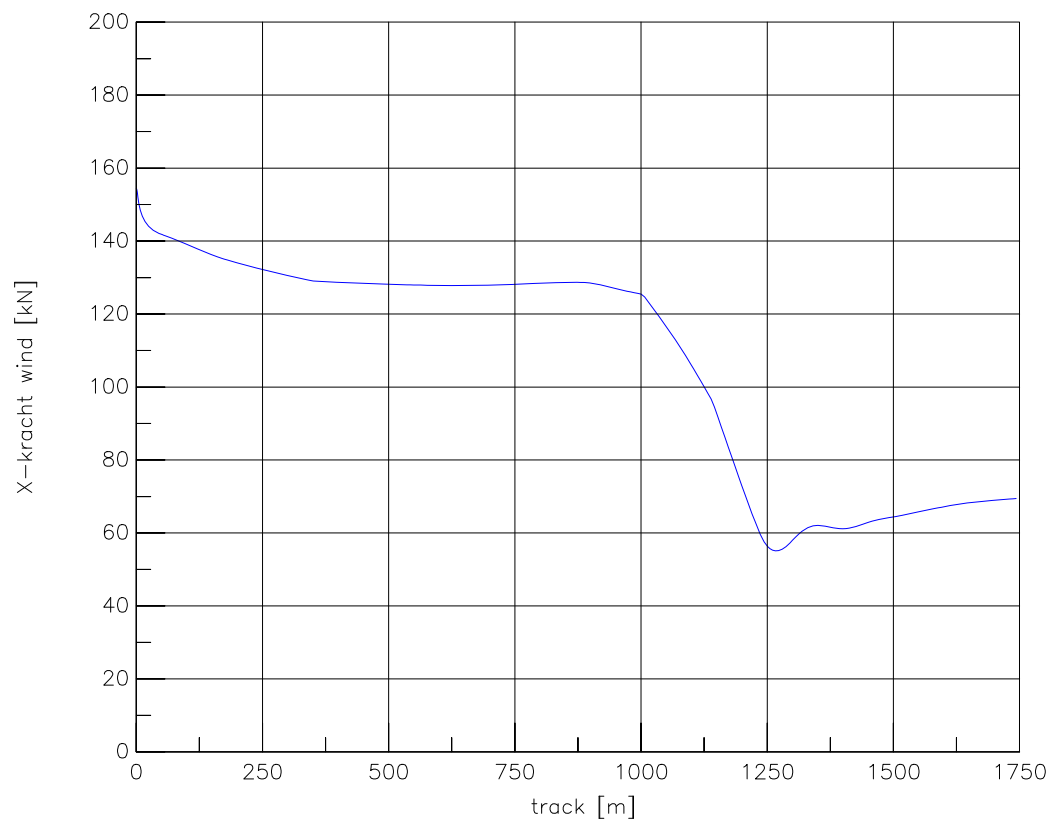
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 15-2

Fig. 15-2e



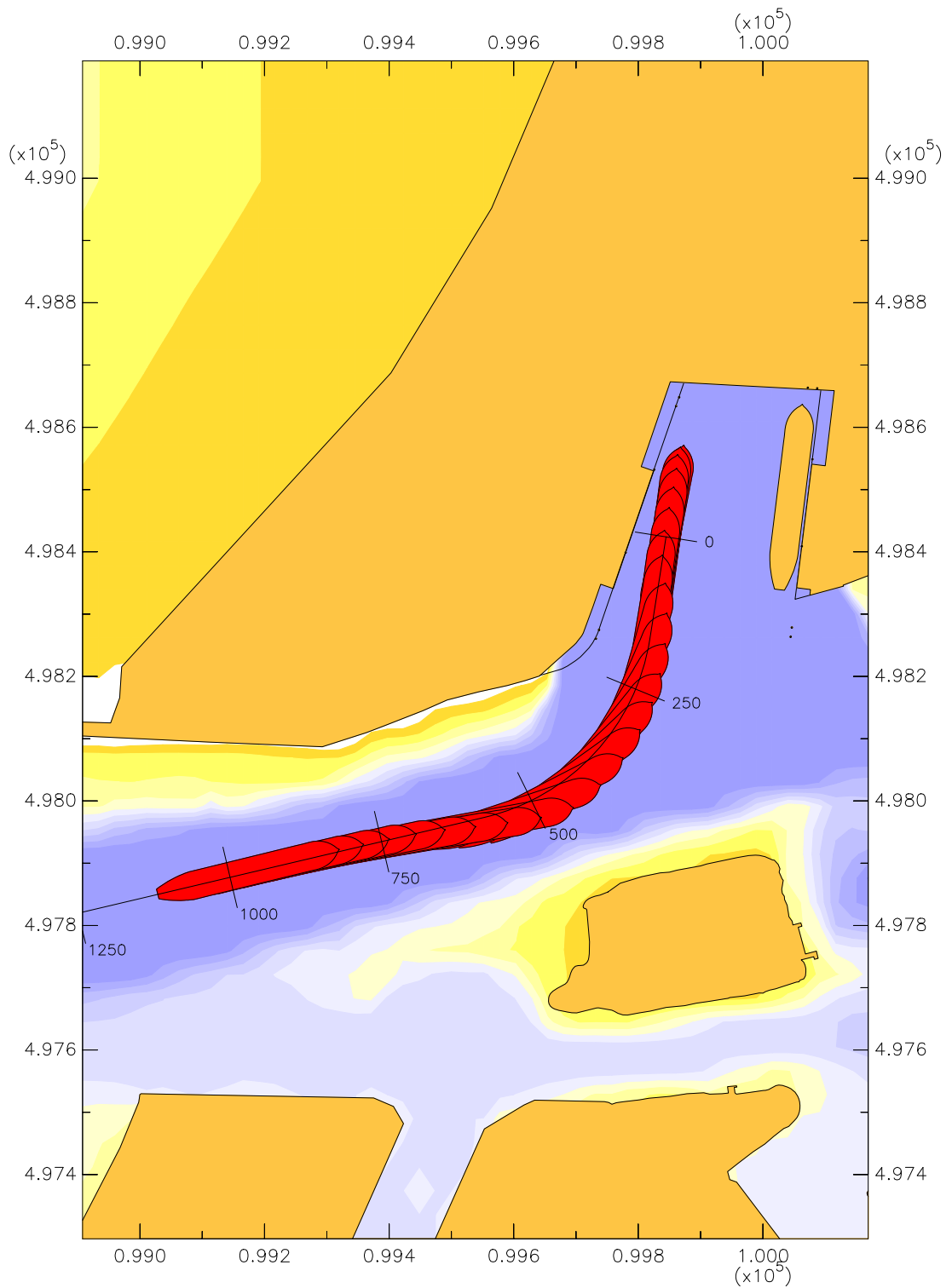
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 15-2

Fig. 15-2f

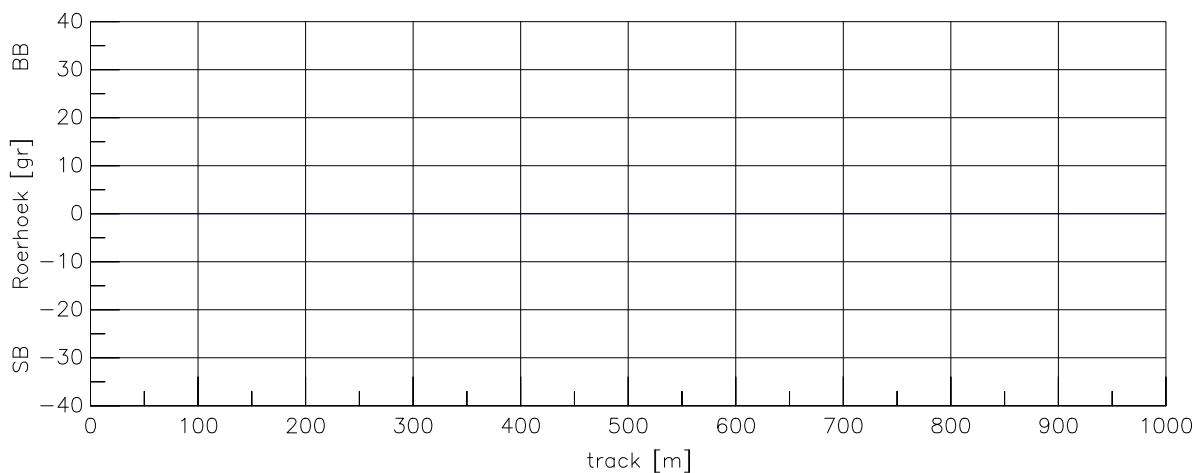
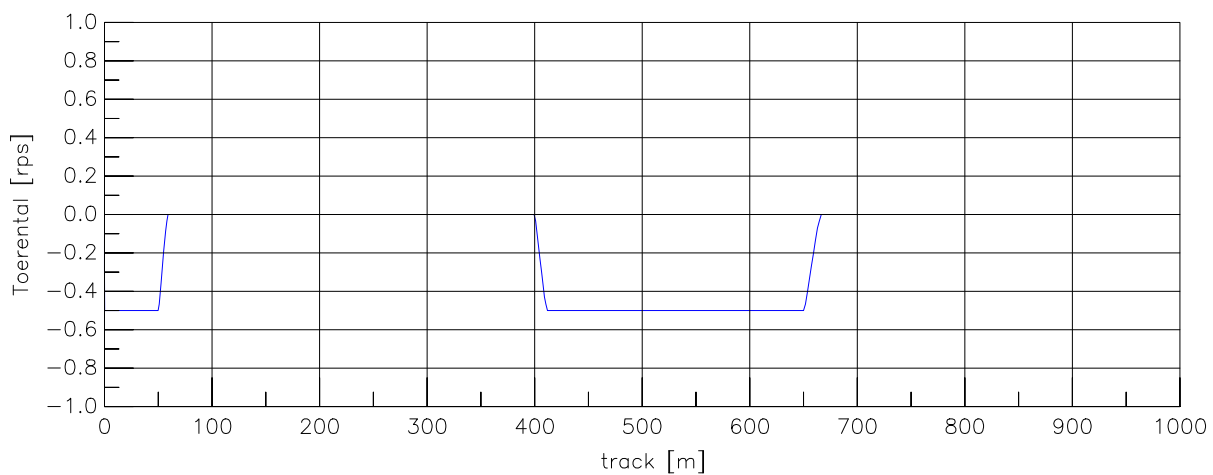
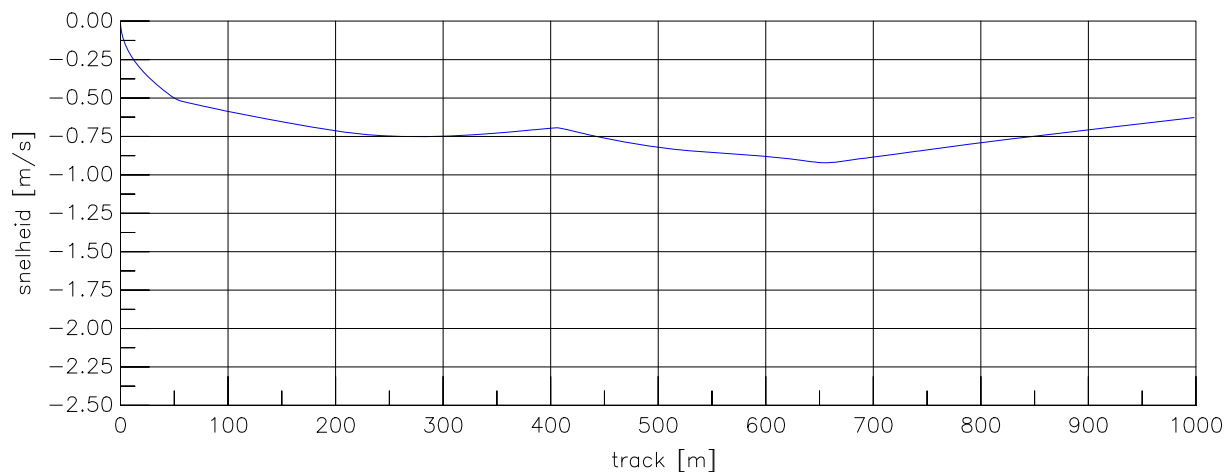


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.16-1 Fig.16-1a



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

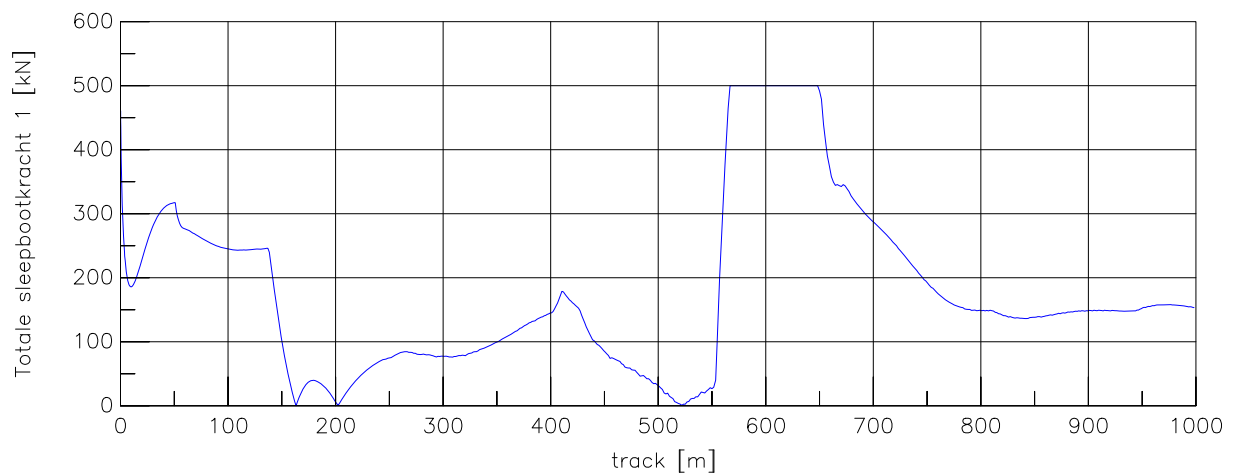
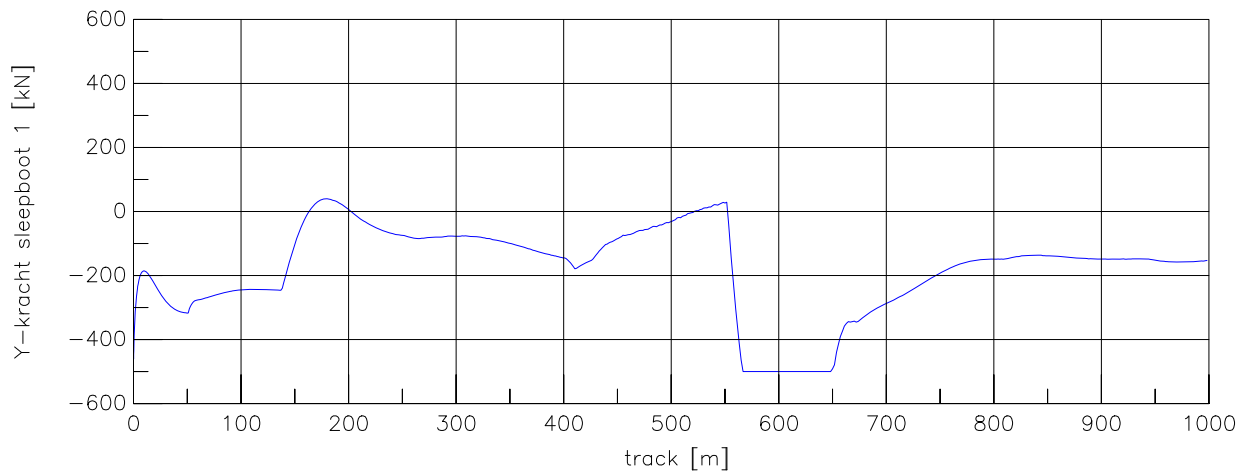
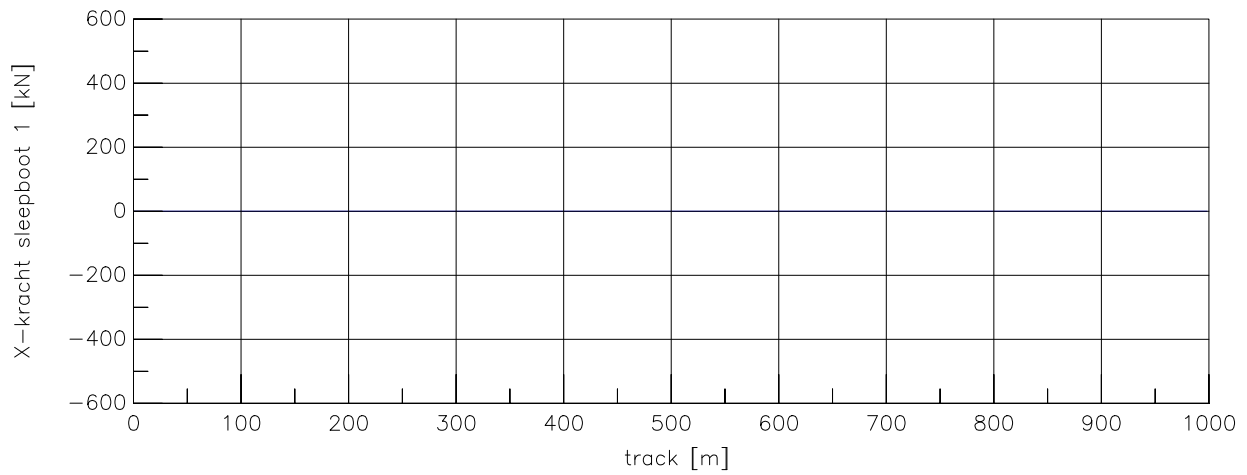
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 16-1

Fig. 16-1c





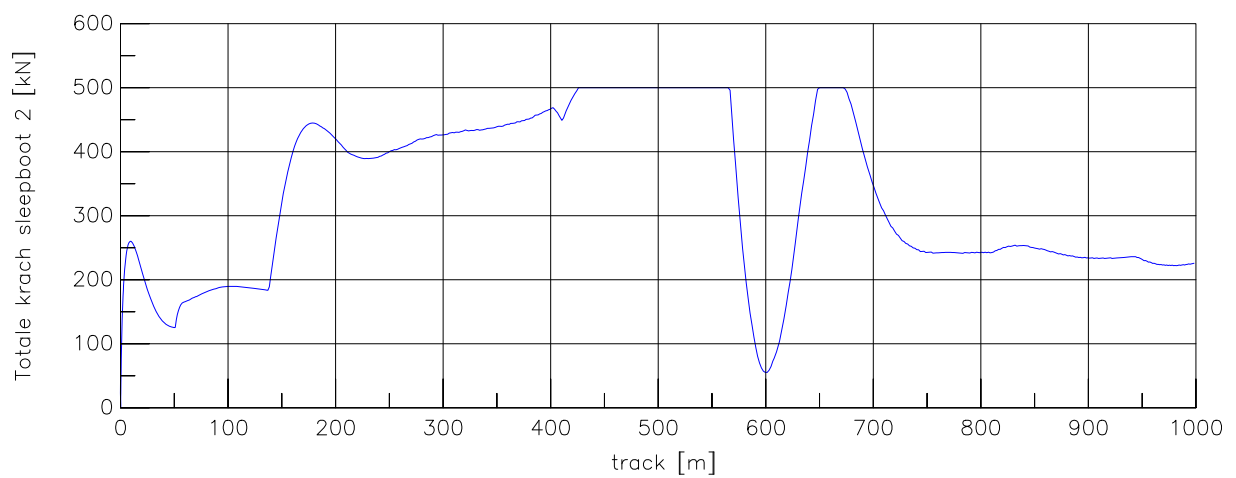
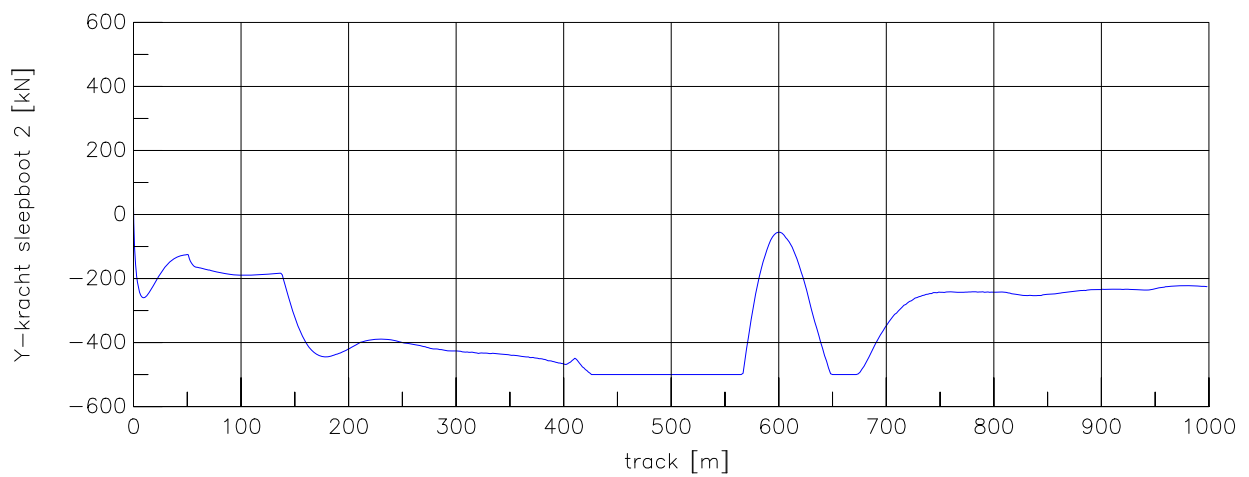
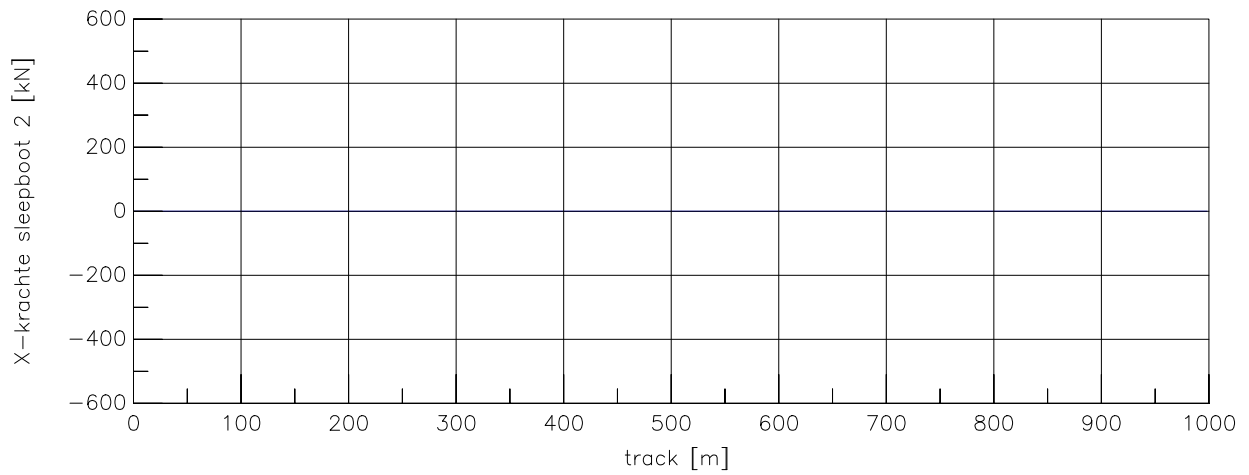
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 16-1

Fig. 16-1d



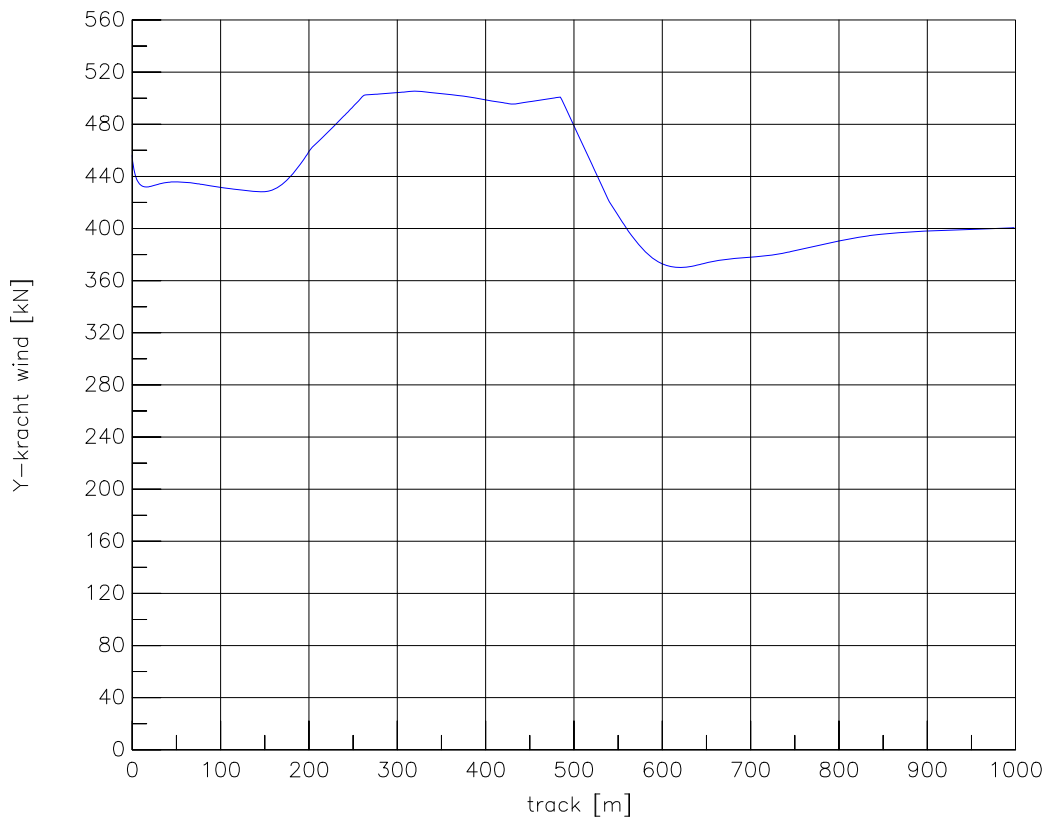
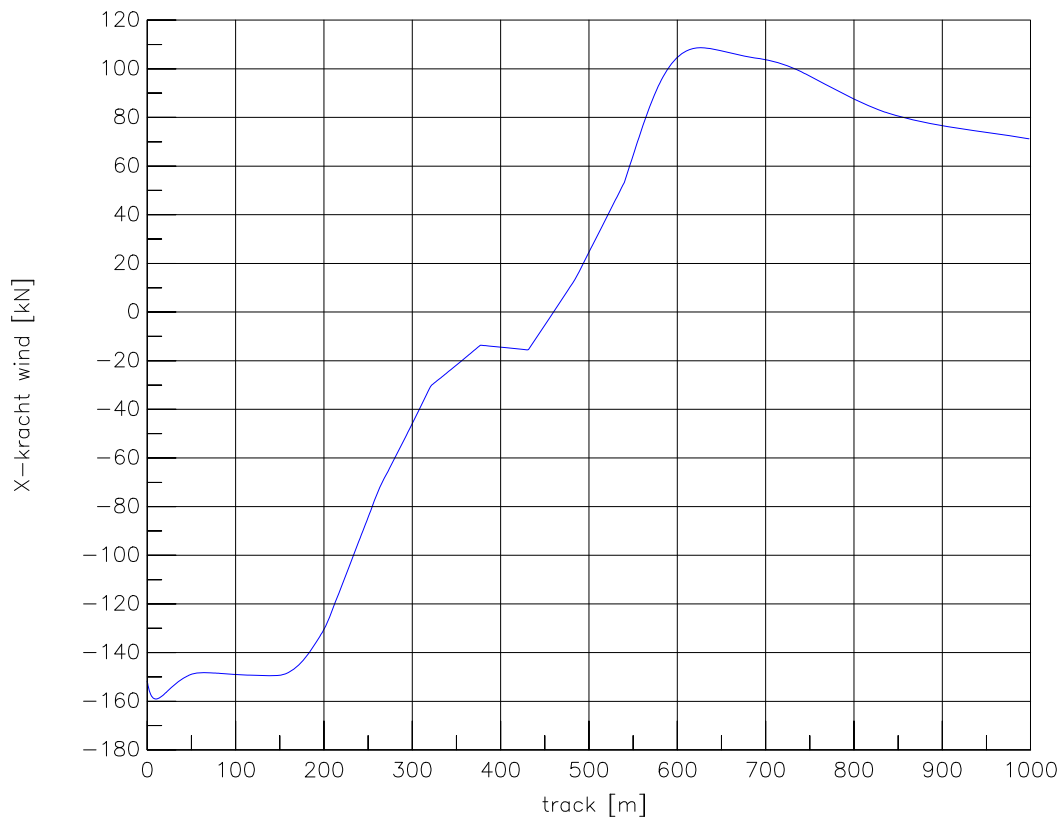
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 16-1

Fig. 16-1e



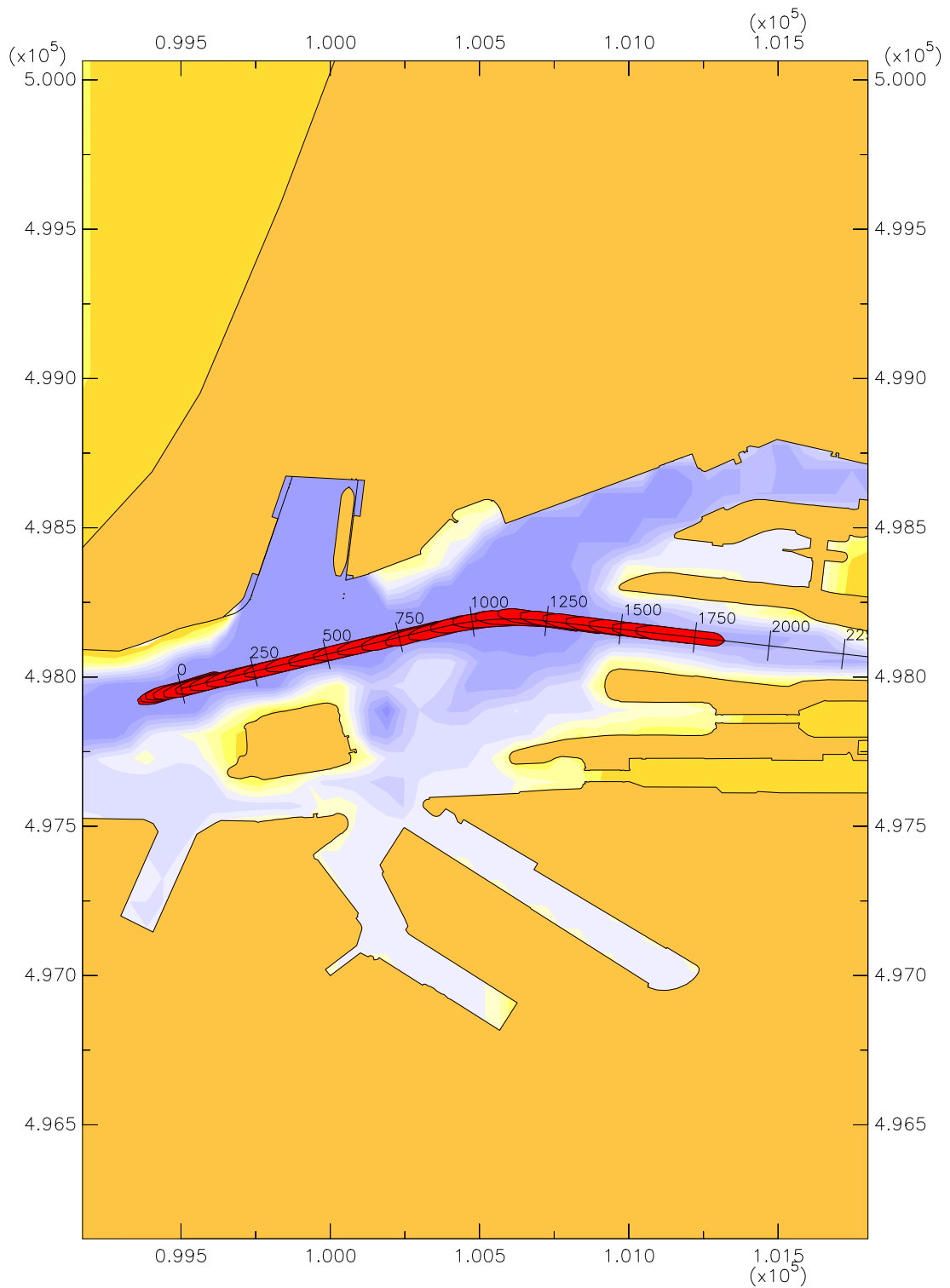
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 16-1

Fig. 16-1f

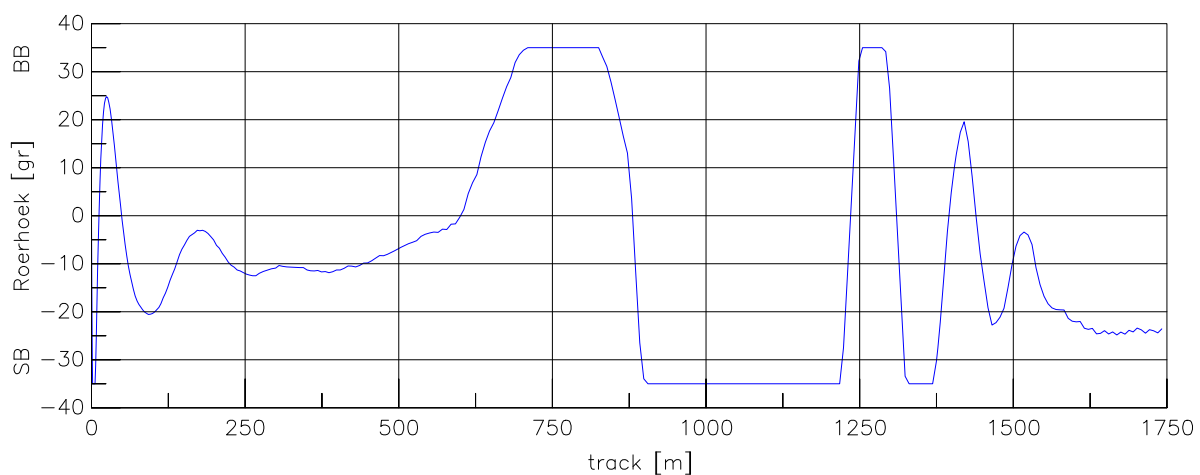
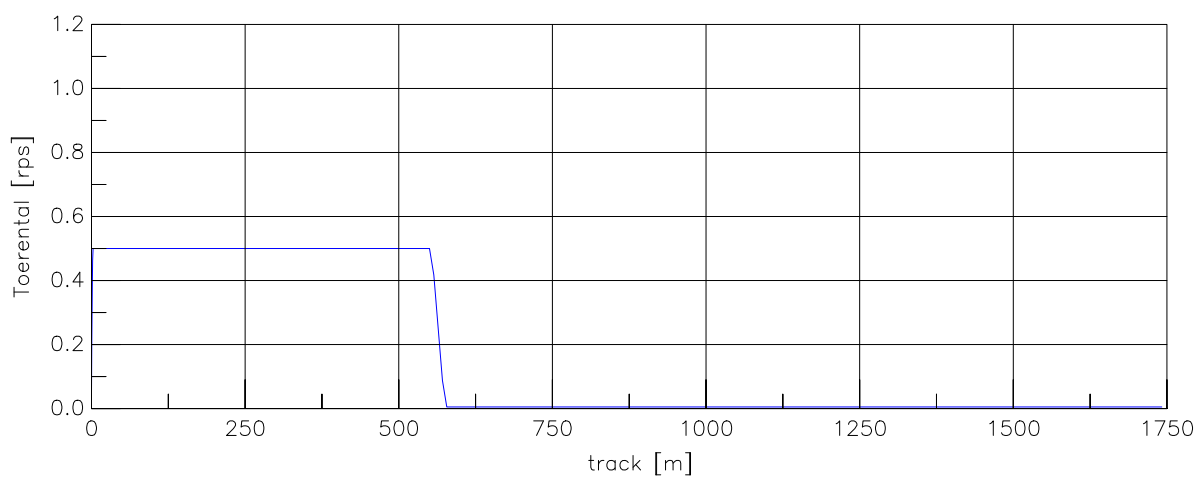
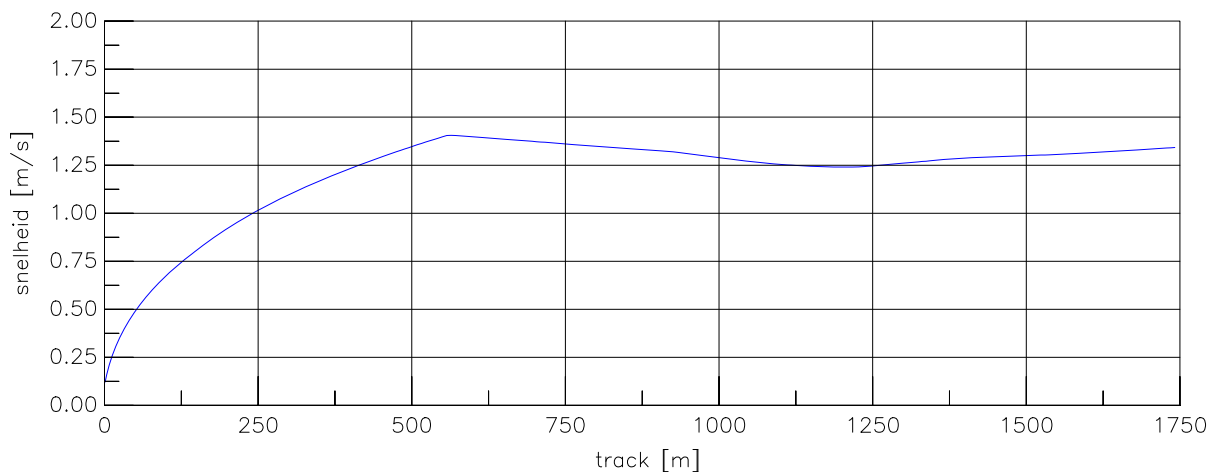


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.16-2 Fig.16-2a



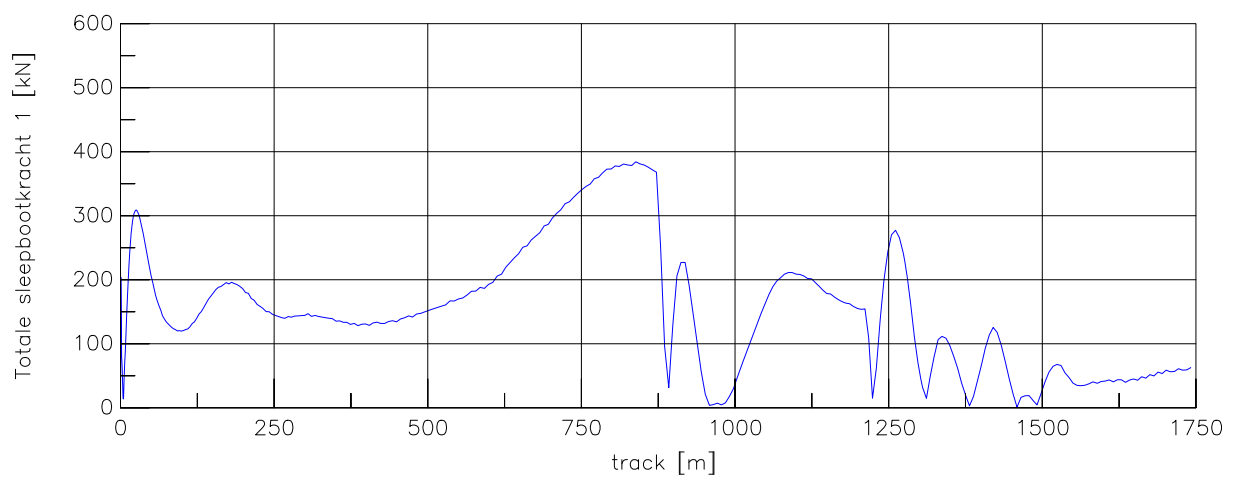
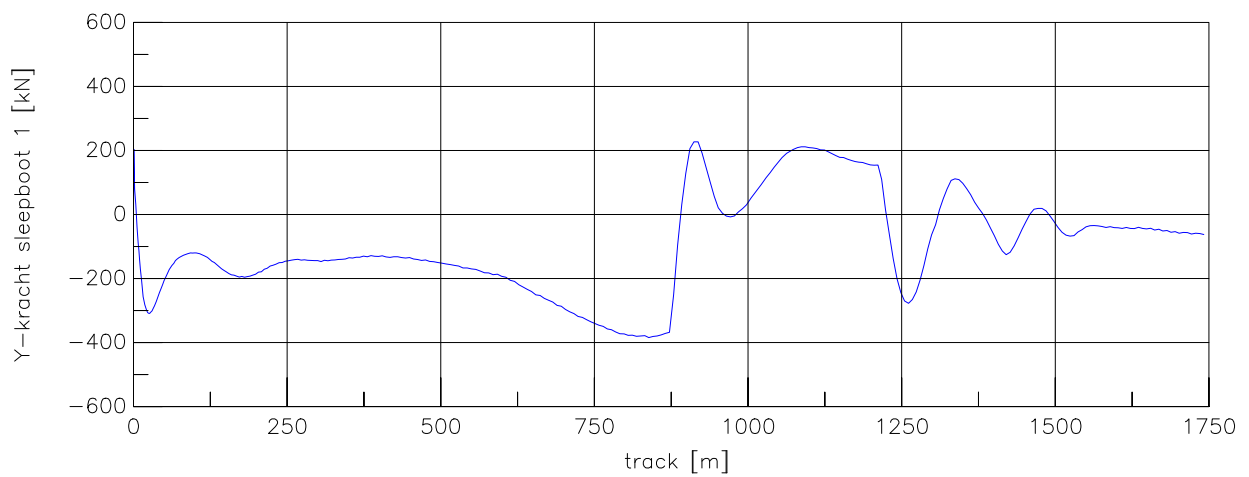
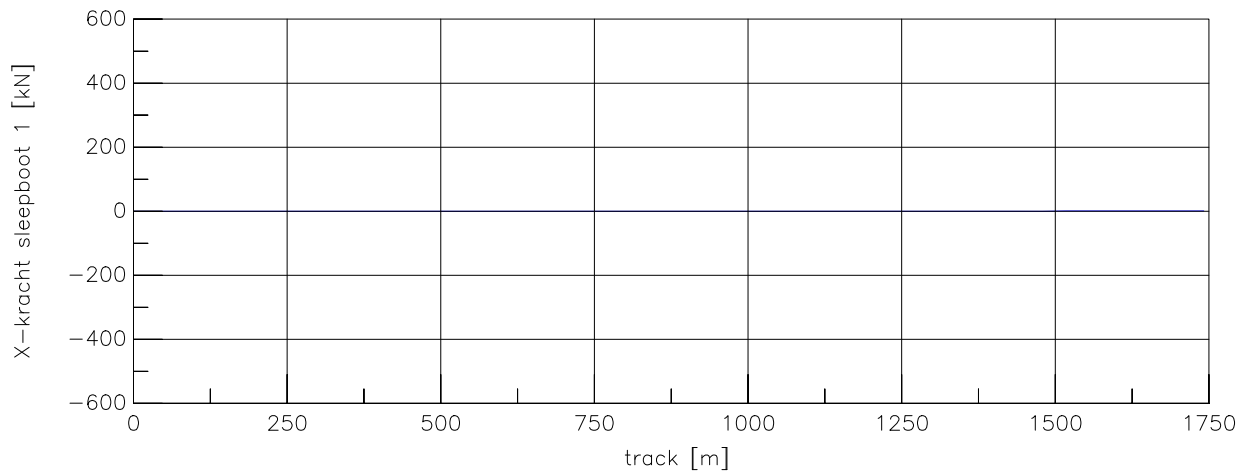
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 16-2

Fig. 16-2c



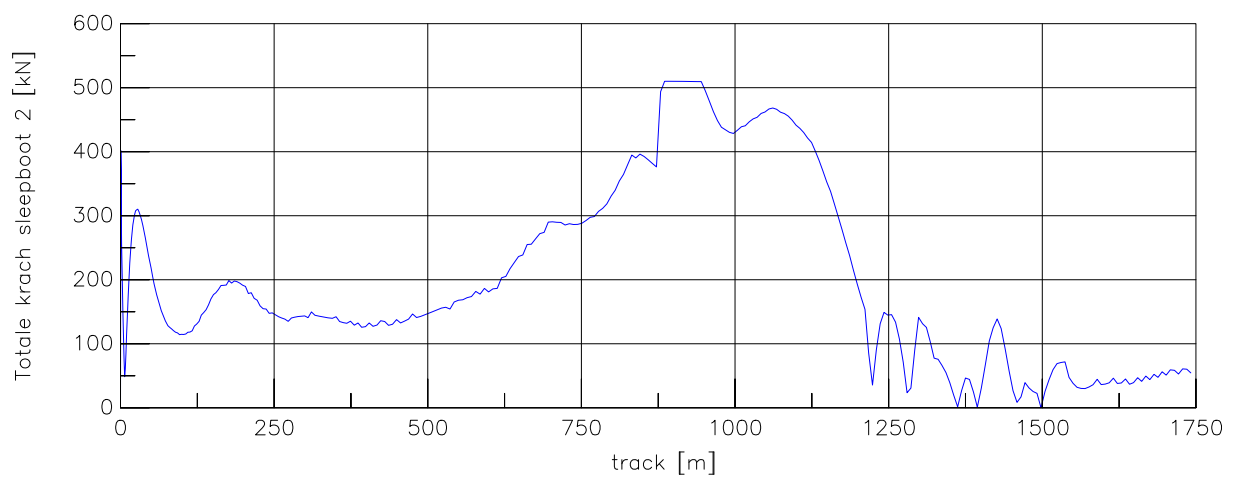
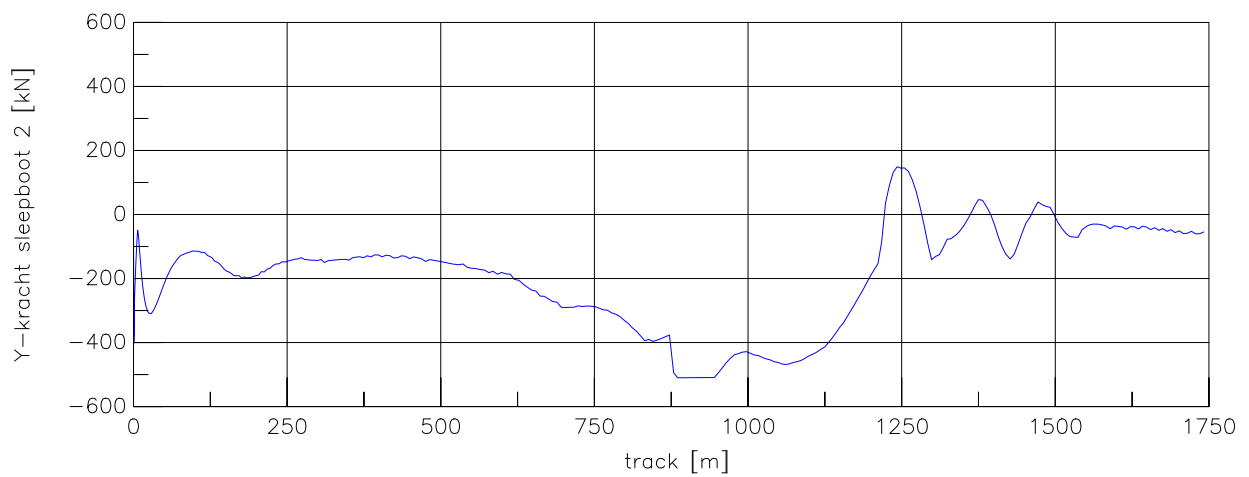
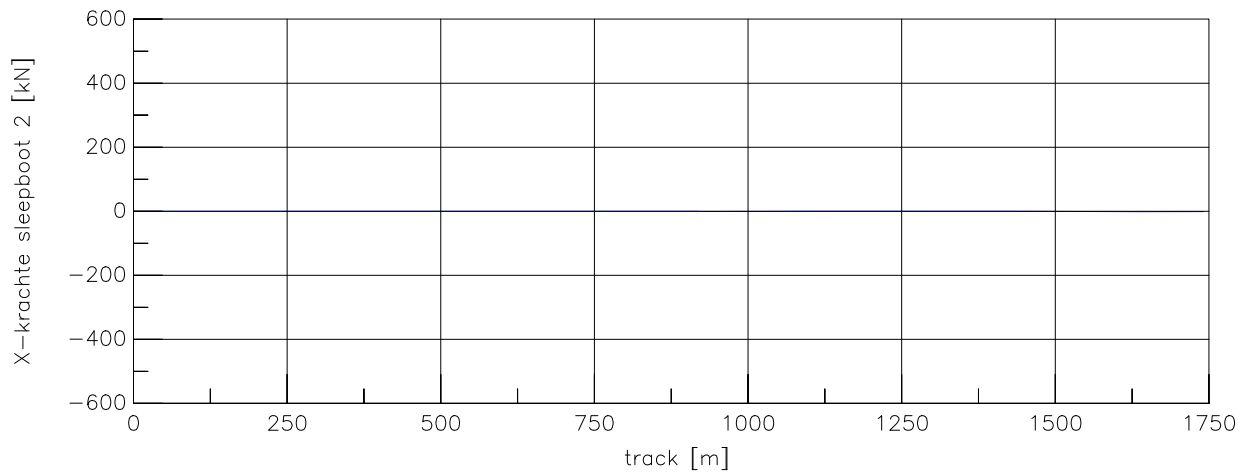
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 16-2

Fig. 16-2d



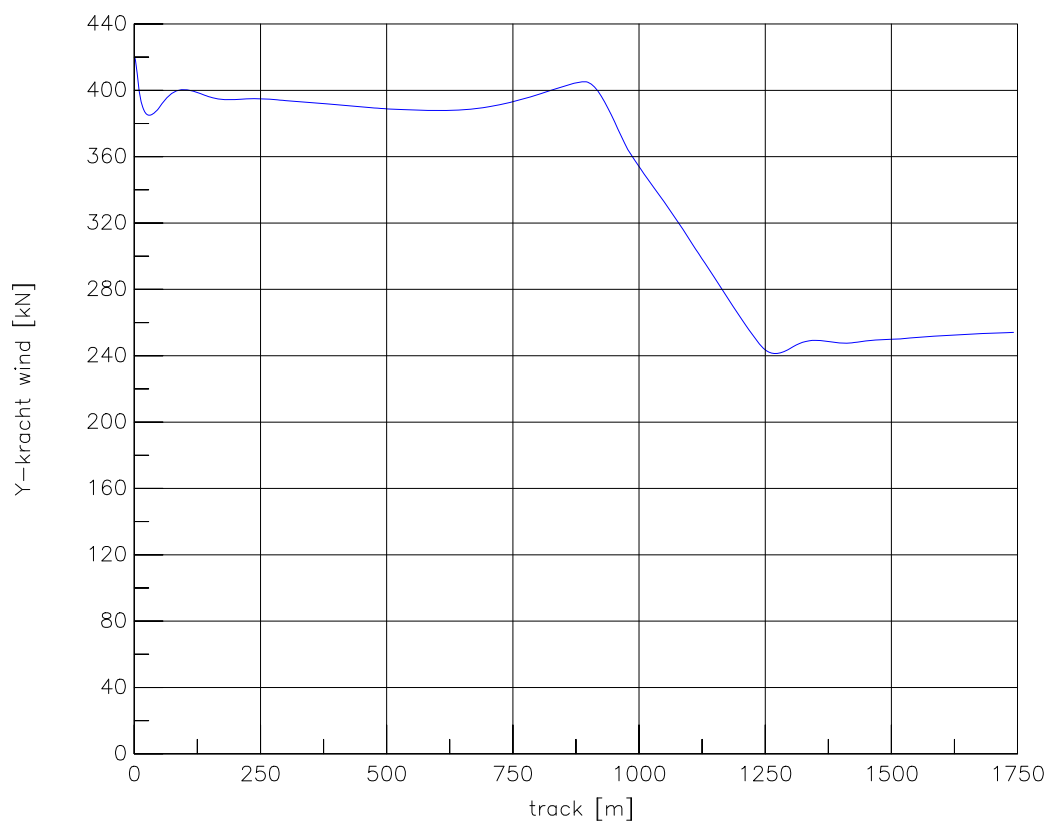
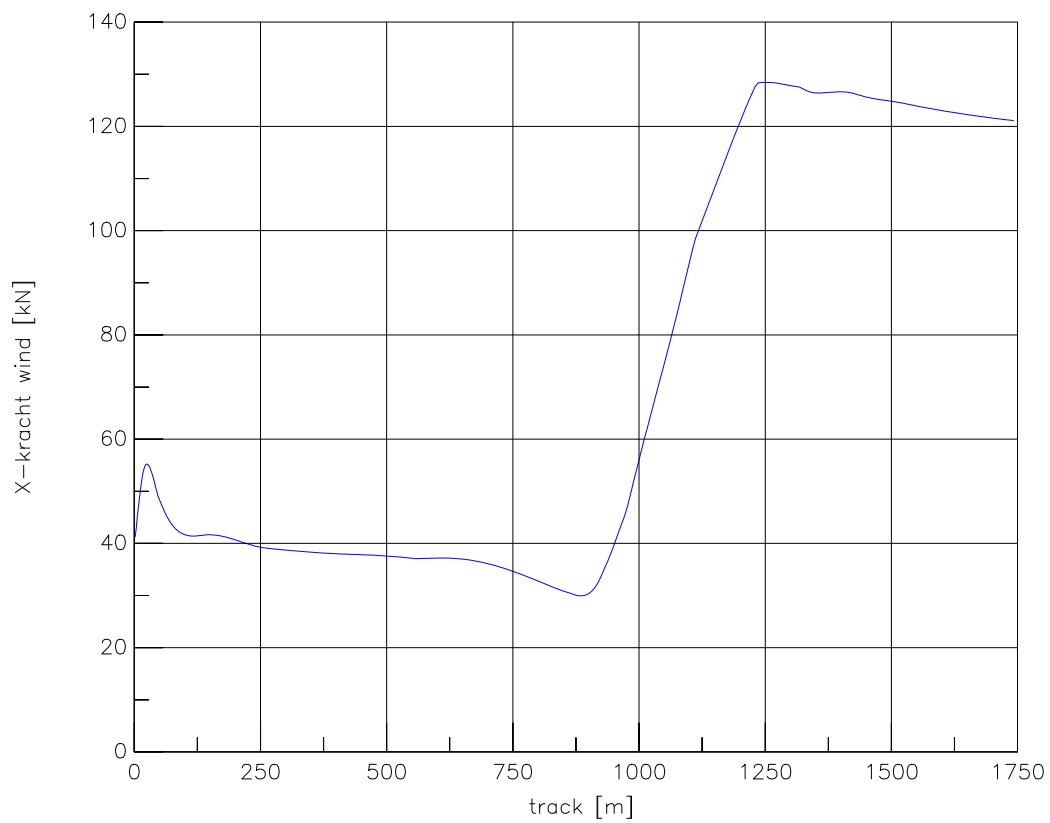
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 16-2

Fig. 16-2e



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 300 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

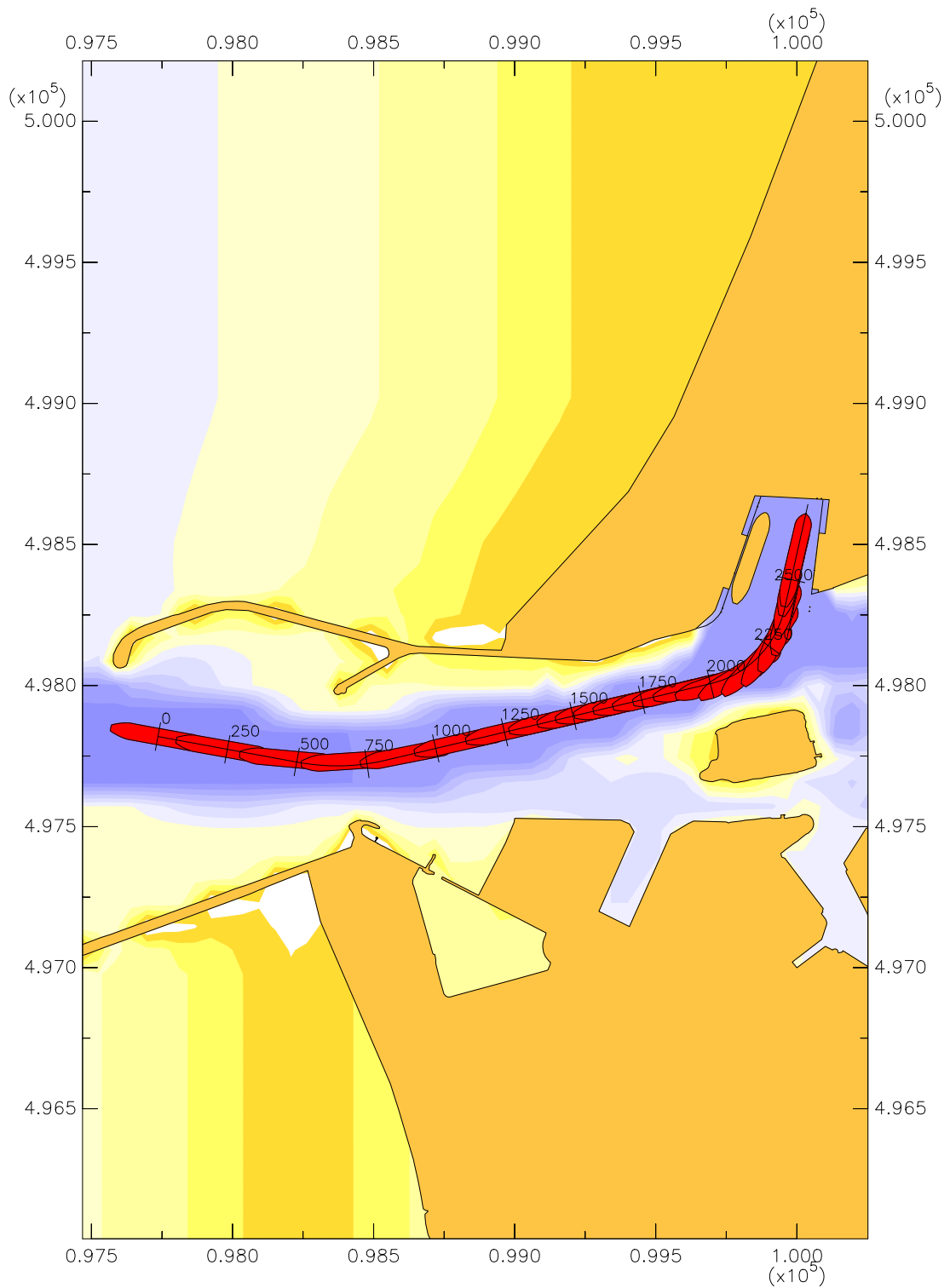
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 16-2

Fig. 16-2f





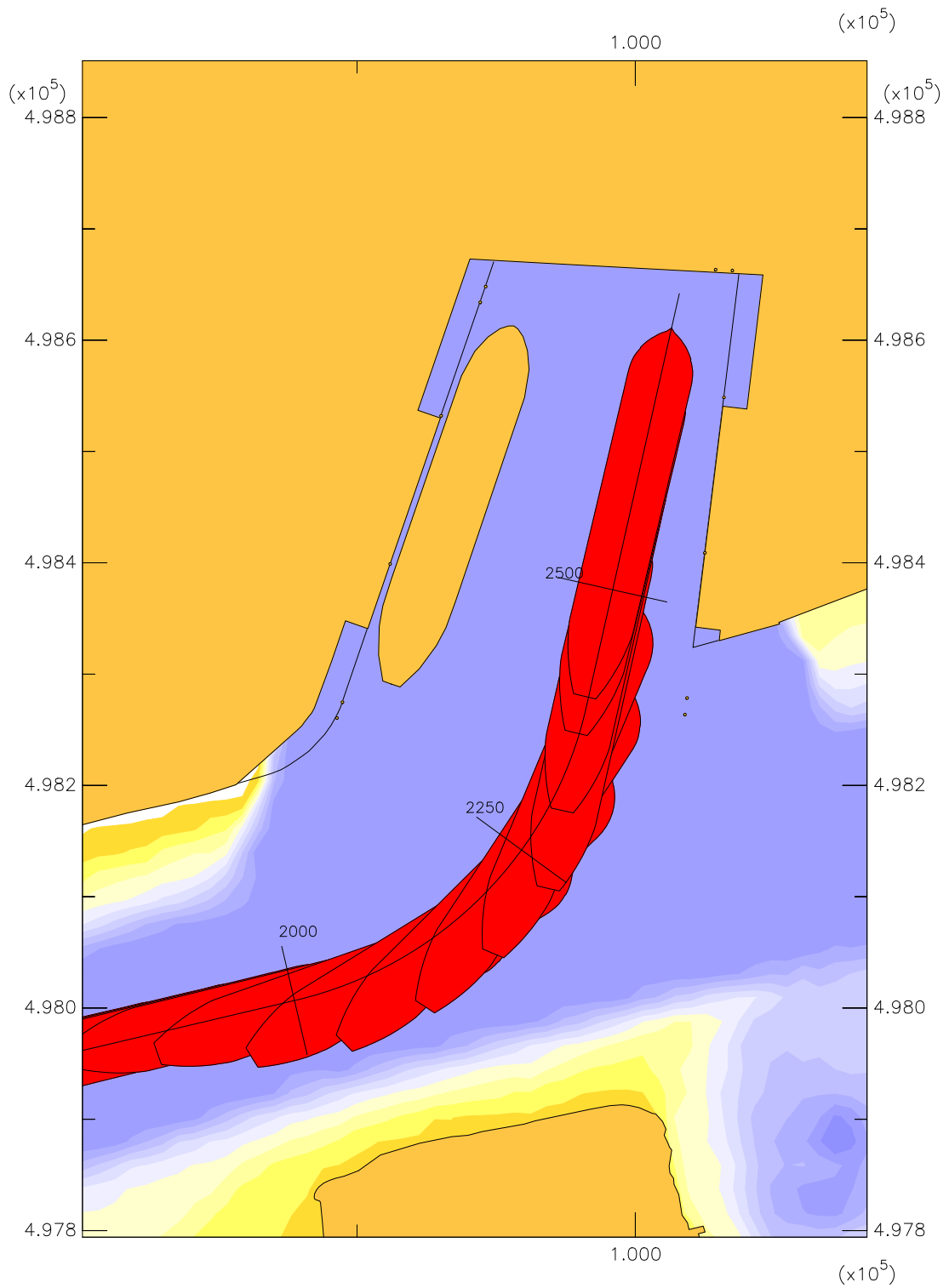
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 17

Fig. 17a



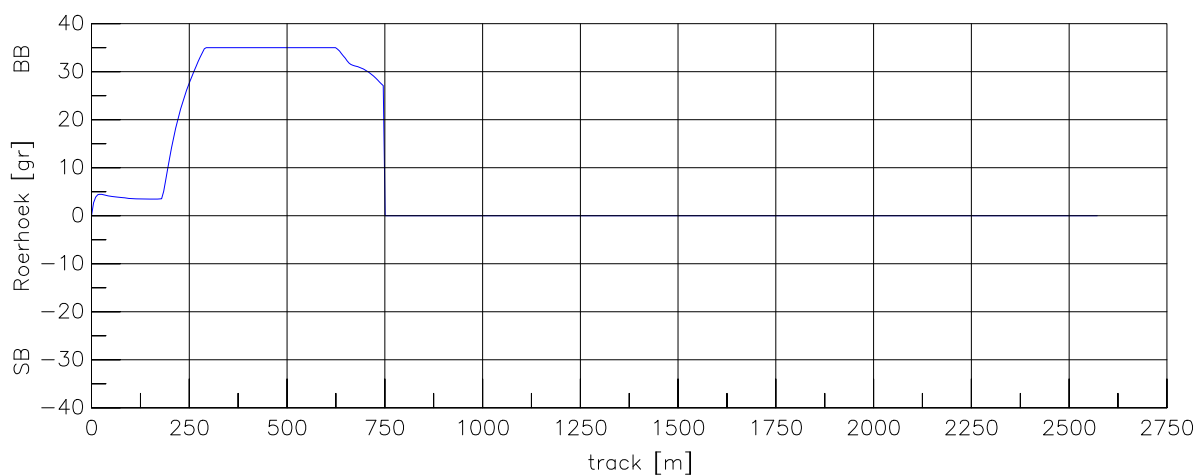
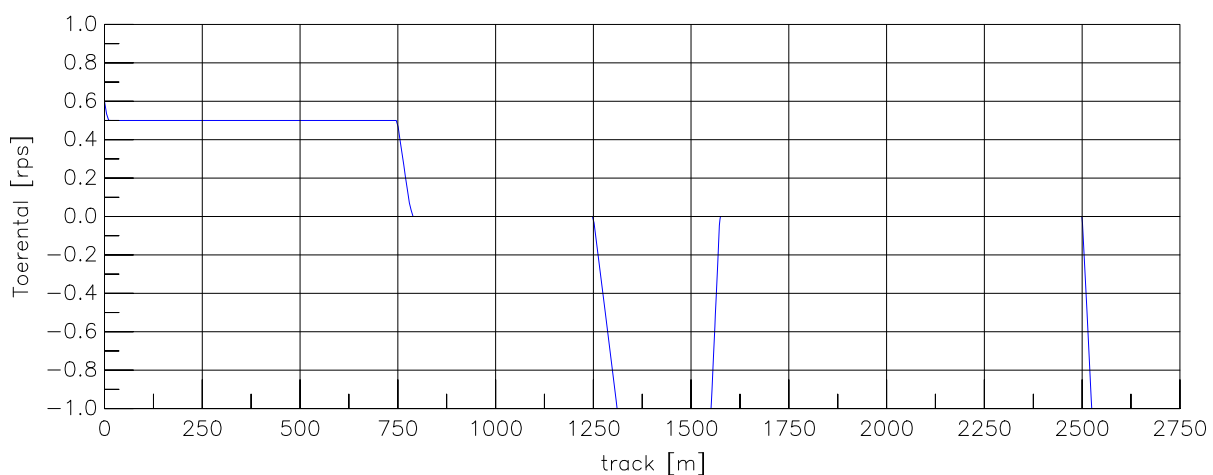
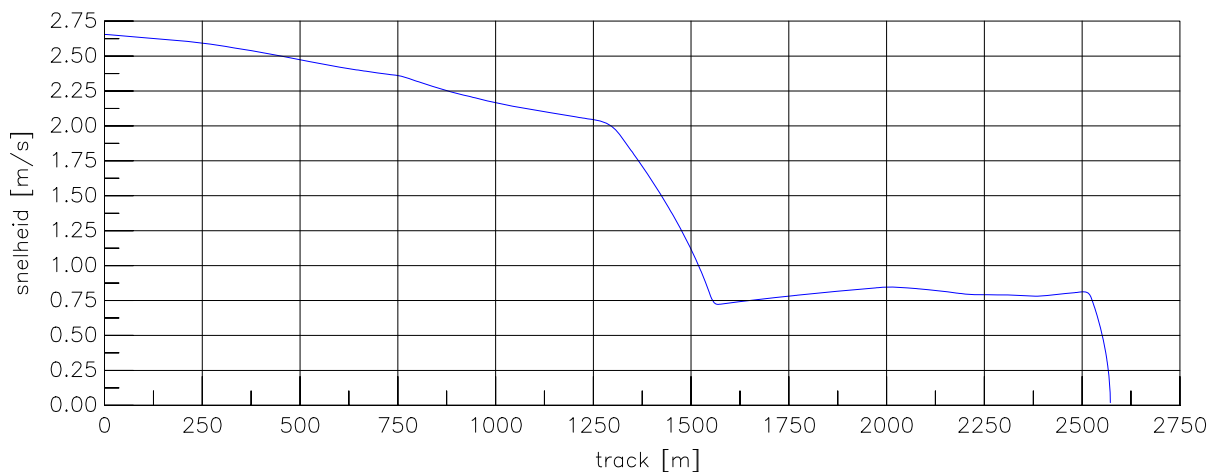
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 17

Fig. 17b



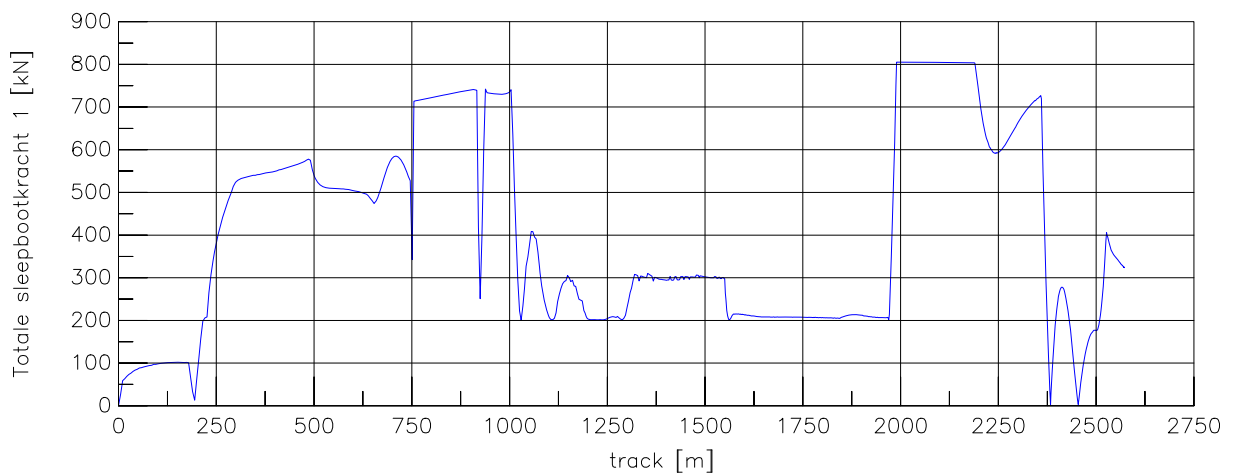
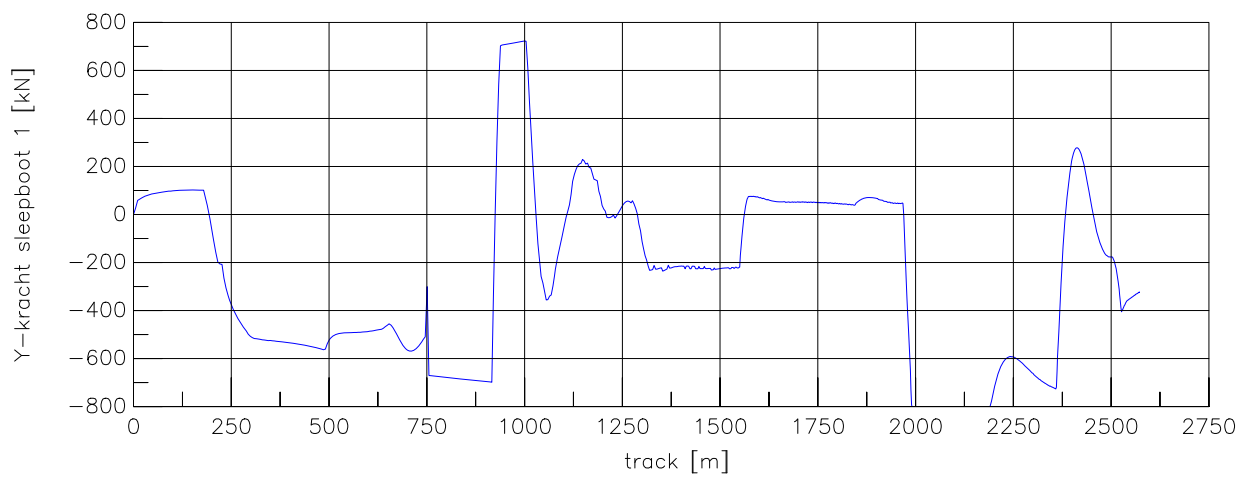
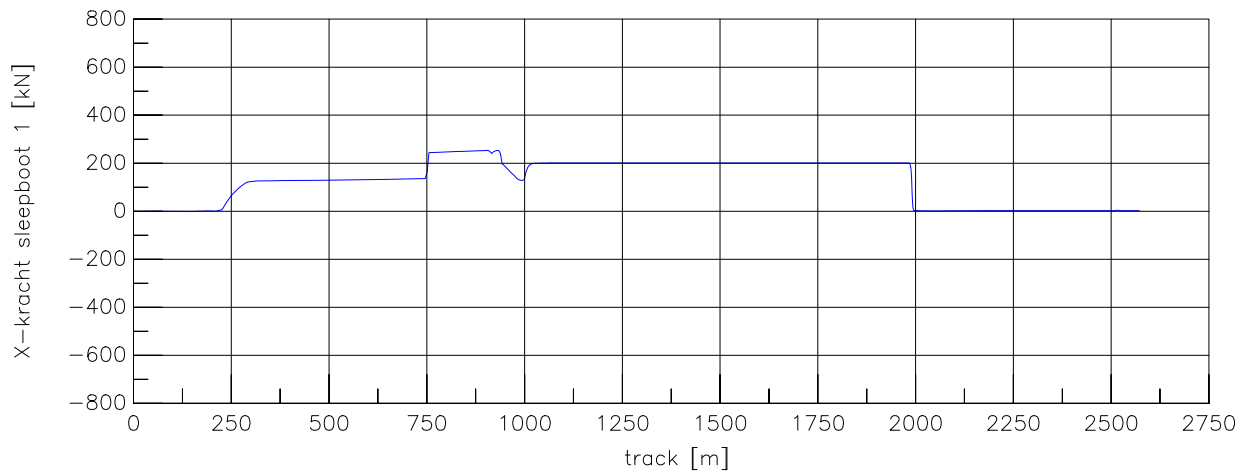
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 17

Fig. 17c



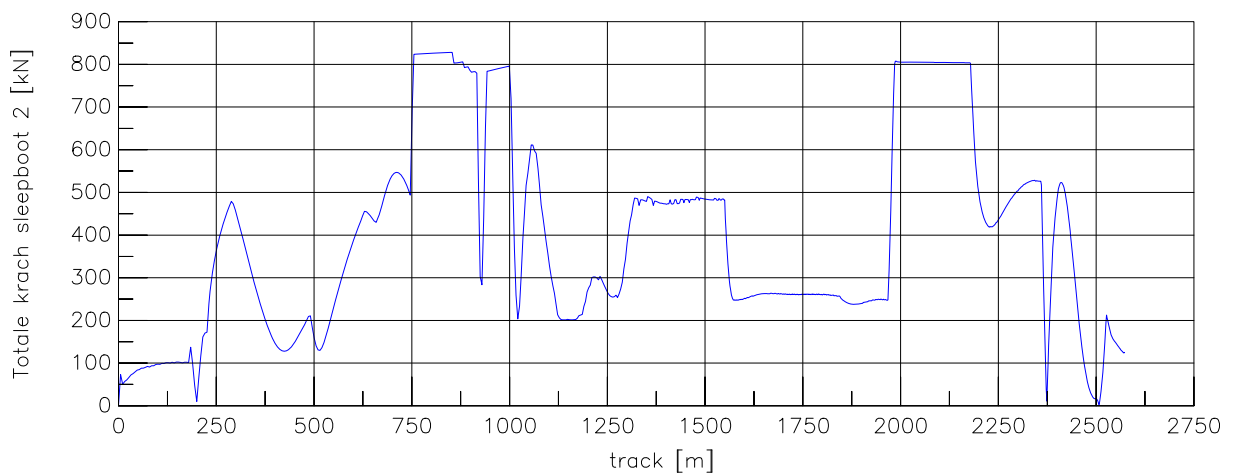
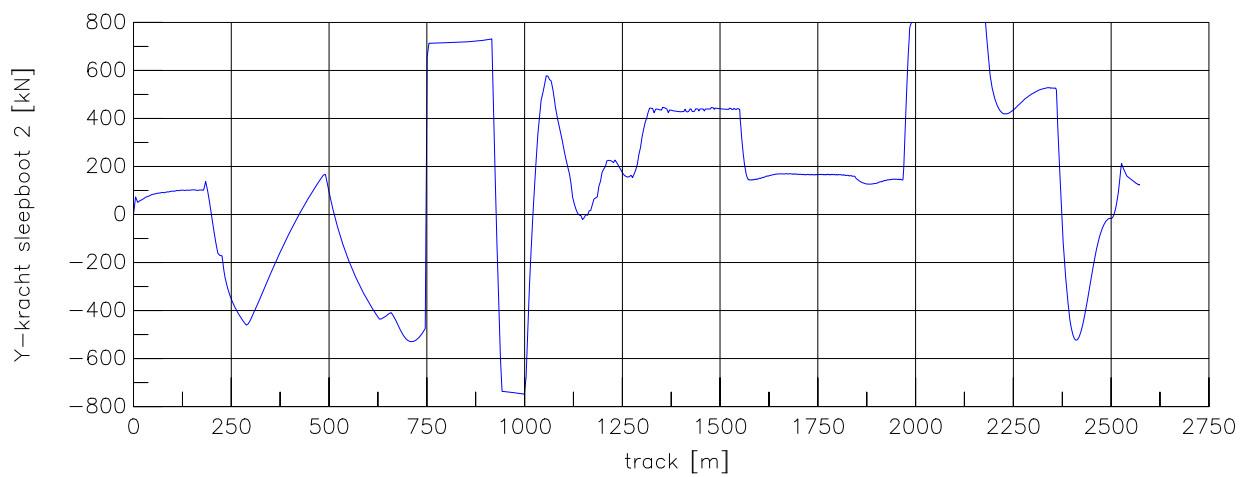
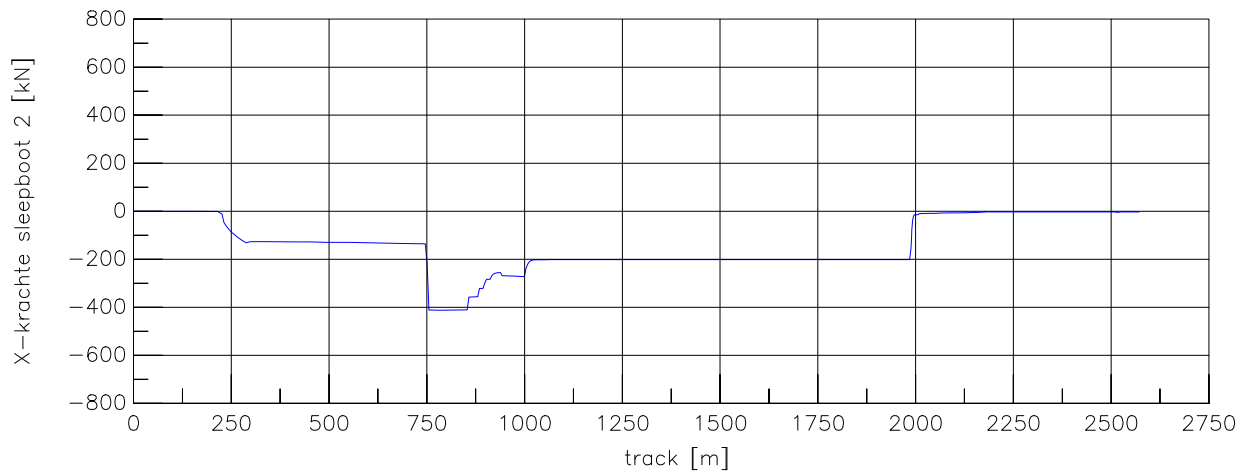
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 17

Fig. 17d



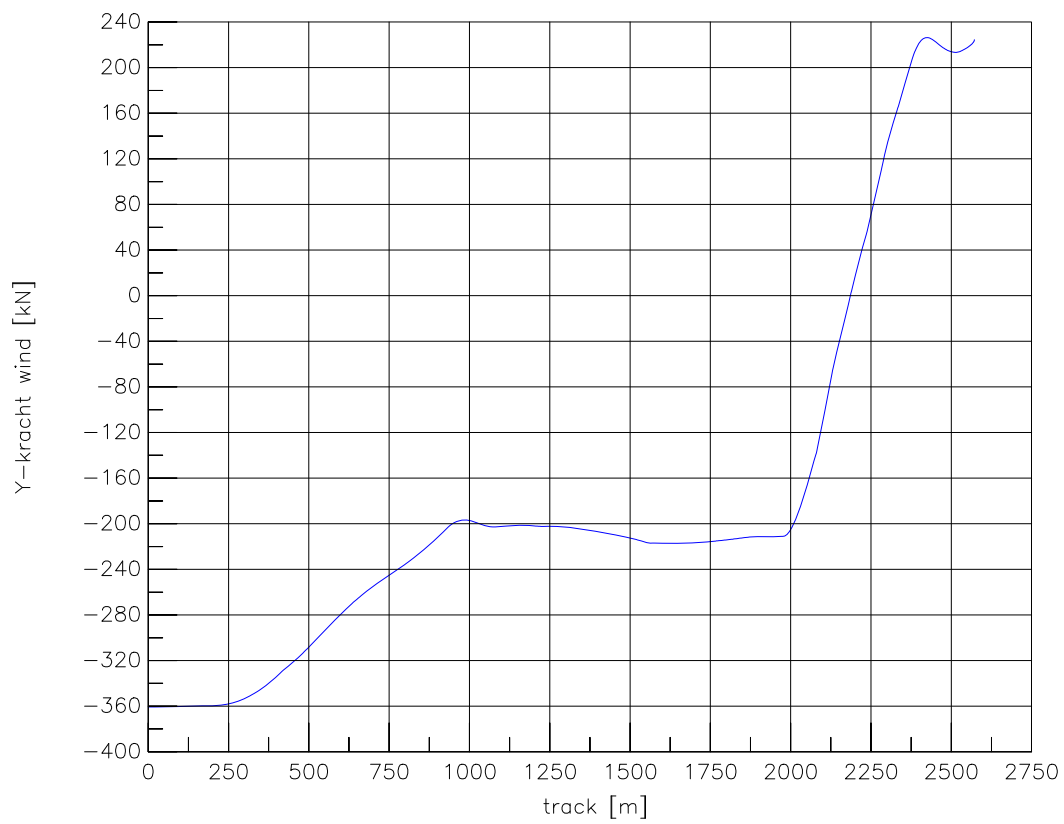
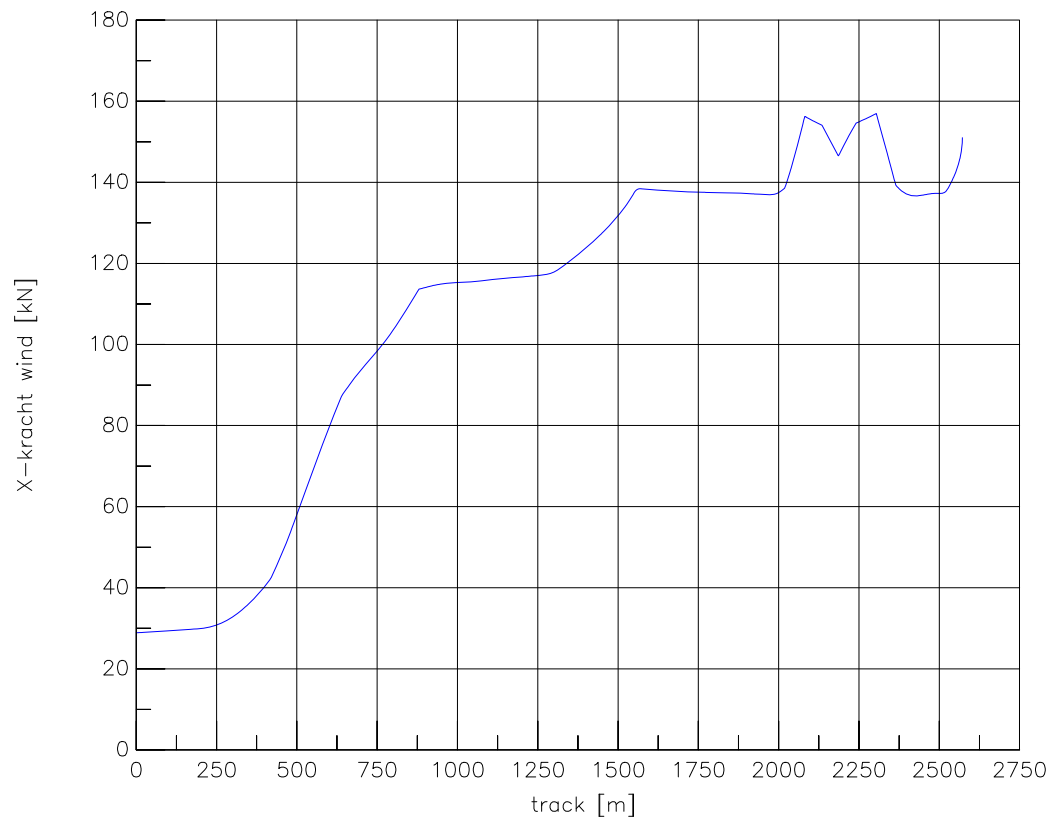
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 17

Fig. 17e



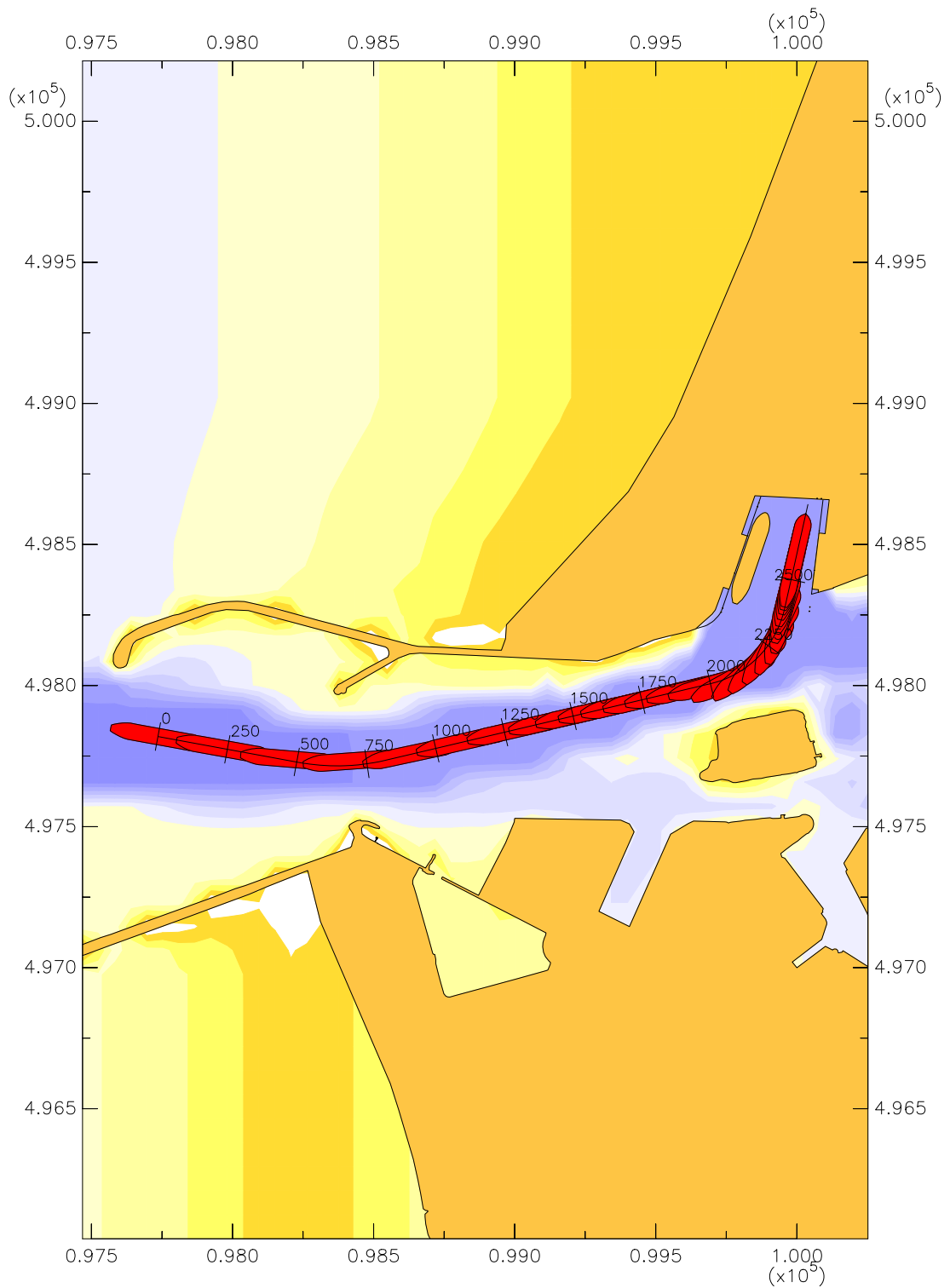
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 17

Fig. 17f



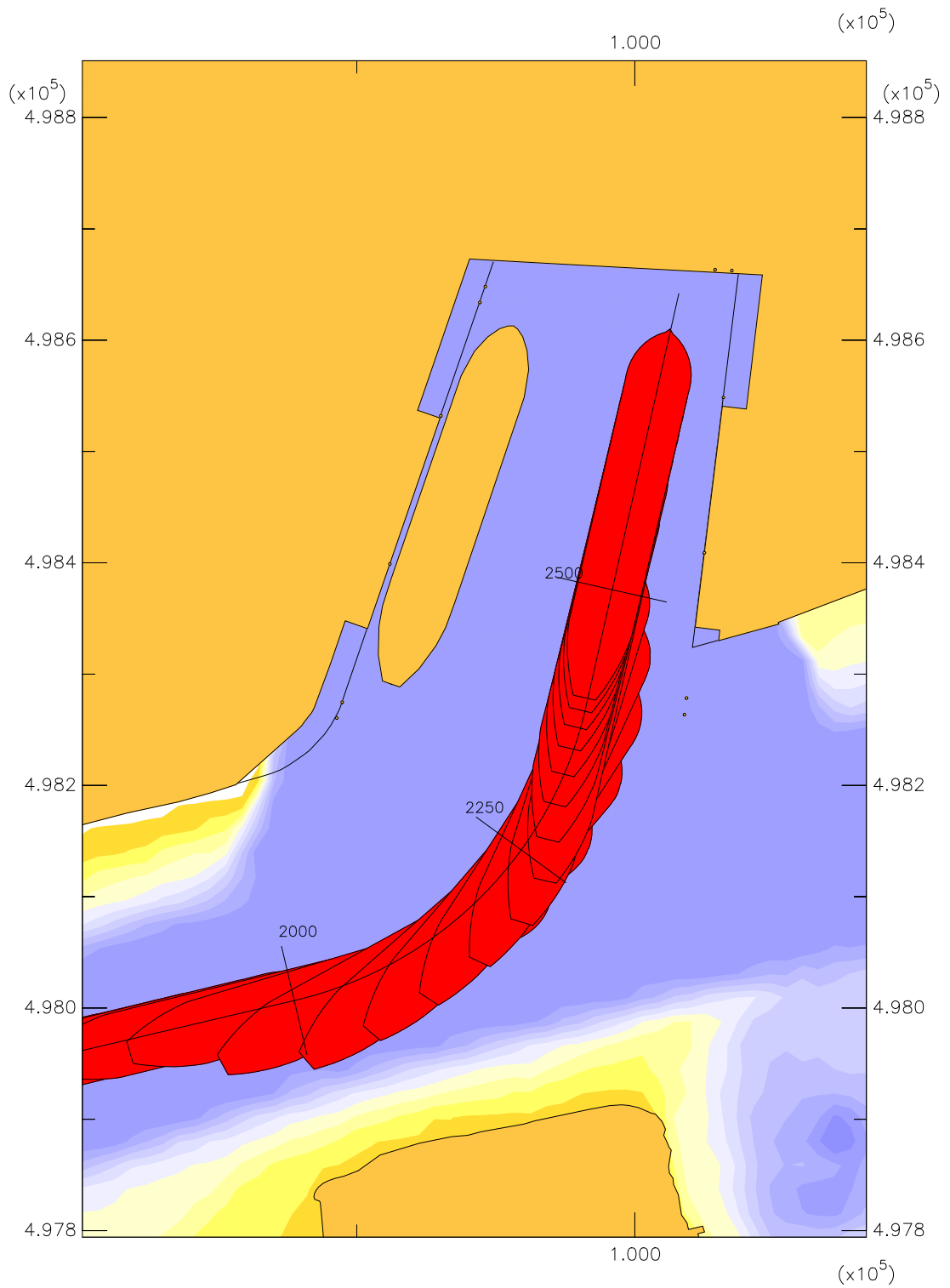
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 18

Fig. 18a



Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

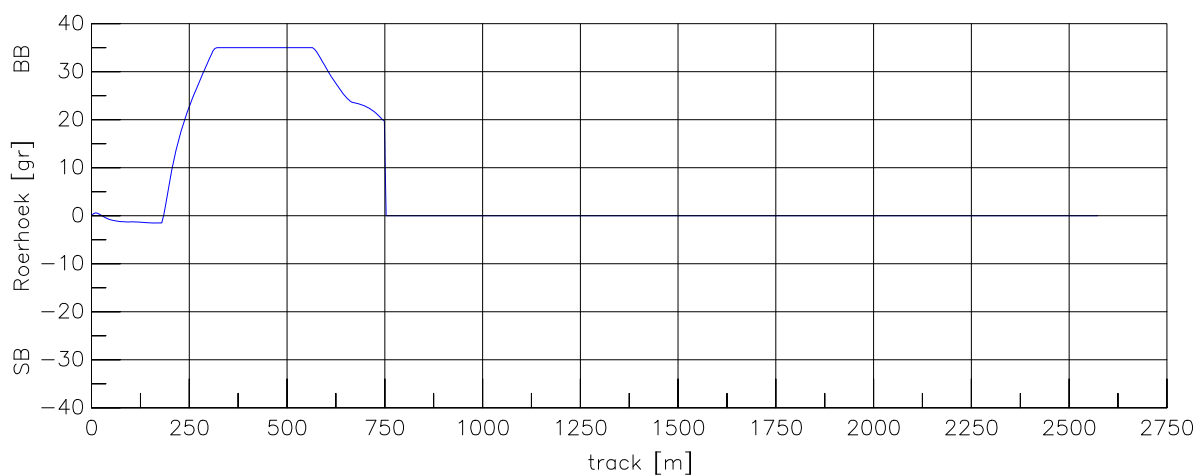
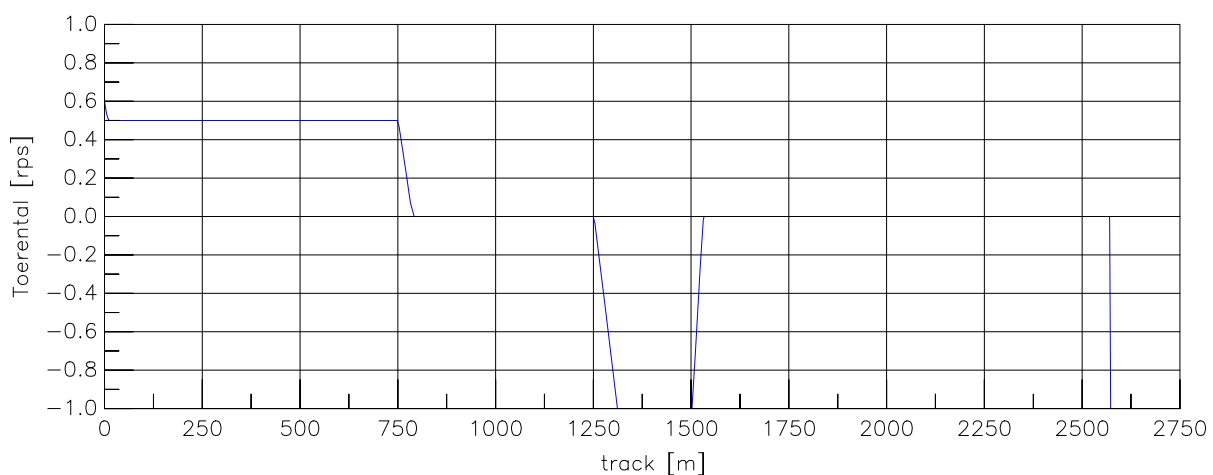
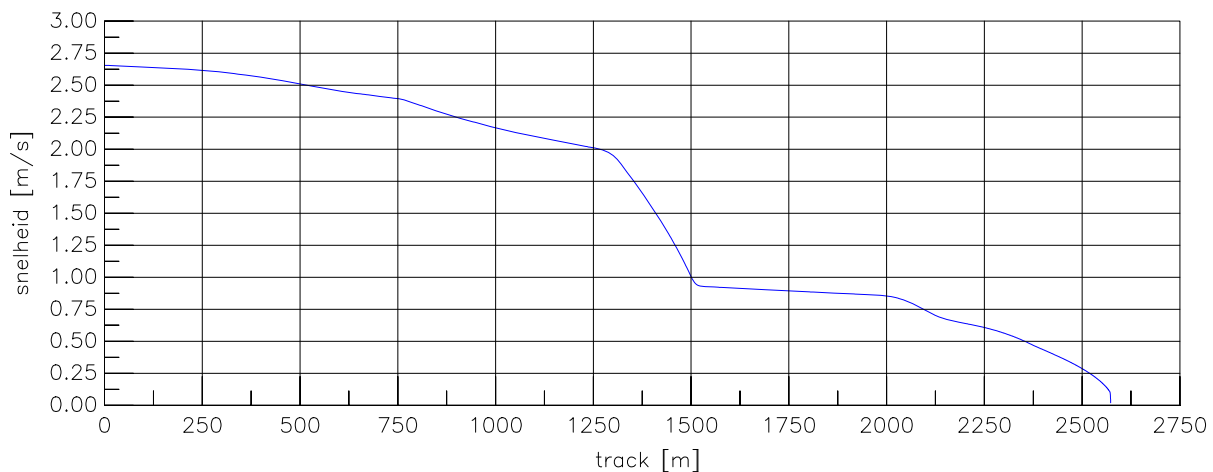
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 18

Fig. 18b





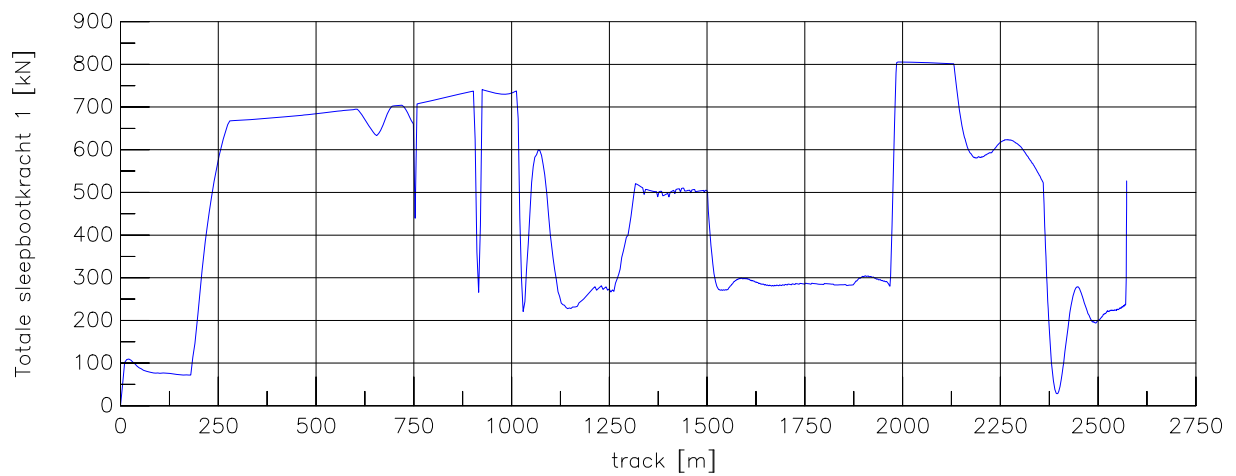
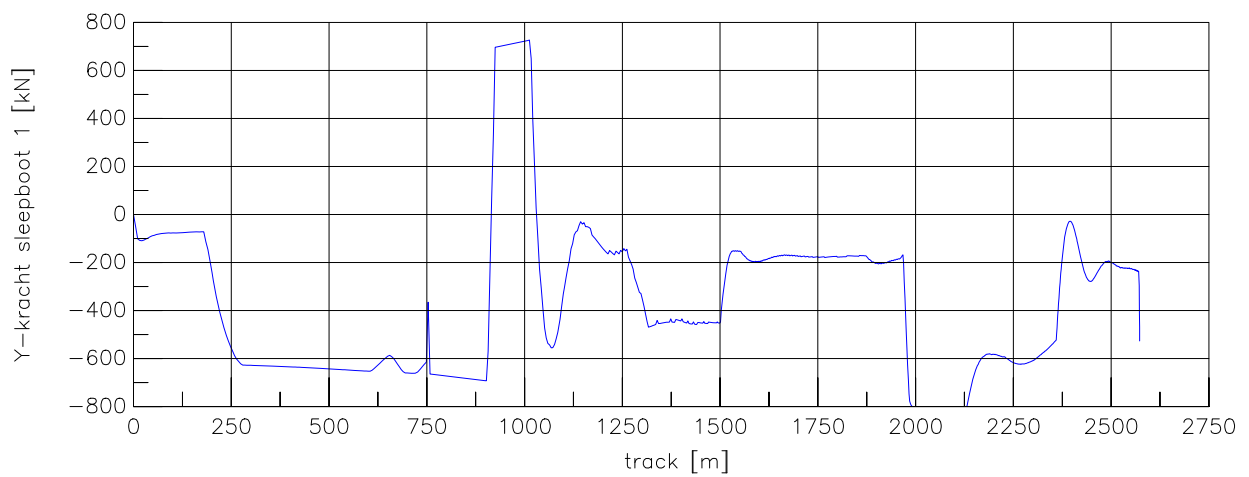
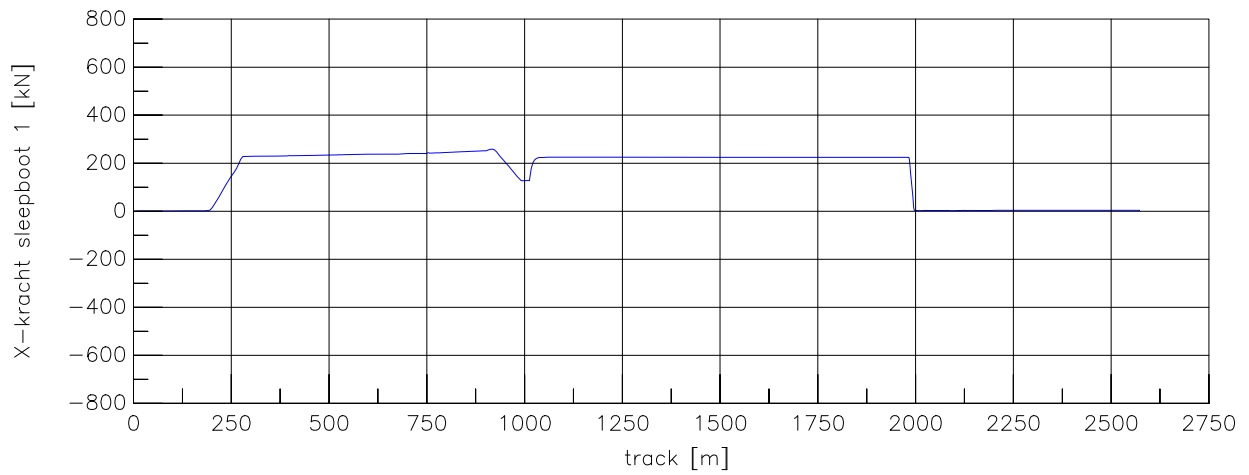
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 18

Fig. 18c



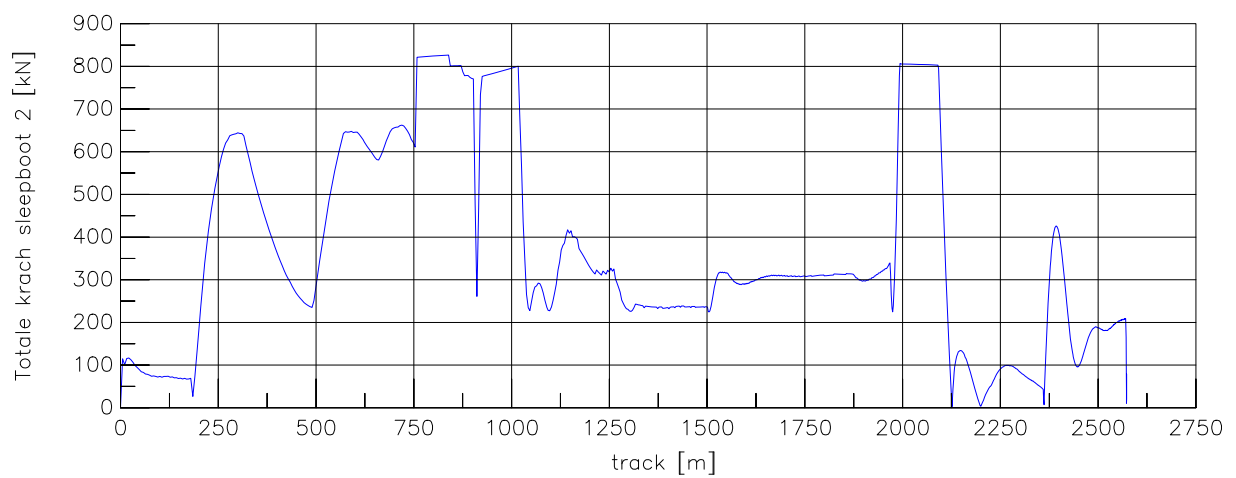
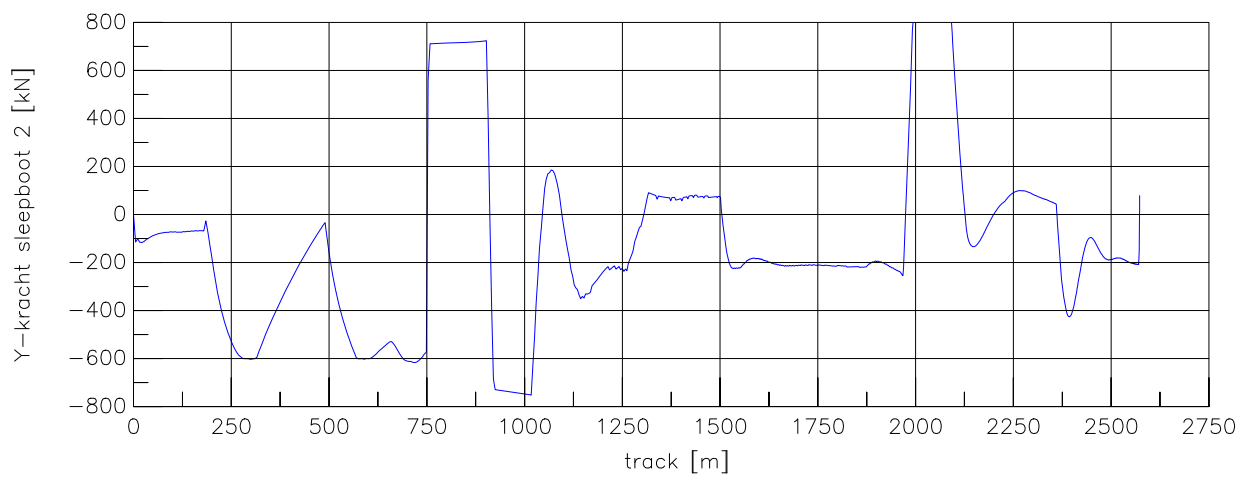
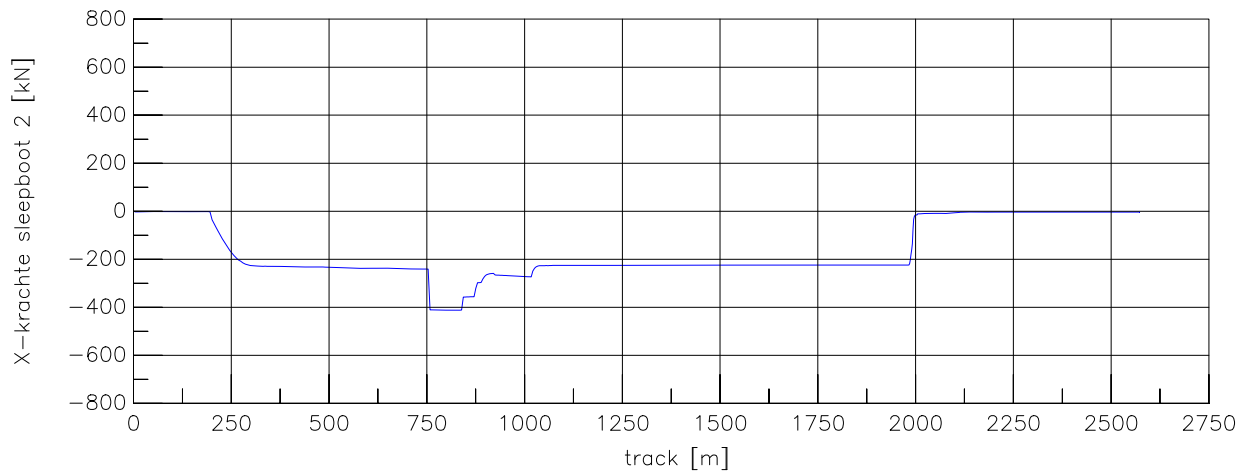
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 18

Fig. 18d



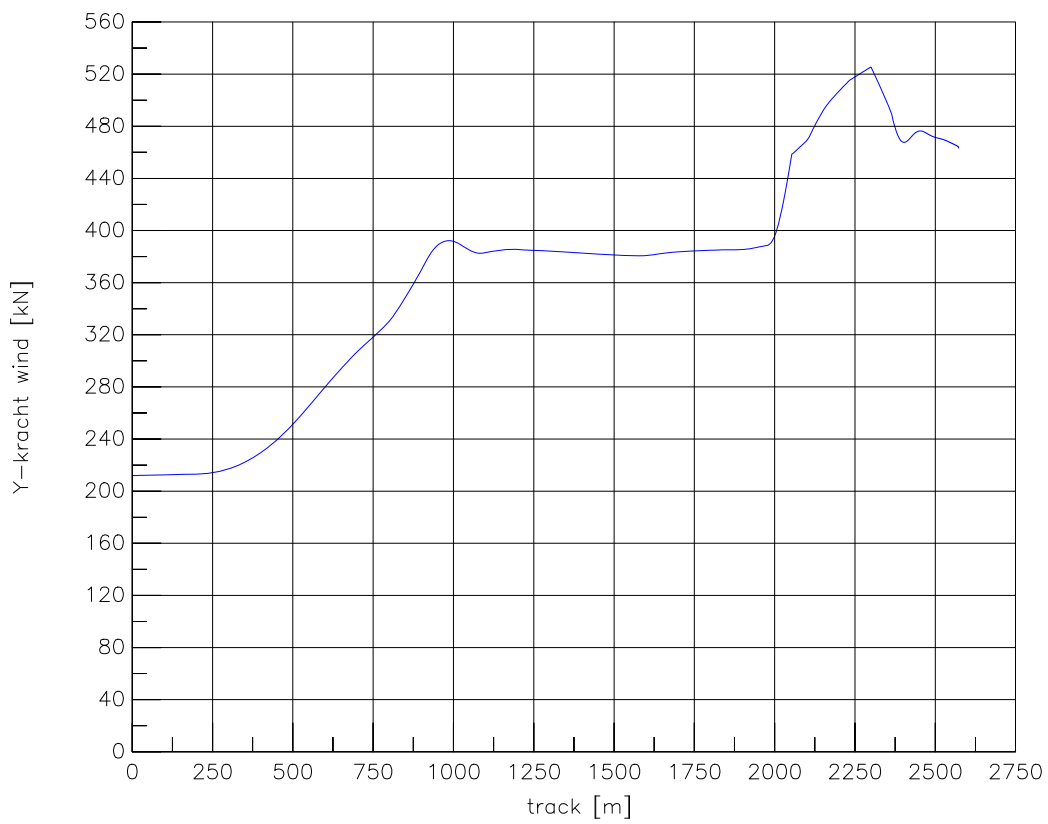
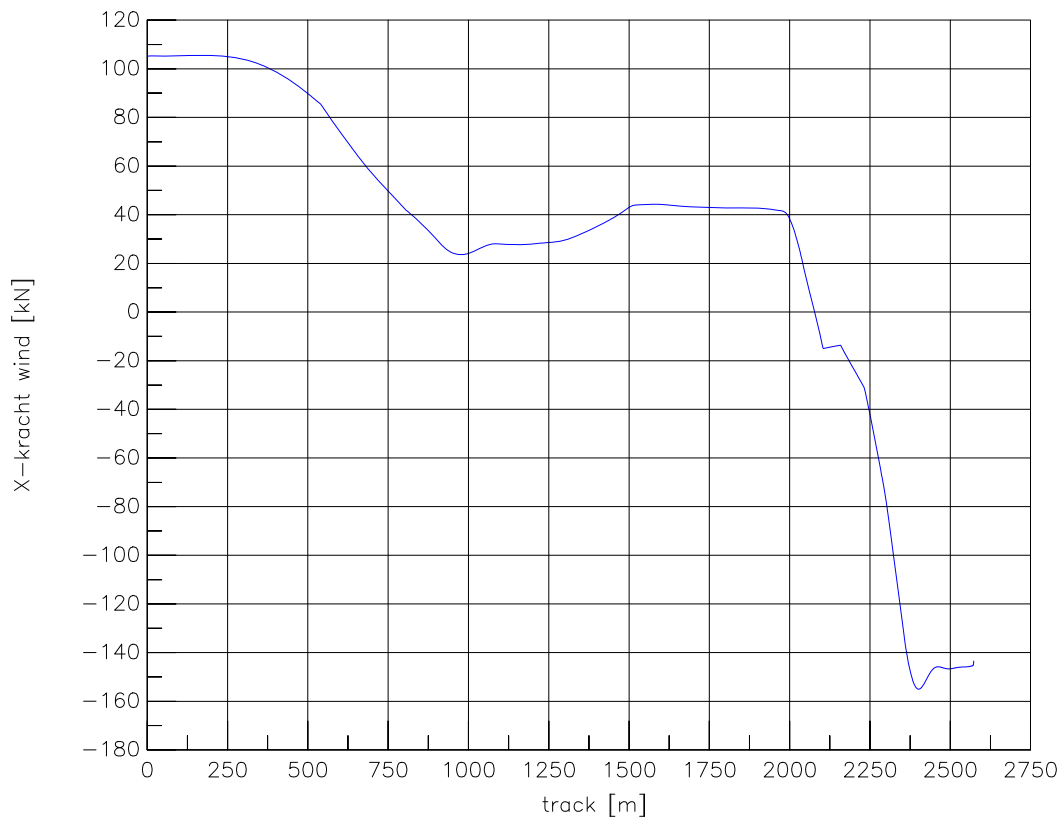
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 18

Fig. 18e



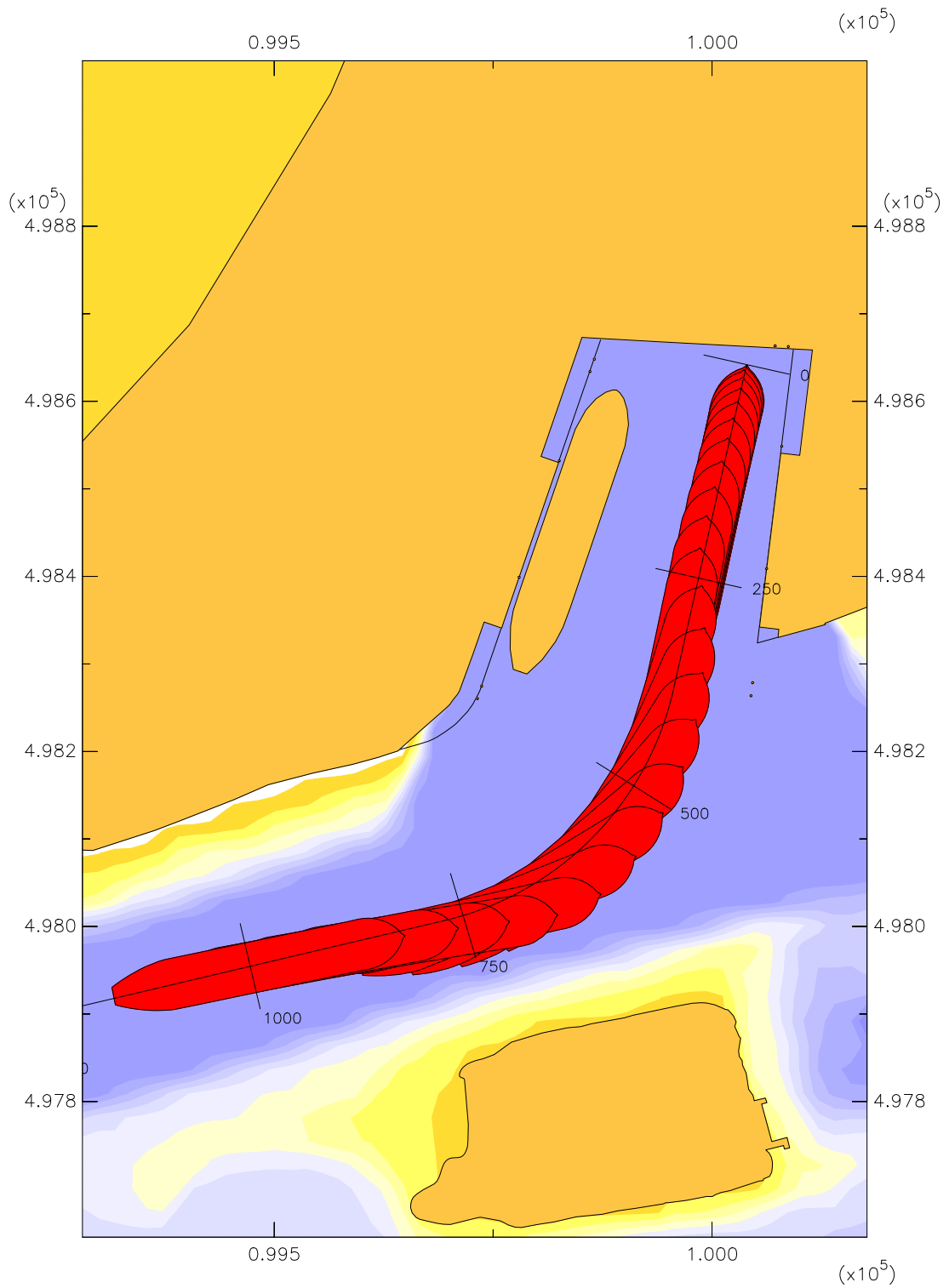
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 18

Fig. 18f

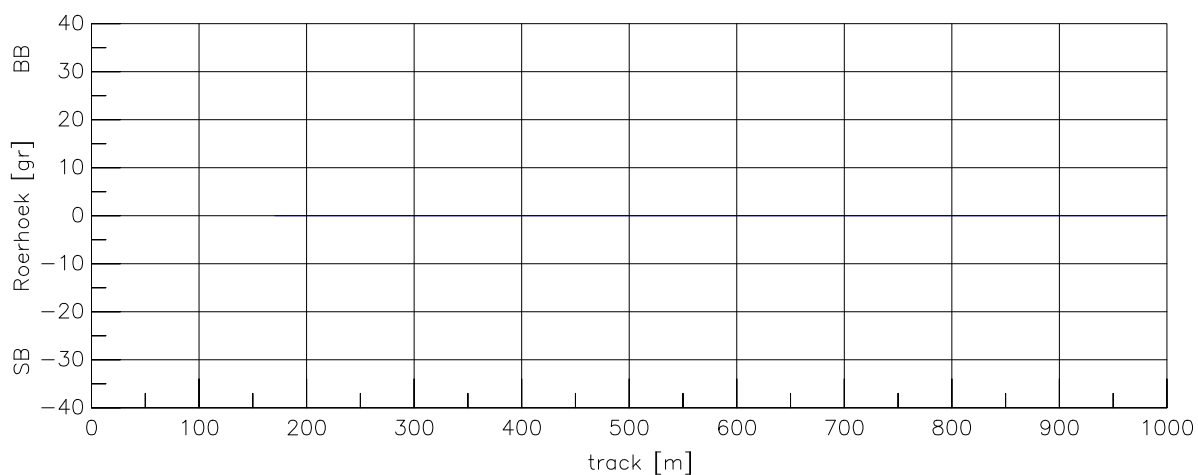
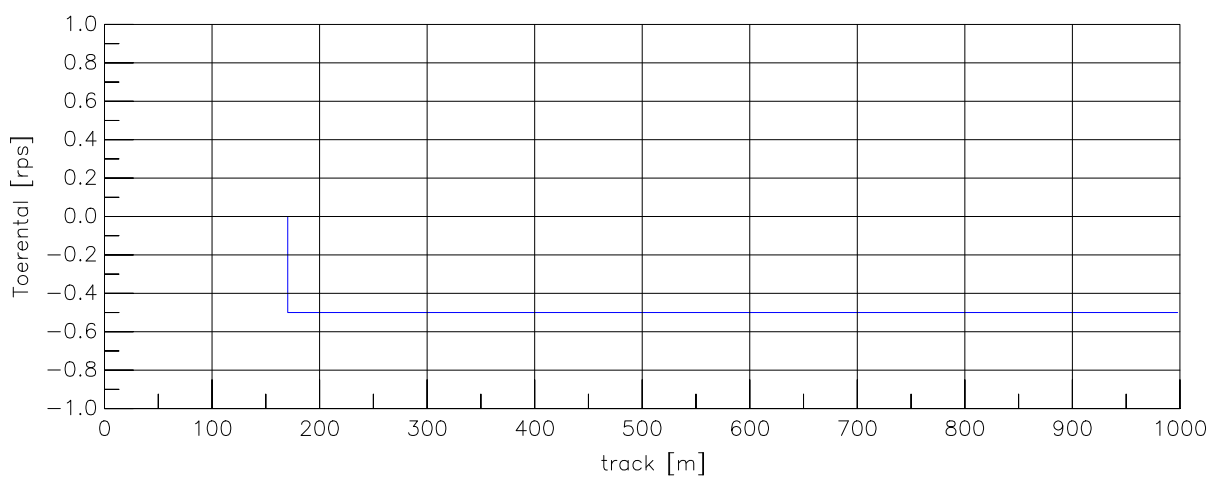
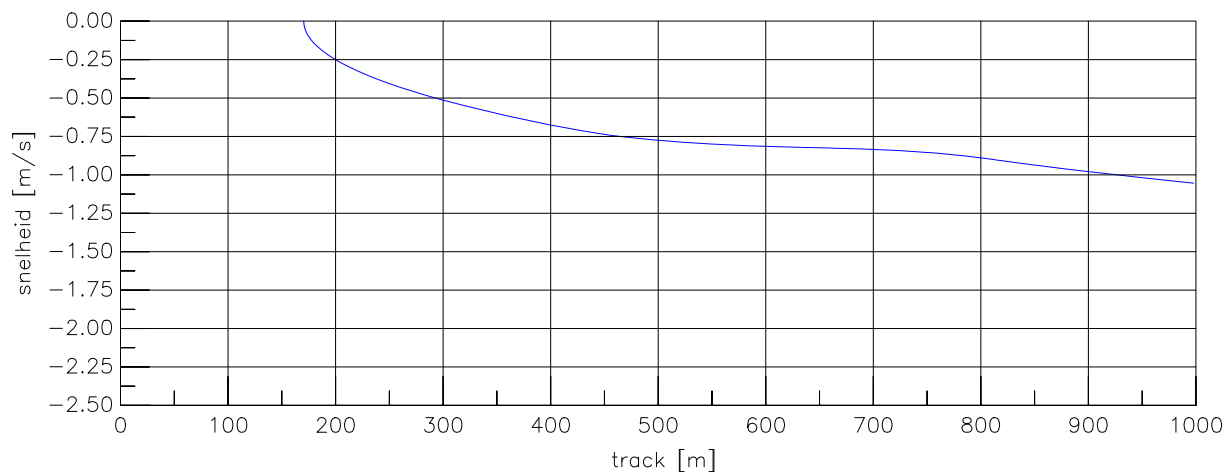


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.19-1 Fig.19-1a



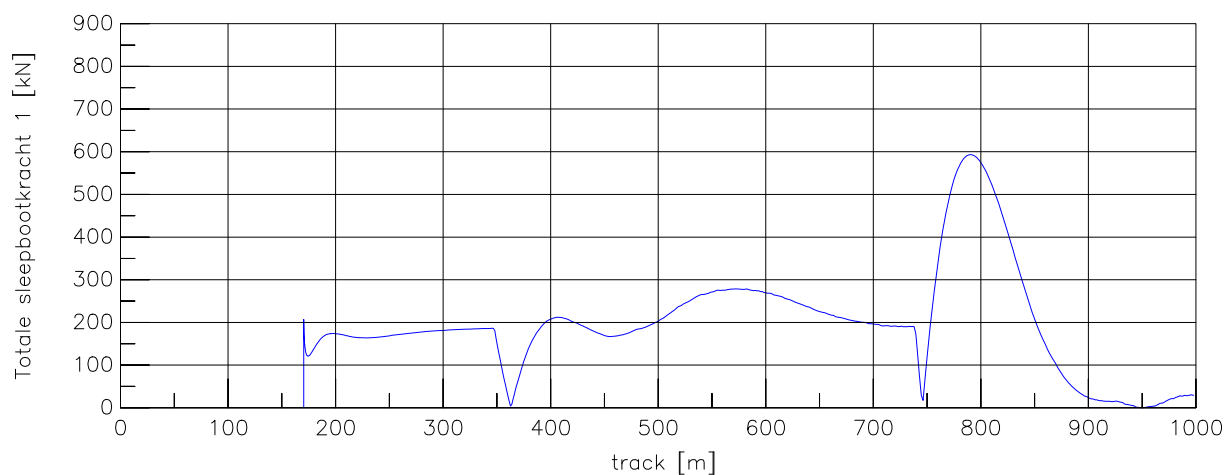
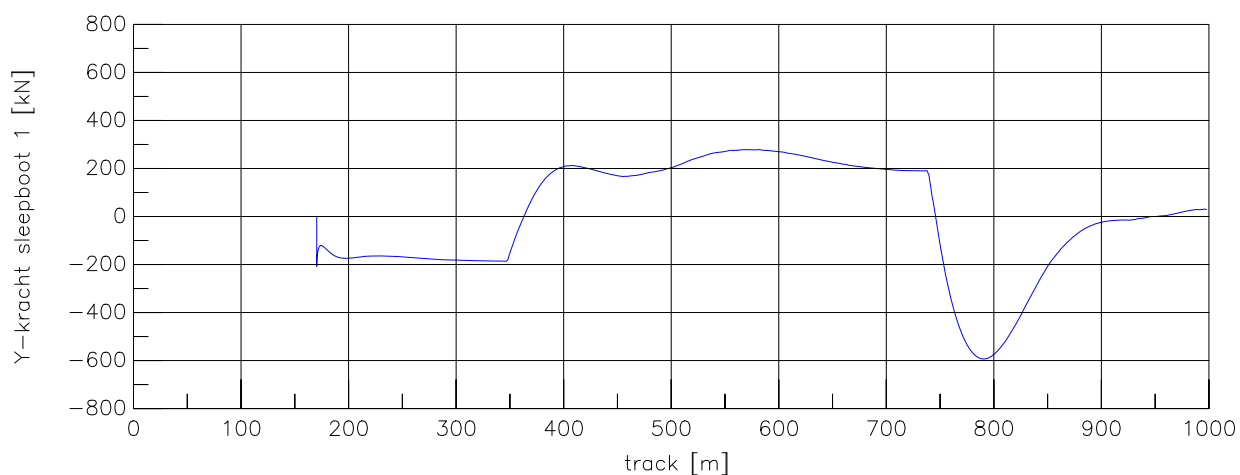
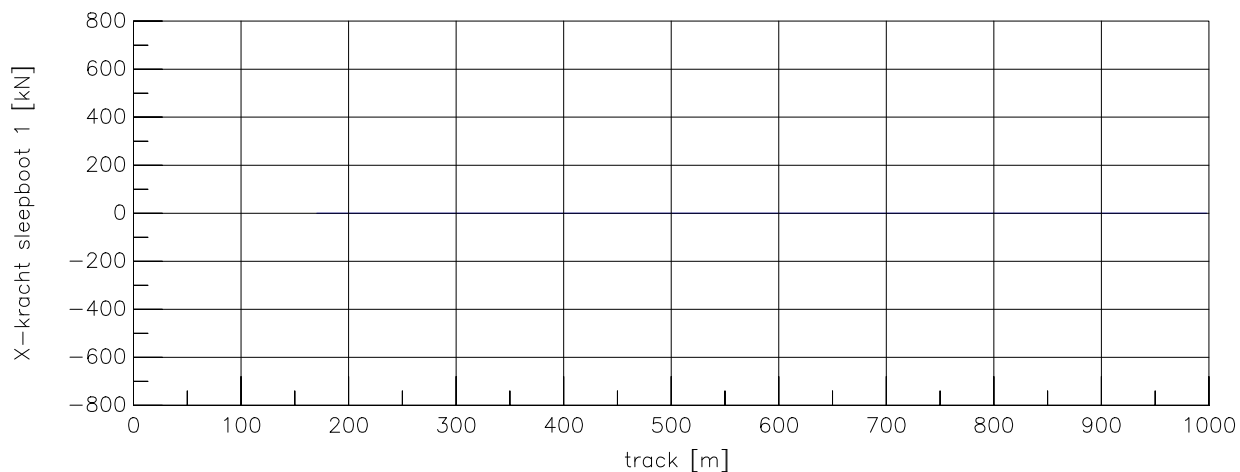
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 19-1

Fig. 19-1c



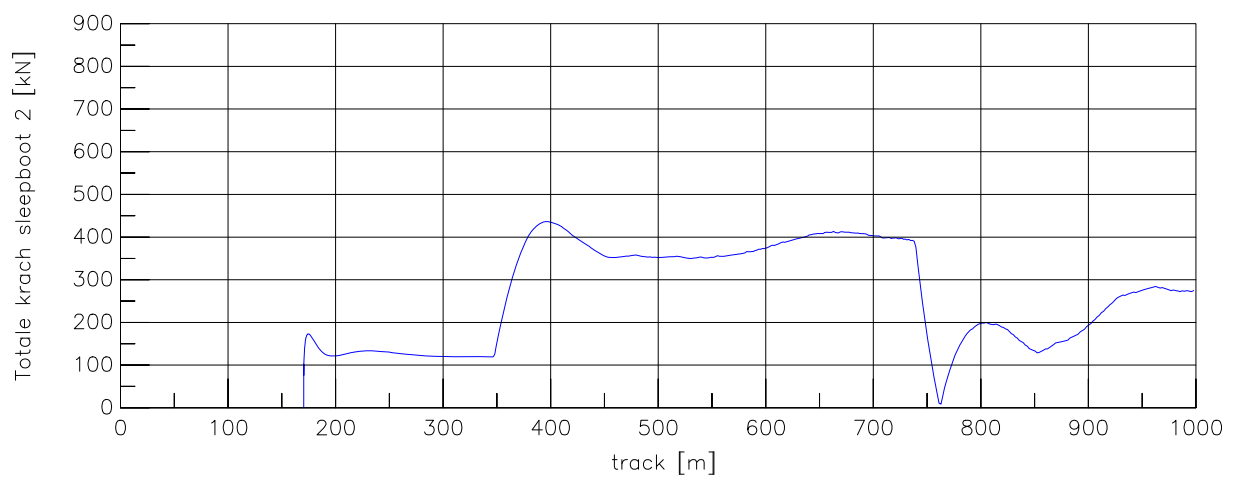
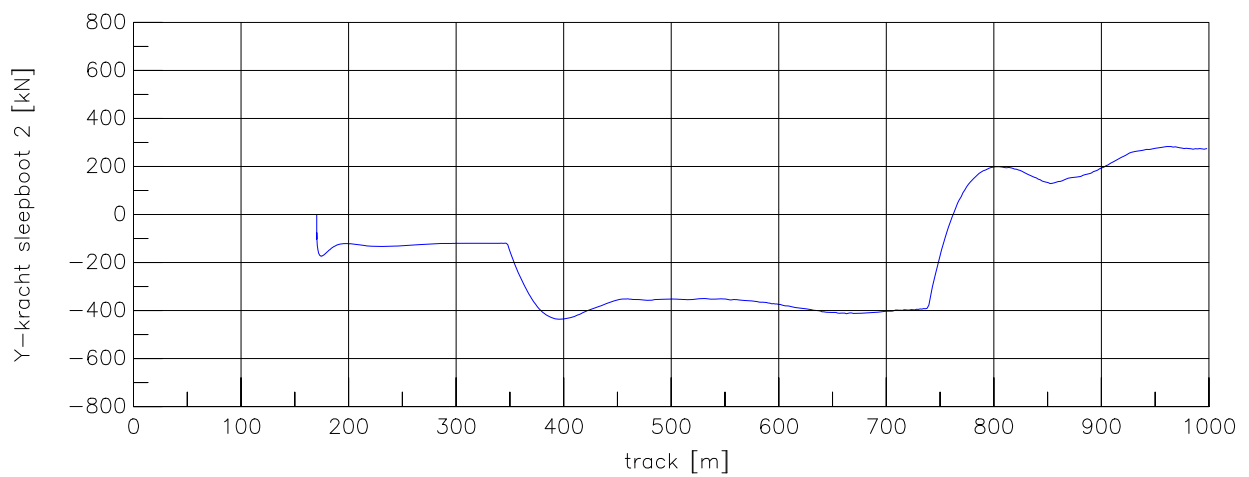
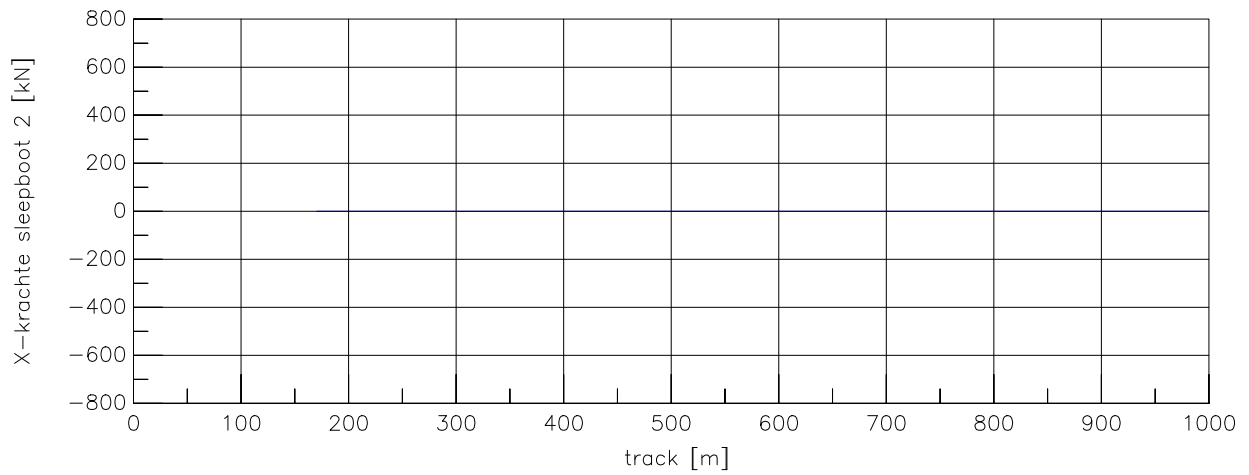
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 19-1

Fig. 19-1d



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

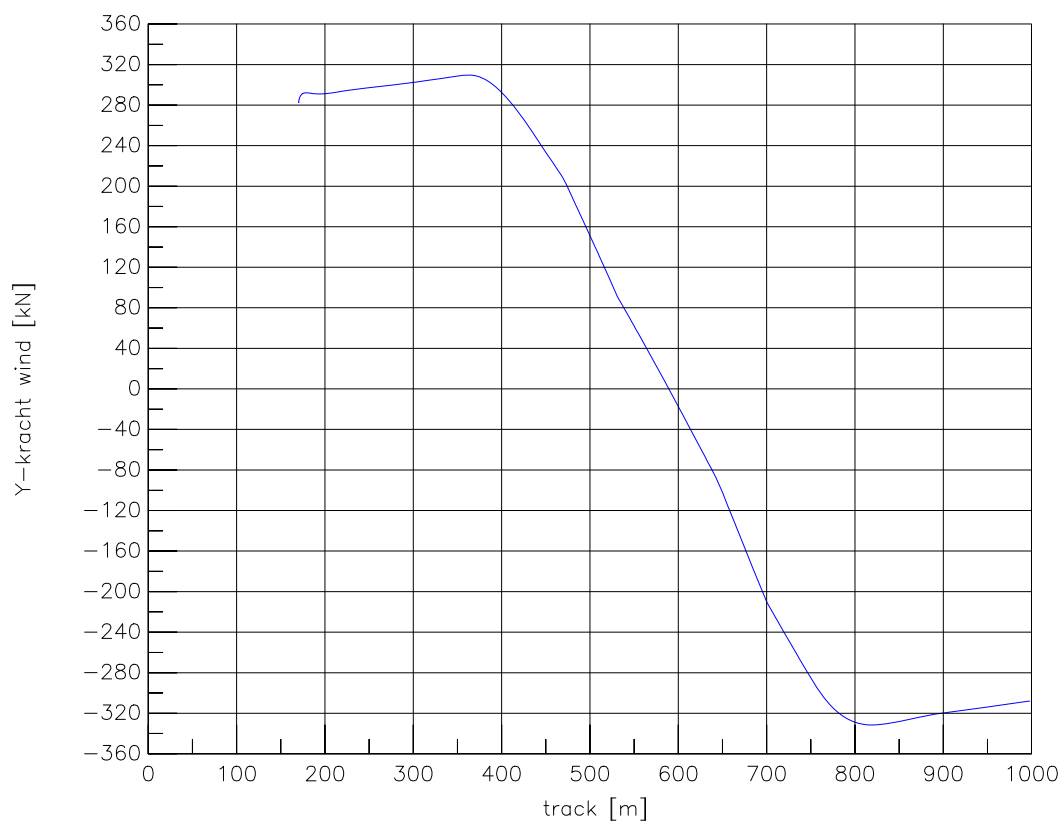
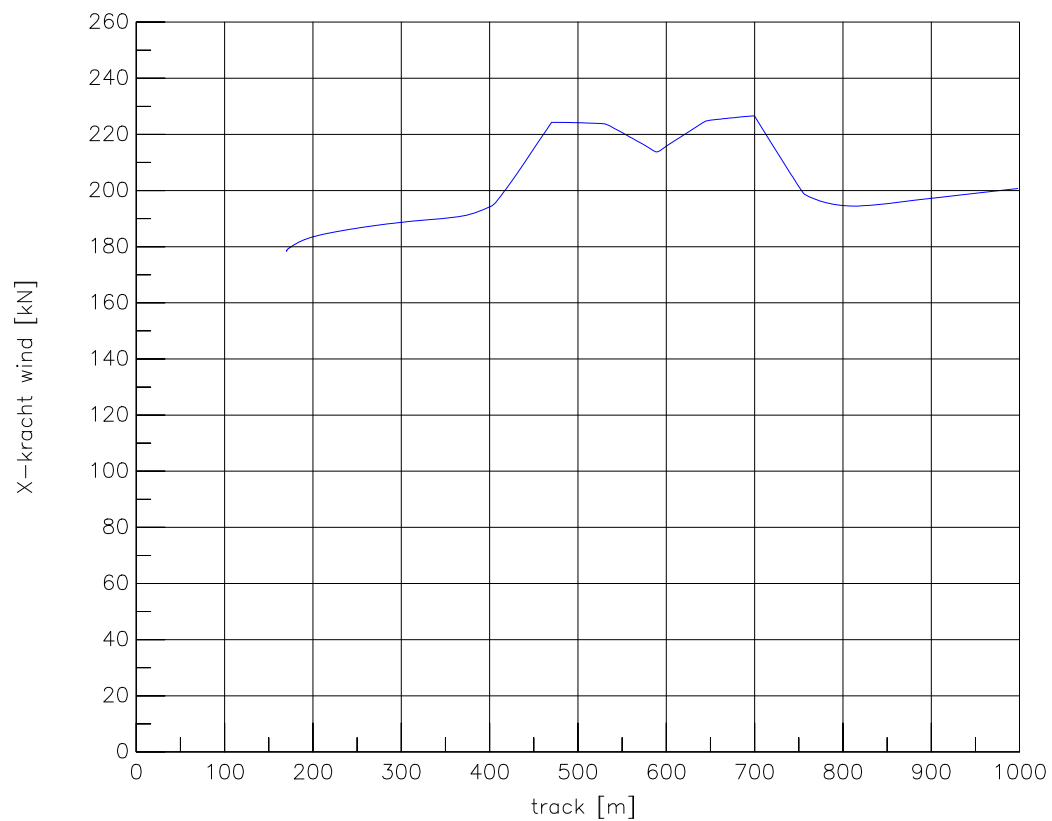
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 19-1

Fig. 19-1e





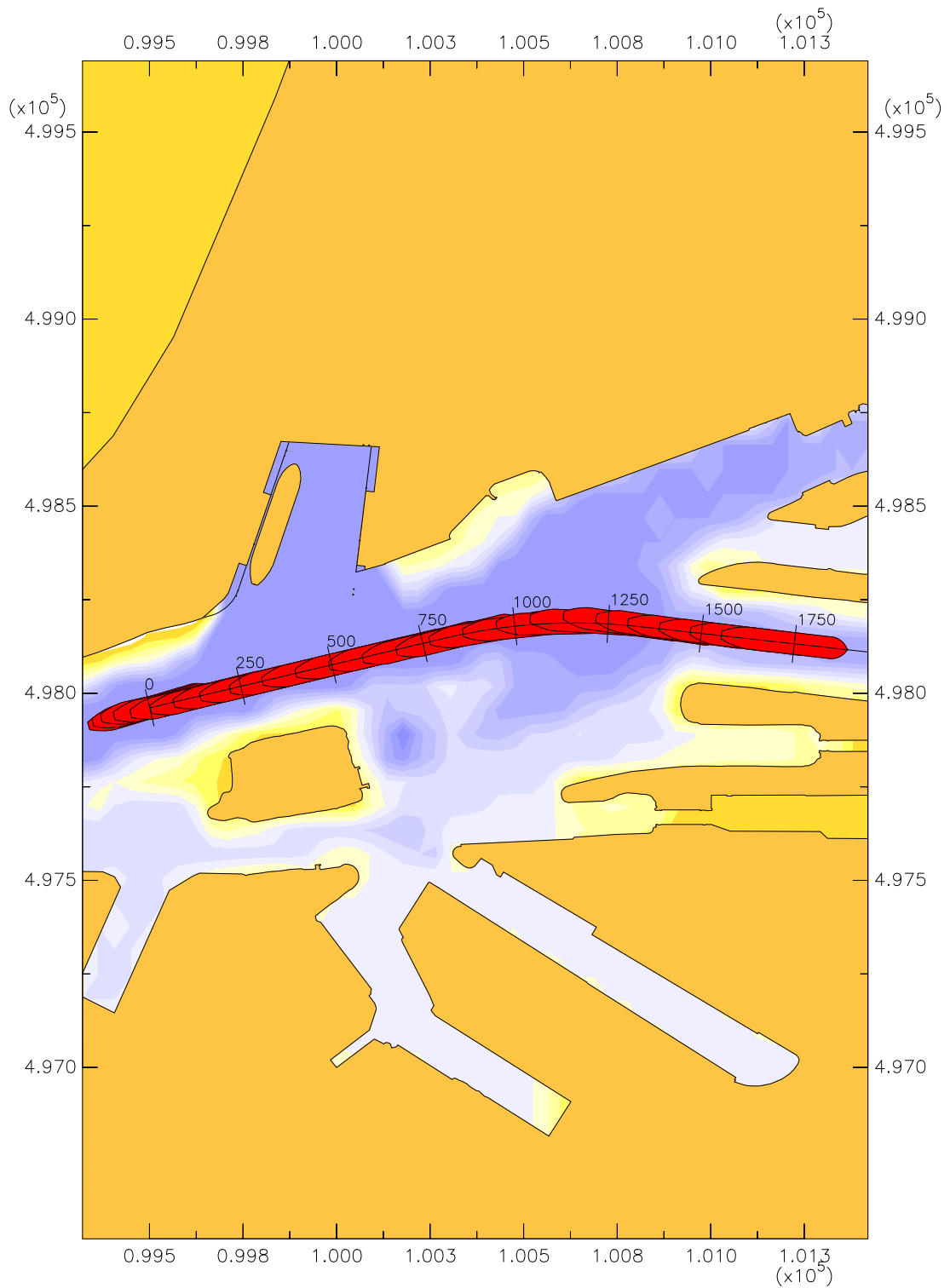
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m3, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 19-1

Fig. 19-1f

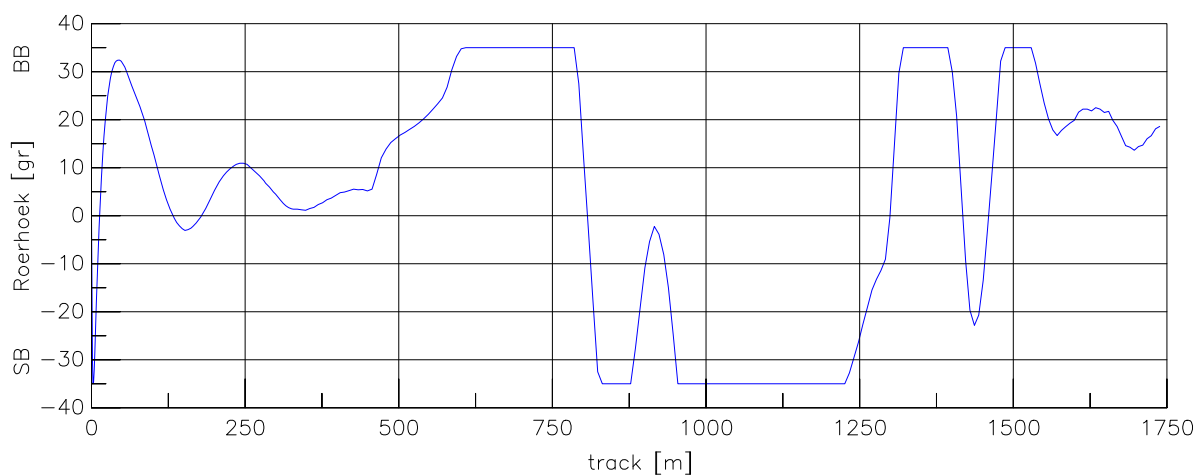
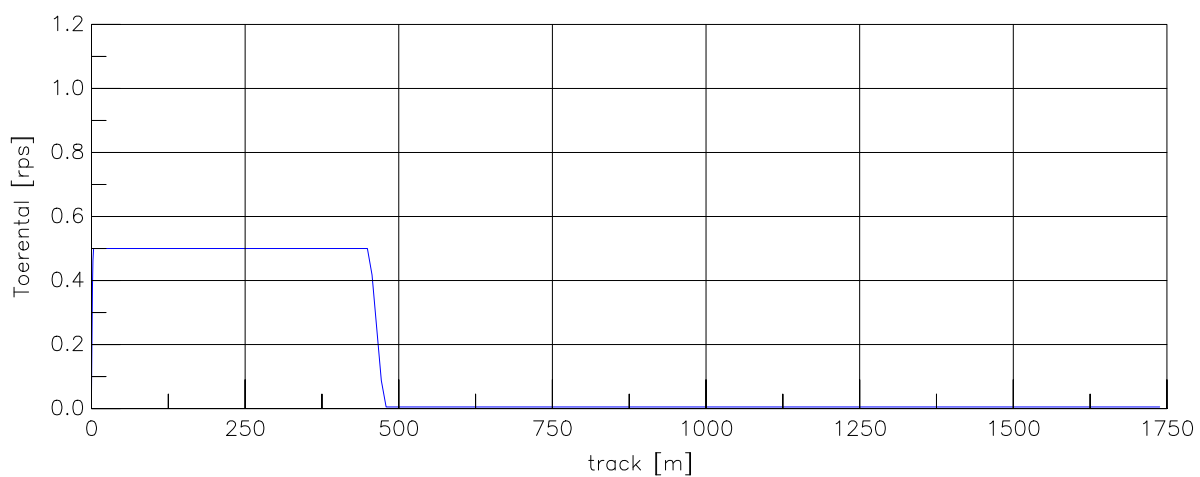
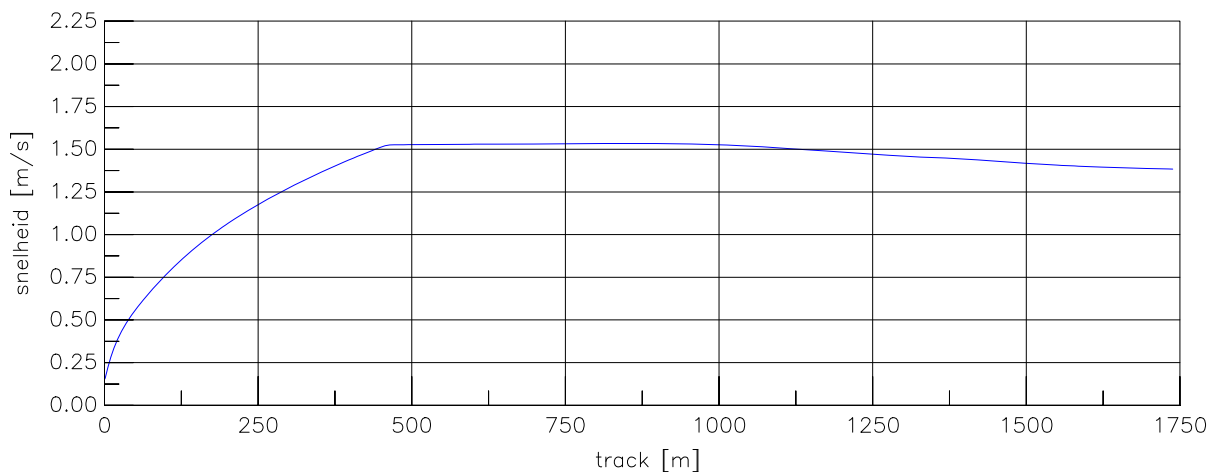


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.19-2 Fig.19-2a



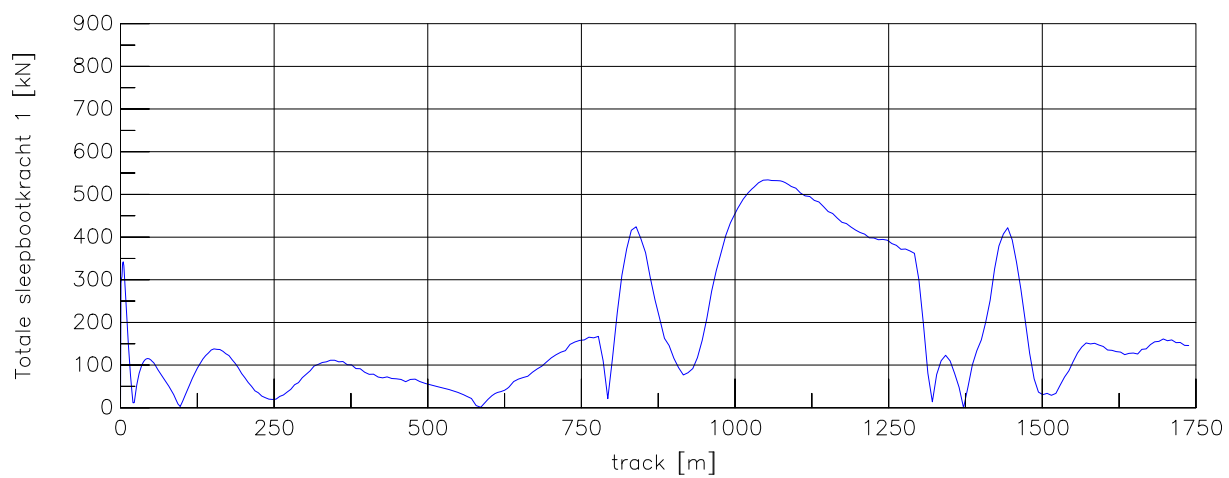
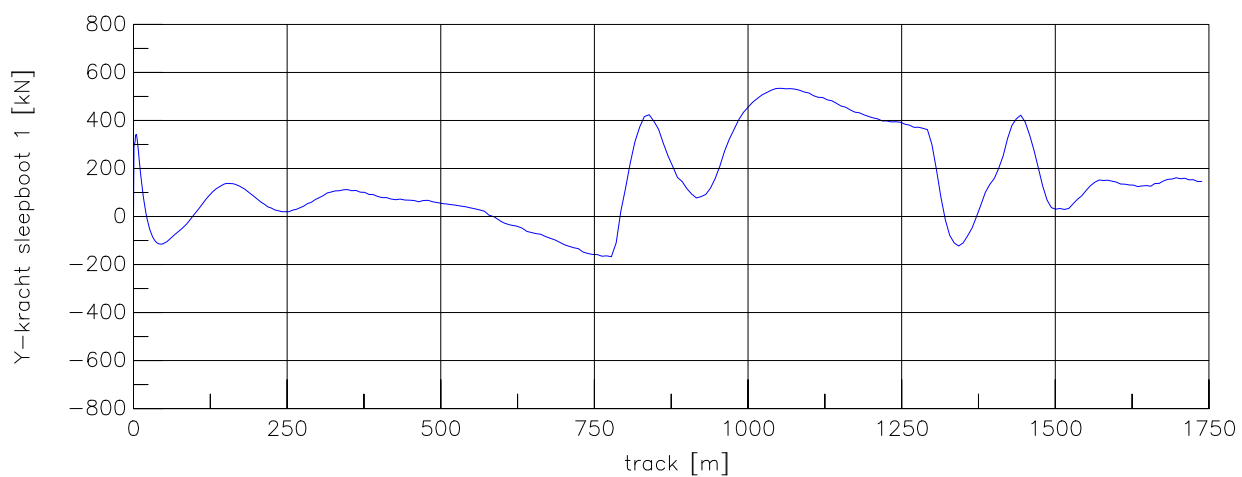
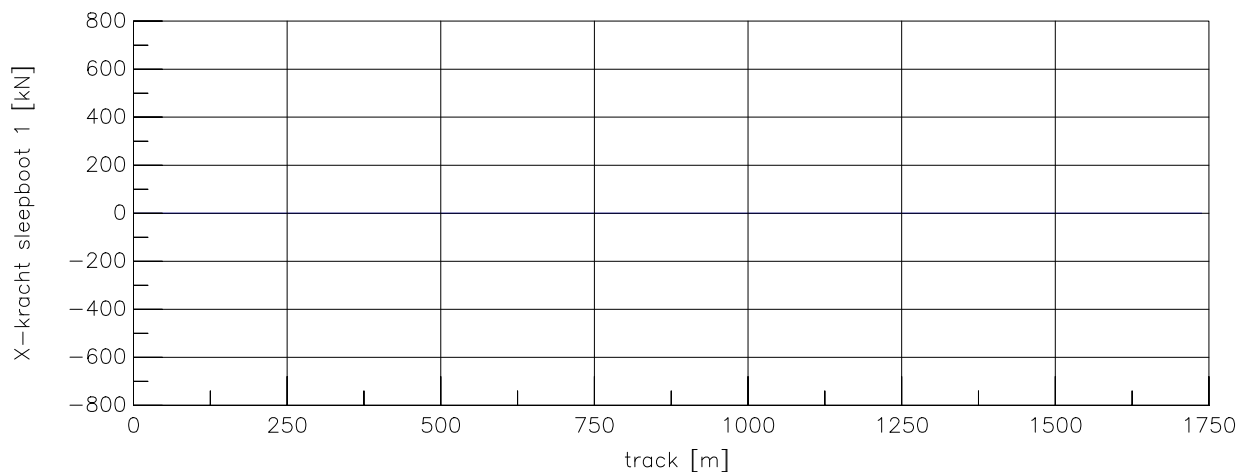
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 19-2

Fig. 19-2c



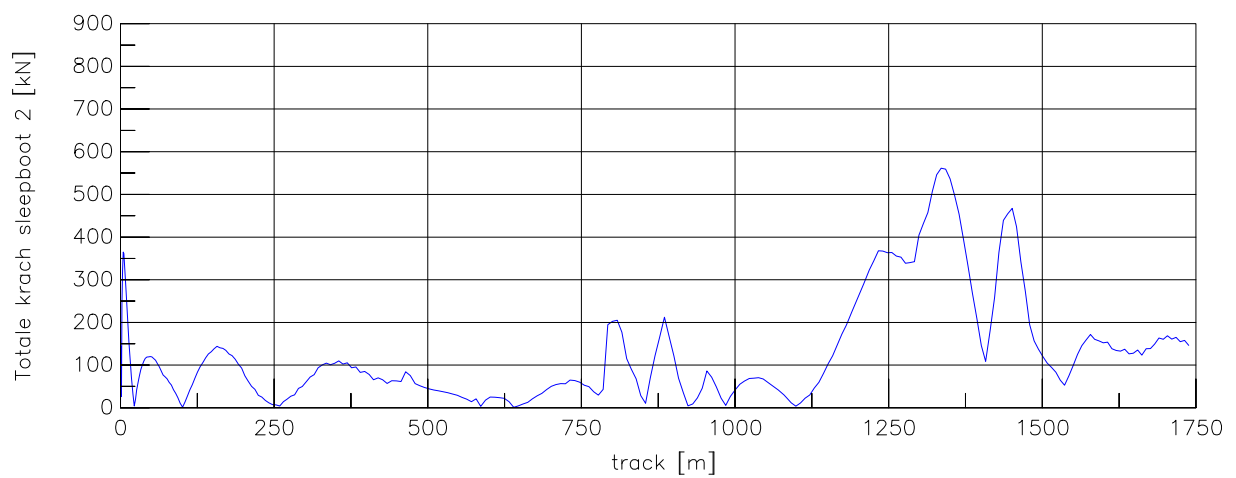
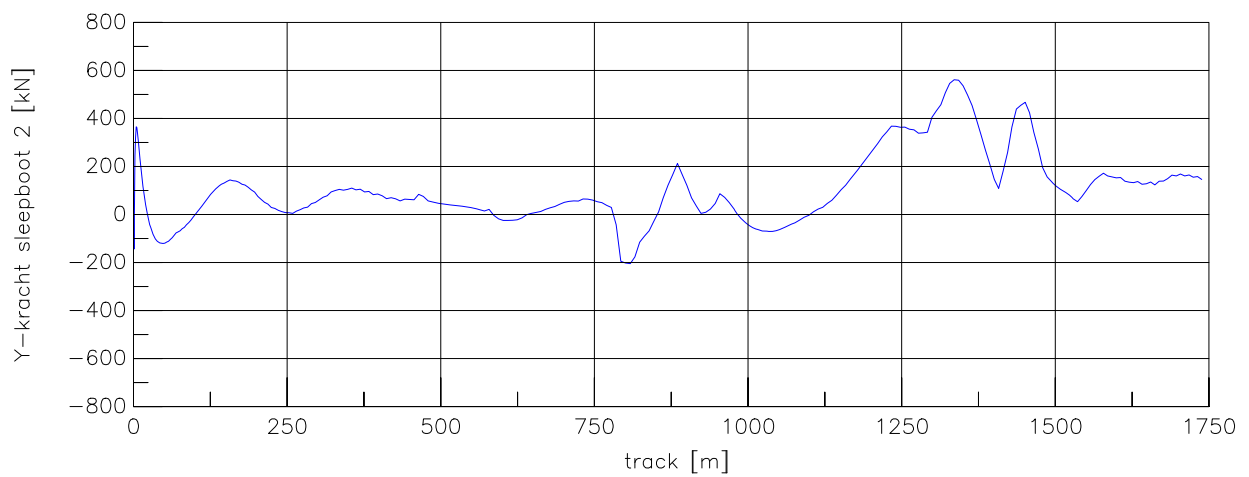
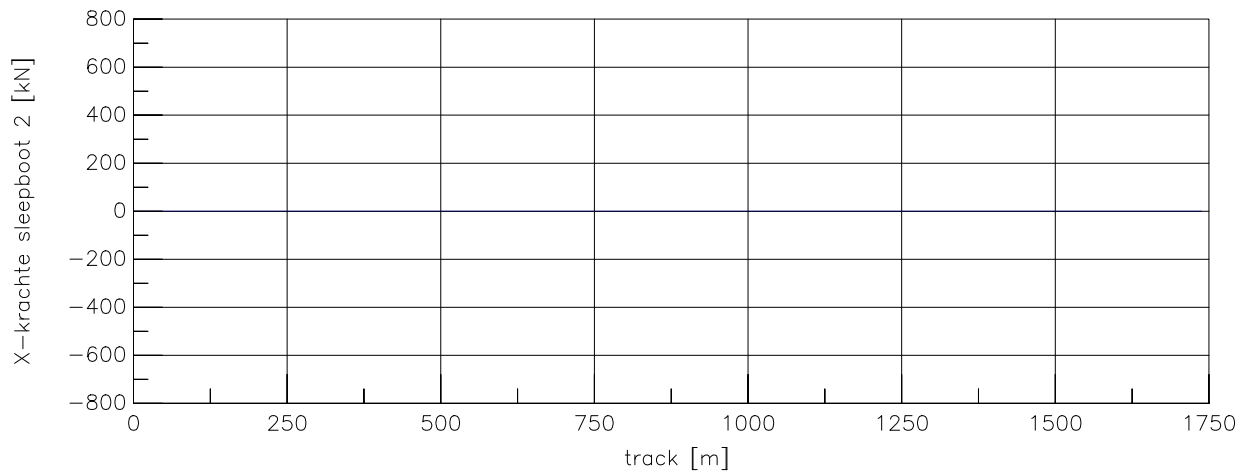
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 19-2

Fig. 19-2d



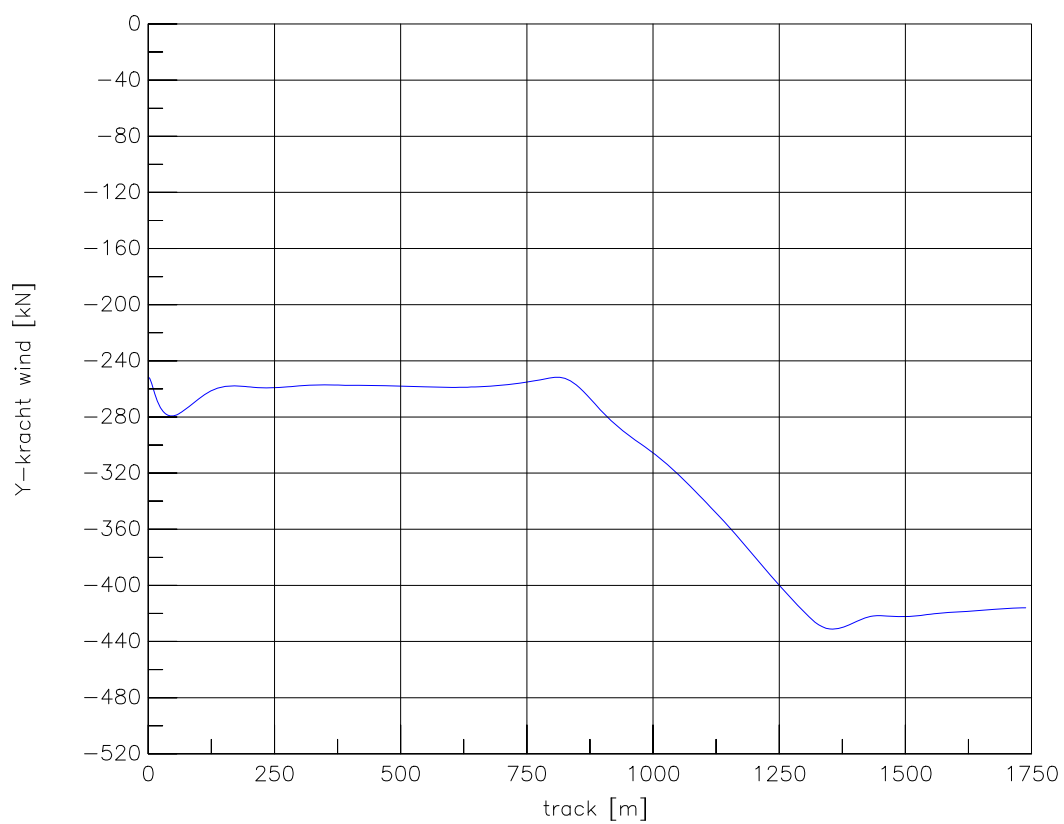
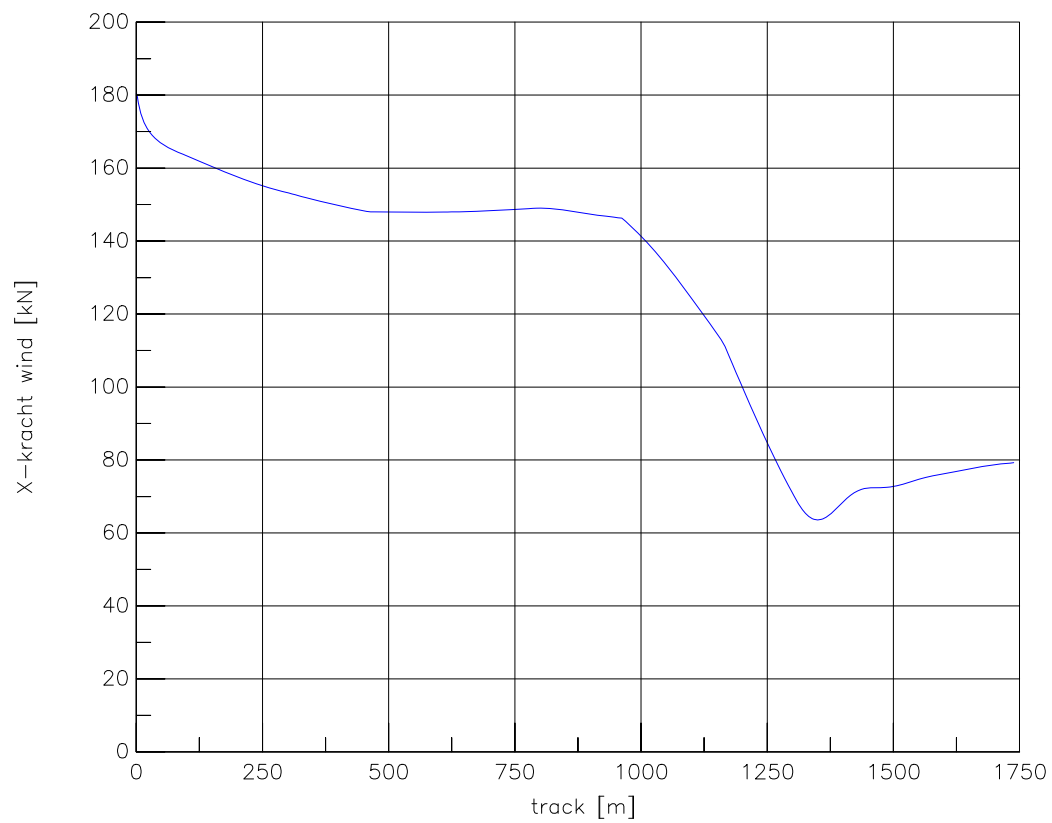
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 19-2

Fig. 19-2e



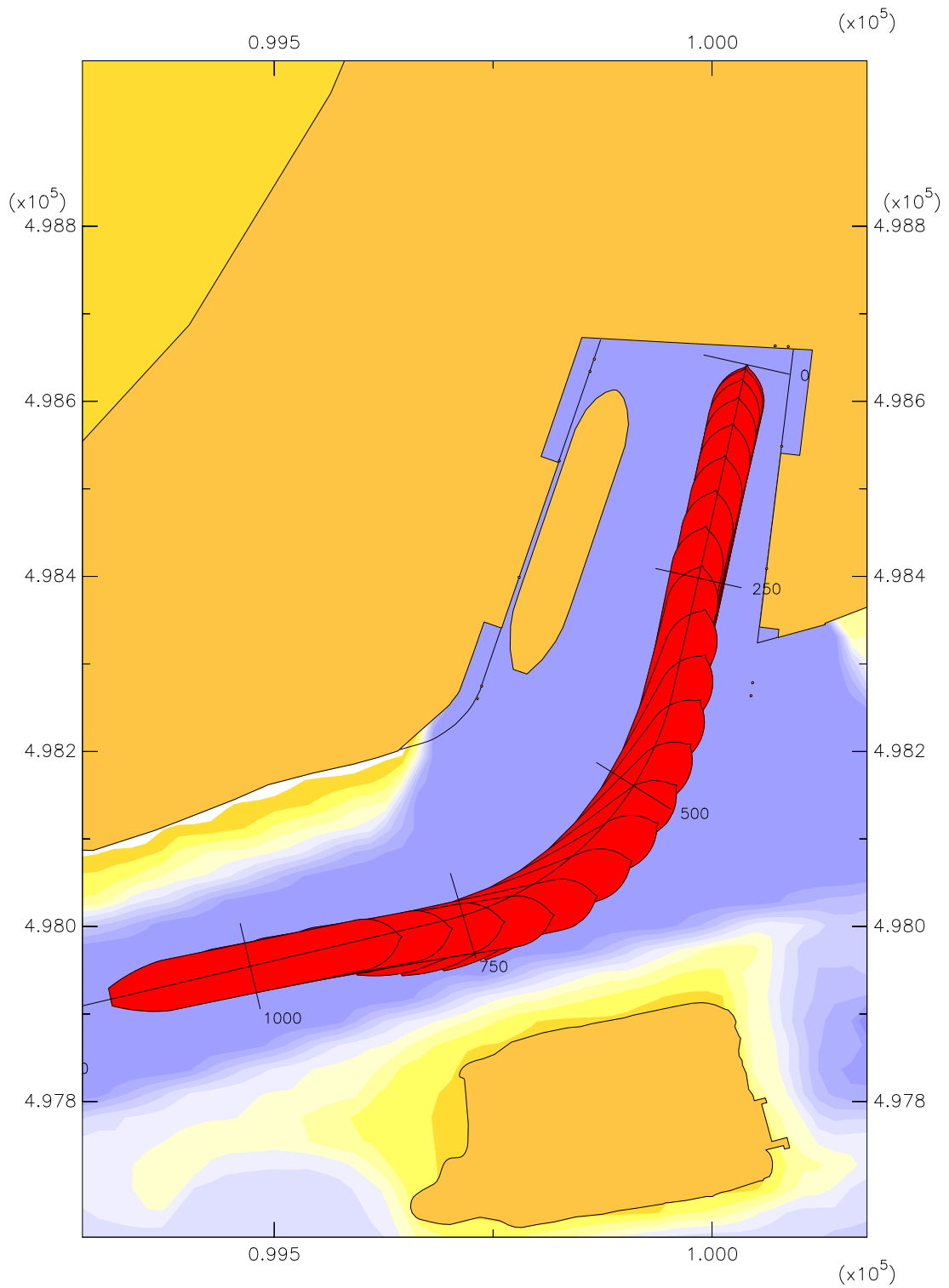
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 19-2

Fig. 19-2f

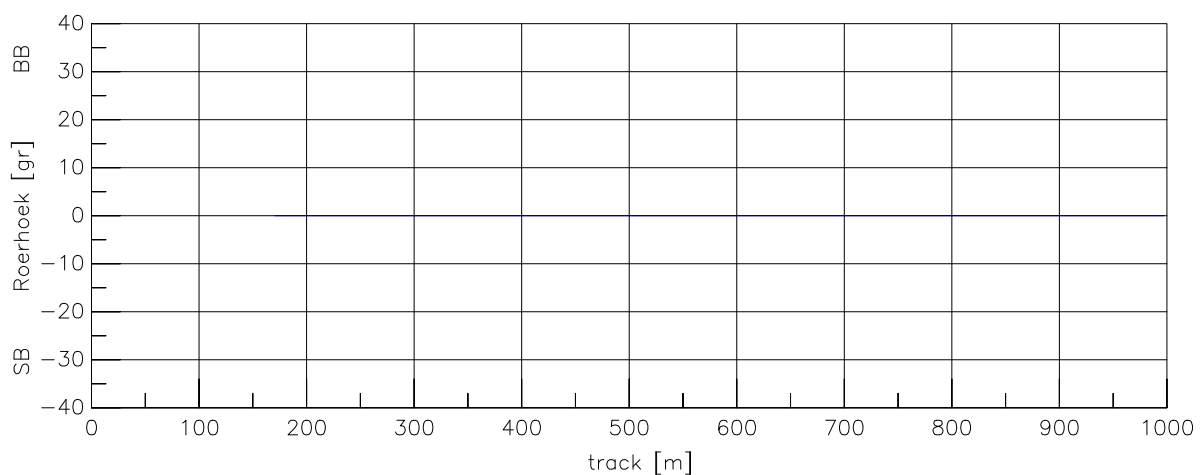
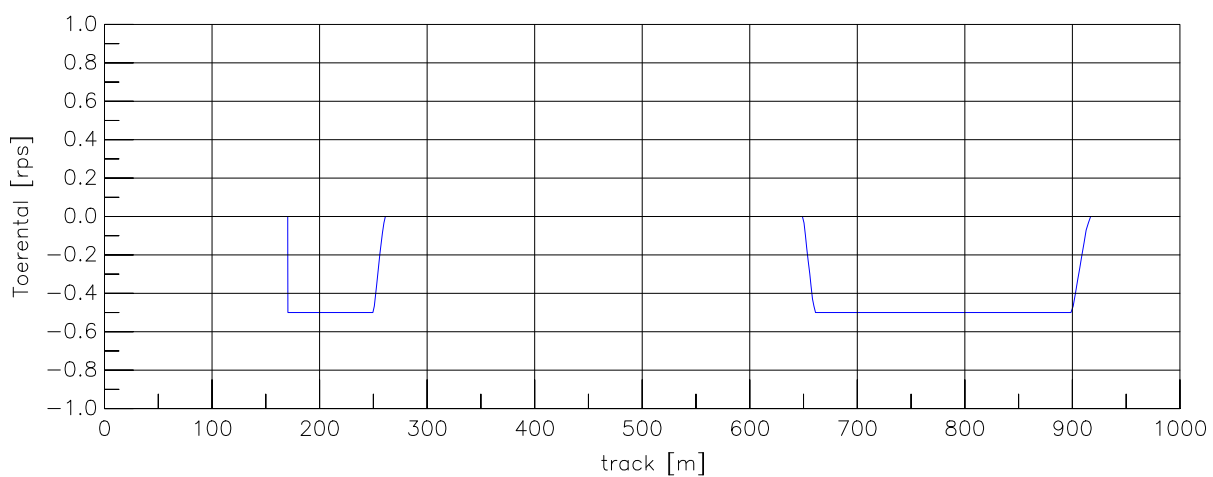
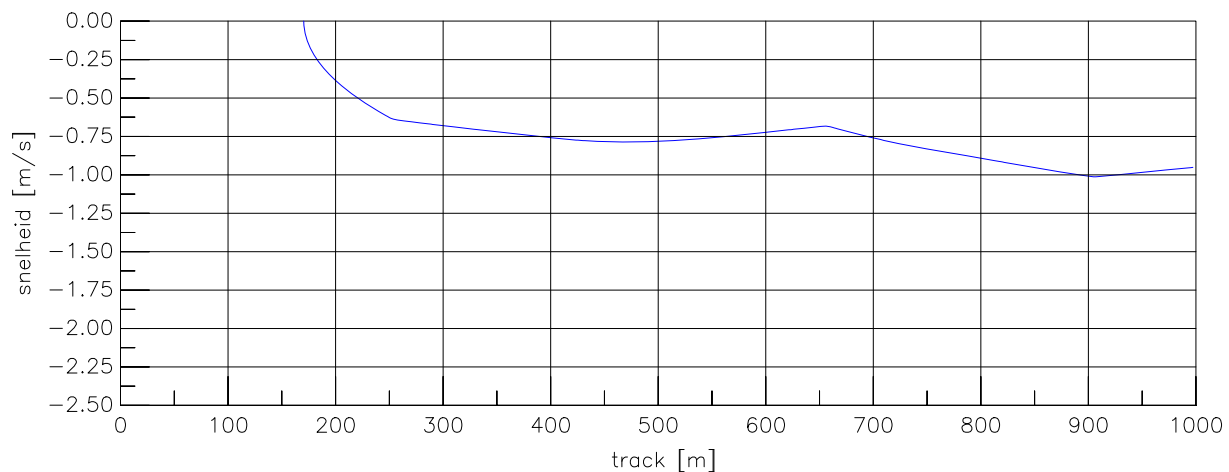


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.20-1 Fig.20-1a



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

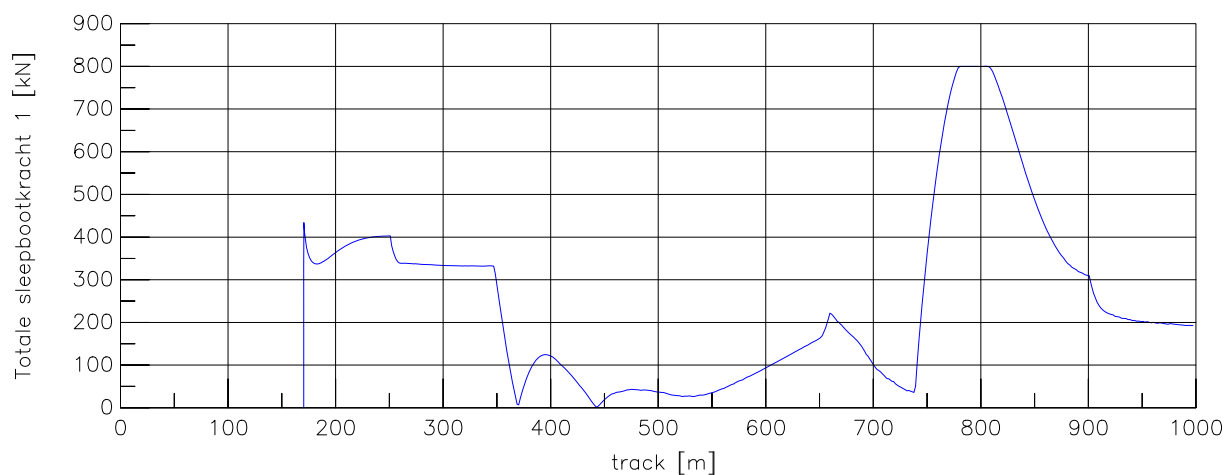
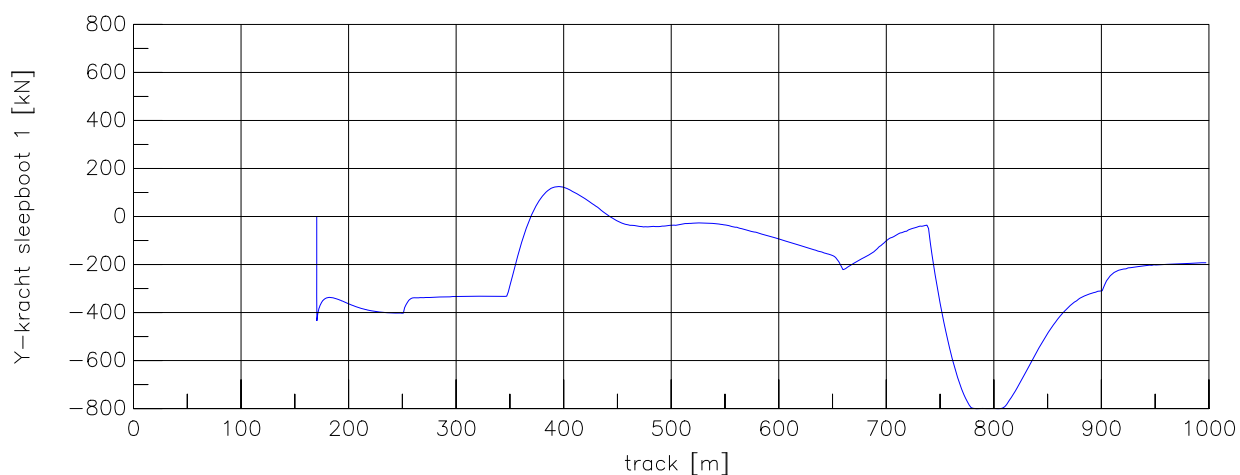
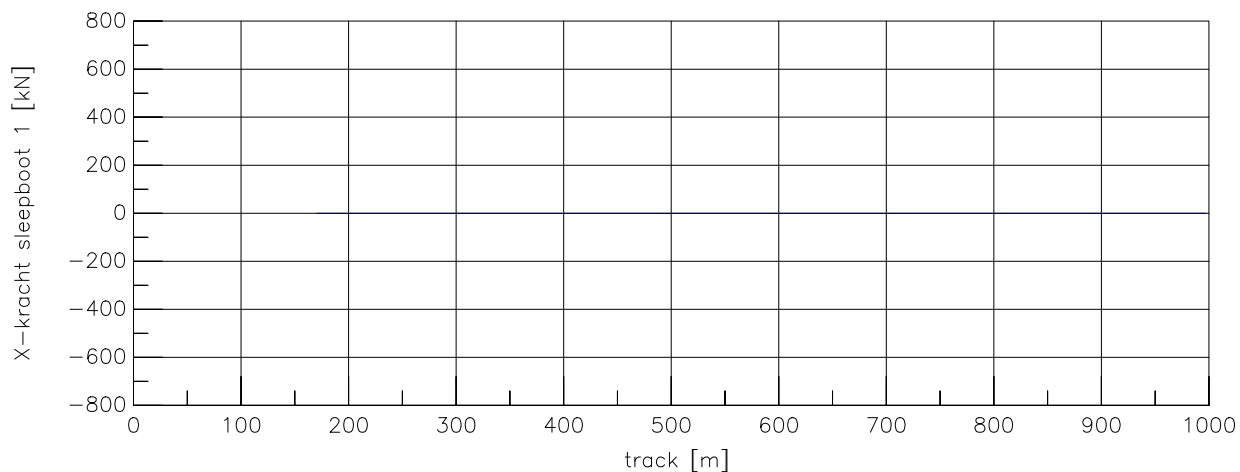
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 20-1

Fig. 20-1c





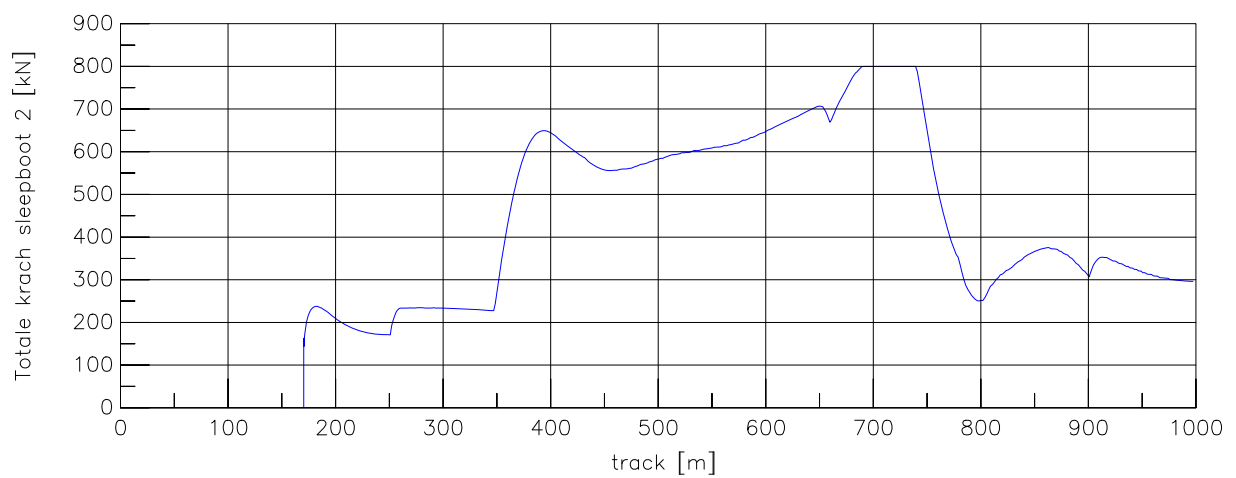
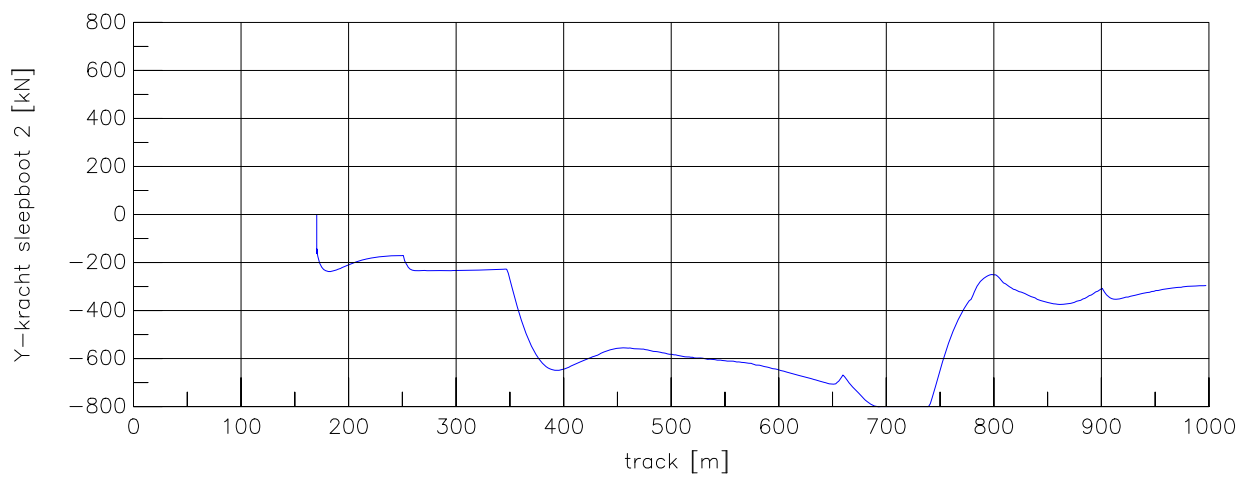
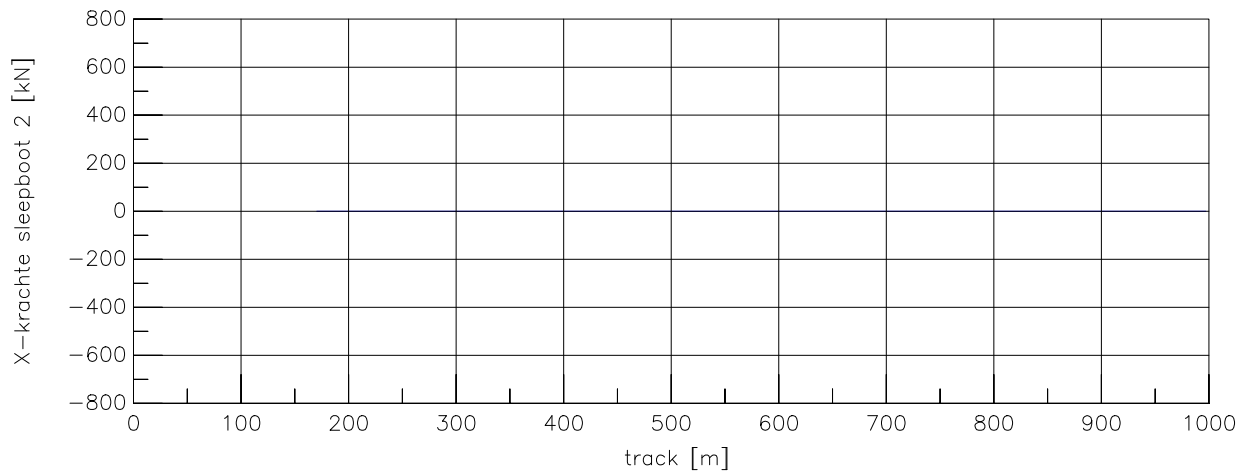
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 20-1

Fig. 20-1d



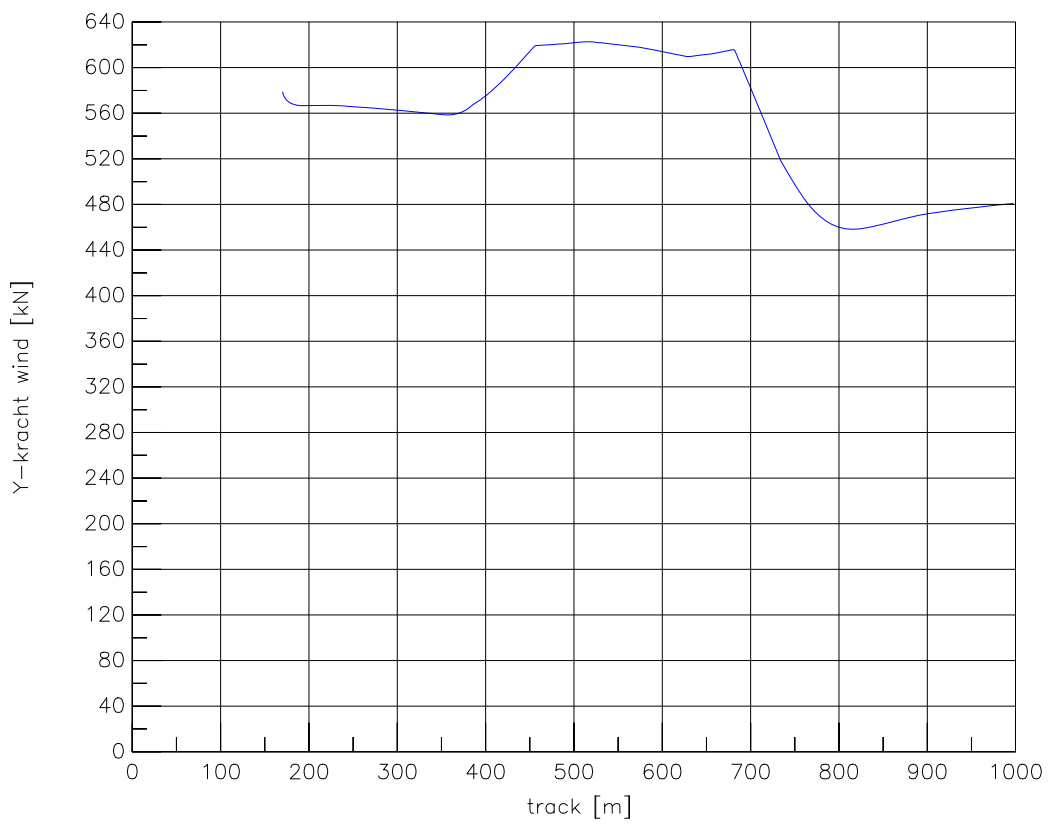
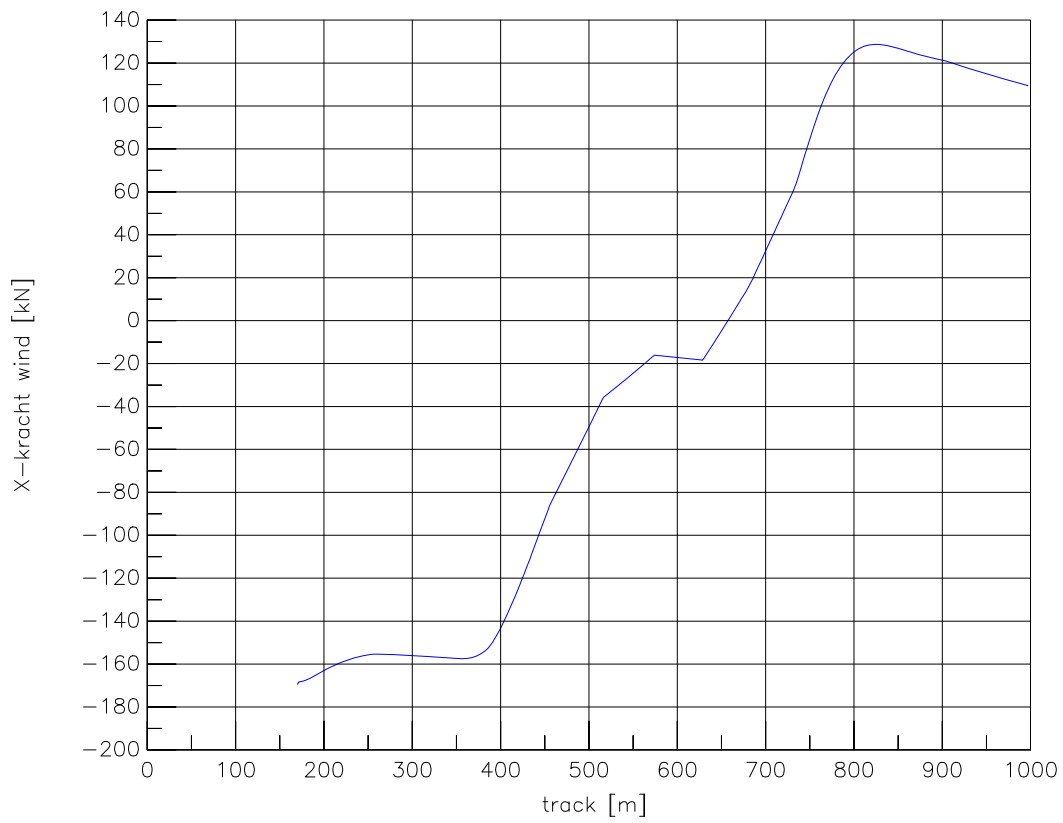
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 20-1

Fig. 20-1e



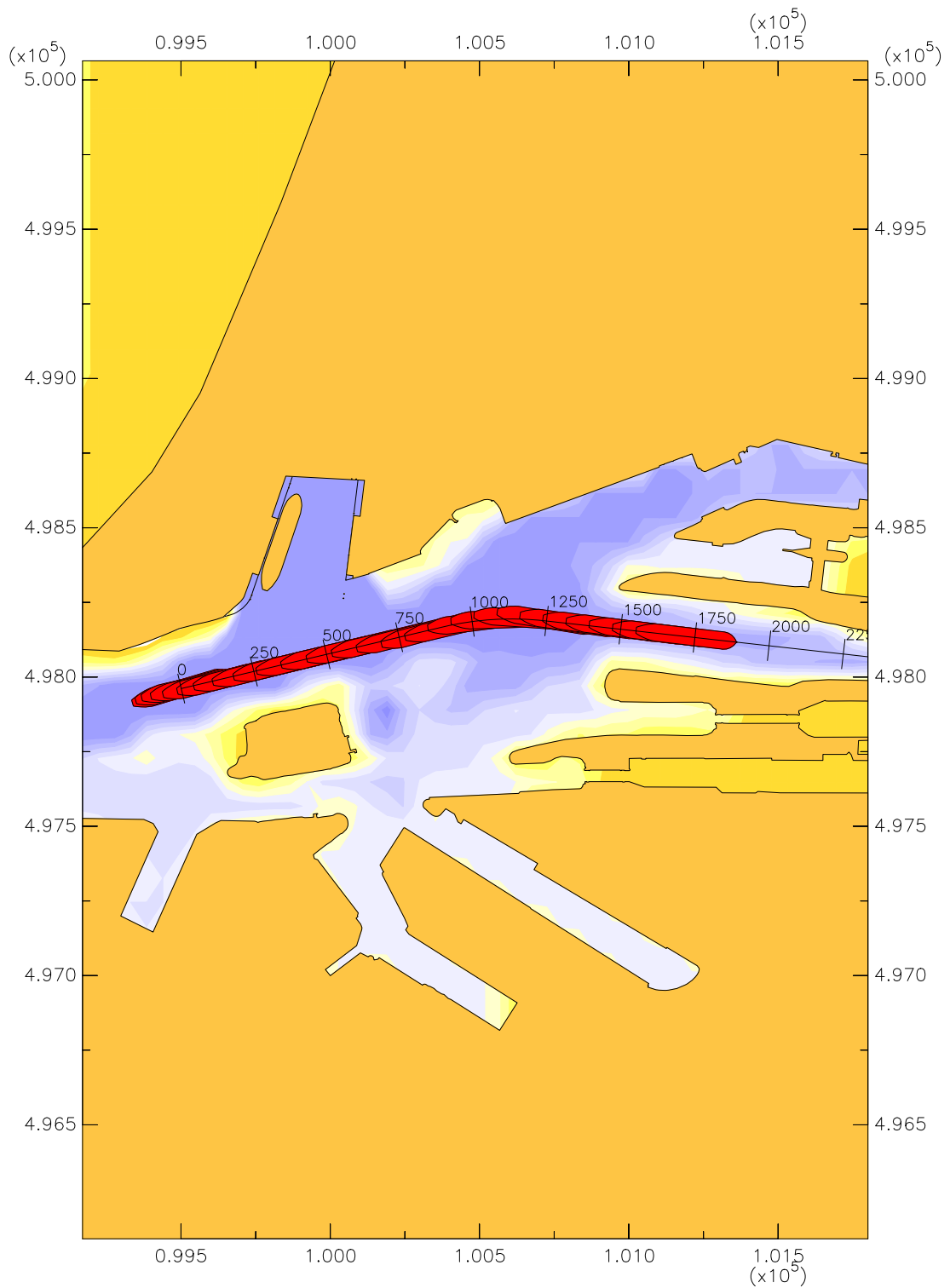
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m3, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 20-1

Fig. 20-1f

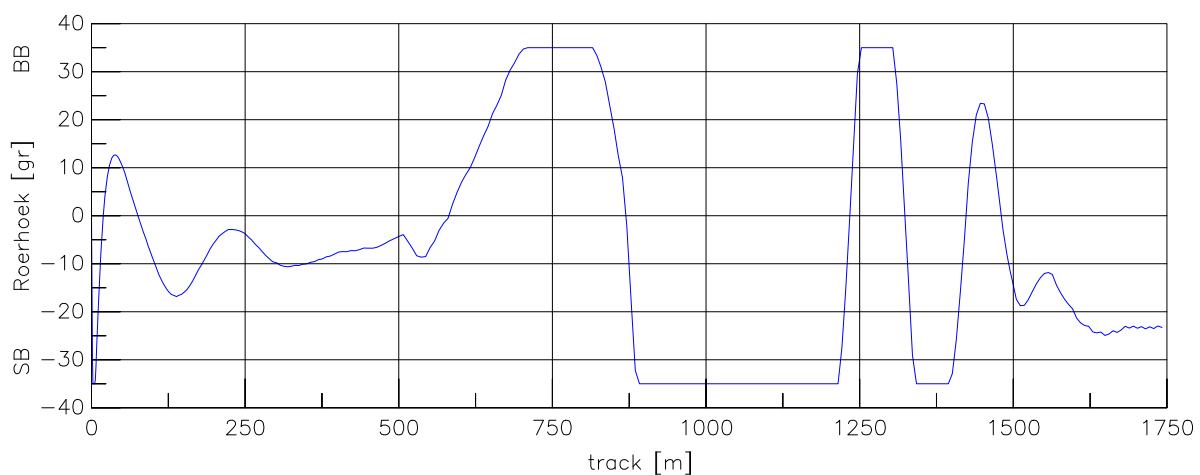
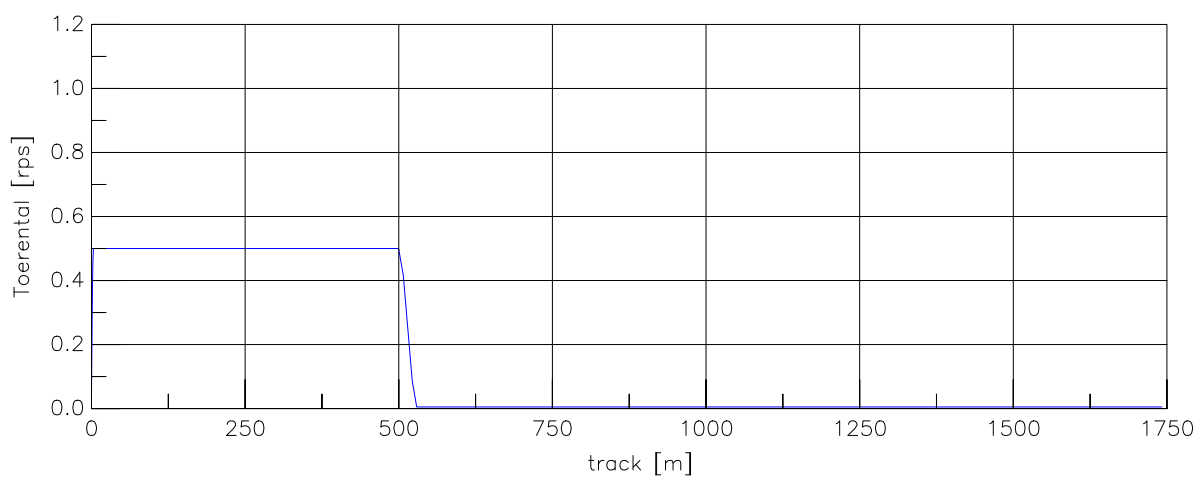
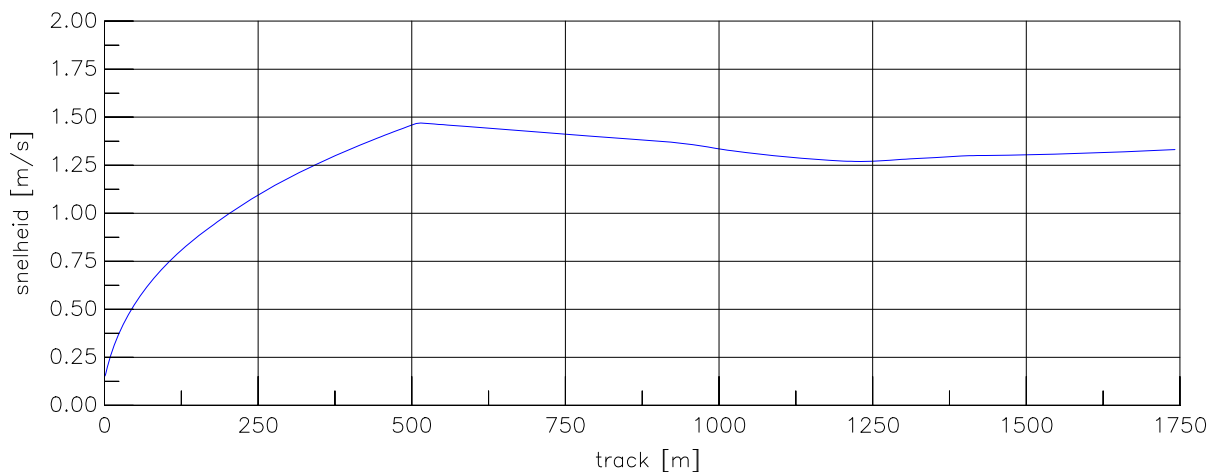


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.20-2 Fig.20-2a



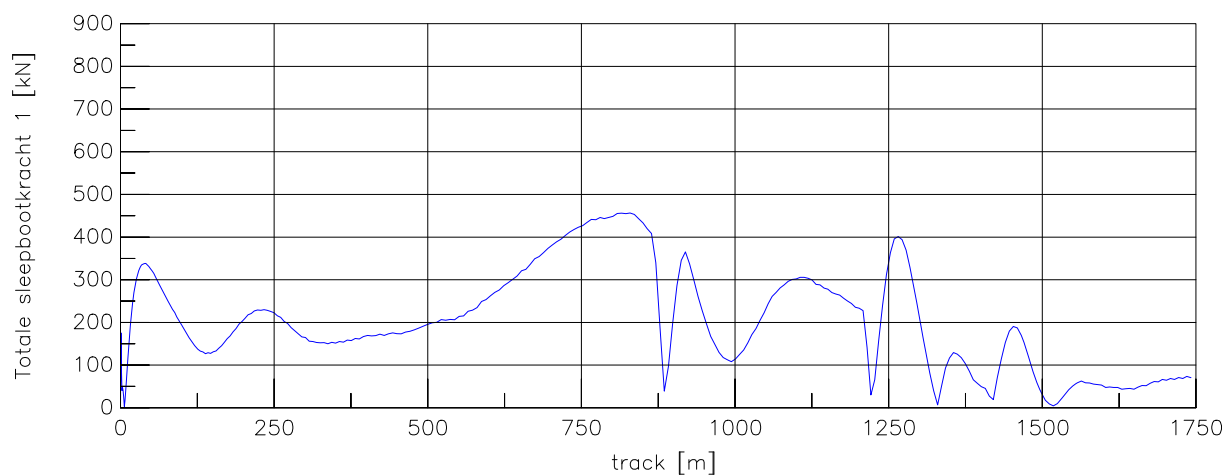
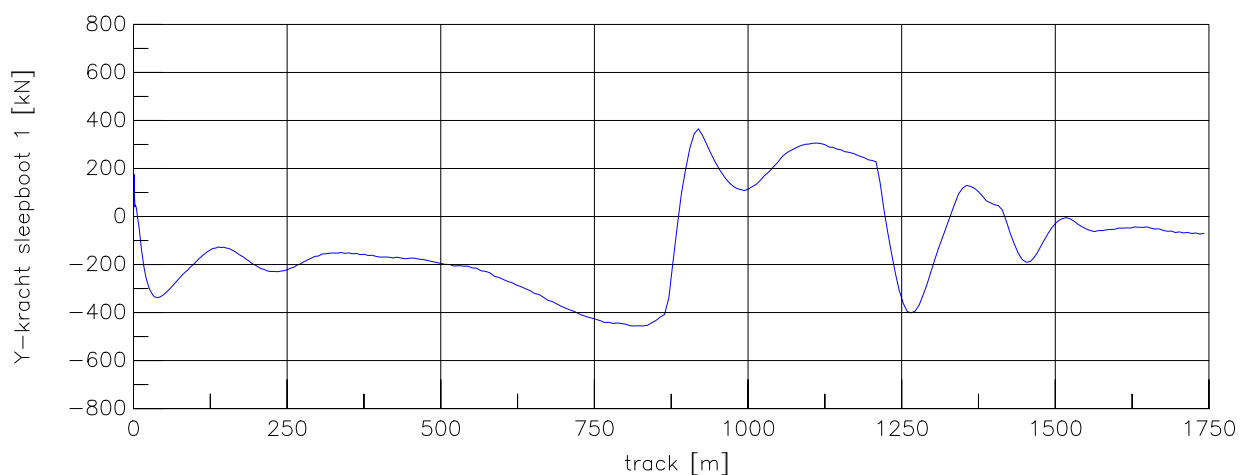
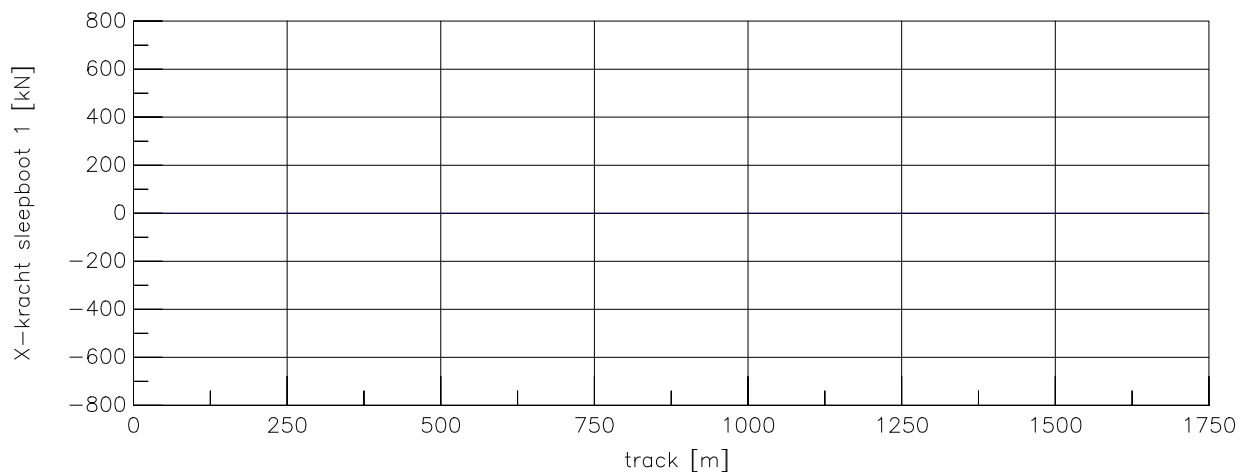
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 20-2

Fig. 20-2c



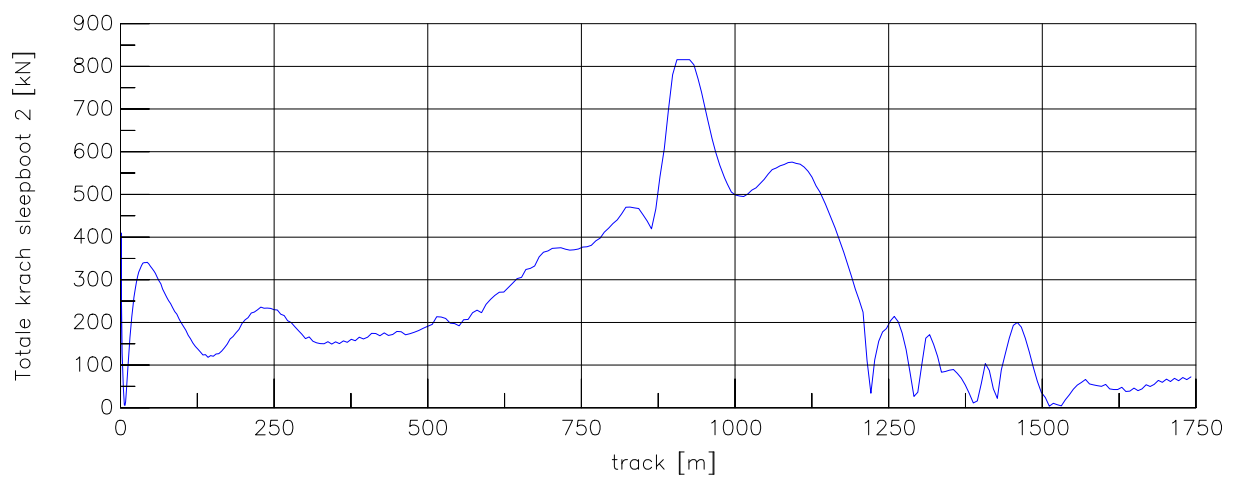
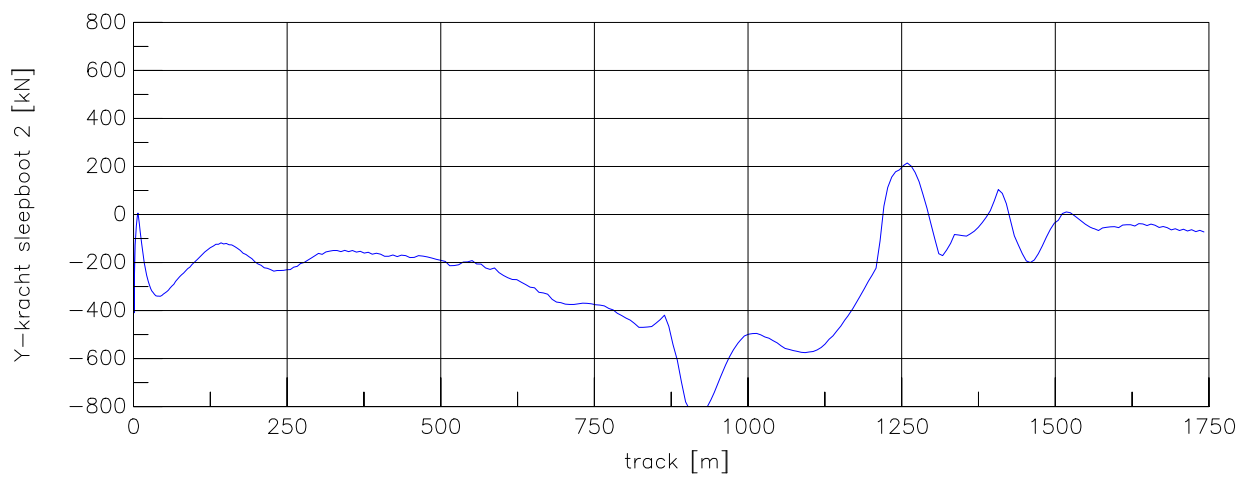
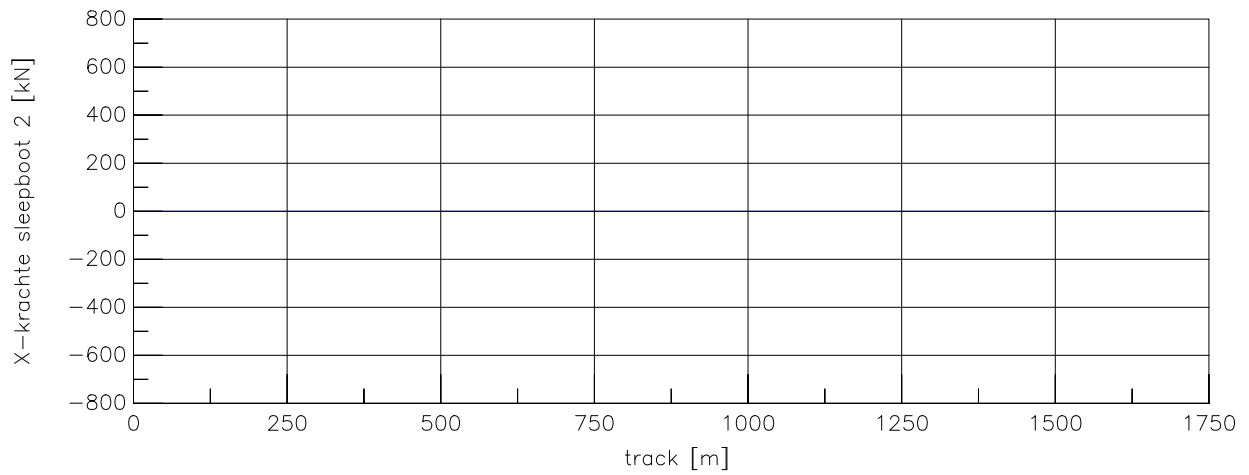
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 20-2

Fig. 20-2d



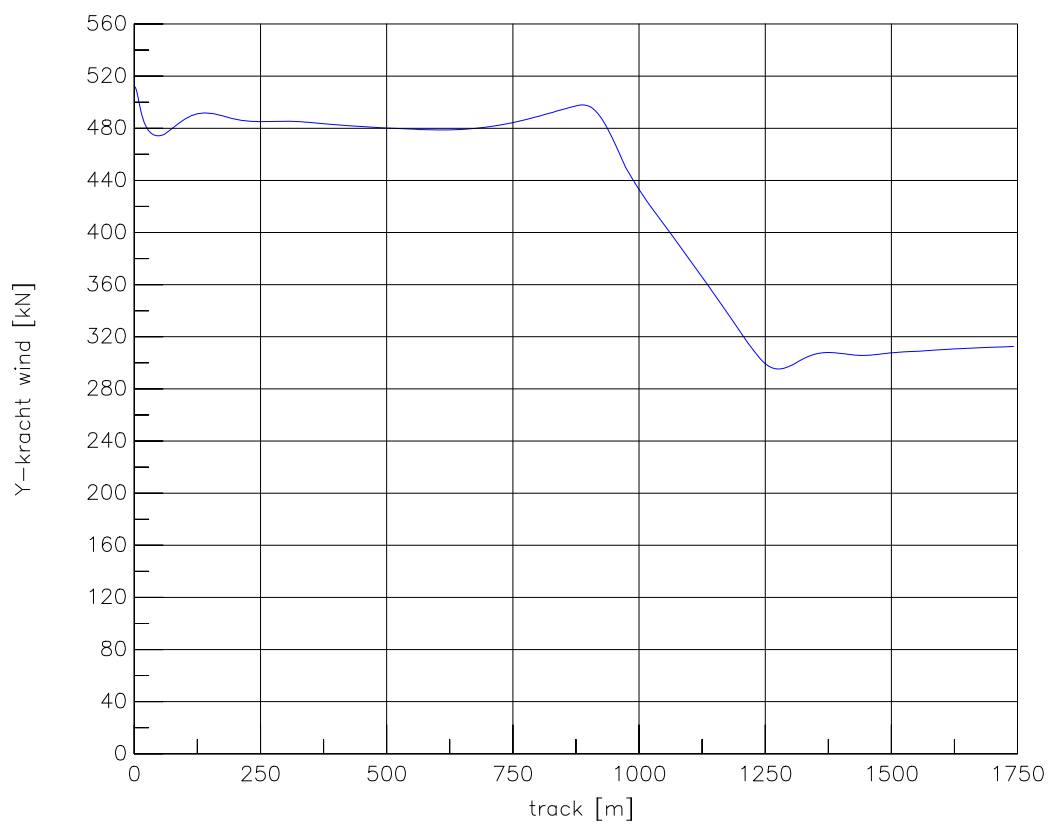
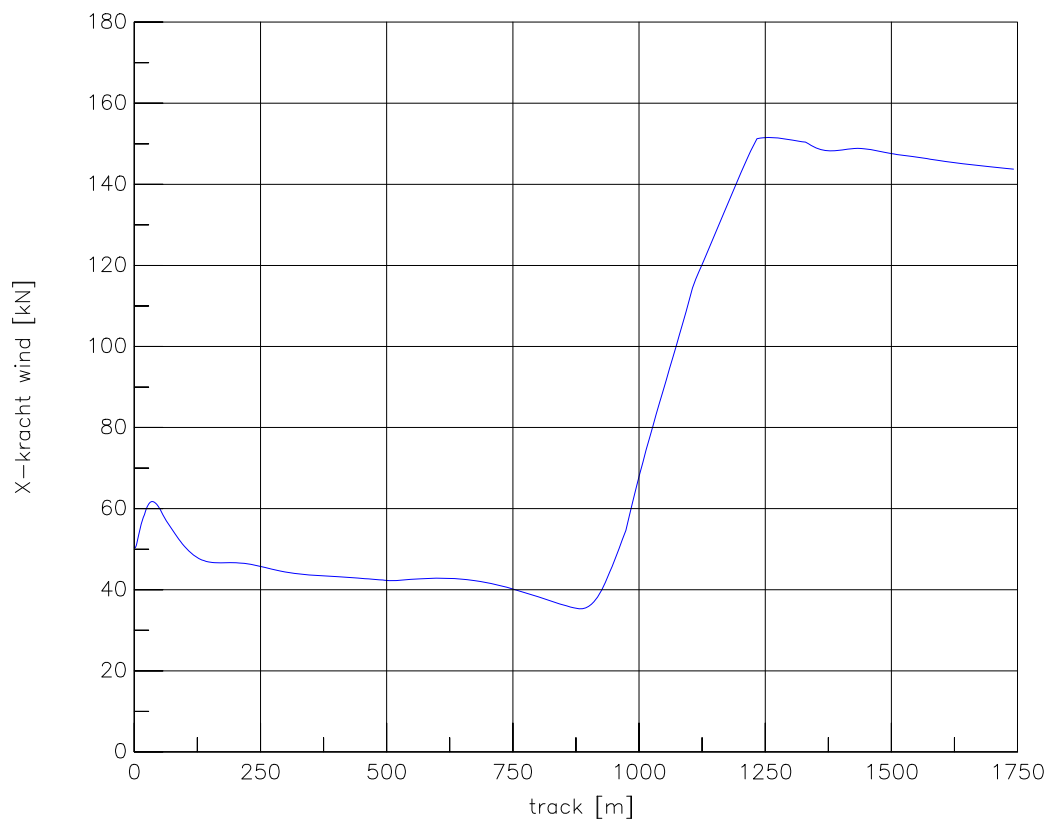
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 20-2

Fig. 20-2e



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m3, NAP-1,7

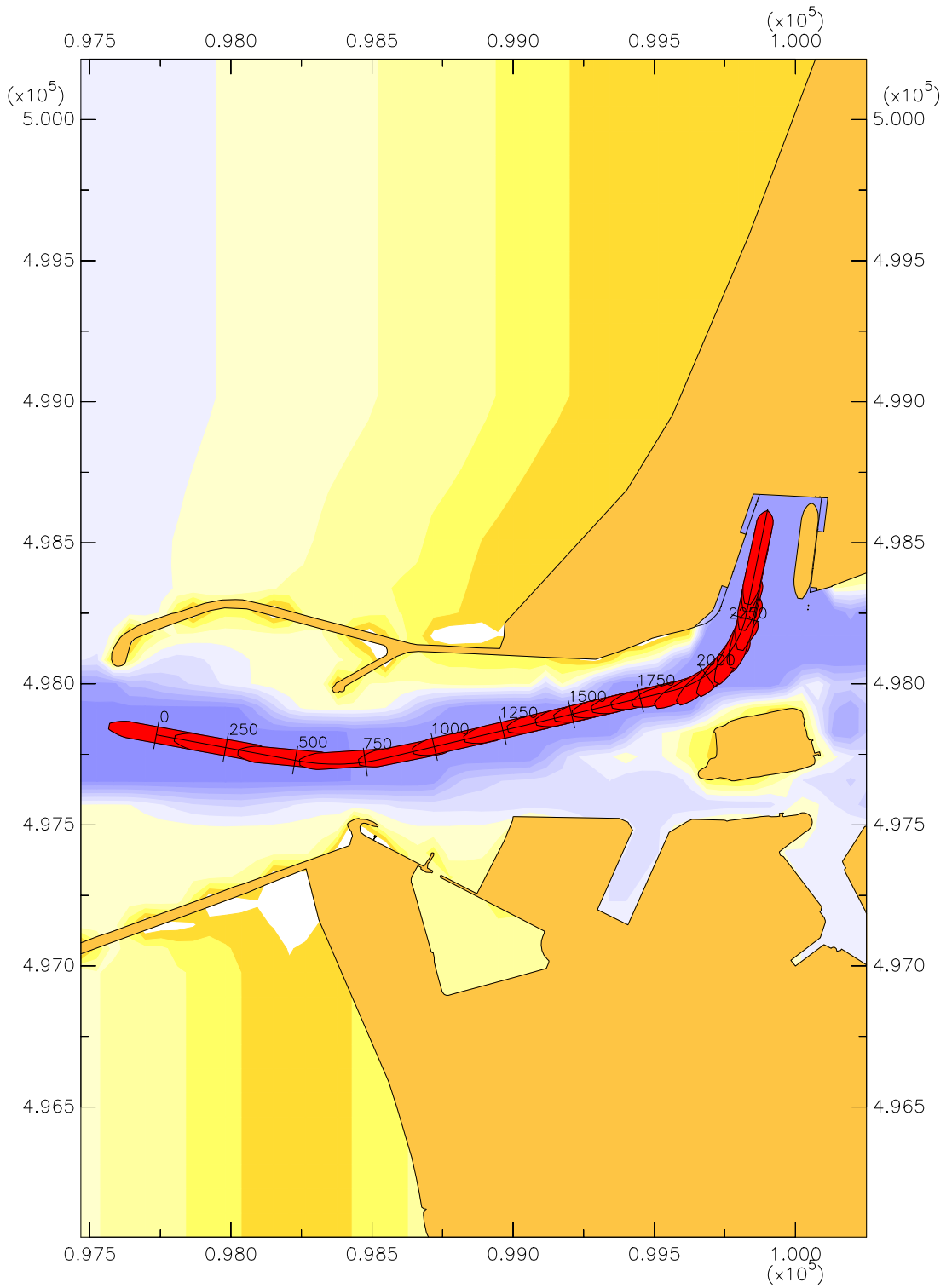
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 20-2

Fig. 20-2f





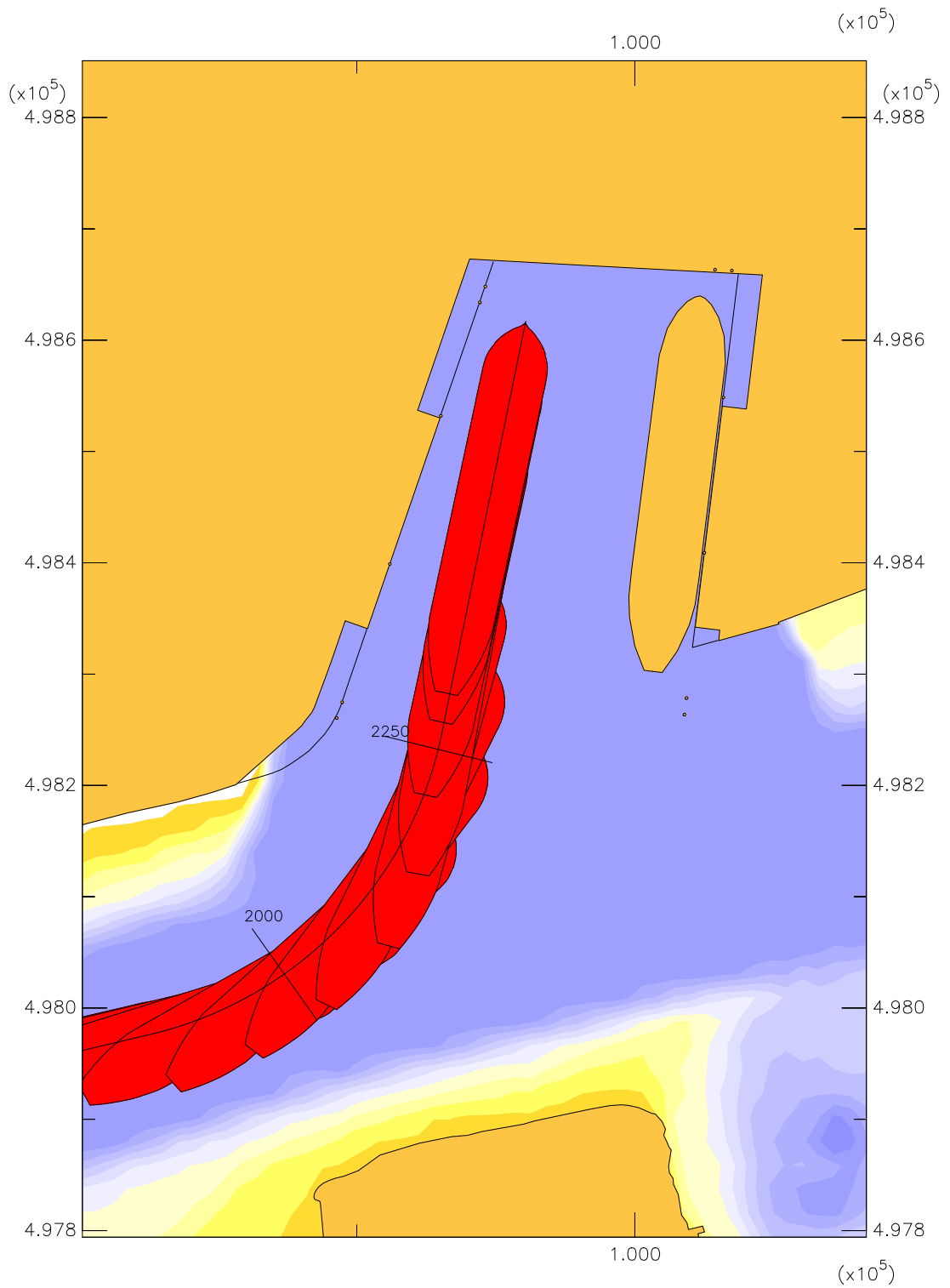
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 21

Fig. 21a



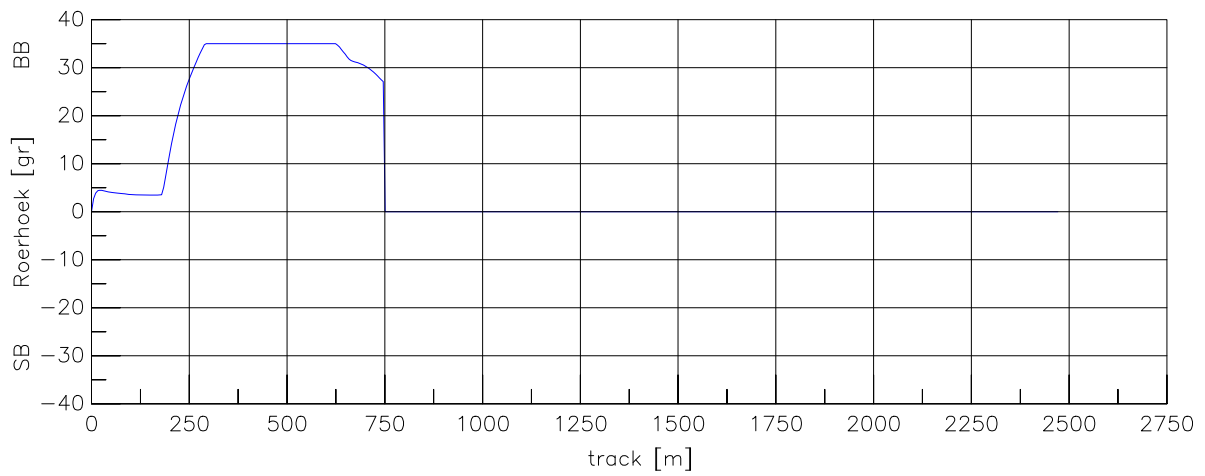
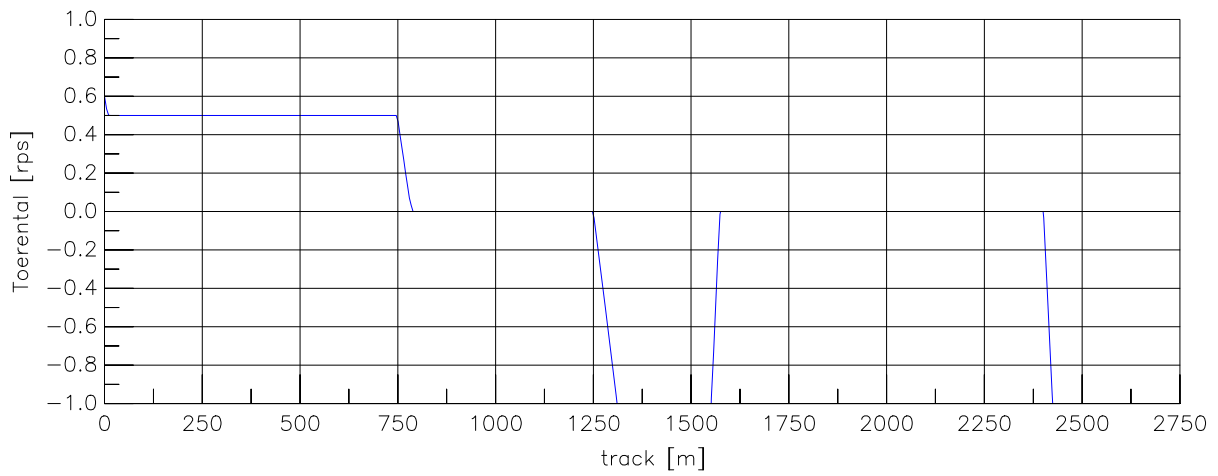
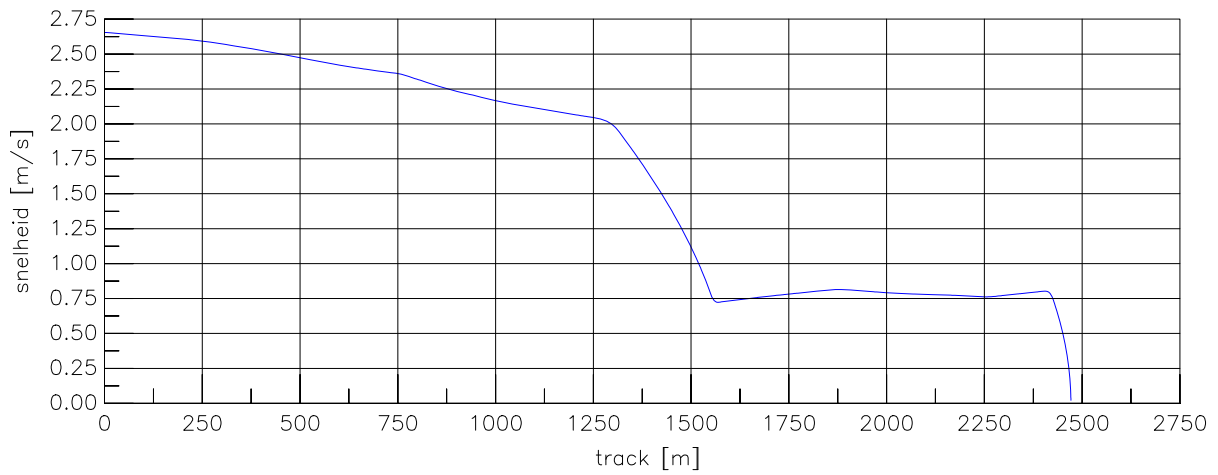
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 21

Fig. 21b



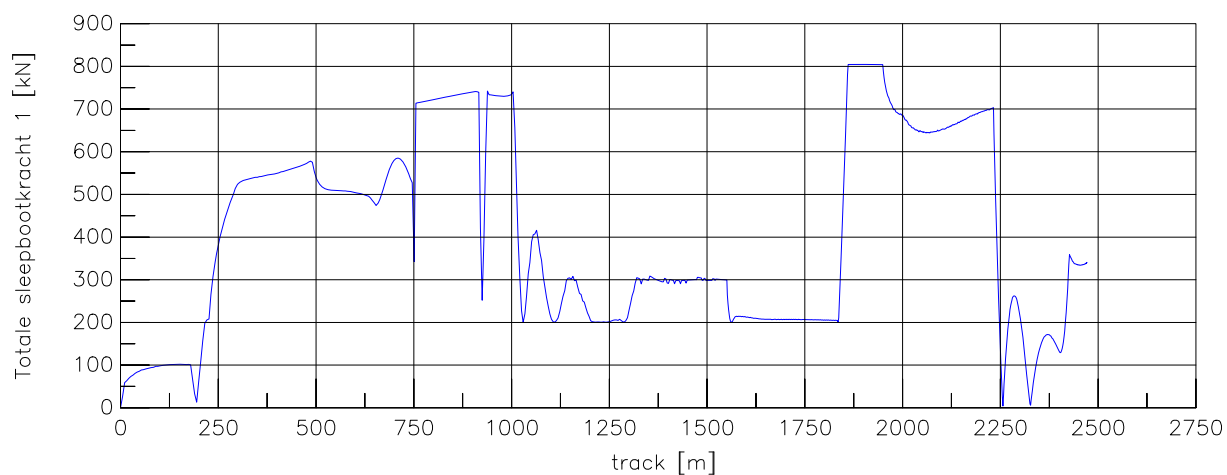
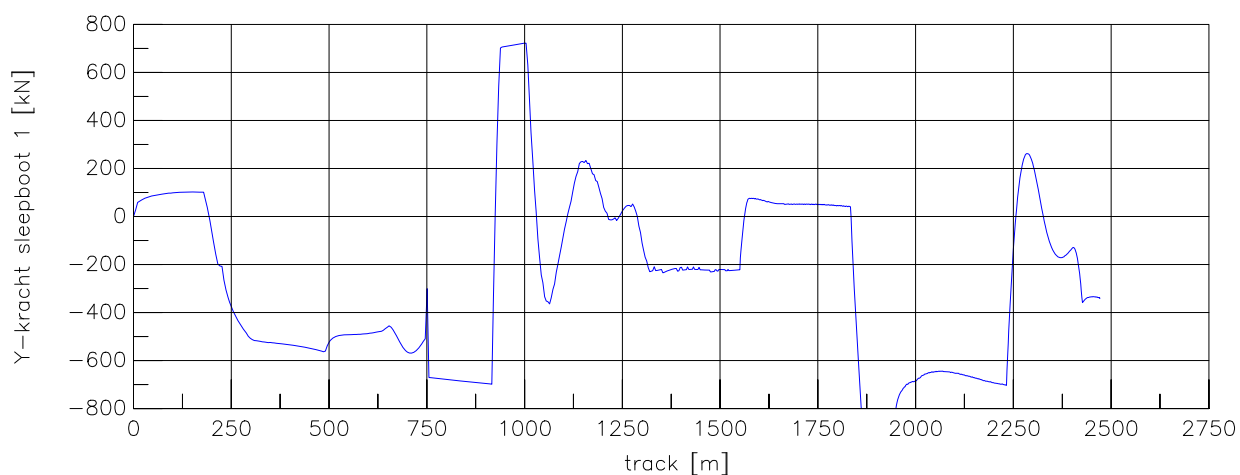
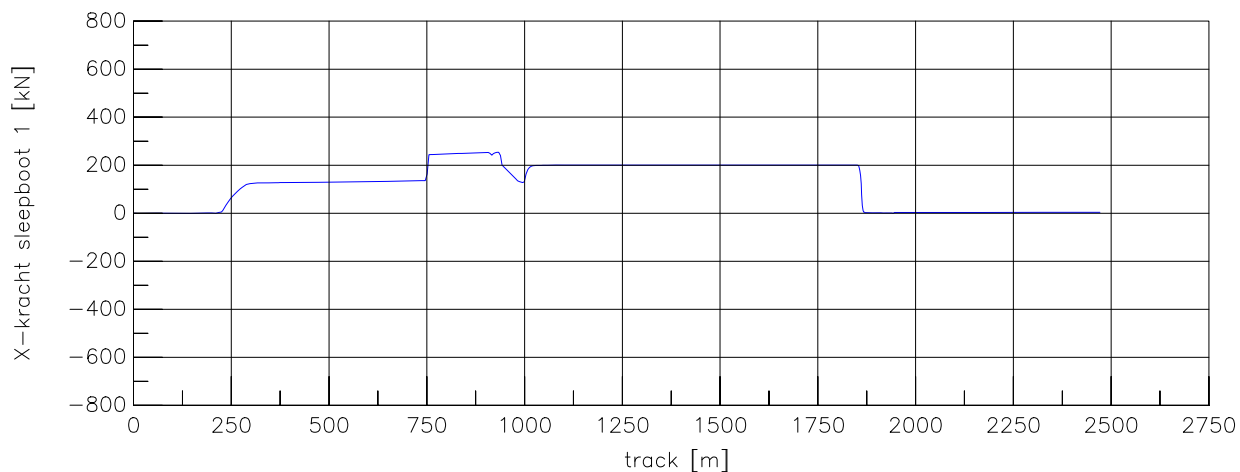
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 21

Fig. 21c



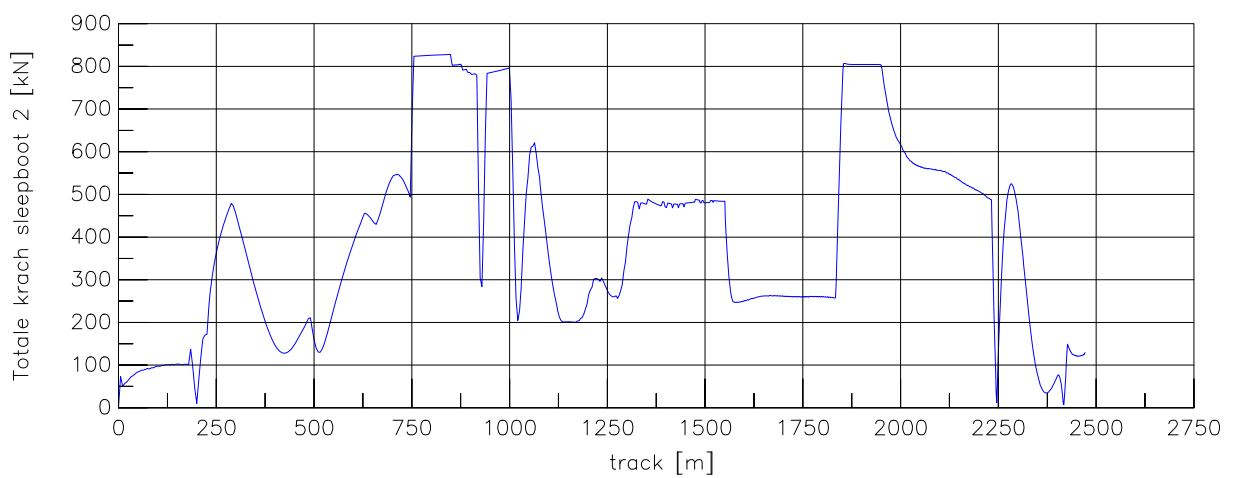
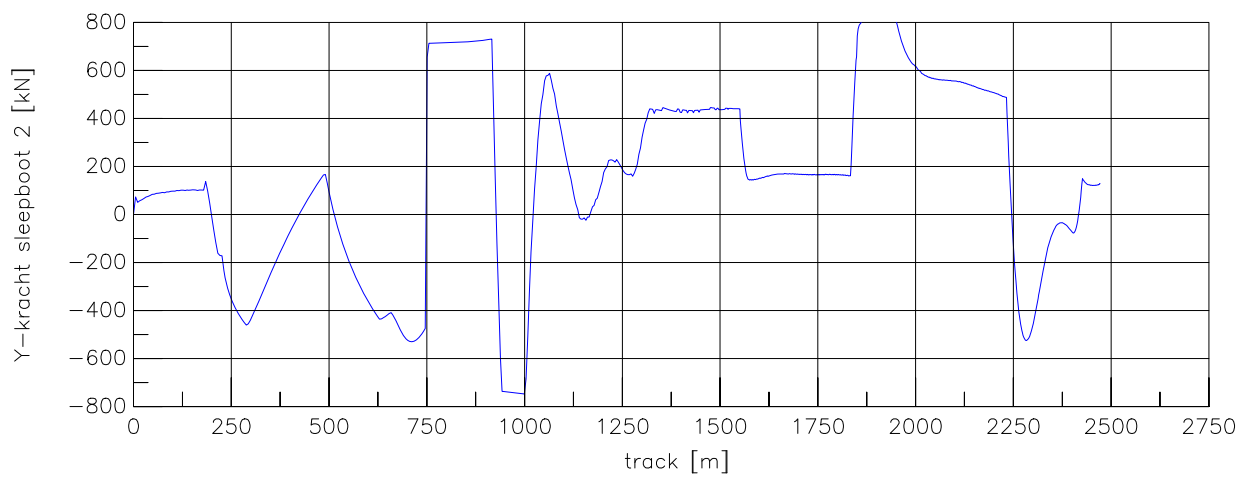
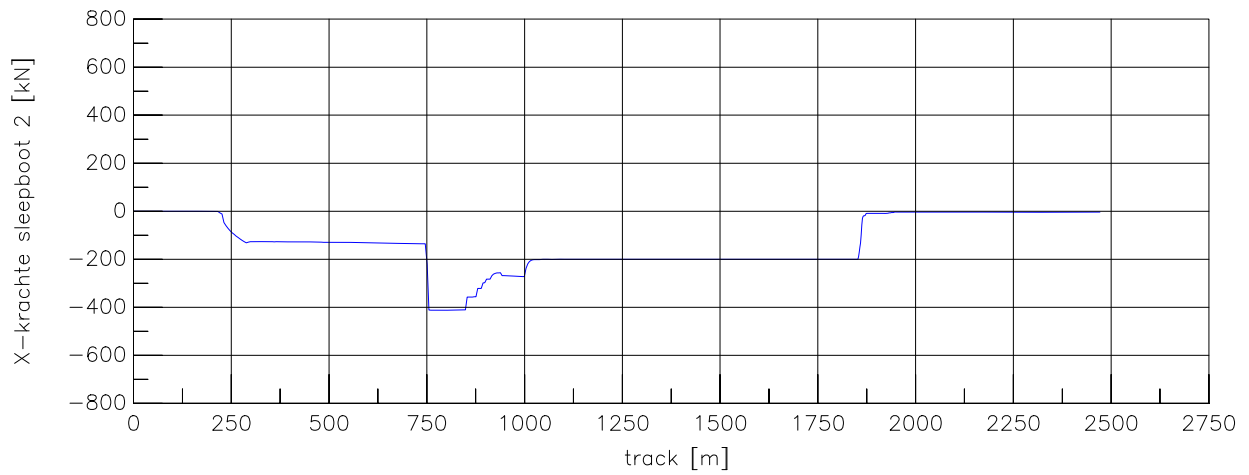
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 21

Fig. 21d



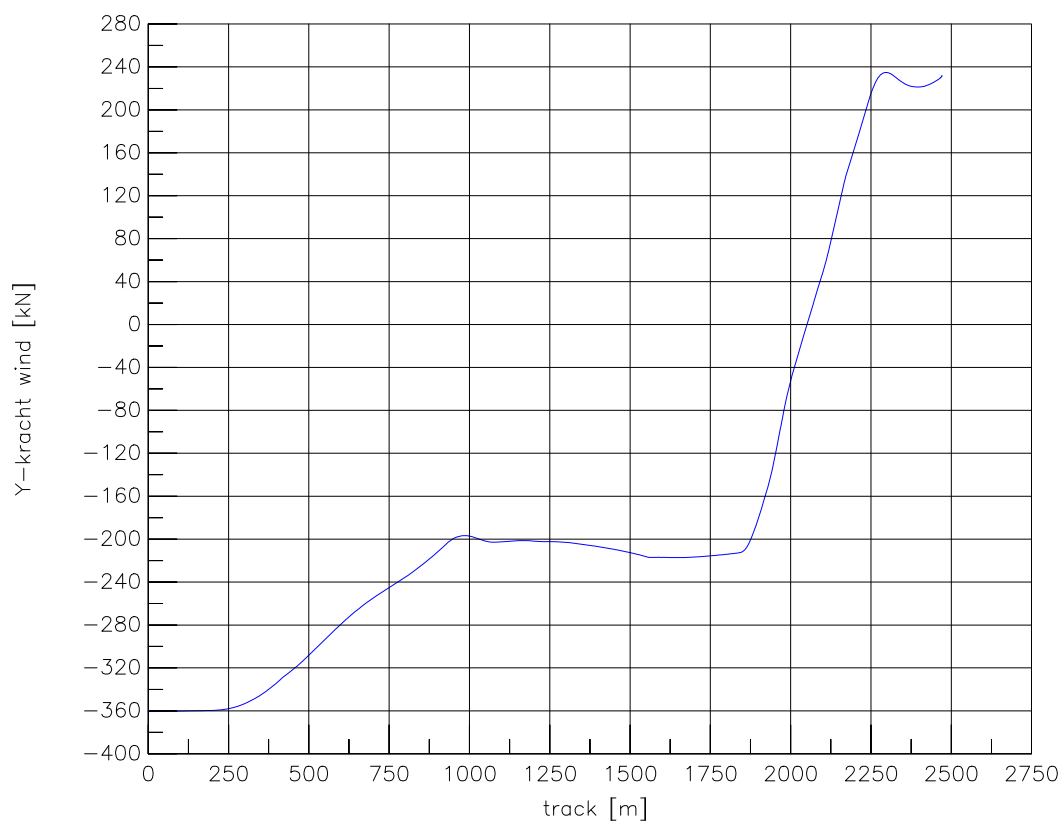
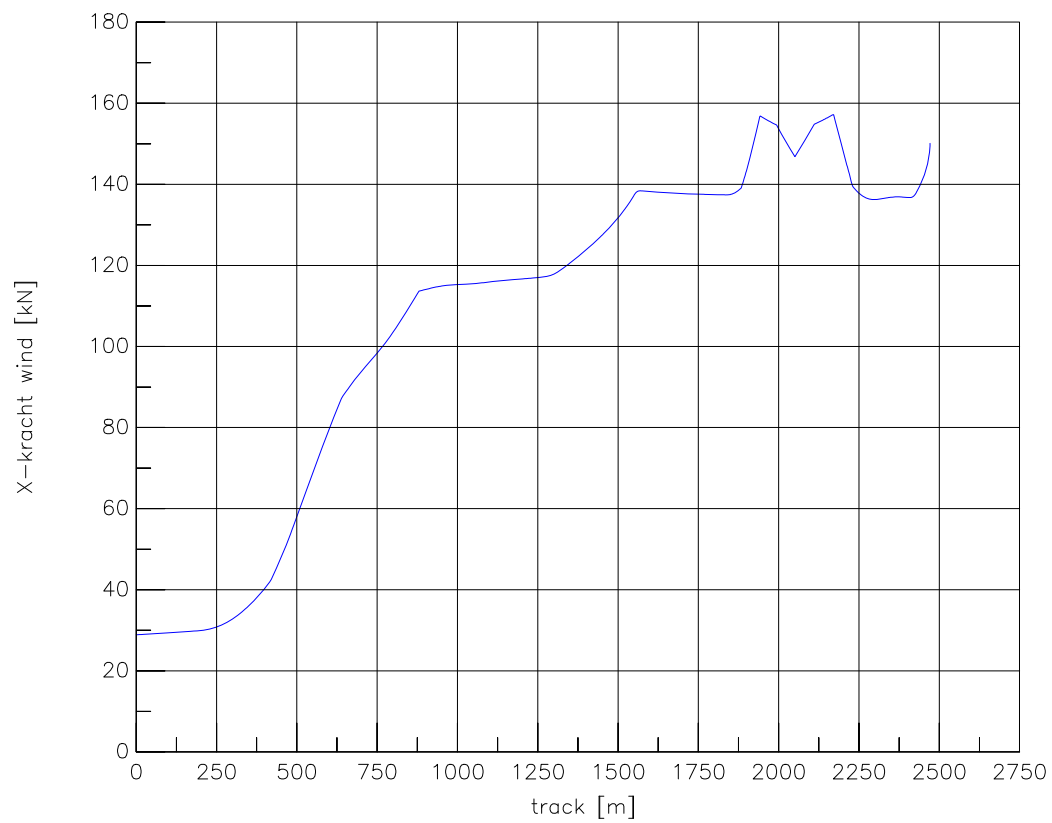
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 21

Fig. 21e



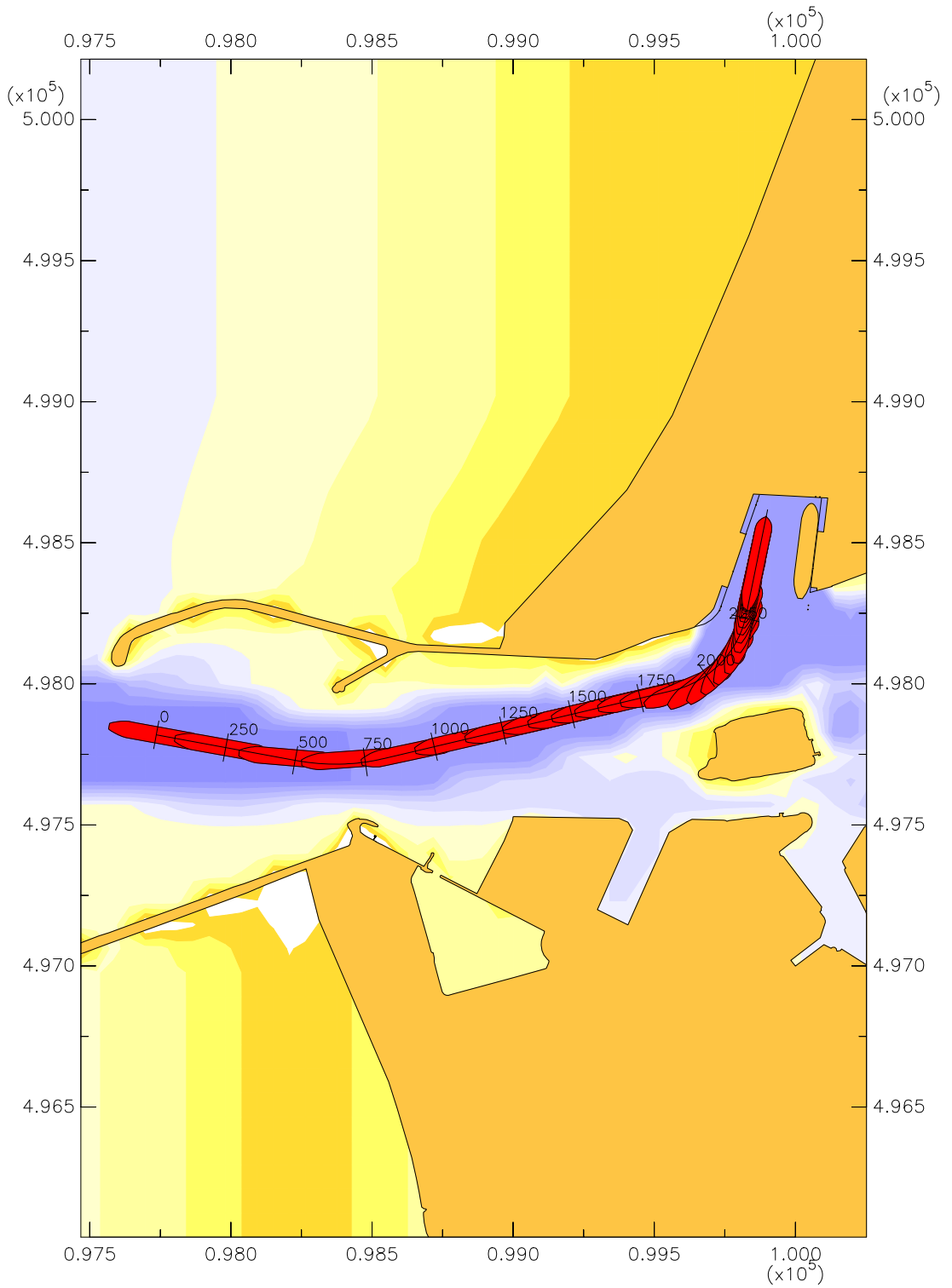
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 21

Fig. 21f



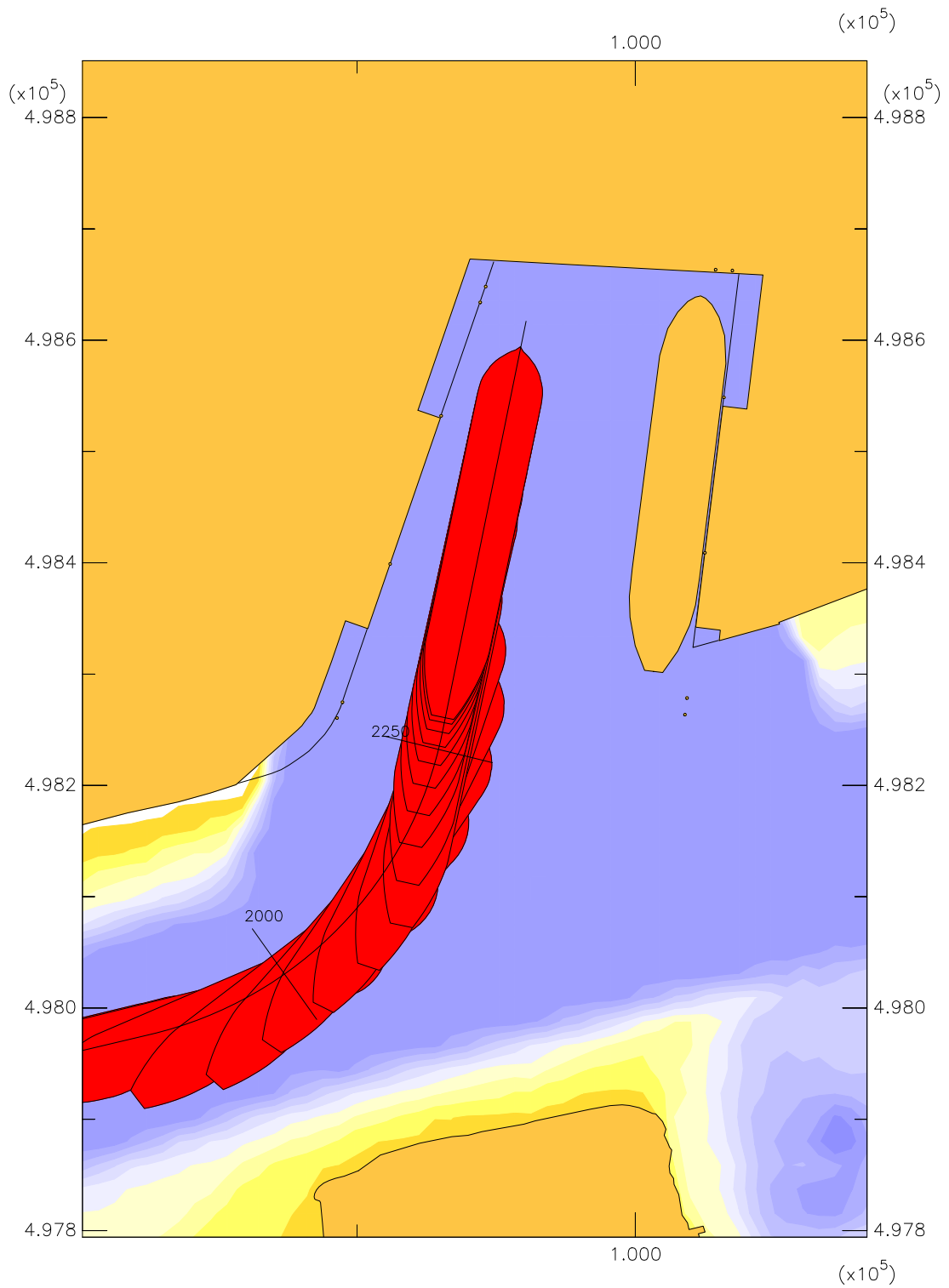
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 22

Fig. 22a



Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

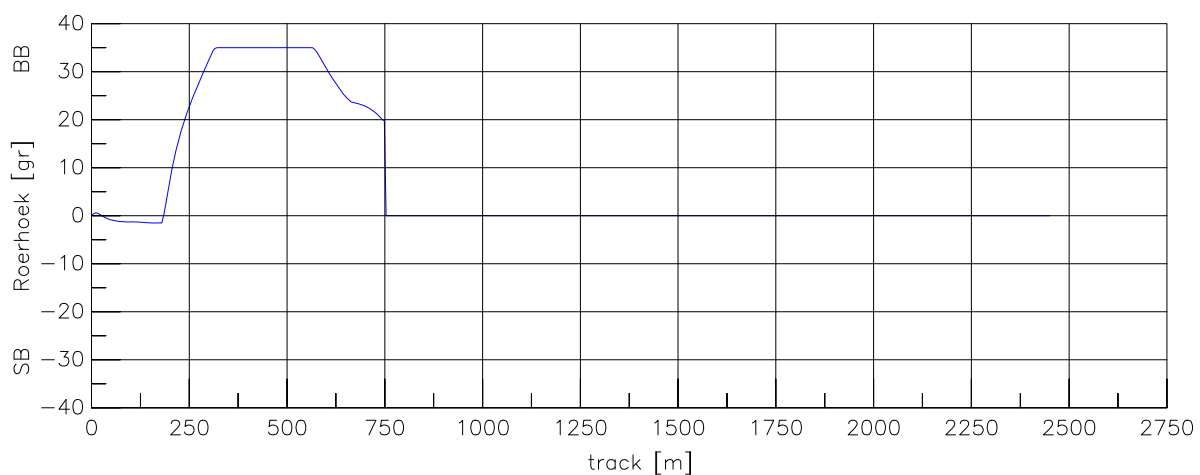
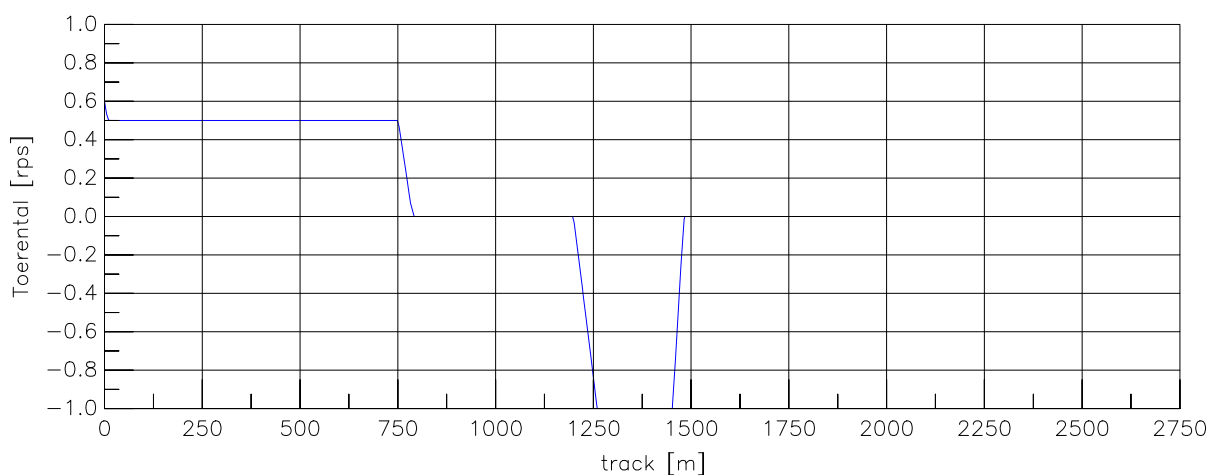
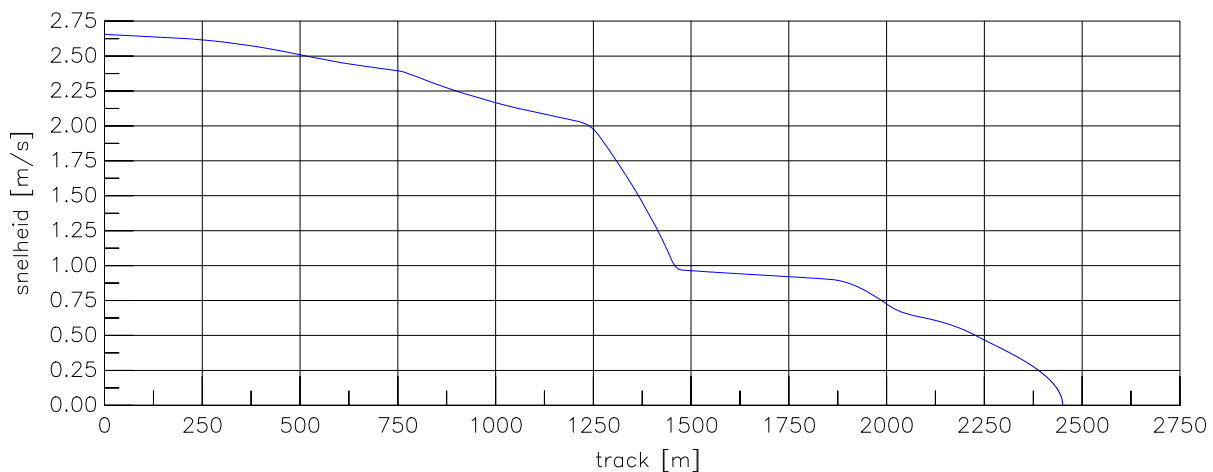
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 22

Fig. 22b





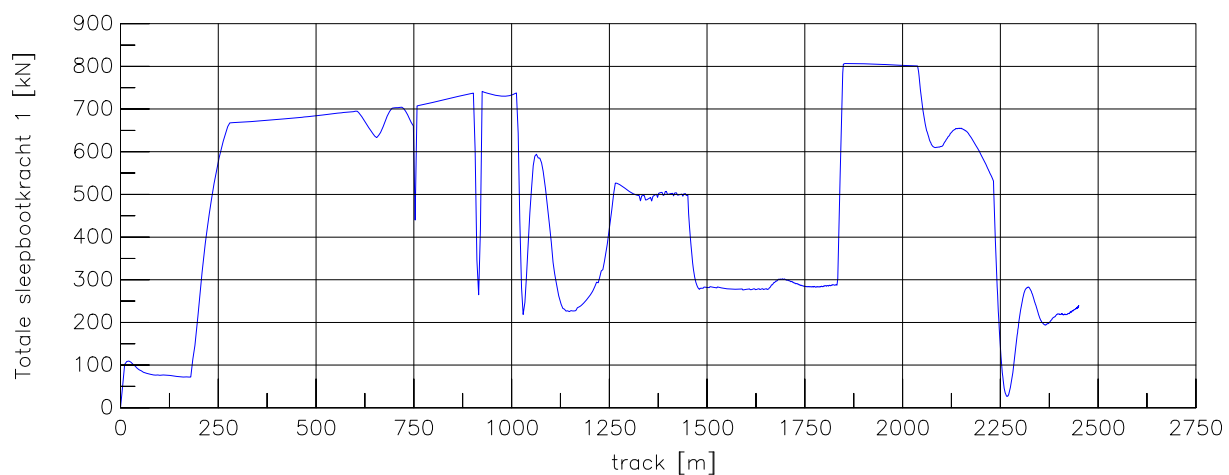
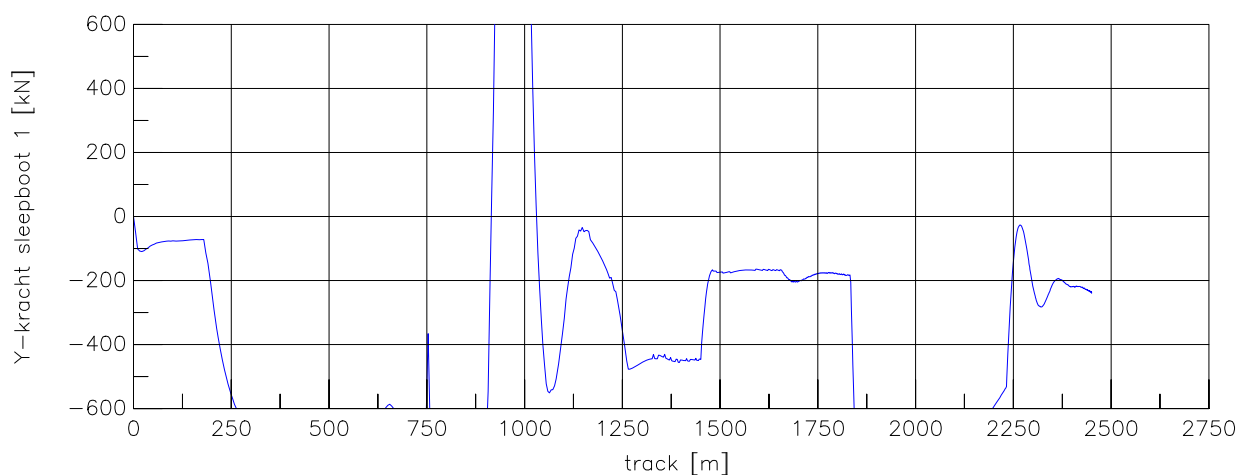
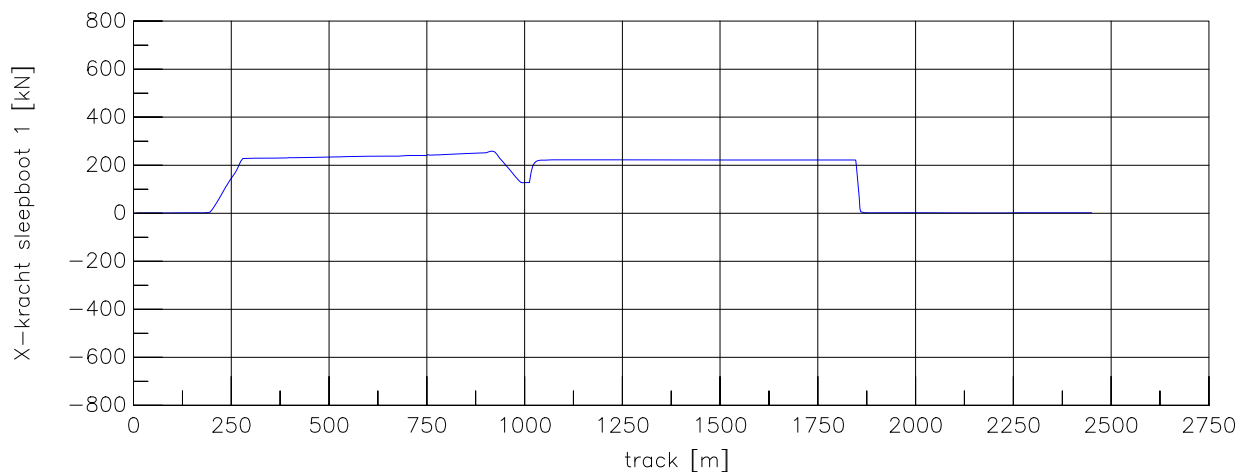
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 22

Fig. 22c



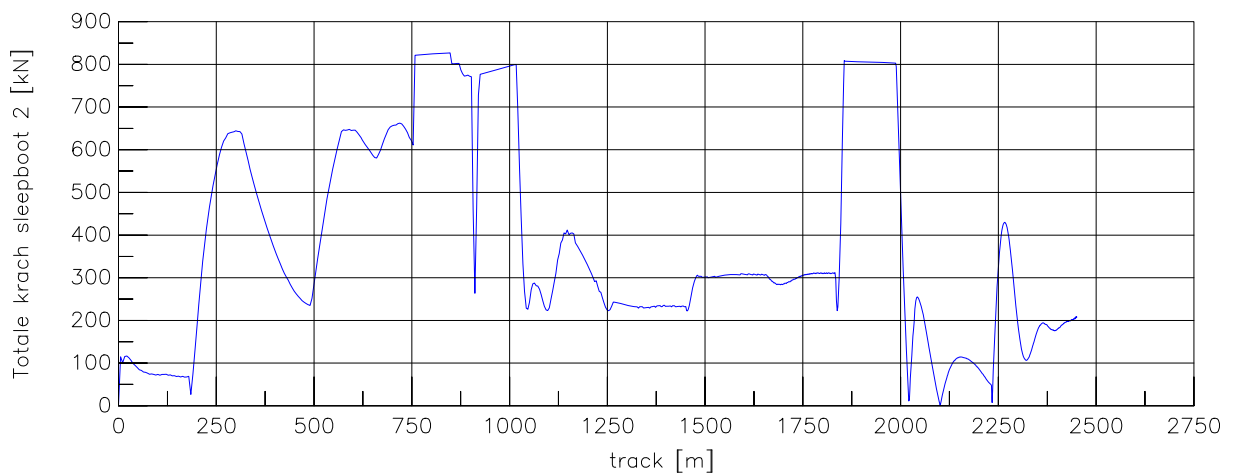
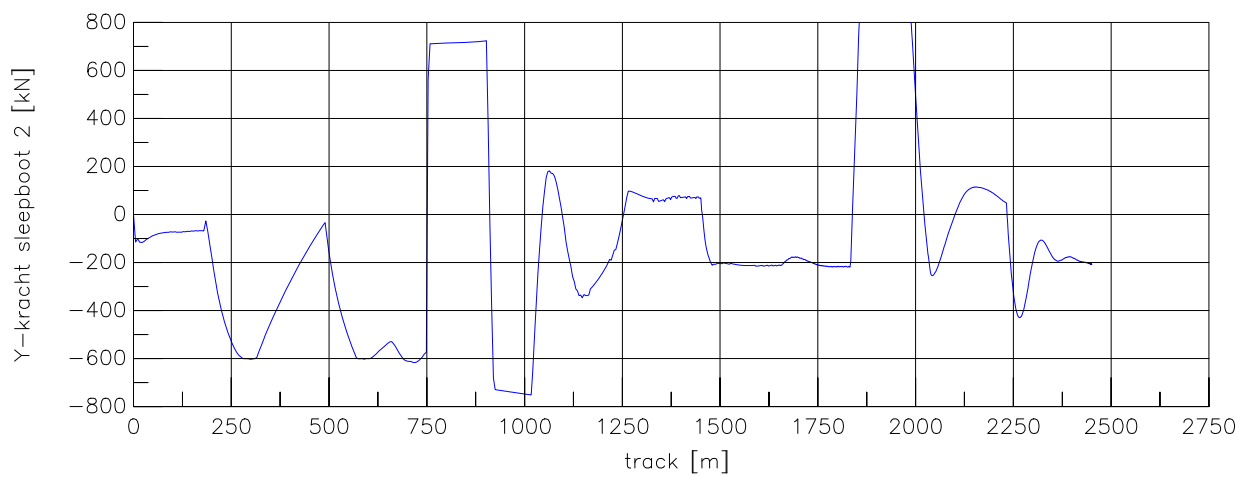
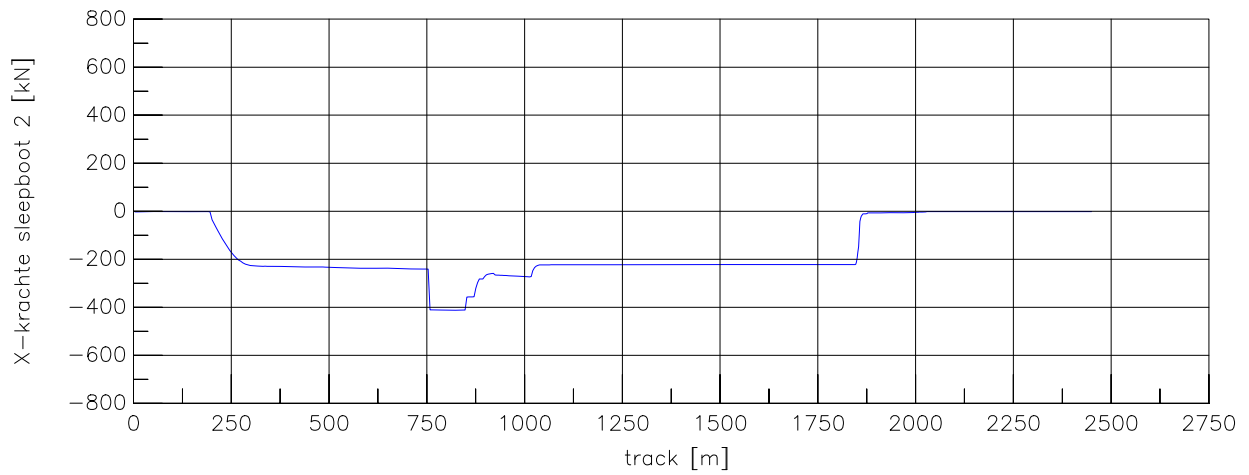
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 22

Fig. 22d



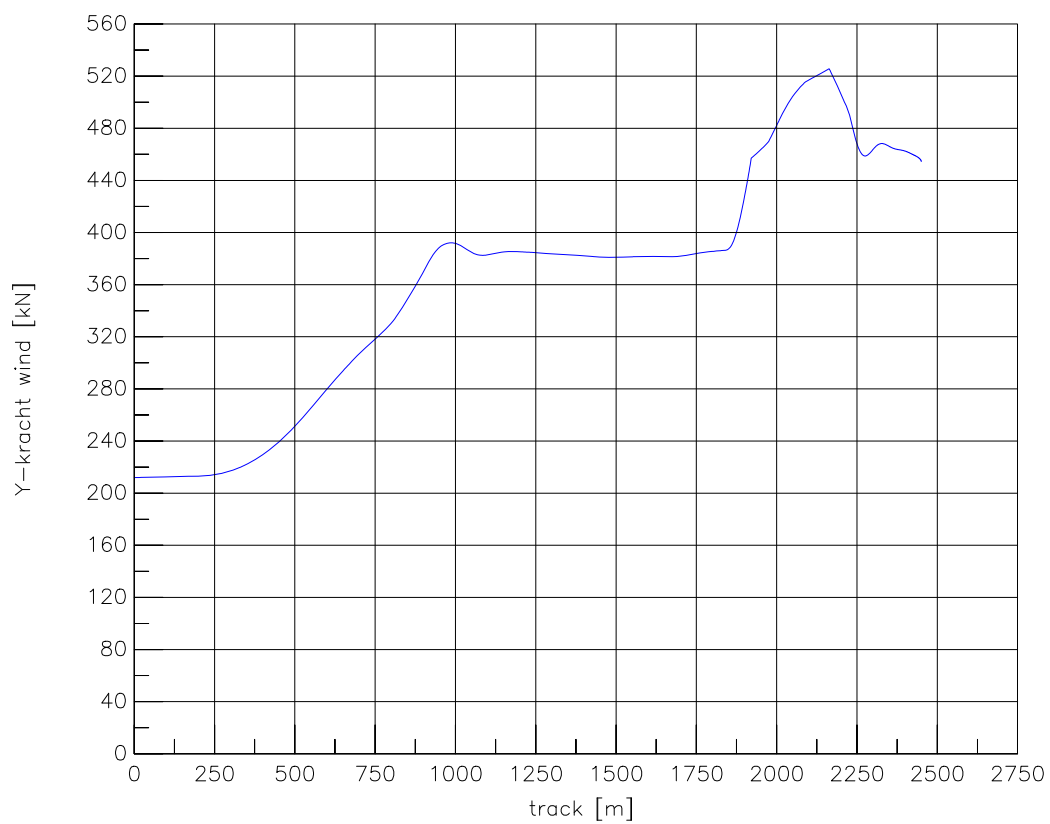
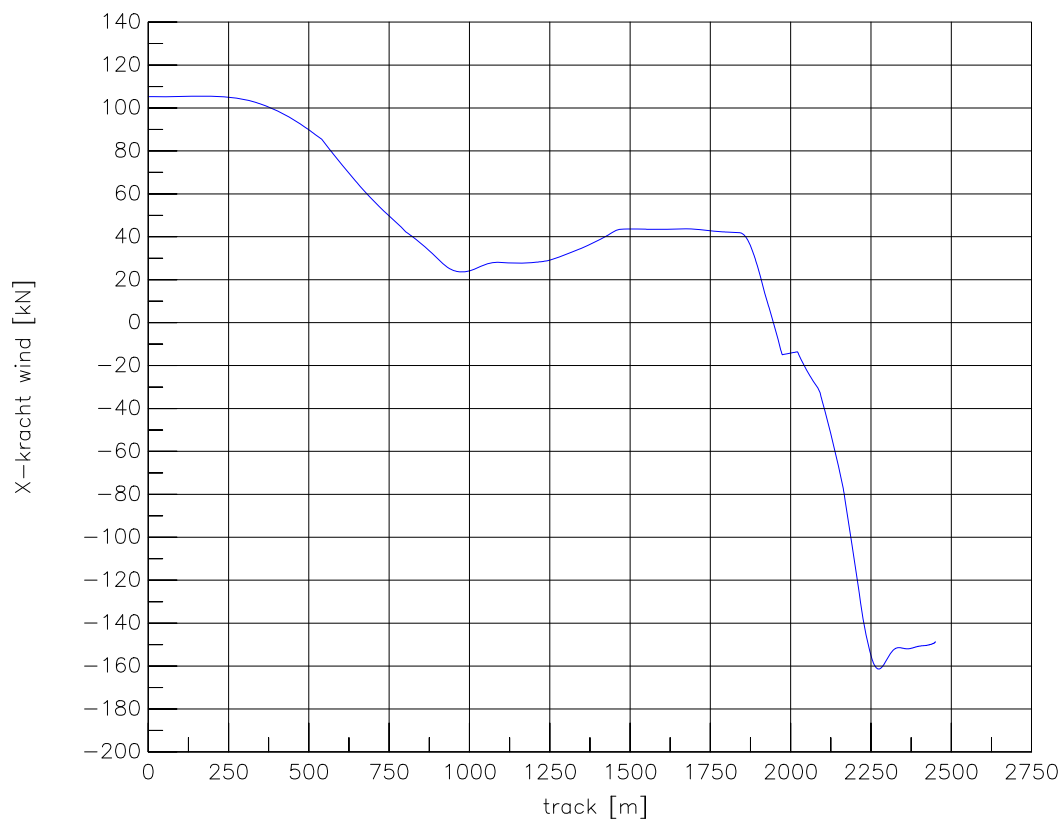
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 22

Fig. 22e



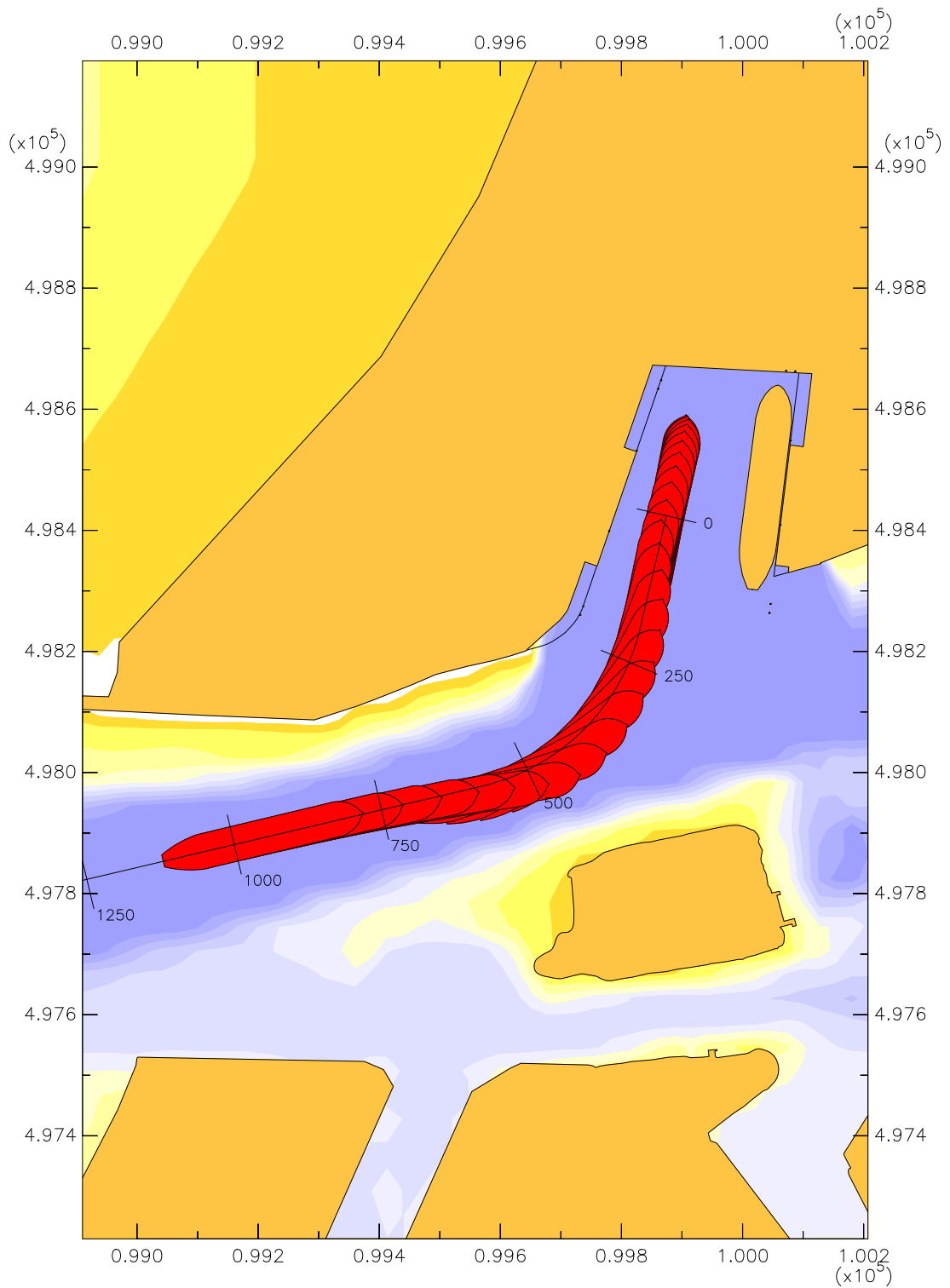
Averijhaven  
 Geladen bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 22

Fig. 22f

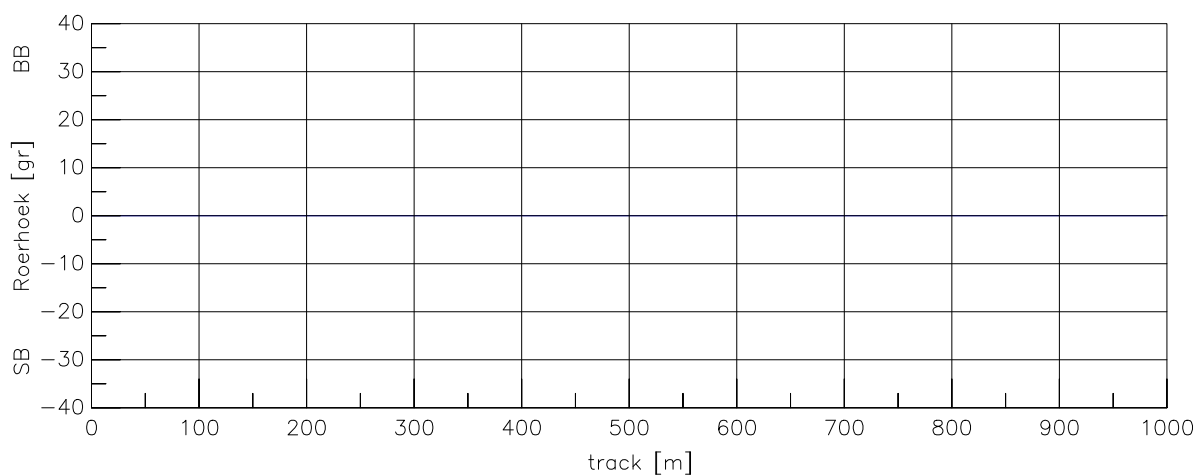
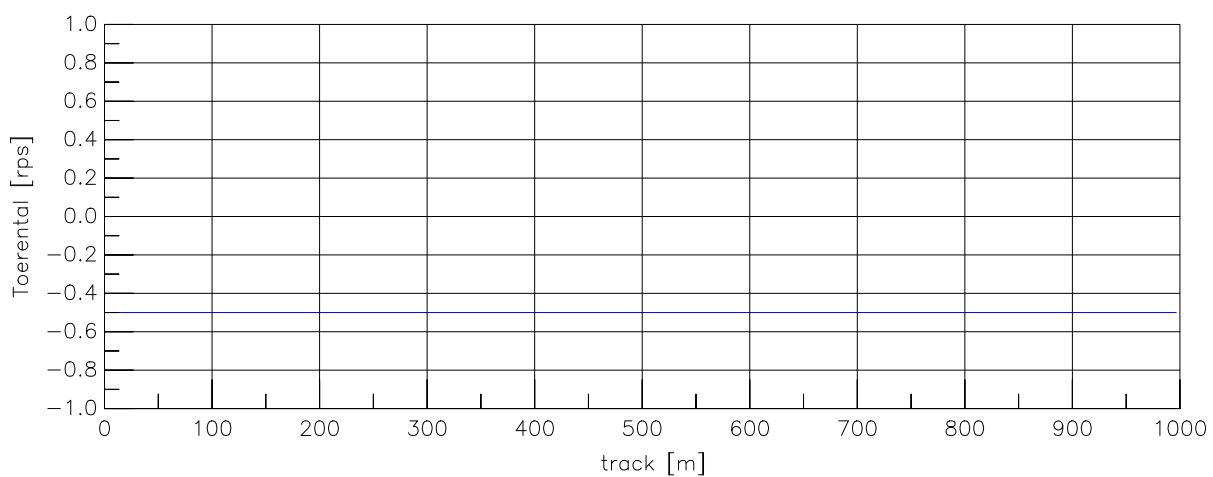
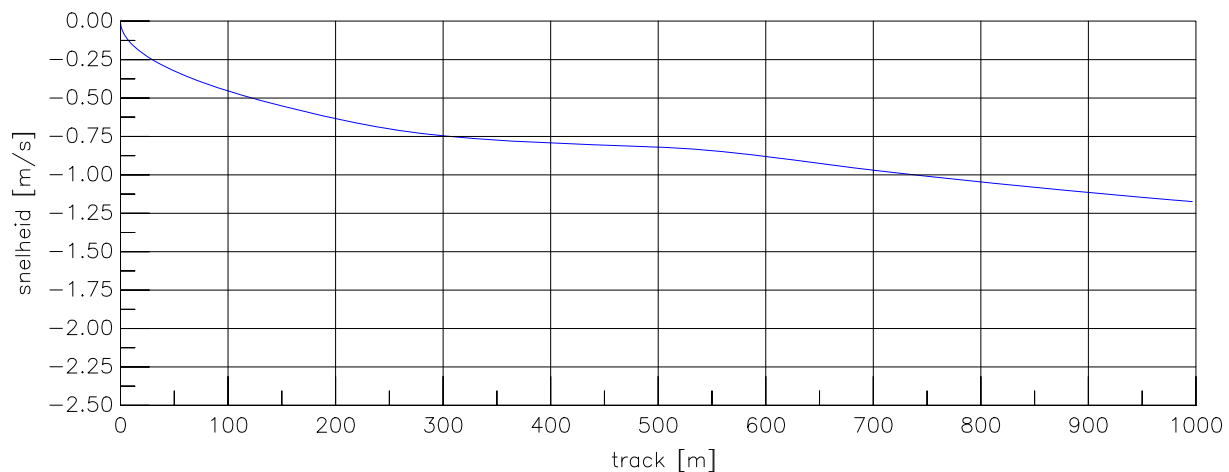


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.23-1 Fig.23-1a



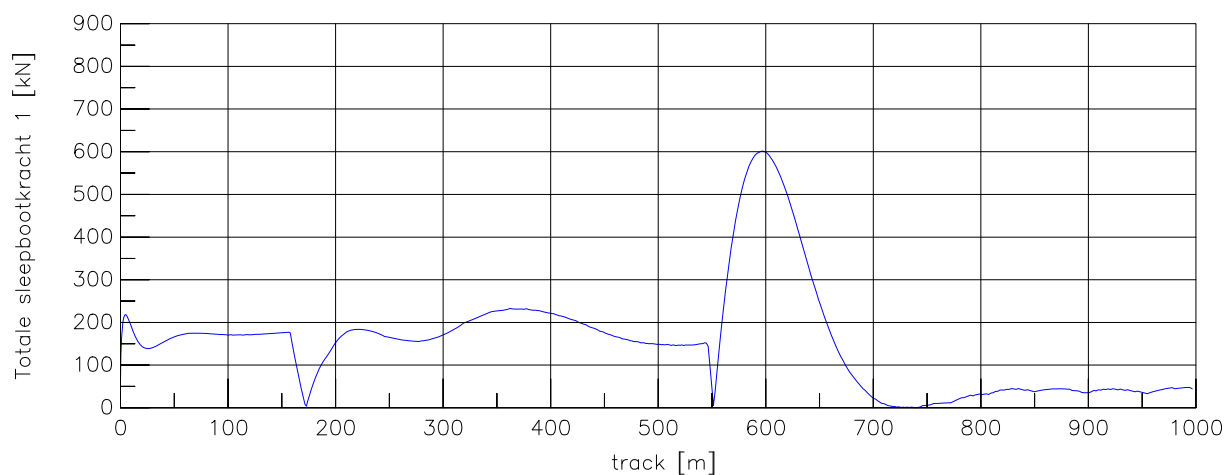
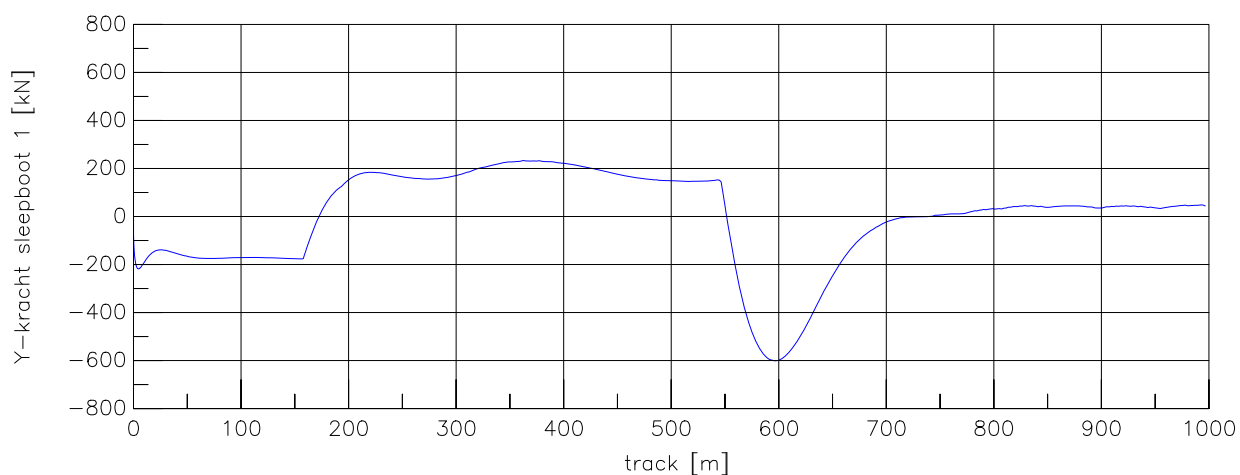
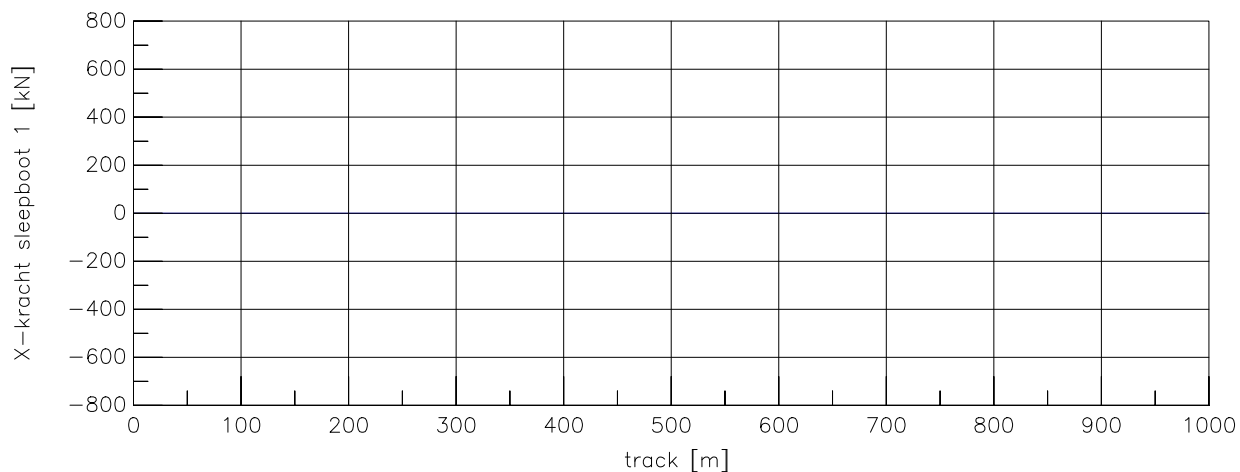
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 23-1

Fig. 23-1c



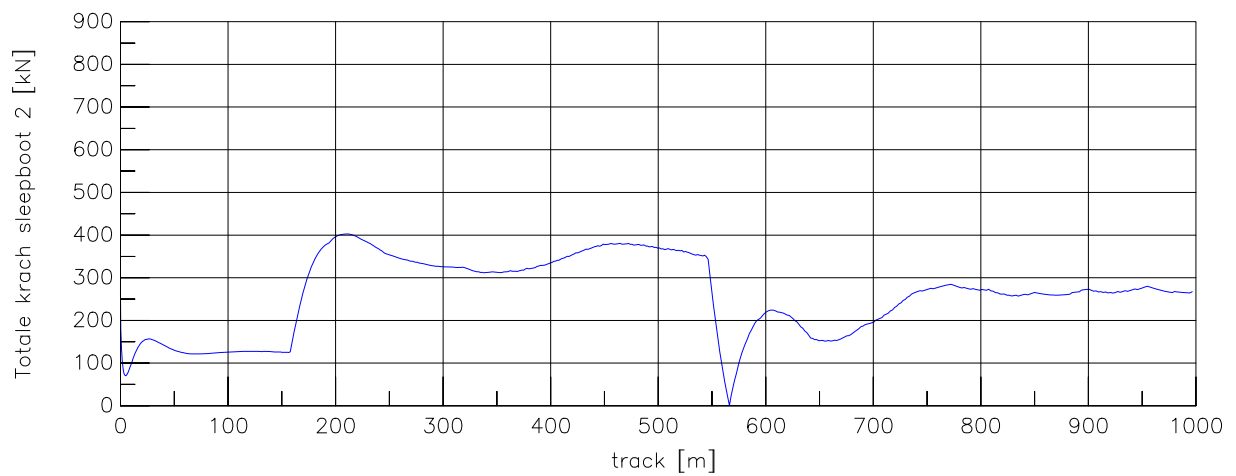
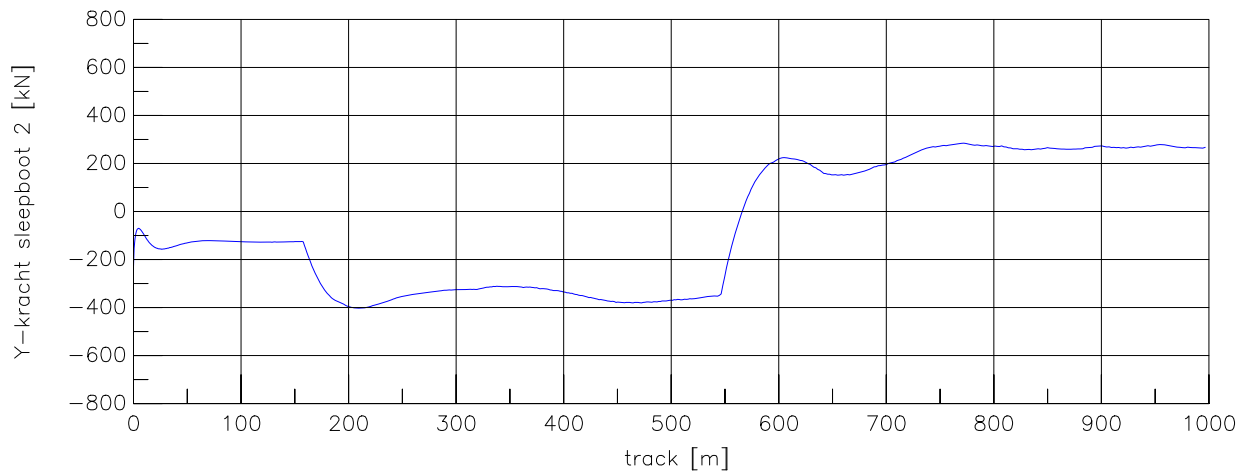
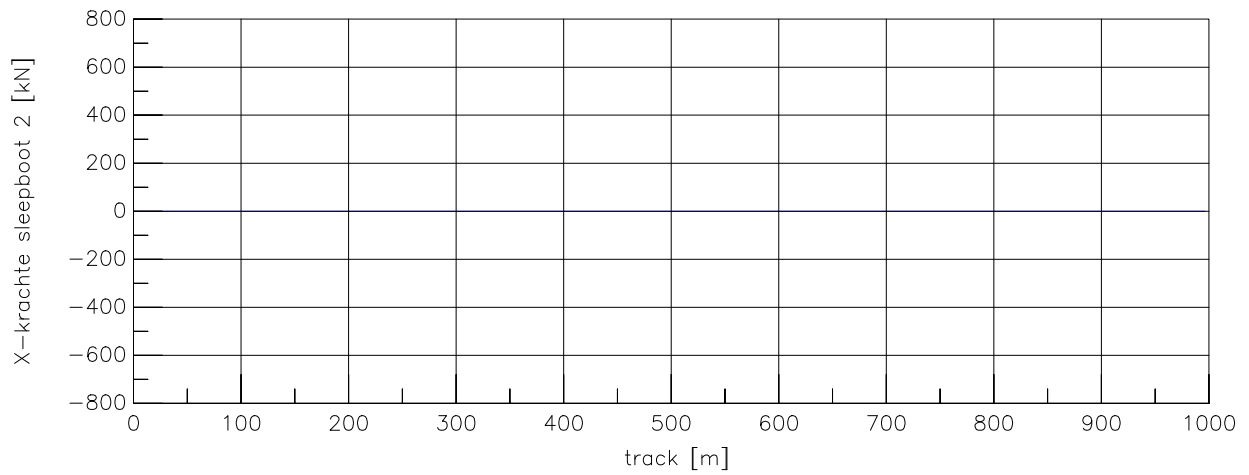
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 23-1

Fig. 23-1d



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

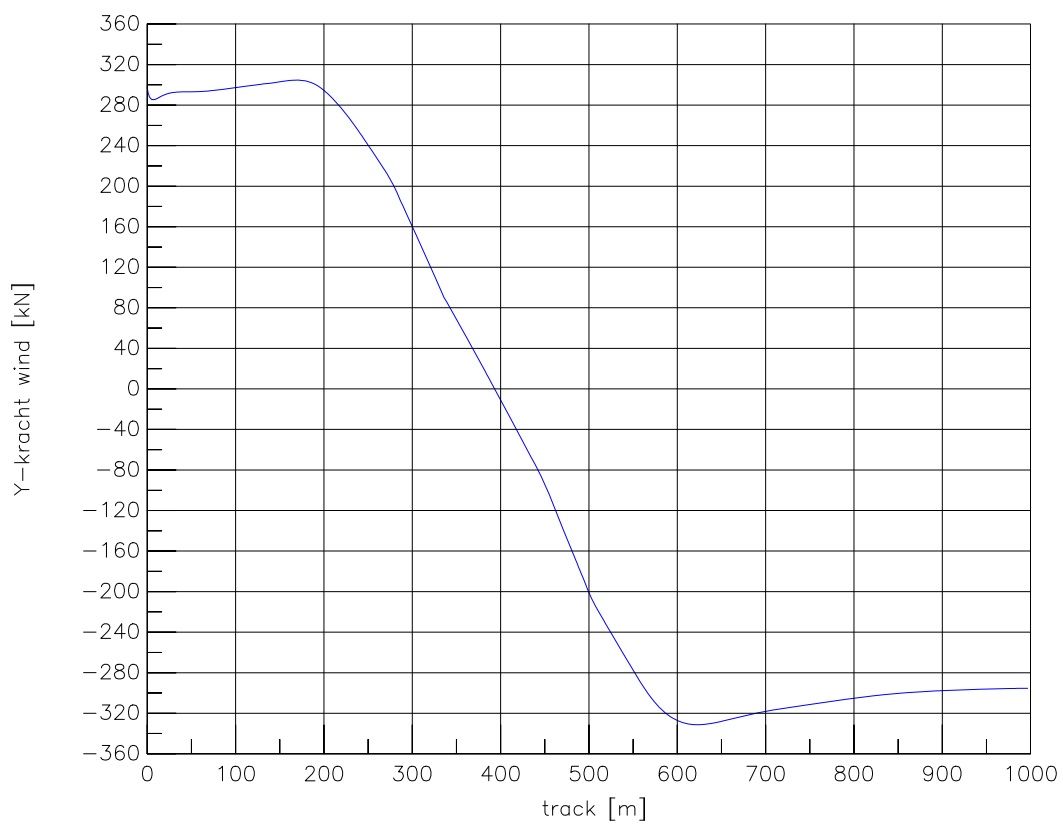
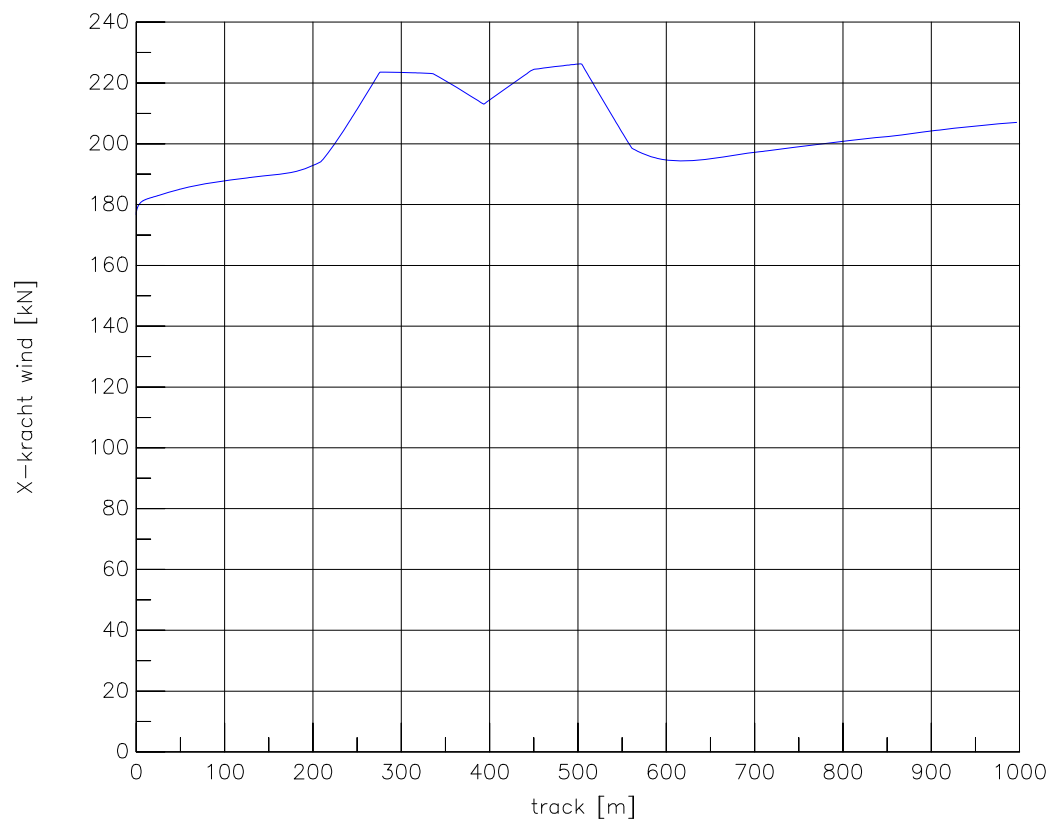
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 23-1

Fig. 23-1e





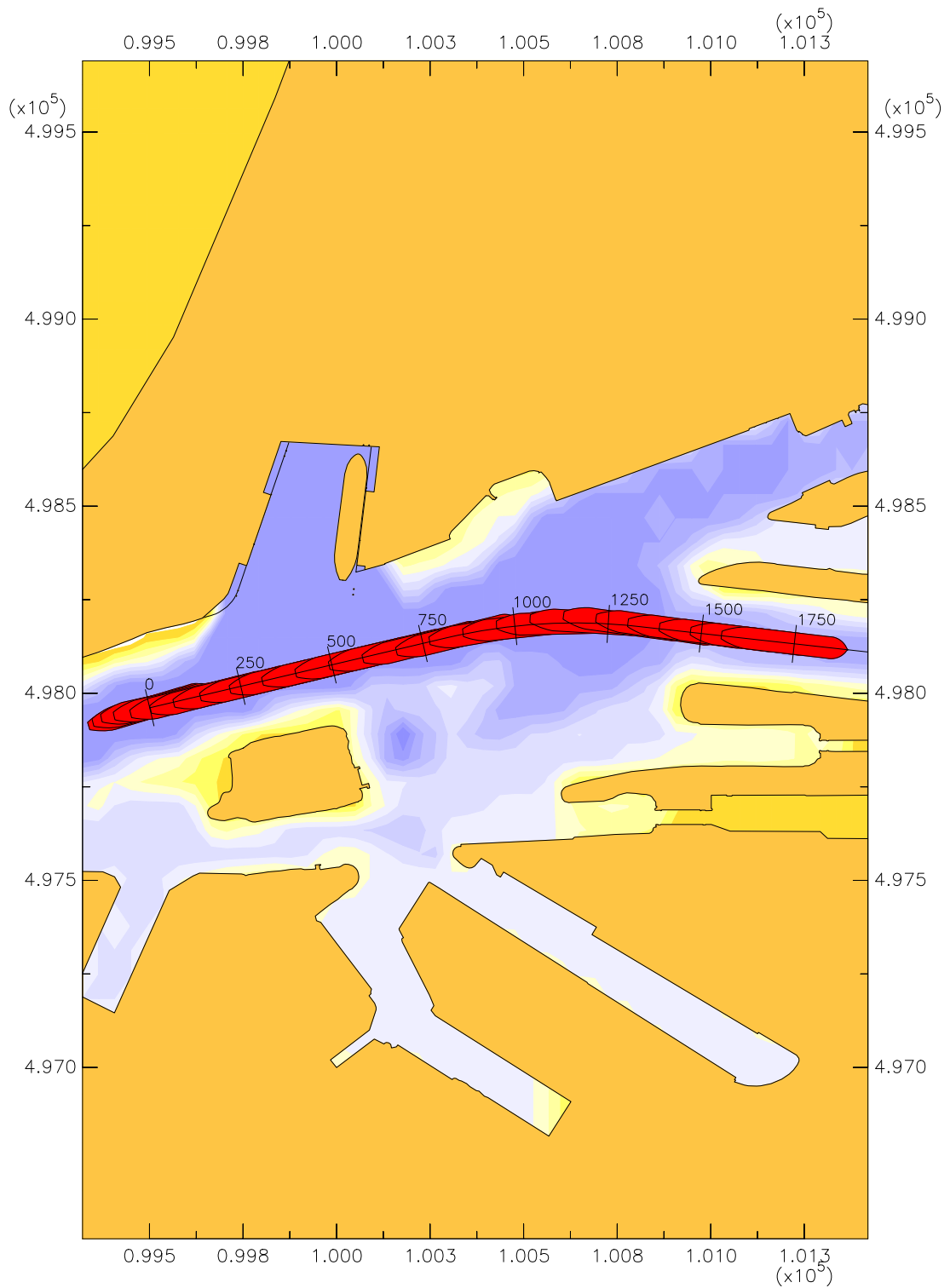
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m3, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 23-1

Fig. 23-1f

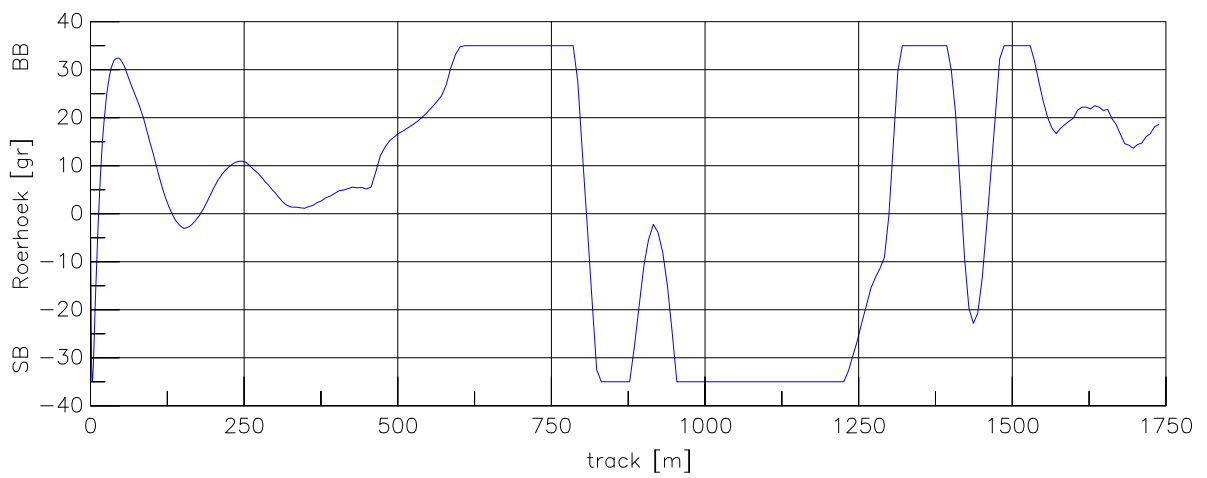
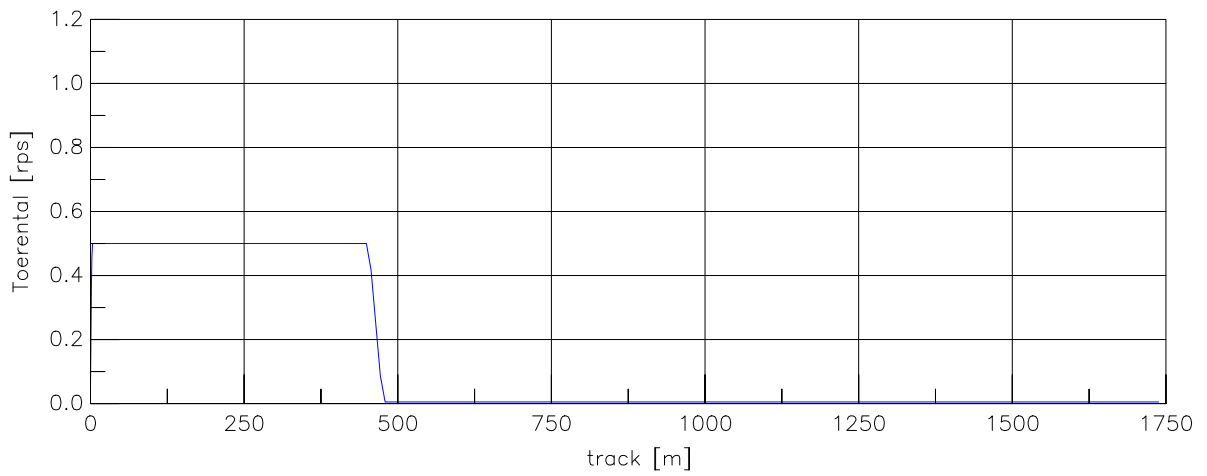
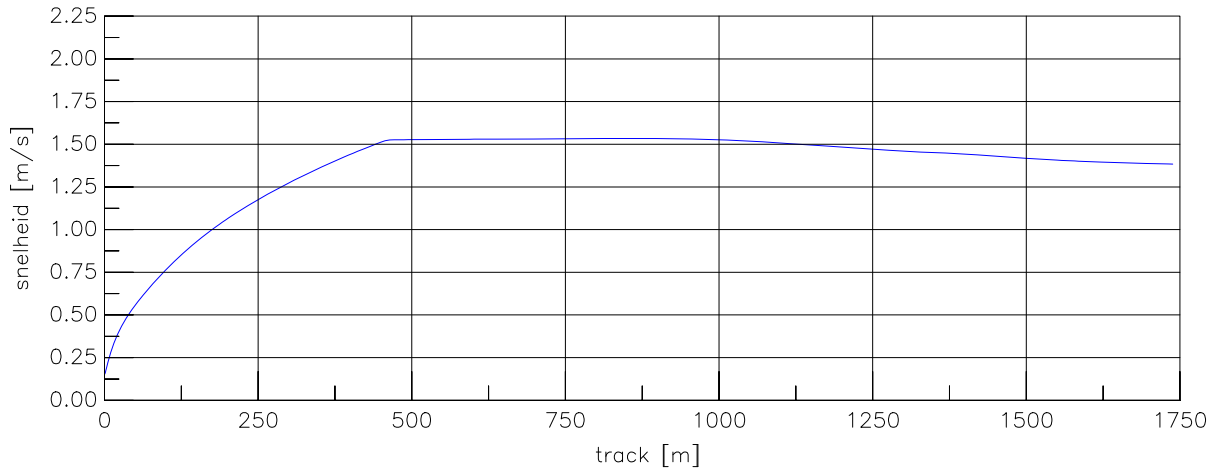


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.23-2 Fig.23-2a



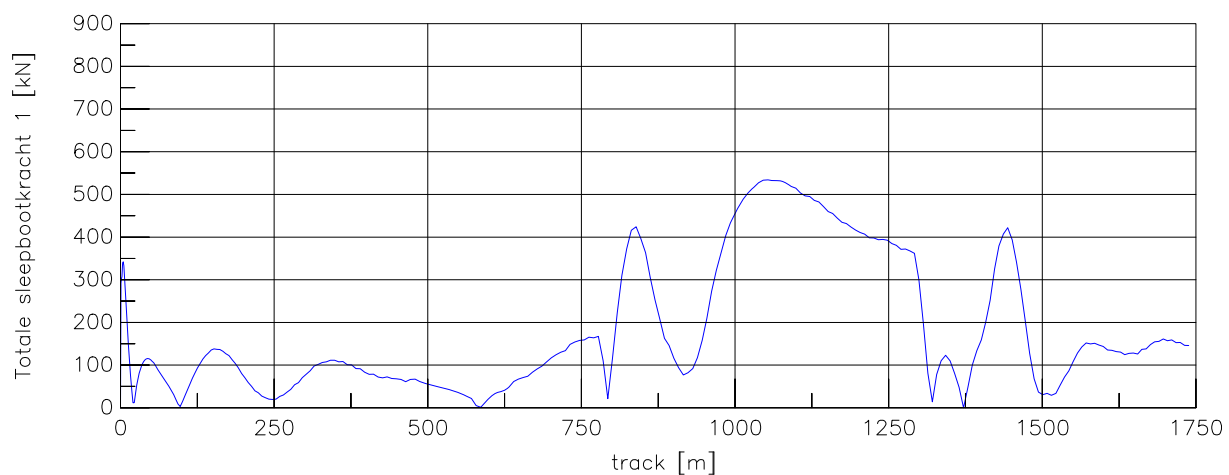
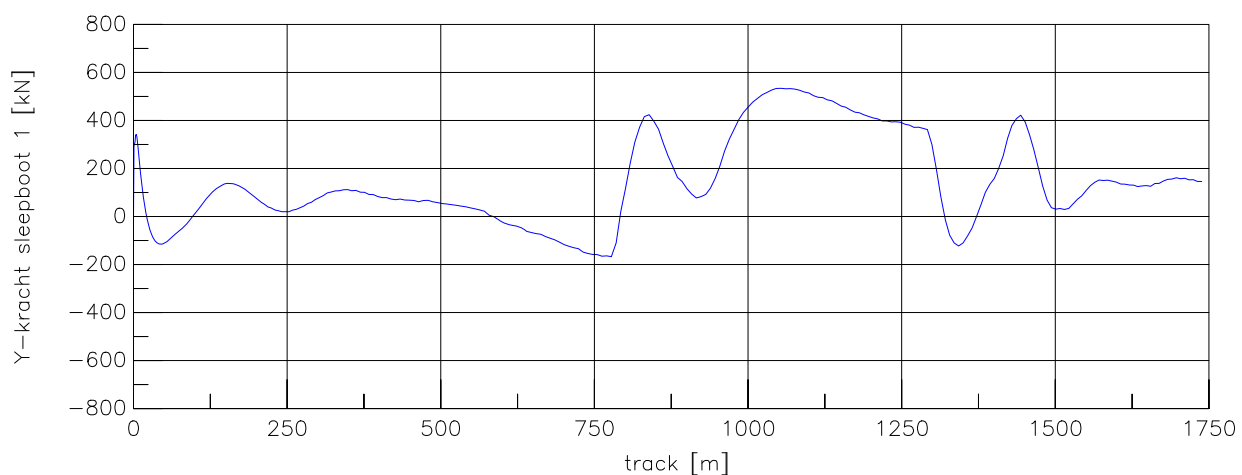
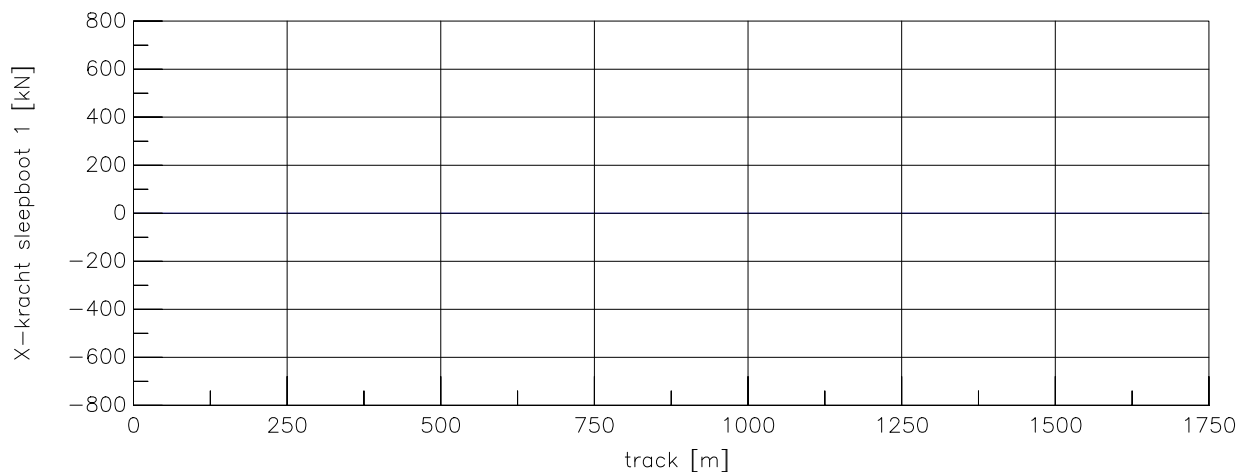
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 23-2

Fig. 23-2c



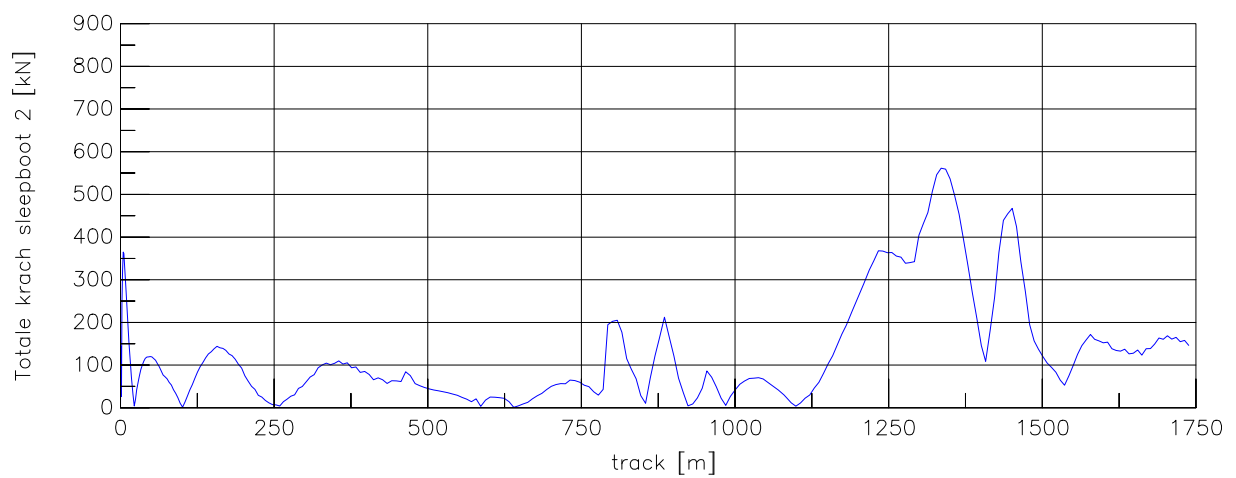
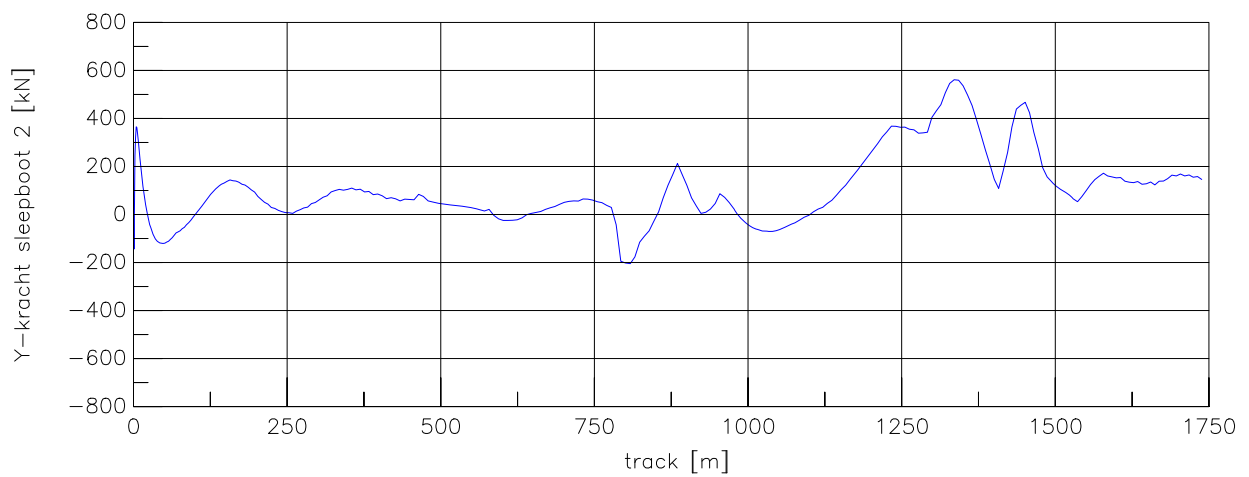
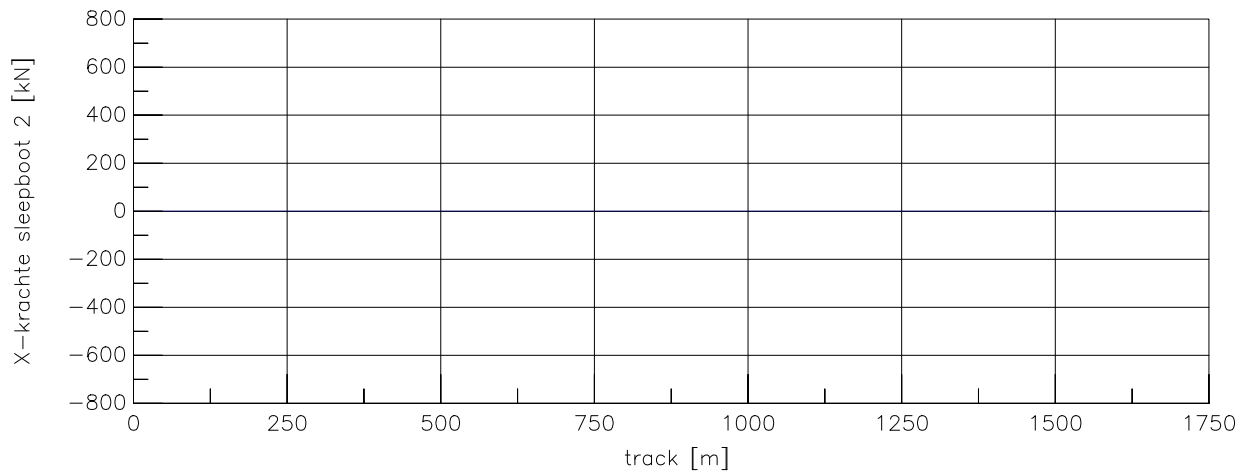
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 23-2

Fig. 23-2d



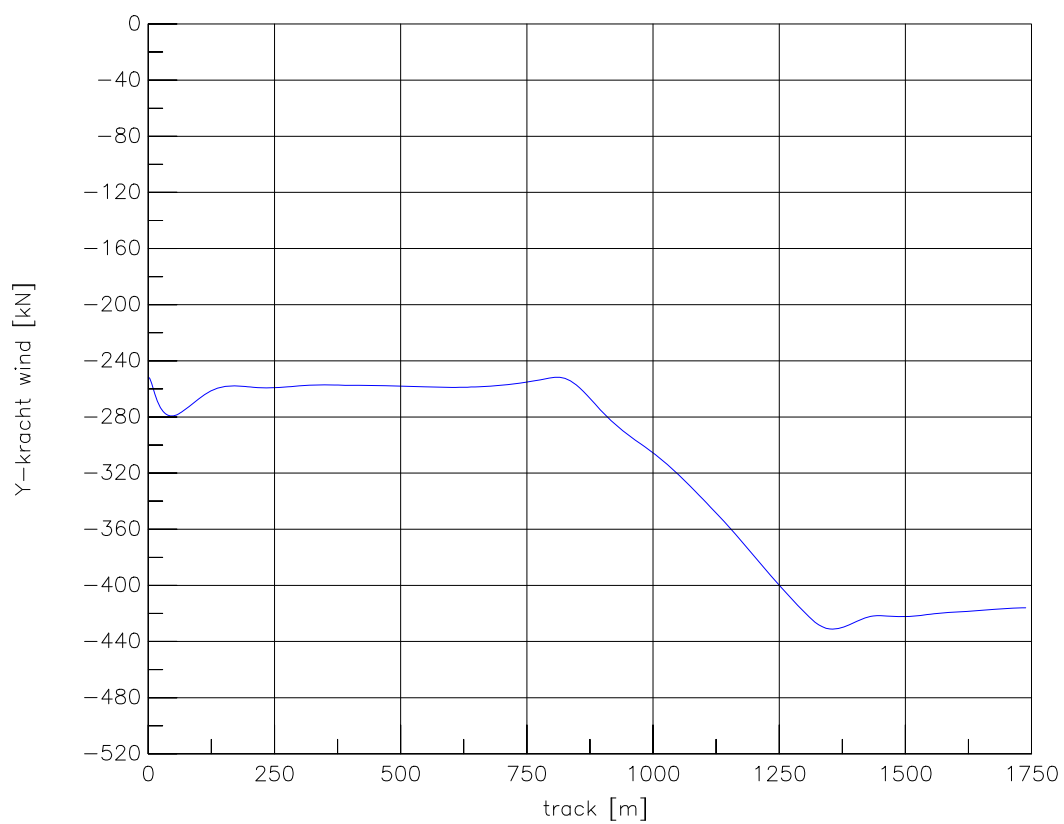
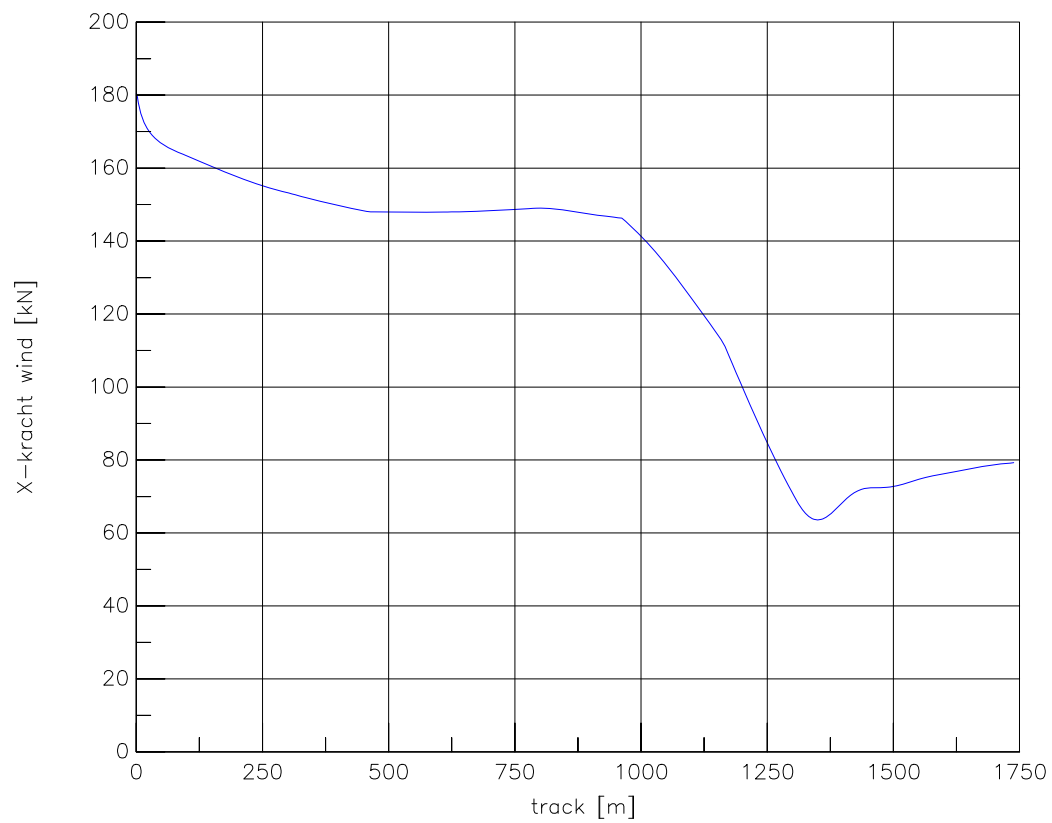
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 23-2

Fig. 23-2e



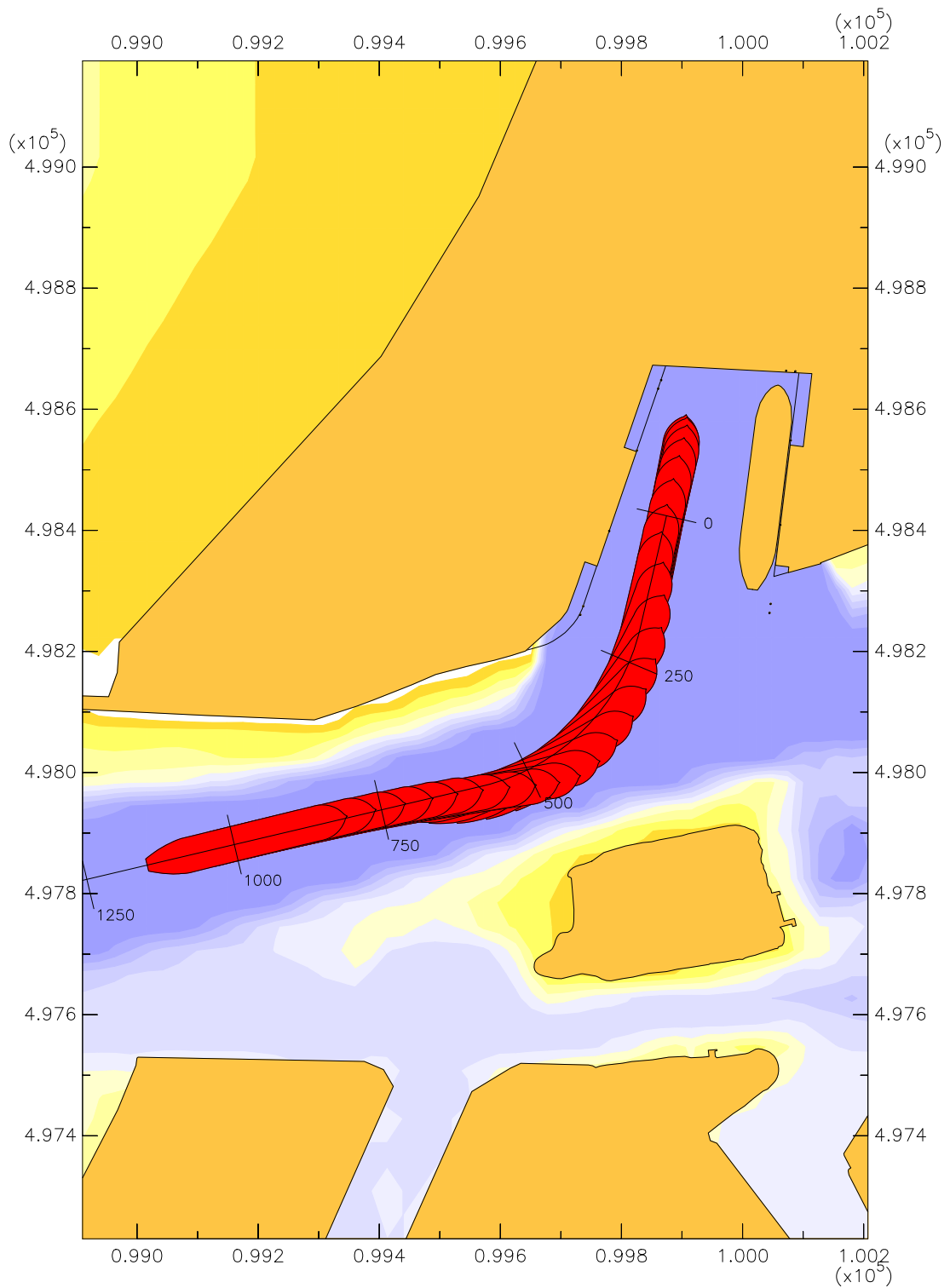
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind ZW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 23-2

Fig. 23-2f

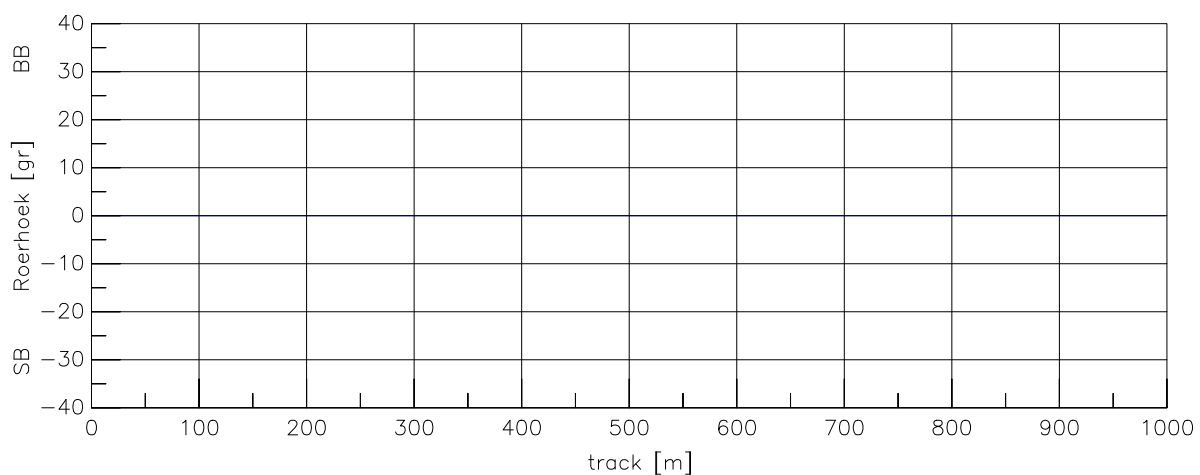
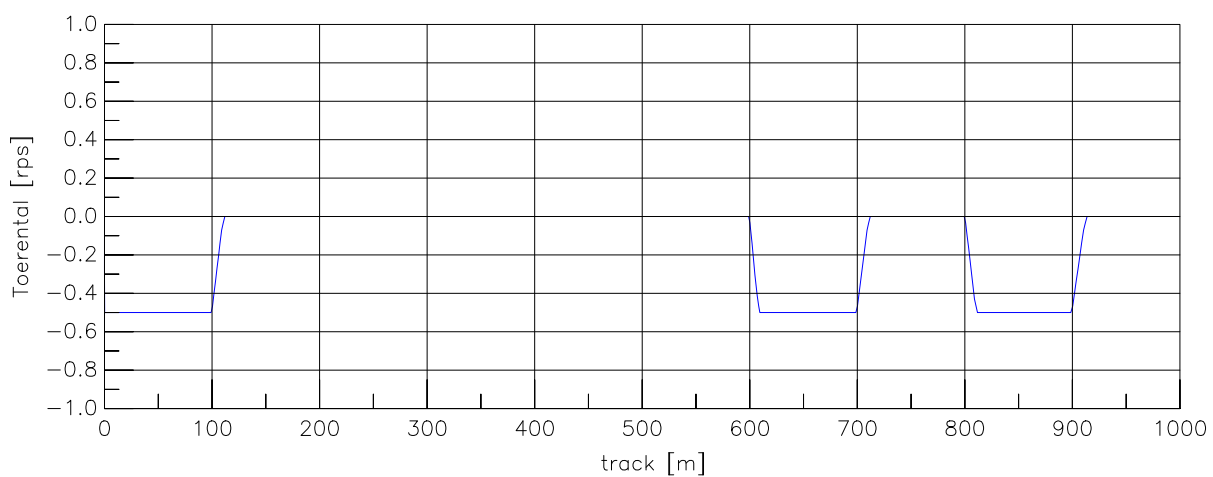
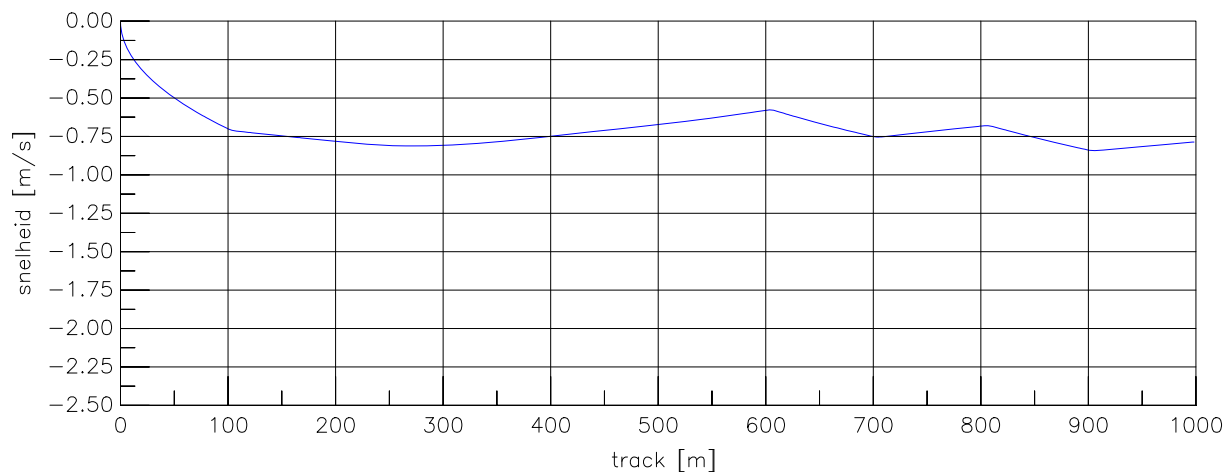


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.24-1 Fig.24-1a



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

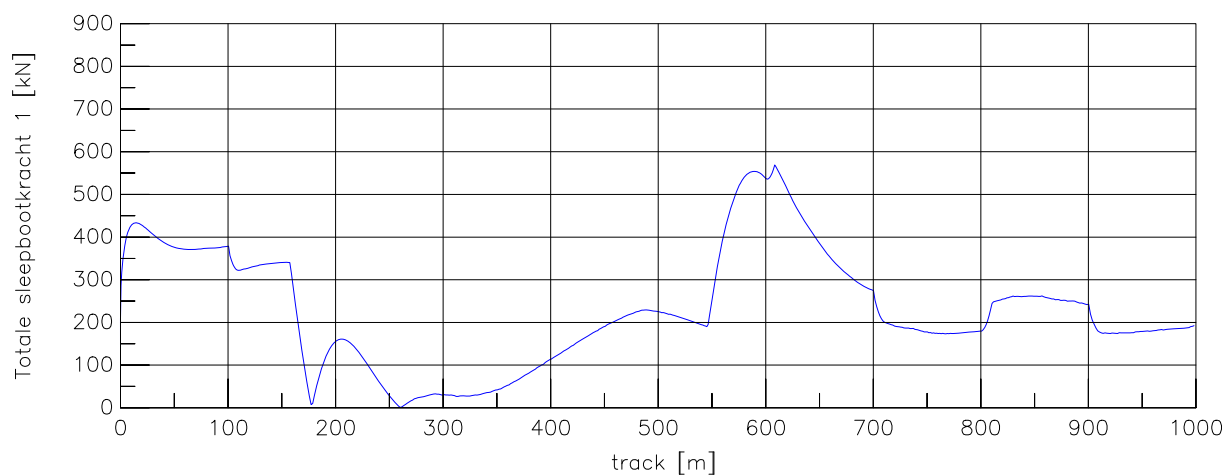
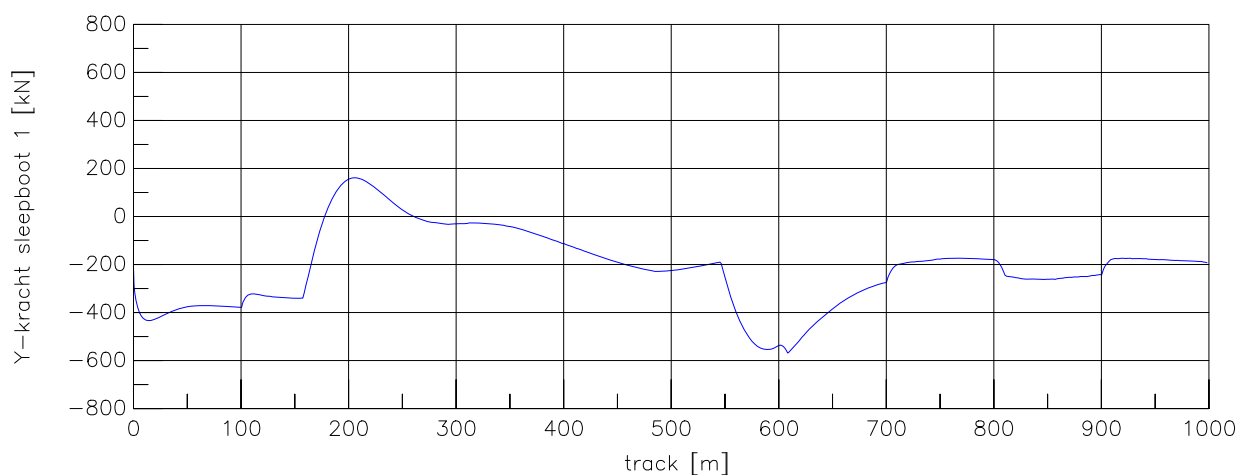
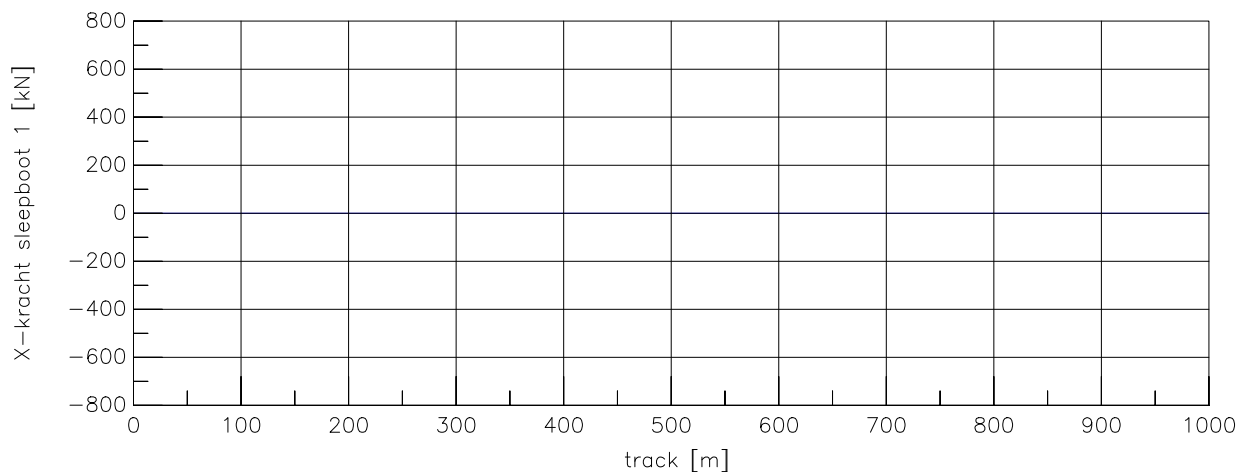
24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 24-1

Fig. 24-1c





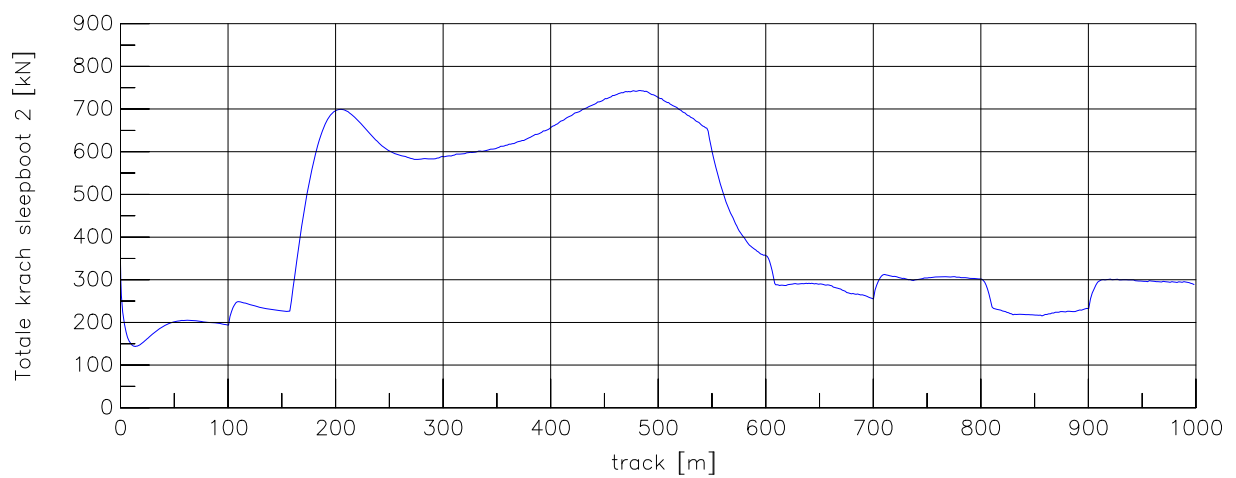
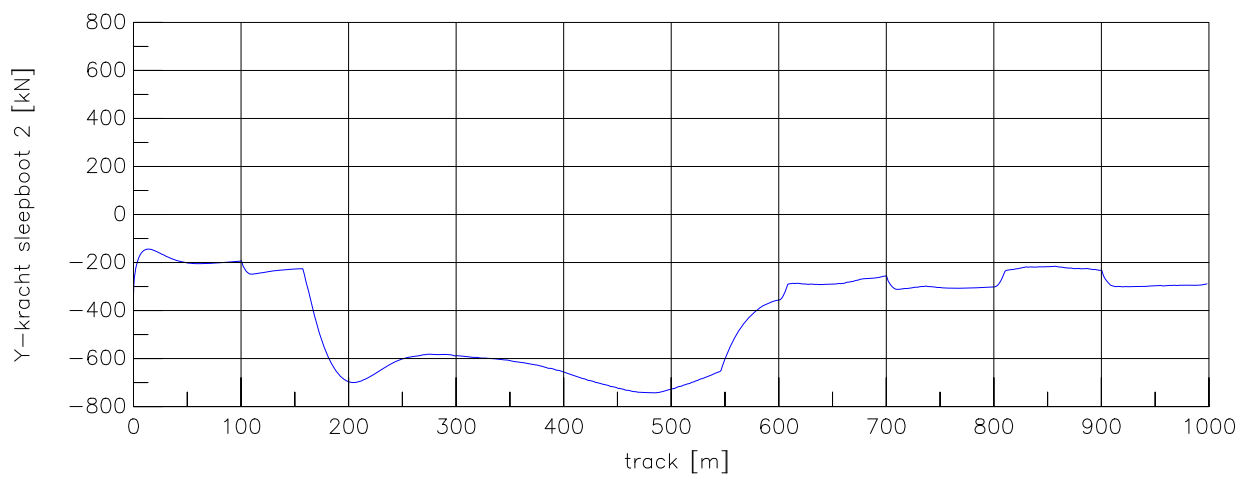
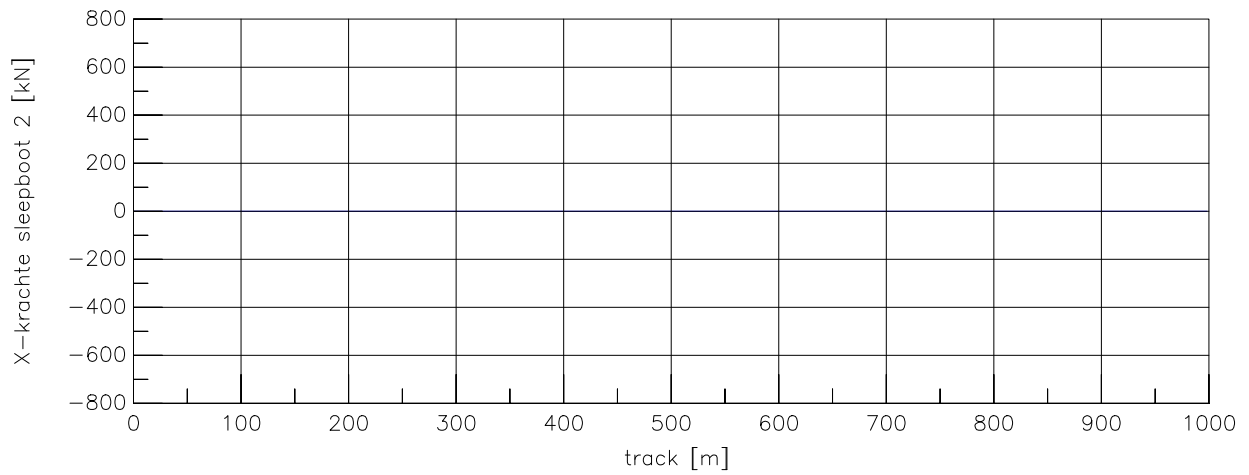
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 24-1

Fig. 24-1d



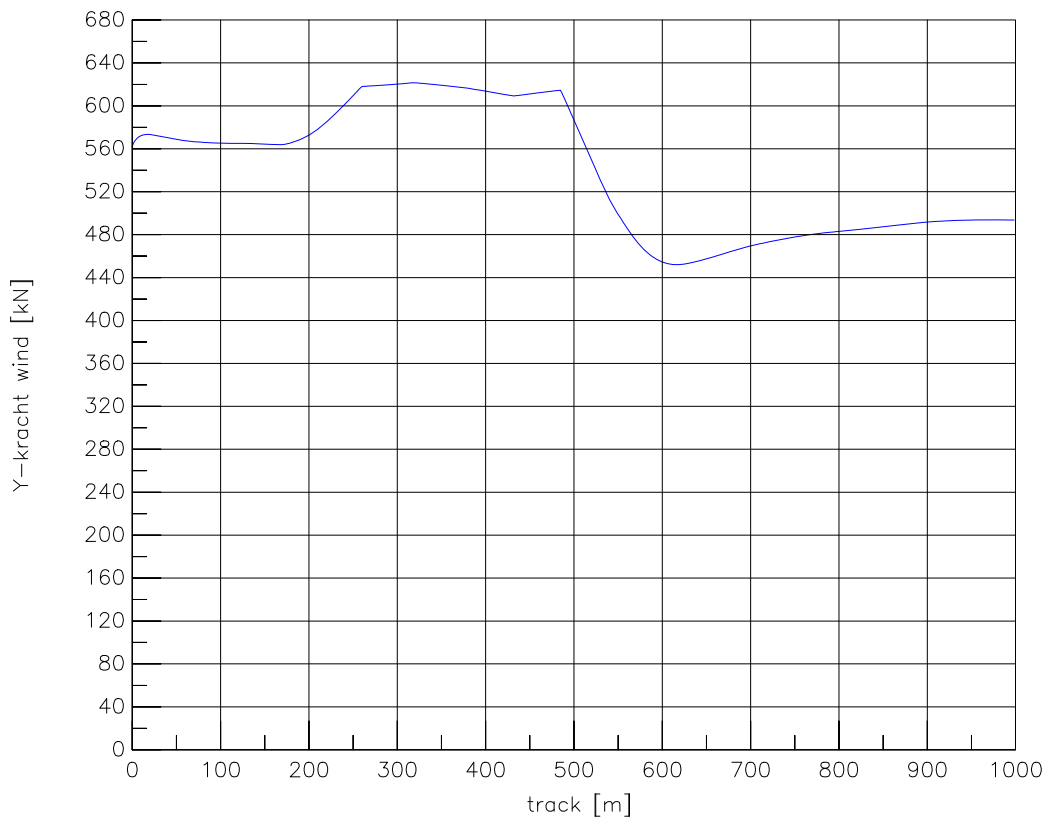
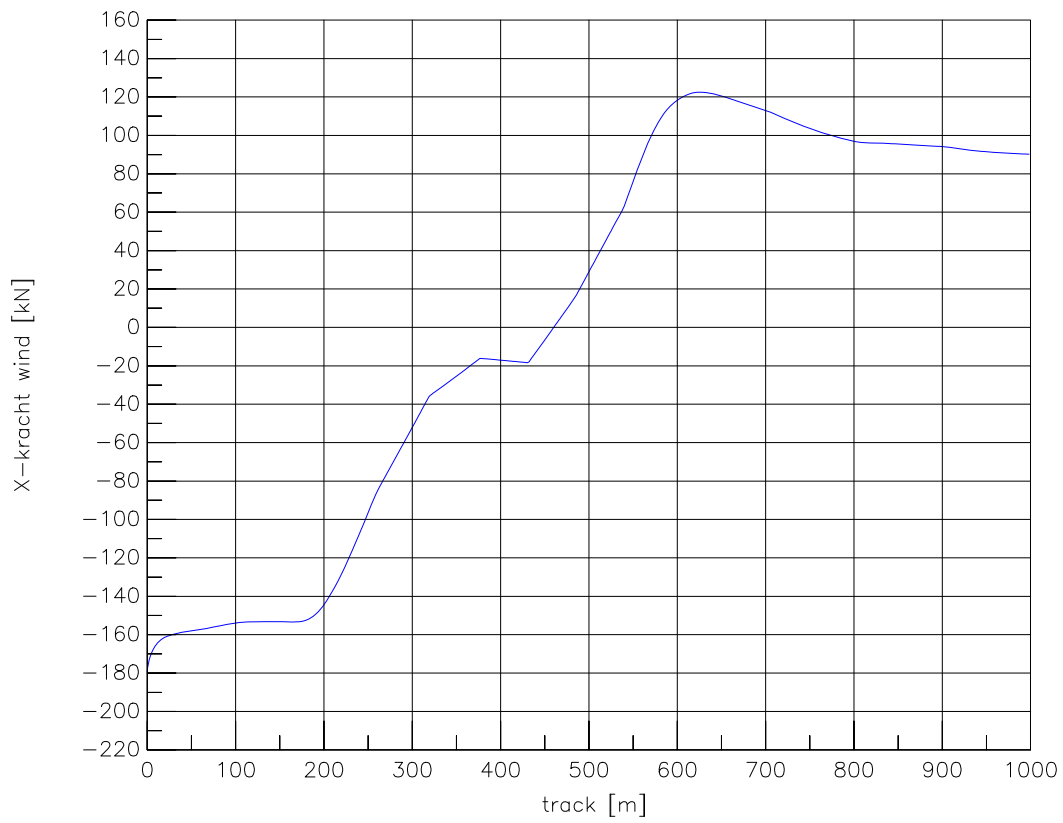
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 24-1

Fig. 24-1e



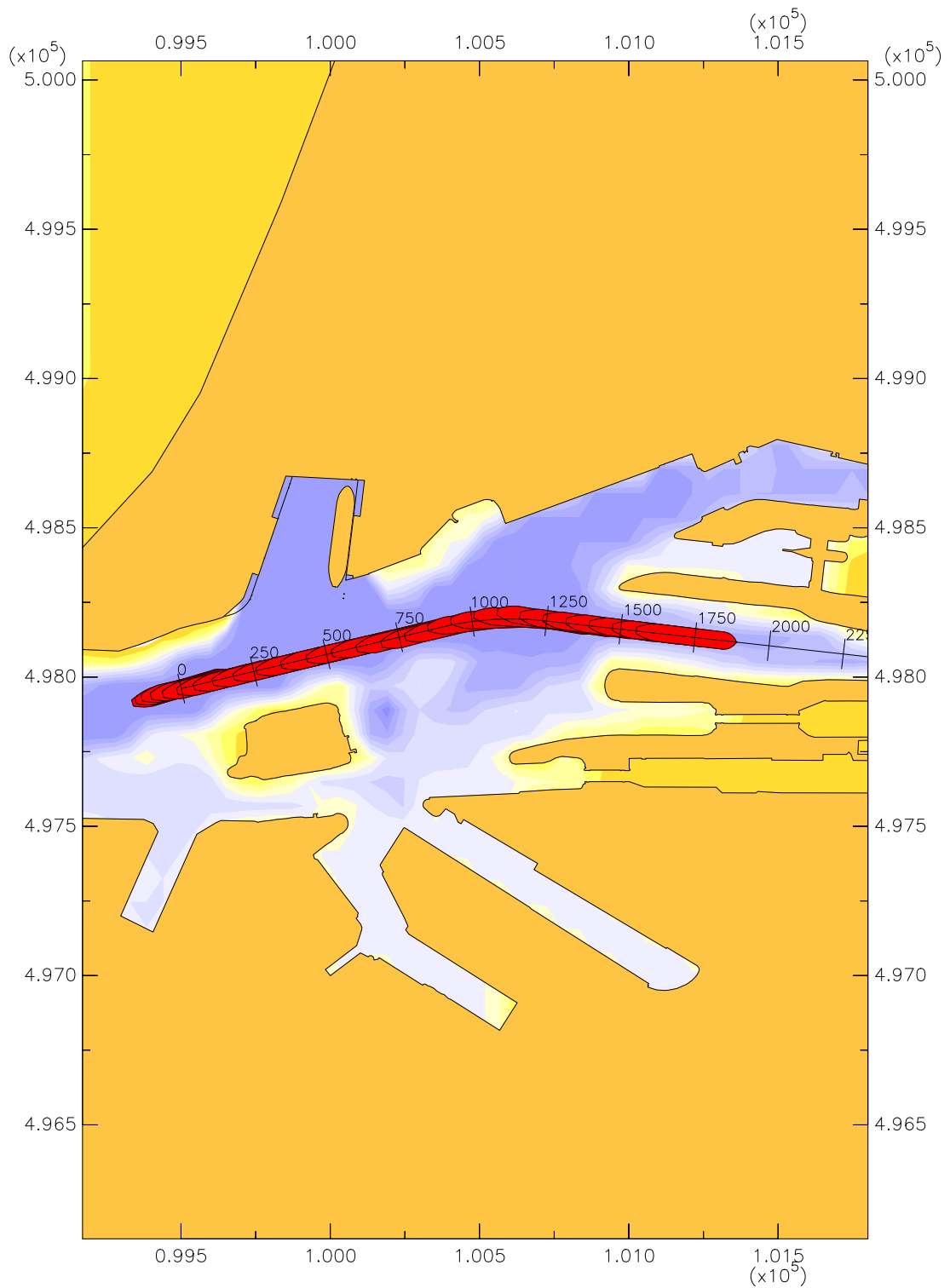
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m3, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 24-1

Fig. 24-1f

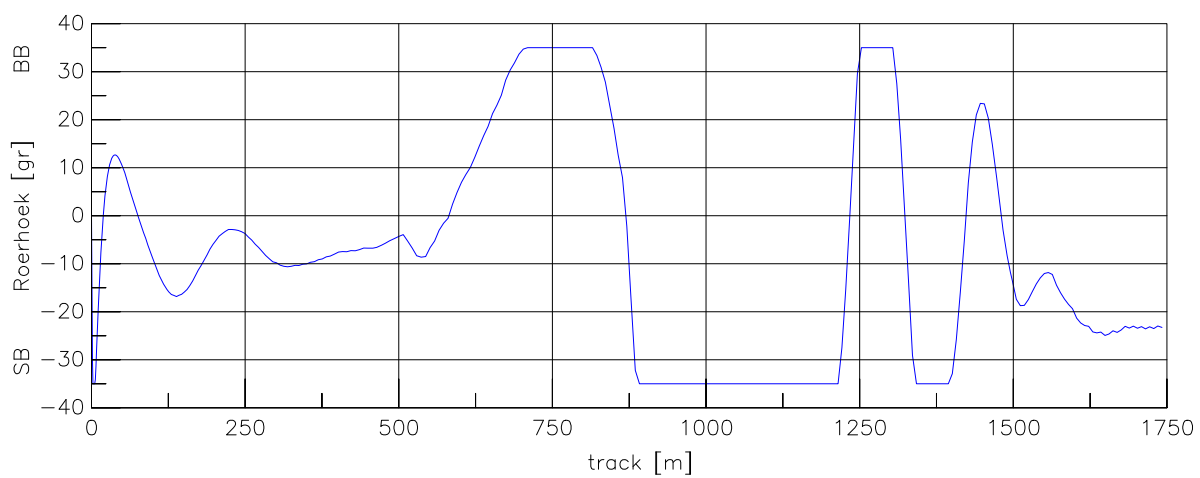
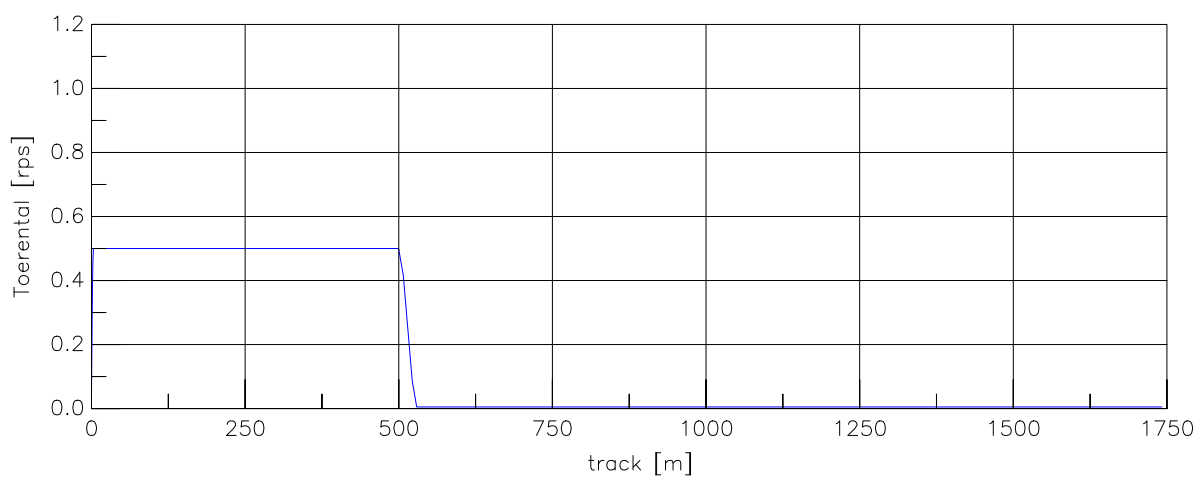
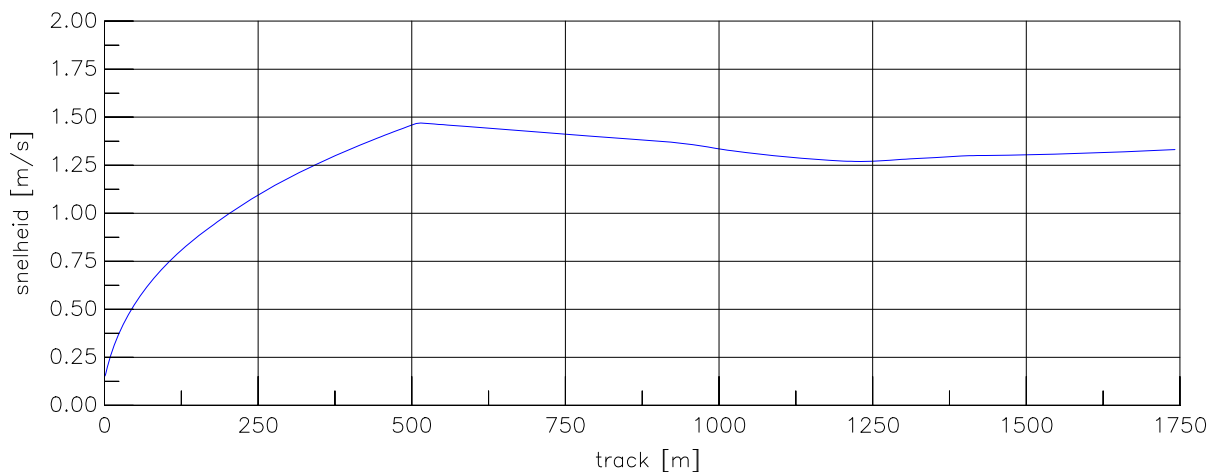


Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen.24-2 Fig.24-2a



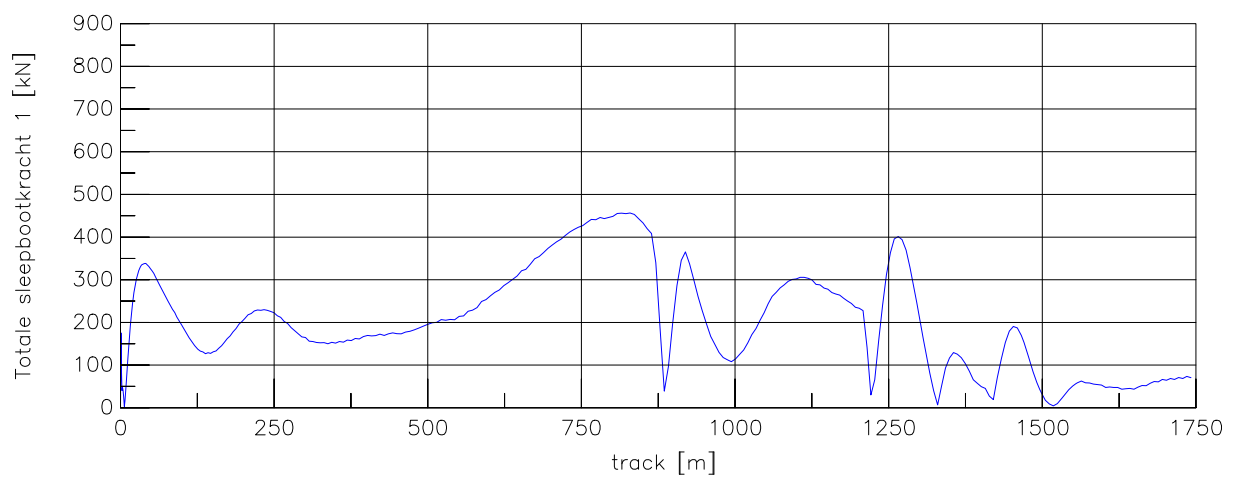
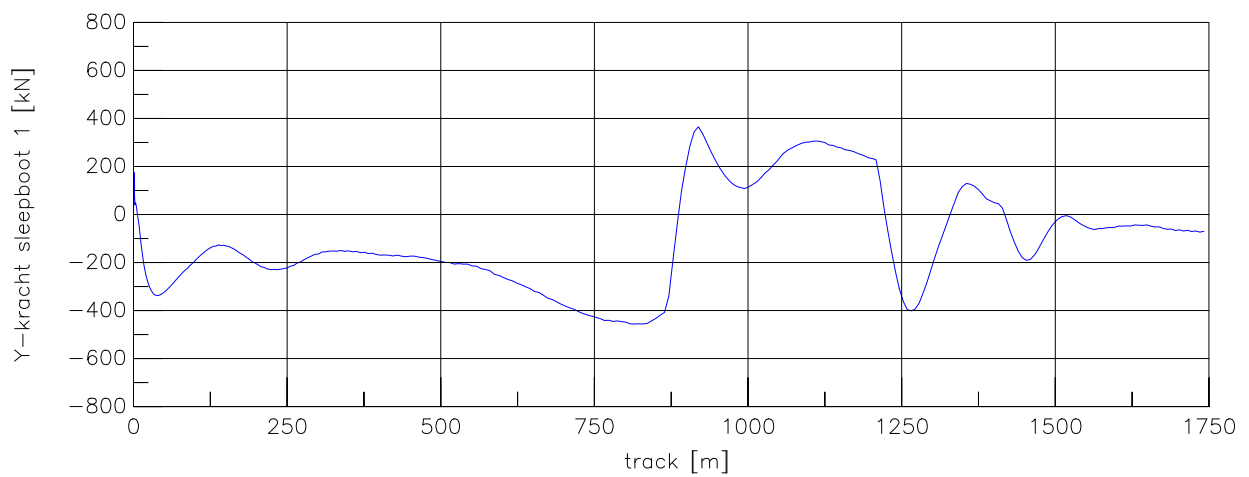
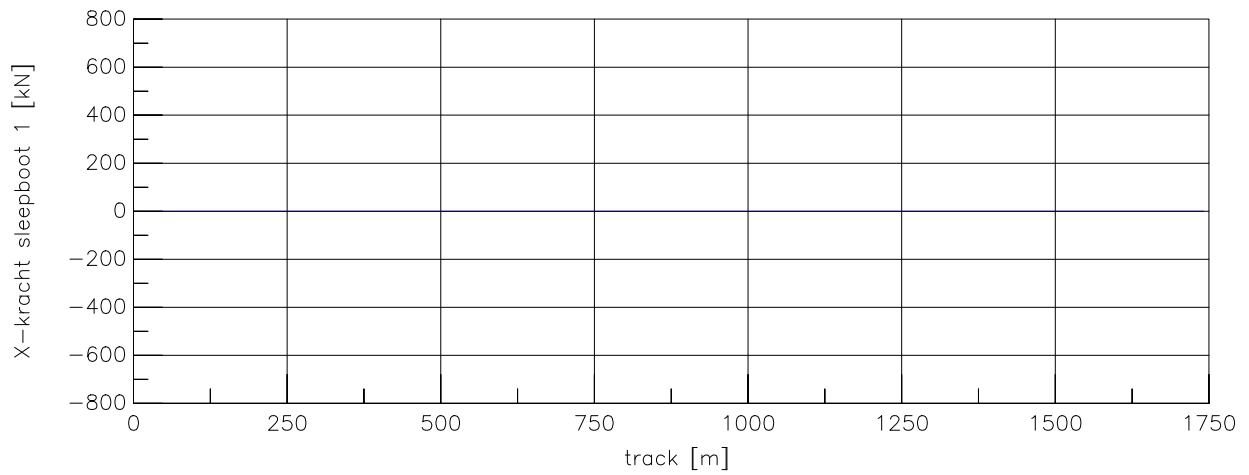
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 24-2

Fig. 24-2c



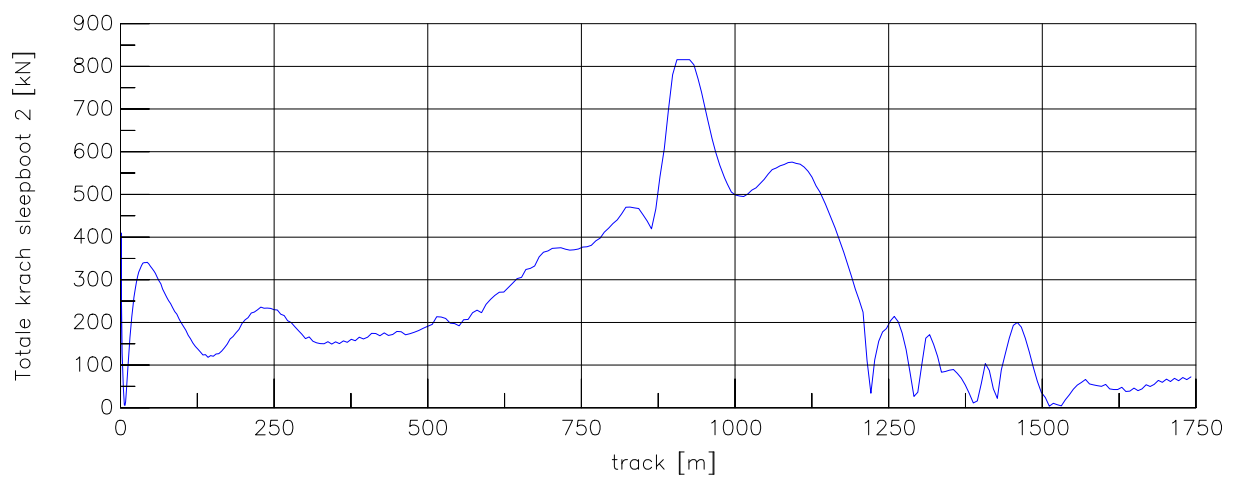
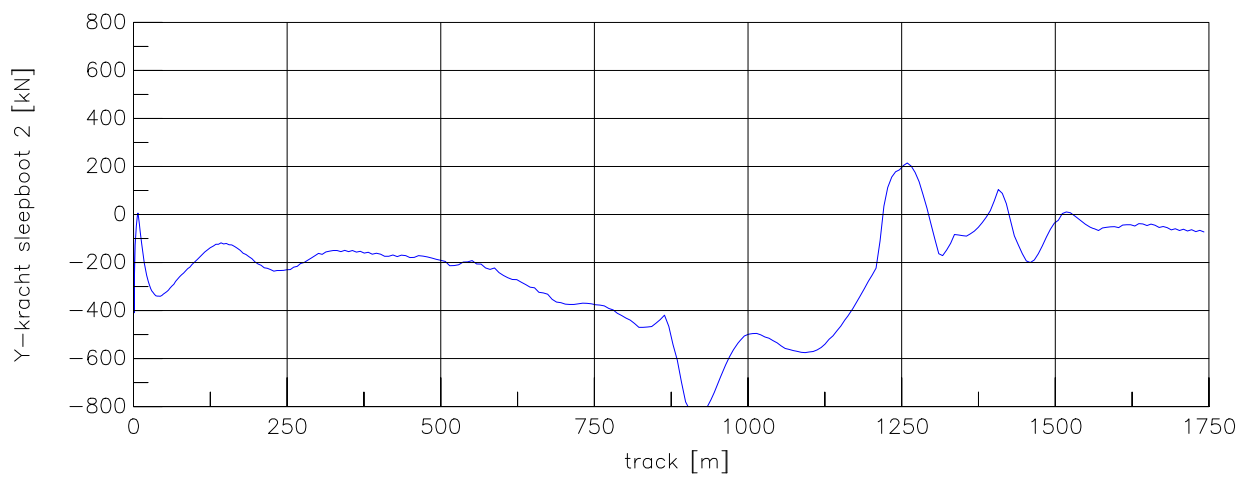
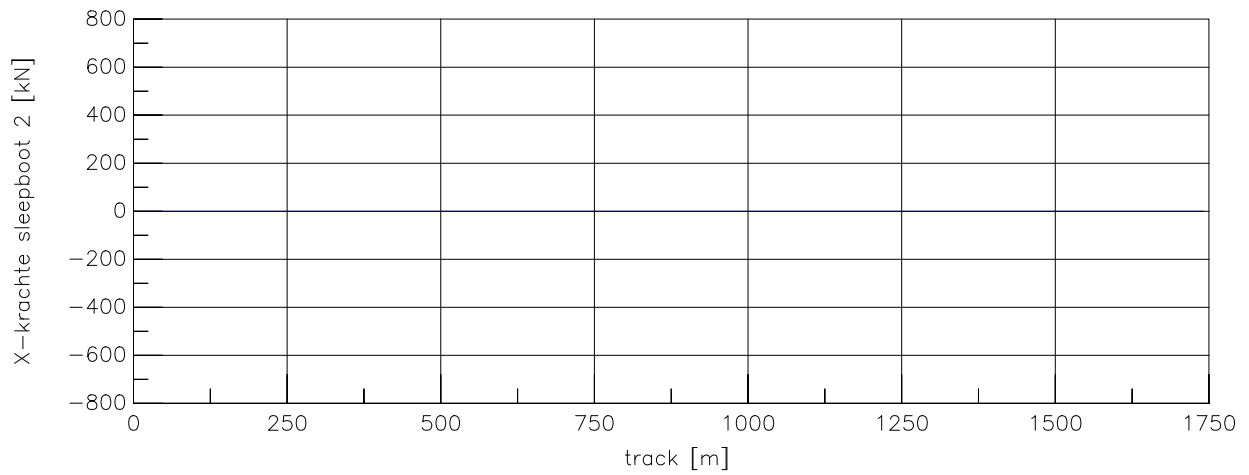
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 24-2

Fig. 24-2d



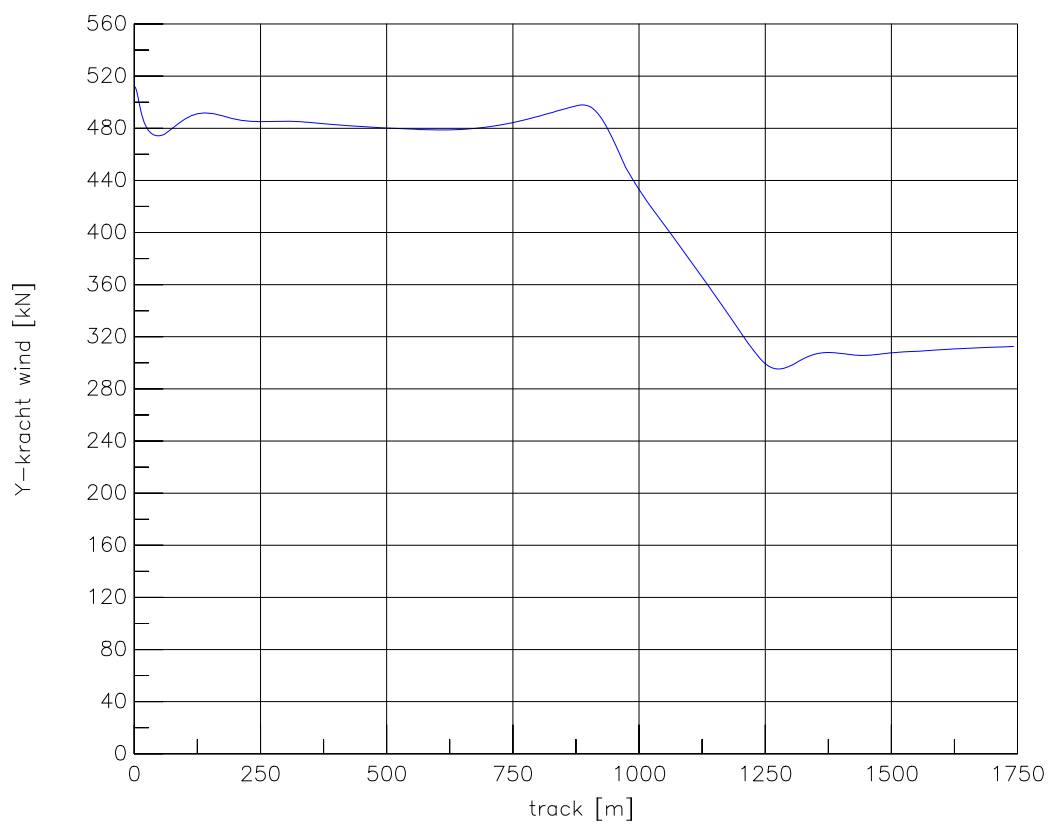
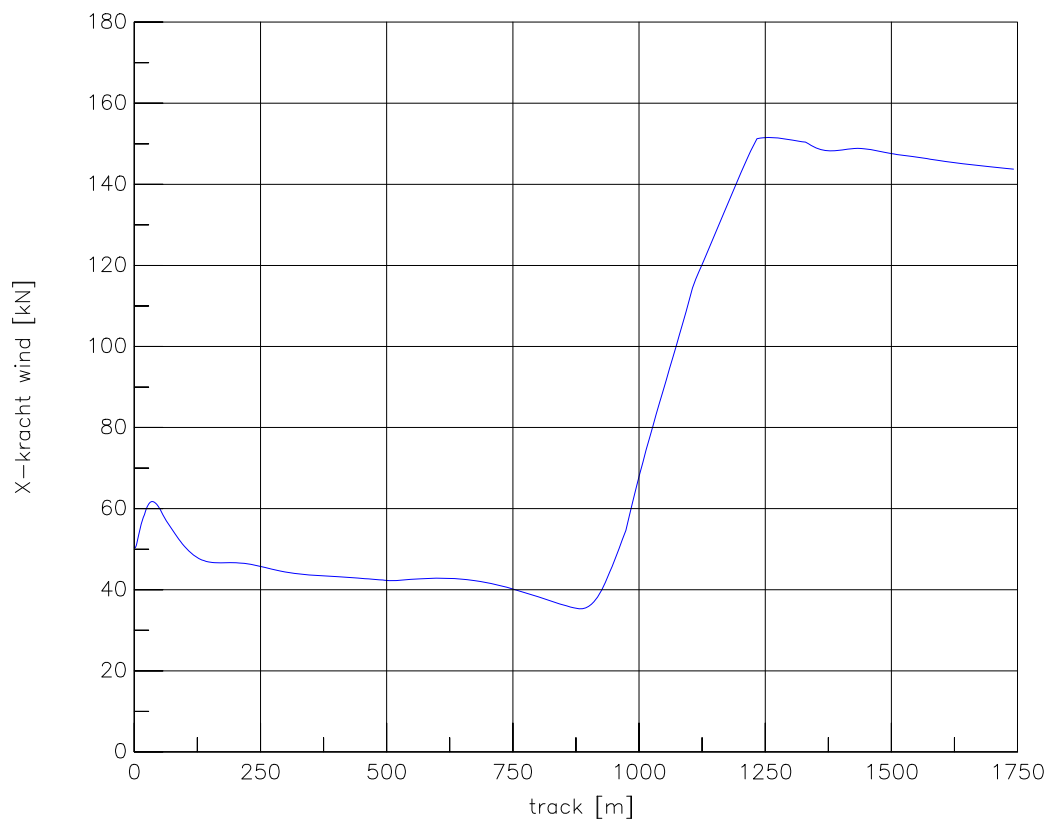
Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 24-2

Fig. 24-2e



Averijhaven  
 Gelichterde bulkcarrier 340 m  
 Wind NW, spuidebiet 500 m3, NAP-1,7

24804

MARIN's Nautical Centre MSCN

Scen. 24-2

Fig. 24-2f



DHV B.V.

**BIJLAGE 2      Eindrapportage studie passerende vaart (troskrachten)**

A wide-angle photograph of a turbulent ocean with white-capped waves under a bright sky, serving as a background for the title section.

## Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

### EFFECT VAN PASSERENDE SCHEPEN VOOR DE AVERIJHAVEN

Eindrapport

Rapport nr. : 24804-3-MSCN-rev. 2  
Datum : 11 juli 2011

Paraaf Management

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "A. J. J. J. J. J.", written over a faint circular stamp.

## **EFFECT VAN PASSERENDE SCHEPEN VOOR DE AVERIJHAVEN**

### **Eindrapport**

Opdrachtgever: DHV  
Postbus 1132  
3800 BC Amersfoort

<b>Revisienr.</b>	<b>Status</b>	<b>Datum</b>	<b>Auteur</b>	<b>Voor gezien</b>
0	1e Concept	1 april 2011	F.S.H. Verkerk	J.L. Cozijn
1	2e Concept	6 april 2011	F.S.H. Verkerk	
2	Eindversie	11 juli 2011	F.S.H. Verkerk	

<b>INHOUD</b>		Pag.
1	INLEIDING.....	3
2	DOELSTELLING .....	4
3	OPZET VAN DE BEREKENINGEN .....	5
4	UITGEVOERDE BEREKENINGEN EN ANALYSE.....	9
	4.1 Overzicht van de invoerparameters.....	9
	4.2 Uitgevoerde TERMSIN simulaties en beoordeling .....	13
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....	20
	REFERENTIES .....	21
BIJLAGE A	DELPASS beschrijving .....	22
BIJLAGE B	TERMSIM beschrijving .....	23

## 1 INLEIDING

DHV voert een ontwerpstudie uit voor de lay-out en inrichting van de Averijhaven te IJmuiden. Het gebied waar deze haven moet komen is nu nog een slibdepot. De haven gaat gebruikt worden voor het lichten van bulkcarriers en als "refugee port" voor schepen die op de Noordzee in de problemen zijn gekomen en een noodafmeerplaats zoeken. Eén van de aspecten waar aandacht aan besteed moet worden is nautiek. MARIN voert, in opdracht van DHV, de nautische studie uit.

De nautische studie bestaat uit de volgende deelprojecten:

- Effect van passerende schepen op het afgemeerde schip;
- Interacties met de overige vaart, waarbij gekeken wordt naar hinder (stremming) en naar risico's (aanvaarrisico);
- Het beoordelen van het in- en uitvaren van de Averijhaven met grote bulkcarriers uitgevoerd door middel van fast-time en real-time simulaties;
- Het bepalen van de downtime van het afgemeerde schip en het varende schip (aankomen);

In dit rapport worden de resultaten van de studie naar het effect van passerende schepen op het afgemeerde schip gepresenteerd.

Op dit moment worden bulkcarriers gelichter als ze afgemeerd liggen op palen vlak bij de geplande Averijhaven. Deze plaats heeft als nadeel dat de afgemeerde schepen dicht tegen de vaarweg aanliggen. De passerende vaart moet de snelheid beperken om te voorkomen dat de afmeertrossen breken. Daarnaast beperken de afgemeerde schepen de manoeuvreerruimte voor de passerende vaart doordat er voldoende afstand tot de afgemeerde schepen moet worden gehouden.

Een van de doelstellingen van de Averijhaven is om de hinder als gevolg van de afgemeerde schepen te beperken. Echter, de Averijhaven wordt een relatief kleine insteekhaven waardoor de waterbeweging ten gevolge van passerende schepen aanzienlijk kan zijn. Om deze reden zijn de effecten van passerende scheepvaart op de afgemeerde schepen nader onderzocht.

Voor dit onderzoek zijn berekeningen uitgevoerd naar de response van het afgemeerde schip. Deze berekeningen zijn uitgevoerd in twee stappen:

1. De berekening van de krachten op het schip tengevolge van een passerend schip met het DELPASS model (zie voor een beschrijving van het model Appendix A);
2. De berekening van de response van het afgemeerde schip met het TERMSIM model (beschreven in Appendix B).

Resultaat van de berekeningen worden gegeven in de vorm van de krachten in de afmeertrossen en in de fenders en in de vorm van de bewegingen van het schip. De resultaten zijn getoetst tegen criteria voor tros- en fender krachten en voor bewegingen.

De studie wordt in de volgende hoofdstukken gerapporteerd:

- Doelstelling;
- Opzet van de berekeningen;
- Uitgevoerde TERMSIM simulaties en beoordeling;
- Conclusies en aanbevelingen.

## 2 DOELSTELLING

De doelstelling van het onderzoek is om de effecten van passerende schepen te bepalen op de afmeerkrachten en bewegingen van het afgemeerde schip in mogelijke varianten van de toekomstige Averijhaven. Deze afmeerkrachten en bewegingen moeten getoetst worden tegen voor het ontwerp reële criteria.

### 3 OPZET VAN DE BEREKENINGEN

De response van het afgemeerde schip is berekend in twee stappen:

1. De berekening van de krachten op het schip tengevolge van een ander passerend schip;
2. De berekening van de response van het afgemeerde schip met de voorgestelde afmeerconfiguratie.

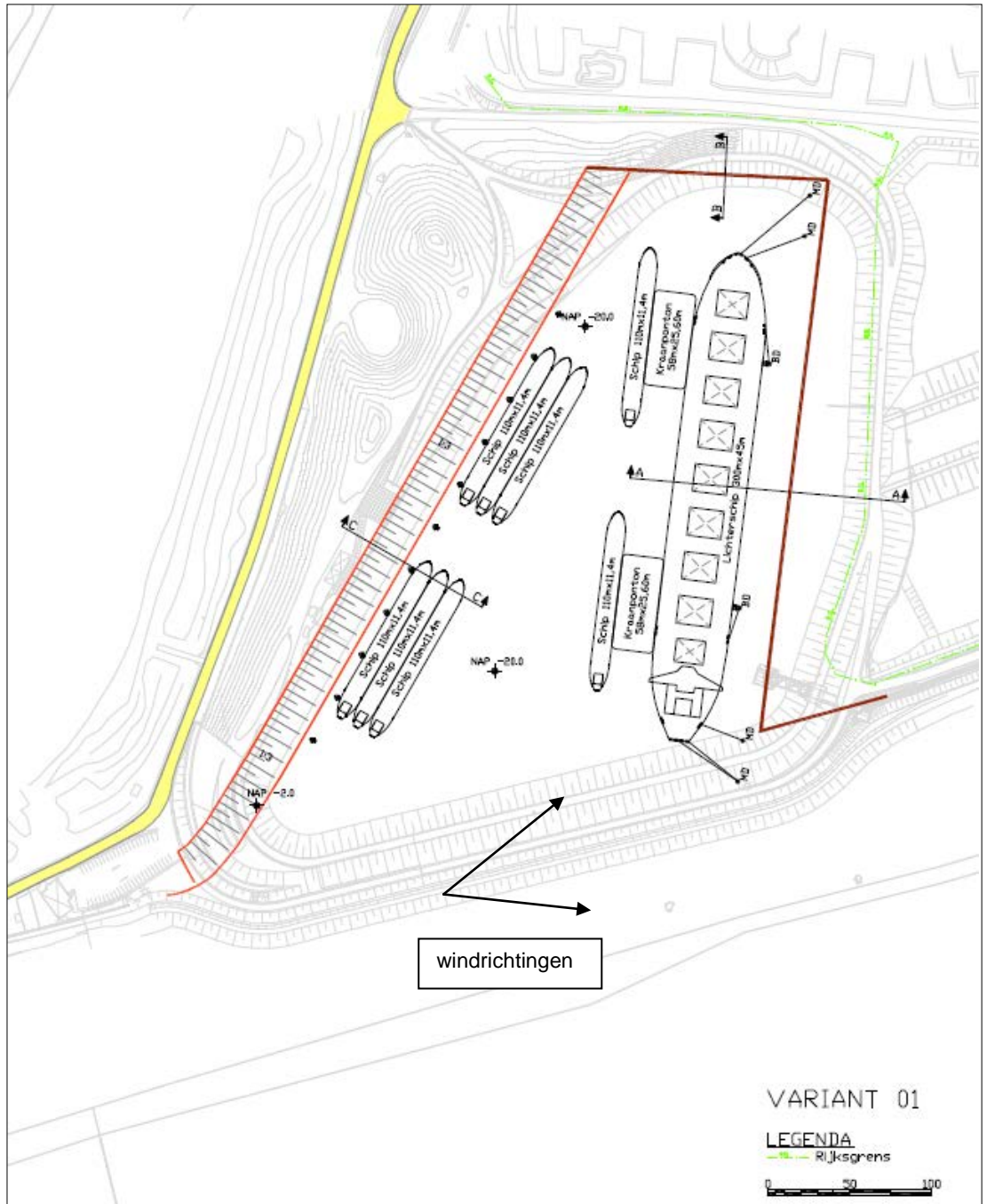
*De berekening van de krachten op het schip tengevolge van een passerend schip*

Deze berekeningen zijn uitgevoerd door Prof. Pinkster met het DELPASS model. Een beschrijving van het model is bijgevoegd in Appendix A. Vergelijkbare studies die met dit model zijn uitgevoerd worden beschreven in [1-3].

Deze berekeningen zijn uitgevoerd met twee passerende schepen: met een groot containerschip (397 x 56,4 x 13,75 m) en met een maximale bulkcarrier (340 x 60 x 17,8 m) zoals die in de toekomst in IJmuiden (Amsterdam) verwacht wordt. Beide schepen passeren met twee verschillende snelheden.

Bij de modellering is de geometrie van de vaarweg en van de twee onderzochte varianten (01T en 02b) van de insteekhaven overgenomen uit de, door de klant toegeleverde ACAD file Varianten Lichten(V3\_2).dwg. De figuren 3-1 en 3-2 geven de twee onderzochte varianten.

In totaal zijn er zes berekeningen uitgevoerd om de krachten op de gemeerde schepen in de twee varianten te bepalen.



Figuur 3-1 Variant 01T met geteste windrichtingen (zie ook paragraaf 4.1)





**Figuur 3-2 Variant 02b met geteste windrichtingen (zie ook paragraaf 4.1)**

#### *Berekening van de response van het afgemeerde schip*

Voor deze berekeningen is gebruik gemaakt van het TERMSIM model. In TERMSIM wordt het afgemeerde schip (geladen bulkcarrier, 300 x 45 x 17,8 m) gemodelleerd met de te onderzoeken afmeerconfiguratie, te weten de plaats van bolders, de trossen en de fenders. Daarnaast zijn de karakteristieken van de trossen en de fenders ingevoerd. Vervolgens is in het tijddomein de response van het afgemeerde schip berekend als gevolg van de passeerkrachten zoals die met DELPASS zijn berekend. Naast het effect van de passerende schepen zijn ook de effecten van wind meegenomen in de berekeningen. Resultaat van de berekeningen worden gegeven in de vorm van de krachten in de afmeertrossen en in de fenders en in de vorm van de bewegingen van

het schip. De resultaten zijn getoetst tegen criteria voor tros- en fenderkrachten en voor bewegingen.

In totaal zijn 18 berekeningen uitgevoerd. De volgende variaties zijn meegenomen:

- twee passerende schepen en twee snelheden;
- twee varianten van de insteekhaven;
- drie variaties van de omgevingscondities: geen wind, dwarswind en wind schuin van achteren.

De variatie van de omgevingscondities is uitgevoerd om de maximale condities te bepalen waaronder het schip veilig kan blijven liggen.

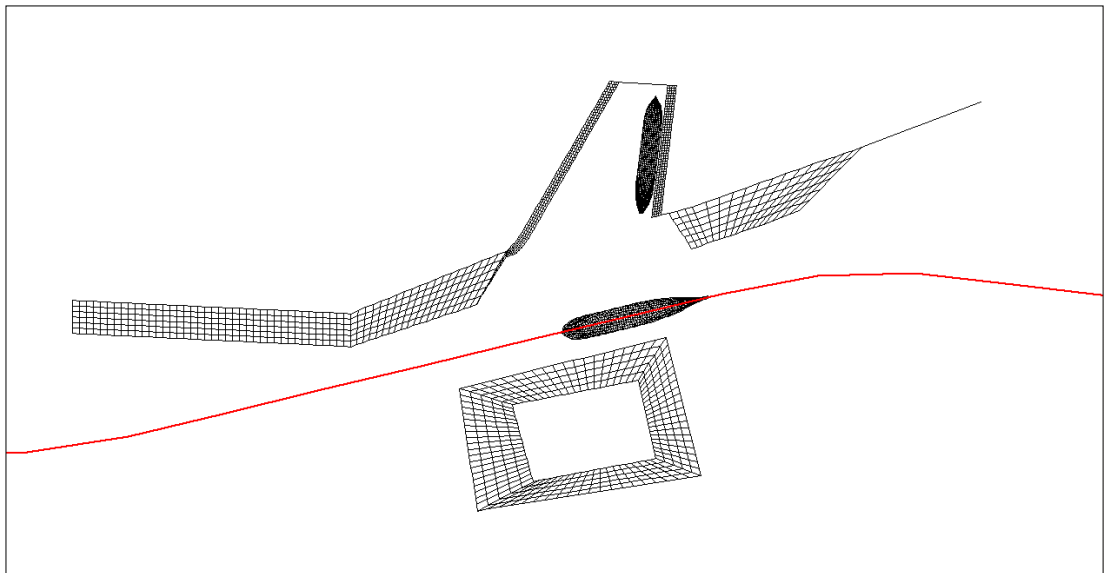
## 4 UITGEVOERDE BEREKENINGEN EN ANALYSE

### 4.1 Overzicht van de invoerparameters

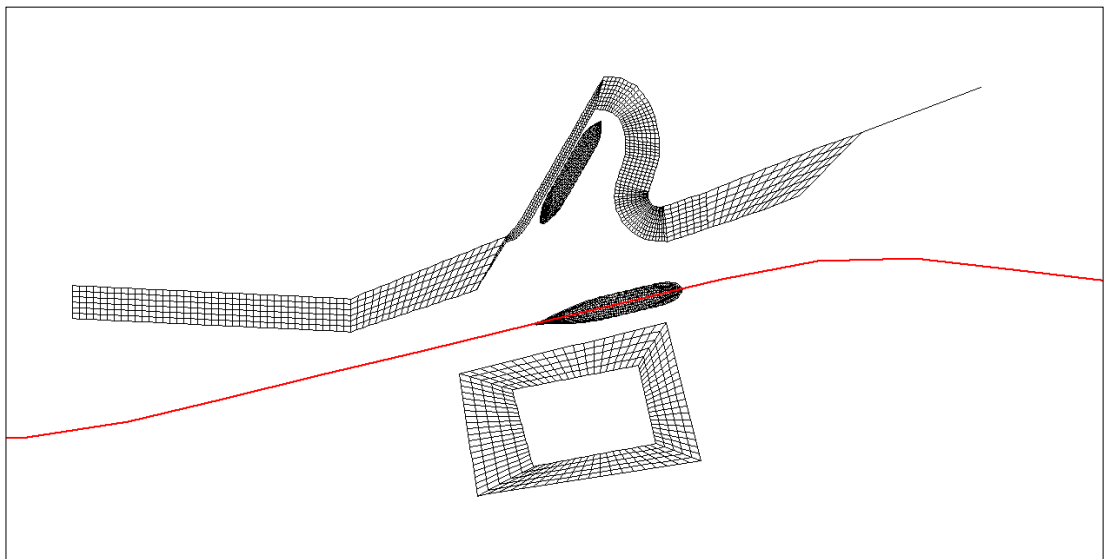
#### *Omgeving en baan van de passerende schepen*

Voor de berekeningen met DELPASS is de omgeving van de varende schepen en het gemeerde schip geschematiseerd voor de varianten 01T en 02b. De Figuren 4-1 en 4-2 geven de gemodelleerde panelenbeleggingen voor de twee varianten. Deze schematisatie is overgenomen uit de door de klant toegeleverde ACAD file Varianten Lichtenen(V3\_2).dwg. De waterdiepte voor de berekeningen was NAP-20 m.

De baan van de passerende schepen volgt, langs de Averijhaven, de 77° lichtenlijn. Voor deze baan is gekozen omdat hiermee de resultaten goed vergelijkbaar blijven met de resultaten van het door SVASEK uitgevoerde onderzoek 'Scheepspassage en troskrachten Lichterlocatie IJmuiden, Eind Rapport, juni 2005 ([4]), waar de baan ook op de 77° lichtenlijn ligt.



**Figuur 4-1** Panelenbelegging variant 01T met passerend schip



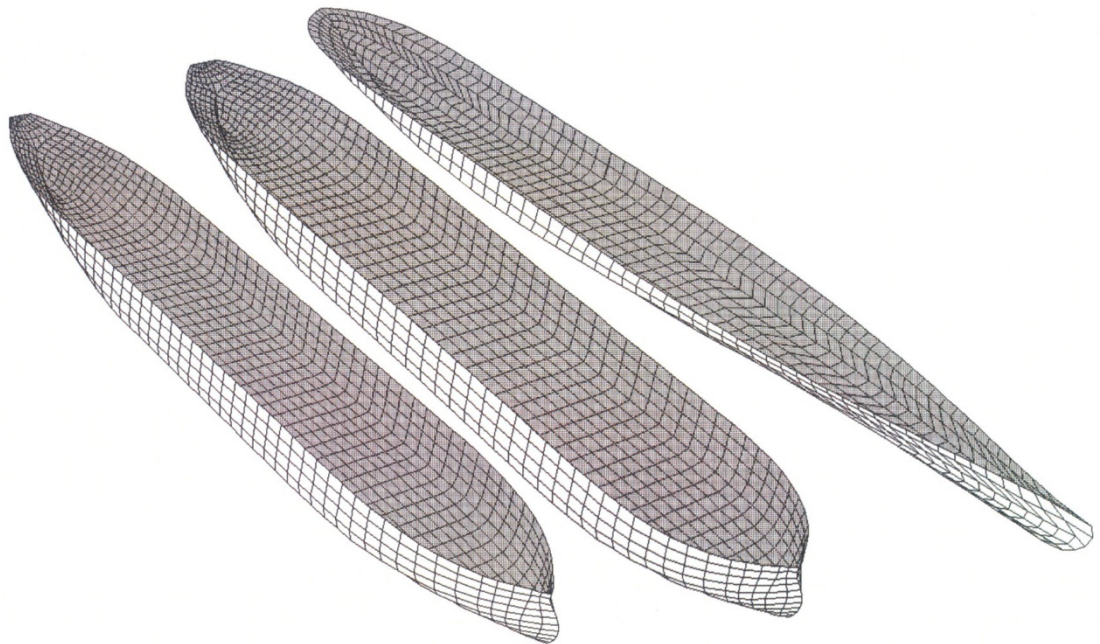
**Figuur 4-2** Panelenbelegging variant 02b met passerend schip

*Scheepsgegevens, vaarrichting en passeersnelheden*

Voor de DELPASS berekeningen zijn de volgende scheepsgegevens gebruikt. Figuur 4-3 toont de panelenbelegging van de drie schepen.

**Tabel 4-1 Gegevens van de gebruikte schepen**

Gegevens	Eenheid	Gemeerd	Passerend	Passerend
Type		Bulkcarrier	Bulkcarrier	Containerschip
Lengte over alles	[m]	300.0	340.0	397.0
Lengte loodlijnen	[m]	300.0	327.5	376.0
Breedte	[m]	45,0	60,0	56,4
Diepgang	[m]	17,8	17,8	13,75
Massa	[ton]	200300	294100	187000
Deadweight	[DWT]	170.880	341.550	156.907
Frontaal windoppervlak	[m <sup>2</sup> ]	953	n.v.t.	n.v.t.
Dwars windoppervlak	[m <sup>2</sup> ]	3250	n.v.t.	n.v.t.
Traagheidsstraal $k_{xx}$	[m]	14,8	n.v.t.	n.v.t.
Traagheidsstraal $k_{yy}$	[m]	77,7	n.v.t.	n.v.t.
Traagheidsstraal $k_{zz}$	[m]	79,5	n.v.t.	n.v.t.



**Figuur 4-3 Panelenbelegging van de drie schepen (Bulkcarrier 300 m, 340 m en containerschip 397 m)**

De vaarrichtingen zijn zo gekozen dat de combinatie van variant en vaarrichting naar verwachting de grootste afmeerkrachten zou opleveren.

Om een zo groot mogelijk bereik van de uitgevoerde DELPASS berekeningen te krijgen is een combinatie van scenario's gekozen zoals gegeven in Tabel 4-2. De passeersnelheden van de schepen zijn gebaseerd op AIS gegevens van deze typen schepen. Omdat containerschepen, die uit de sluis komen en in westelijke richting de Averijhaven passeren vaak geen sleepboothulp meer gebruiken en al flink snelheid maken, is Run 2 (9 kn) uitgevoerd. Bulkcarriers die onder zware westelijke (ZW tot NW)

wind- en golfcondities binnenkomen zullen de snelheid vaak moeilijk op een veilige snelheid van 4 kn kunnen houden. Daarom is Run 6 uitgevoerd met een passeersnelheid van 6 kn.

Met deze keuze van scenario's en vaarsnelheden is het ook mogelijk om een schatting te maken van de effecten van andere, niet geteste vaarsnelheden voor een passerende Bulkcarrier of Containerschip en voor de andere variant. Run 2 wordt als maatgevend beschouwd voor variant 02b. Samen met Run 1 en Run 4 kan een schatting gemaakt worden van de effecten van een hoge passeersnelheid van het, in oostelijke richting varende containerschip bij Variant 01T. Omgekeerd kan het effect van een sneller varende Bulkcarrier in westelijke richting bepaald worden uit Run 3, 5 en 6. Deze situatie zal echter niet vaak voorkomen omdat geladen Bulkcarriers in principe niet de haven uitvaren. In [4] zijn schattingen gegeven van o.a. het verloop van de tros- en fenderkrachten als functie van de passeersnelheid. Deze schattingen zullen bij de beoordeling van de huidige resultaten worden gebruikt (Zie paragraaf 4.2). Omdat er in [4] gerekend is voor snelheden van 5, 8 en 10 kn, is het verloop van de tros- en fenderkrachten over een groter snelheidsgebied vastgelegd, waarmee de schattingen van het verloop betrouwbaarder worden.

De resultaten van de DELPASS berekeningen zijn opgeleverd in de vorm van zes data files met de passeerkrachten en –momenten (Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch en Yaw), welke als invoer dienen voor de TERMSIM simulaties.

**Tabel 4-2 Scenario's voor DELPASS berekeningen**

Run	Passerend schip	Vaarrichting	Vaarsnelheid
1	397 m Containerschip	west	7 kn
2	397 m Containerschip	west	9 kn
3	340 m Bulkcarrier	west	4 kn
4	397 m Containerschip	oost	7 kn
5	340 m Bulkcarrier	oost	6 kn
6	340 m Bulkcarrier	oost	4 kn

#### *Afmeerconfiguratie*

De afmeerconfiguratie (zie Figuren 3-1 en 3-2) is overgenomen van de door de klant toegeleverde ACAD file Varianten Lichten(V3\_2).dwg. Het schip ligt met 6 dubbele trossen gemeerd. Voor het afmeren zijn dezelfde trossen gebruikt als in [4]. Bij dit vorige onderzoek zijn 8 dubbele trossen gebruikt i.p.v. 6 dubbele trossen in de nu geteste afmeerconfiguratie. Ook zijn er nu geen rekkers toegepast terwijl dat wel in bepaalde gevallen in het vervolgonderzoek ('Scheepspassage en troskrachten, deel II' [5]) is getest. De nu geteste afmeerconfiguratie is de meest eenvoudige configuratie en kan, indien noodzakelijk, nog worden geoptimaliseerd.

De gegevens van de gebruikte trossen zijn:

- Type: Polypropylene 3-strand
- Diameter: 8.09 [cm]
- Breeksterkte: 706.32 [kN]

De locaties van de fairleads op het schip zijn gegeven in de volgende tabel.

**Tabel 4-3 Locaties van de fairleads op het schip**

fairlead	X pos [m] t.o.v. Lpp/2	Y pos [m] t.o.v. CL	Z pos [m] t.o.v. WL
1	147.2	1.1	7.5
2	145.0	4.7	7.5
3	103.0	21.0	6.5
4	-95.0	22.0	6.5
5	-140.0	12.0	6.5
6	-152.6	0.0	6.5

De bollards zijn geplaatst zoals aangegeven in de Figuren 3-1 en 3-2. De hoogte van de bollards is NAP + 5,2 m. De trossen hebben een voorspanning van 39 kN (4 ton). Deze voorspanning is gebaseerd op ervaring uit eerdere projecten, waarbij ook naar de praktijk is gekeken. Met een doorsnee winch aan boord van deze maat en dit type schepen wordt door de bemanning ongeveer 4 ton voorspanning op de trossen gezet.

De fenders zijn geplaatst aan de twee afmeerpalen op 75 m voor en achter het midden van het schip op een hoogte van NAP + 2 m en hebben de karakteristieken, zoals gegeven door de klant:

- Supercone SCN1800 E2.0;
- $E_d = 2775 \text{ kNm}$ ;
- $R_d = 3000 \text{ kN}$ .

#### *Omgevingscondities*

De TERMSIN simulaties zijn uitgevoerd met drie windcondities; te weten zonder wind (basissituatie), met dwarswind ( $90^\circ$ ) en met wind schuin achterin komend ( $135^\circ$ ). De situaties zonder wind zijn doorgerekend om het effect van alleen de passerende schepen te kunnen beoordelen. De dwarswind situaties is doorgerekend omdat bij dwarswind wordt op de westelijke ligplaats het schip juist van de fenders af gedrukt en ondervindt dan de minste demping door de wrijving met fenders. Bij de oostelijke ligplaats zorgt de dwarswind er juist voor dat het effect van de extra wrijving tegen de fenders beoordeeld kan worden. De windrichting schuin van achteren is gekozen omdat er dan ook een langskracht ontstaat, die opgevangen moet worden door de achterspring. Bovendien is de windkracht op de opbouw van het geladen schip bij schuin achterin komende wind groter dan de kracht op de boeg bij schuin voorin komende wind.

De windsnelheid was 19 m/s (1 uurs-gemiddelde van Beaufort 8) en gelijk aan de windsnelheid, zoals getest in [4]. Er is echter geen windspectrum toegepast omdat het dynamische gedrag door het windspectrum, zou kunnen interfereren met de dynamische krachten t.g.v. de passerende schepen. Hierdoor zou een onderschatting van de tros- en fenderkrachten kunnen ontstaan als een momentaan lage windsnelheid optreedt op het moment dat de passeerkrachten juist het hoogste zijn. Ook zou een overschatting van de tros- en fenderkrachten kunnen voorkomen door interferentie van beide invloeden. Om een statistisch verantwoorde beoordeling van de dynamische effecten te kunnen geven zouden er zeer lang moeten worden gesimuleerd. Deze uitgebreide analyse is voor dit onderzoek niet toegepast.

Om een indicatie te krijgen van het effect van een periode met een hogere windsnelheid, is een aantal windspectra (SPM84, Wieringen&Rijkoort, DNV 2000, API 1993 en API 2000) een gemiddelde factor bepaald voor het 60 sec gemiddelde. Deze factor is 1,19 x de gemiddelde snelheid, gemeten over een uur. Bij de beoordeling van

de resultaten (paragraaf 4.2) wordt de gevoeligheid voor een hogere windsnelheid besproken. Het 1 minuut gemiddelde is genomen omdat de zware bulkcarriers een lage bewegingsfrequentie hebben en vrijwel niet reageren op een vlag van b.v. 15 sec.

Er zijn geen golven meegenomen in de simulaties omdat de scheepsbewegingen verwaarloosbaar klein zijn vanwege de korte golfperiodes van de lokaal opgewekte wind golven (piekperiode ongeveer 2,2 sec). Grote scheepsbewegingen en de daarbij optredende golfkrachten traden op bij veel grotere golfperiodes. Een schip rolt vooral rond zijn eigenperiode, die in dit schip in de buurt van de 20 seconden zal liggen. De dompbeweging is zwaarder gedempt, hetgeen een wat breder response gebied geeft, maar een schip van dergelijke afmetingen beweegt ook niet bij periodes ver van de eigenperiode (in dit geval waarschijnlijk langer dan 25 seconden). De maximale stampbewegingen treden op bij golf lengtes rond de scheepslengte. Dit soort golf lengten is hier niet aan de orde.

#### **4.2 Uitgevoerde TERMSIN simulaties en beoordeling**

Door de resultaten van de zes passeerscenario's, die met DELPASS zijn doorgerekend, te combineren met de drie windcondities (geen wind, dwarswind en wind schuin van achteren) ontstaan voor de twee varianten in totaal 18 situaties. Deze 18 situaties geven een goede variatie in de twee typen passerende schepen, de diverse passeersnelheden, de oriëntatie van het gemeerde schip t.o.v. de as van de geul en de effecten van de wind, welke het gemeerde schip van de fenders af duwt of juist tegen de fenders drukt, waardoor er extra demping optreedt. De oriëntatie van het gemeerde schip t.o.v. de as van de geul (Variant 01T: ongeveer haaks op de geul; Variant 02b: veel meer evenwijdig aan de geul) bepaald hoeveel effect de spiegeldalingskuil van het passerende schip heeft op de bewegingen van het gemeerde schip. Bij Variant 01T worden kleinere excitatiekrachten verwacht dan in Variant 02b, omdat in Variant 01T de drukverschillen, geïnduceerd door het passerende schip, grotendeels op het dwars oppervlak (grootspant) van het gemeerde schip werken, terwijl in Variant 02b deze drukverschillen veel meer op het langsoppervlak werken. De 18 maatgevende situaties zijn gesimuleerd met TERMSIM.

De resultaten van deze simulaties zijn samengevat in Tabel 4-4 en Tabel 4-5.

Voor de beoordeling van de tros- en fenderkrachten en de optredende bewegingen zijn criteria opgesteld. De criteria voor trossen en fenders zijn bepaald aan de hand van eerder onderzoek naar de afmeerkrachten van een LNG carrier. Voor de trossen wordt in deze studie als criterium een maximale werkbelasting van 55% van de breeksterkte genomen. Voor de gebruikte trossen komt dit neer op een veilige werkbelasting van 388 kN per tros. De breeksterkte van een dubbele tros wordt geschat op 70% (zie [4]) van de theoretische dubbele waarde van de enkele tros. Voor de dubbele tros wordt daarom een veilige werkbelasting van 543 kN genomen. Gezien de uitrustingsstandaard van bulkcarriers en de het niveau van de bemanning is het aannemelijk dat in de praktijk de spanning op de twee aparte trossen van een dubbel genomen tros niet erg gelijk verdeeld is. Daarom is deze veiligheidsfactor van 70% voor een dubbele tros aannemelijk.

Voor de veilige werkbelasting van de fenders is, uit bovengenoemde LNG studie, een criterium van 20% vervorming genomen, wat voor de Supercone SCN1800 E2.0 volgens de informatie van de fabrikant neer komt op een veilige werkbelasting van 2294 kN per fender.

Bij de hierna volgende beoordeling moet men zich realiseren dat zowel de maximale troskrachten als de maximale fenderkrachten de gestelde criteria kunnen overschrijden. Voor de bedrijfsvoering van de terminal (om downtime te voorkomen) is het van belang dat er geen schade aan meerpalen of aan het schip ontstaat. Hieruit volgt dat het belangrijk is dat de fenders niet bezwijken. In geval van hoge belastingen door wind kan het aantal trossen eenvoudig worden vergroot, waardoor de veilige werkbelasting van de individuele trossen niet wordt overschreden.

Voor de bewegingen van de gemeerde bulkcarrier worden de volgende criteria gebruikt:

- Surge: 2 m
- Sway: 1 m
- Heave: 1 m
- Yaw: 2 °
- Pitch: 2 °
- Roll: 6 °

Deze criteria gelden voor een bulkcarrier, die met kranen op de wal wordt gelichter (zie 'Criteria for movements of moored ships in harbours - a practical guide' [6]). Omdat de criteria voor Heave, Yaw, Pitch en Roll voor beide varianten van de Averijhaven bij lange na niet werden overschreden in de TERMSIN simulaties, zijn deze bewegingen niet opgenomen in de Tabellen 4-4 en 4-5. Er zijn geen criteria bekend voor het lichten met drijvende kranen, maar omdat de kranen aan het schip zijn gemeerd bewegen ze mee. Hiermee zou het criterium voor de dwarsverplaatsing minder stringent behoeven te worden gehanteerd voor deze situatie. In dit rapport houden we, bij gebrek aan betere gegevens, de bovenstaande criteria aan. Bij overschrijding van het criterium voor de dwarsverplaatsing geven we aan dat voor drijvende kranen dit criterium minder stringent gehanteerd zou kunnen worden.



### Beoordeling tros- en fenderkrachten en bewegingen in Variant 01T

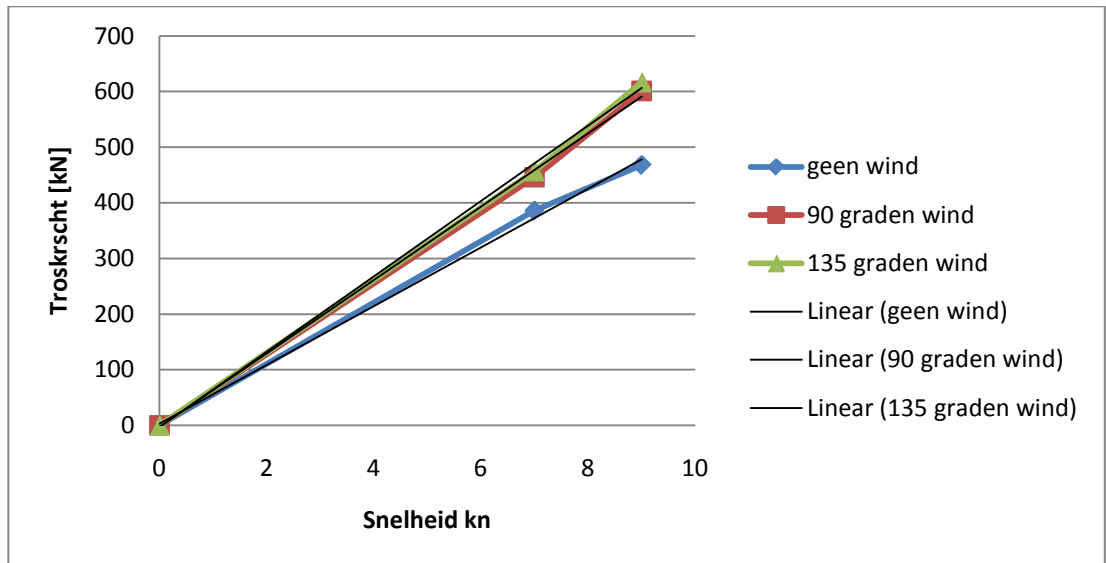
Voor de uitgevoerde TERMSIN simulaties voor Variant 01T (zie Tabel 4-4) geldt dat de situaties ruimschoots aan de criteria voor tros- en fenderkrachten voldoen. De maximale troskrachten zijn in de tabel ook gegeven als percentage van de veilige werkbelasting van de dubbele tros (543 kN). De maximale fenderkrachten zijn ook gegeven als percentage van de veilige werkbelasting van de fender (2294 kN). Deze goede resultaten worden deels veroorzaakt doordat de windkrachten het schip tegen de fenders drukken. De wrijving van de fenders zorgt ervoor dat het schip veel rustiger ligt. Het schip beweegt vrijwel alleen in de x-richting en tros- en fenderkrachten blijven vrij laag. De geteste windrichtingen, waarbij het gemeerde schip tegen de fenders wordt gedrukt, komen overigens veel voor, waardoor de reductie van bewegingen en troskrachten in de praktijk ook vrij vaak zal voorkomen.

**Tabel 4-4 Uitgevoerde TERMSIN simulaties en resultaten voor Variant 01T**

Run	Passerend schip	Passeersnelheid [kn]	Windrichting	Windsnelheid [m/s]	Maximale troskracht		Maximale fenderkracht		X-bew. [m]	Y-bew. [m]	Opmerking
					[kN]	%	[kN]	%			
run47	Container	7	-	0	195	36%	1148	50%	0.57	0.46	los van fender
run49	Max Bulk	6	-	0	167	31%	1125	49%	0.37	0.53	los van fender
run51	Max Bulk	4	-	0	68	13%	183	8%	0.13	-0.02	los van fender
run27	Container	7	90°	19.2	165	30%	686	30%	0.56	-0.07	
run29	Max Bulk	6	90°	19.2	162	30%	662	29%	0.55	-0.07	
run31	Max Bulk	4	90°	19.2	46	8%	497	22%	0.03	-0.05	
run28	Container	7	135°	19.2	224	41%	834	36%	0.82	-0.08	los van fender
run30	Max Bulk	6	135°	19.2	241	44%	800	35%	0.83	-0.08	los van fender
run32	Max Bulk	4	135°	19.2	134	25%	565	25%	0.42	-0.05	

De runs zonder wind (run 47, 49 en 51) geven een goed beeld van de situatie zonder extra demping door de fenders. De effecten van het containerschip, passerend met 7 kn en de bulkcarrier, passerend met 6 kn zijn vergelijkbaar. Dit is verklaarbaar uit het feit dat de bulkcarrier een aanzienlijk grotere diepgang heeft dan het containerschip. Hierdoor is de waterbeweging bij 6 kn al vergelijkbaar met die van het containerschip bij 7 kn.

Met een schatting van de troskrachten bij hogere passeersnelheden uit [4] zou volgen dat als het containerschip passeert met een snelheid van 9 kn de maximale troskrachten oplopen tot  $9/7 \times 195 = 251$  kN. De lineaire relatie tussen troskrachten en passeersnelheid, die in [4] genoemd wordt, volgt ook als gemiddelde uit de Run 41 en 43, 21 en 23 en 22 en 24 (zie figuur 4-4). Als een bulkcarrier passeert met een snelheid van 6 kn, blijven de troskrachten ook ruim binnen het gestelde criterium.



**Figuur 4-4 Lineaire relatie troskrachten als functie van passeersnelheid van containerschip**

Voor de maximale fenderkrachten kan, met de resultaten van de Runs 29 en 31 en de Runs 30 en 32, ook een, bij benadering, lineair verband met de snelheid worden gevonden. Hieruit valt op te maken dat als het containerschip met 9 kn zou passeren in een situatie zonder wind, de maximale fenderkrachten nog ruim onder het gestelde criterium blijft. Voor de situaties met wind ligt het gemeerde schip een stuk rustiger en zouden de maximale fenderkrachten zeer ruim aan het criterium voldoen als het containerschip met 9 kn zou passeren.

Als de windbelasting wordt aangepast voor een 1 minuut gemiddelde wind (factor 1,19 op windsnelheid) i.p.v. het nu gebruikte uurgemiddelde, zullen de tros- en fenderkrachten oplopen. Voor deze situatie zijn geen TERMSIM simulaties uitgevoerd maar door te kijken naar de nu geconstateerde troskrachten en fenderbelastingen kan wel een schatting gemaakt worden van deze effecten. Als het schip door een hogere windbelasting meer tegen de fenders wordt gedrukt zullen de bewegingen door de extra wrijving tegen de fenders, niet veel toenemen en zullen daardoor de bewegingen ook niet veel toenemen. Bij de Runs 27 t/m 32 is de voorspring steeds de zwaarst belaste dubbele tros. Bij de schuin achterin komende wind wordt deze tros ook zwaarder belast. De grootste toename van de troskracht bij een hogere windsnelheid, zal daarom ook verwacht worden in Run 30. Bij een 1 minuut gemiddelde windsnelheid neemt de kracht t.g.v. de wind met een factor  $1,19^2$  toe. Deze toename geldt voor het verschil met en zonder wind (Run 30 en Run 49) en is 74 kN. Bij correctie voor de hogere windsnelheid komt de geschatte maximale kracht in de voorspring op  $167 + 1,19^2 \times 74 = 272$  kN (50% van de veilige werkbelasting) en blijft daarmee ruim beneden het gestelde criterium.

Voor de fenderkrachten is geen goede vertaling te maken naar een hogere windsnelheid. De bewegingen van het gemeerde schip zorgen ervoor dat de fenderbelastingen zonder wind zelfs hoger zijn dan met wind. Uit een ruwe schatting van de toename van de windkrachten bij de hogere windsnelheid volgt dat de kracht per fender ongeveer 86 kN toeneemt. De maximale fenderkracht bij schuin achterin komende golven wordt daarmee 920 kN, wat 40% is van de veilige werkbelasting.

De bewegingen van het schip blijven in alle geteste situaties ruim binnen de gestelde criteria.

*Beoordeling tros- en fenderkrachten en bewegingen in Variant 02b*

Voor de uitgevoerde TERMSIN simulaties voor Variant 02b (zie Tabel 4-5) geldt dat troskrachten in de meeste situaties aan de criteria voldoen. Alleen bij Run 23 en Run 24 (containerschip passeert met 9 kn) wordt de veilige werkbelasting van de trossen (geldt weer voor dubbele tros) met 11% tot 14% overschreden. Als een geladen bulkcarrier met 6 kn zou passeren overschrijden de maximale troskrachten het gestelde criterium met orde 11% tot 26%. De kans dat deze situatie voorkomt is overigens zeer klein omdat de bulkcarriers in principe niet in geladen toestand de haven verlaten.

**Tabel 4-5 Uitgevoerde TERMSIN simulaties en resultaten voor Variant 02b**

Run	Passerend schip	Passeer-snelheid [kn]	Wind-richting	Wind-snelheid [m/s]	Maximale troskracht		Maximale fenderkracht		X-bew. [m]	Y-bew. [m]	Opmerking
					[kN]	%	[kN]	%			
run41	Container	7	-	0	386	71%	1005	44%	1.08	0.17	tros slack, los van fender
run43	Container	9	-	0	468	86%	2372	103%	-1.62	1.21	tros slack, los van fender
run45	Max Bulk	4	-	0	368	68%	579	25%	-1.09	0.35	tros slack, los van fender
run21	Container	7	90°	19.2	446	82%	1149	50%	0.84	1.44	los van fender
run23	Container	9	90°	19.2	601	111%	2501	109%	0.59	2.14	tros slack, los van fender
run25	Max Bulk	4	90°	19.2	456	84%	773	34%	1.00	1.65	tros slack, los van fender
run22	Container	7	135°	19.2	457	84%	1471	64%	-1.20	1.31	los van fender
run24	Container	9	135°	19.2	617	114%	2695	117%	-1.83	2.06	tros slack, los van fender
run26	Max Bulk	4	135°	19.2	401	74%	638	28%	-0.73	1.25	tros slack, los van fender

De veilige werkbelasting van de fenders wordt iets overschreden als het containerschip passeert met 9 kn (Run 43, 23 en 24). Bij een passerende bulkcarrier met een snelheid van 6 kn zullen de belastingen ruim onder het criterium blijven. Ook hier geldt dat deze situatie met een uitvarende geladen bulkcarrier eigenlijk niet voor zal komen.

De te hoge belastingen op de fenders zullen voor een grotere indrukking zorgen dan de nu gehanteerde 20%. Bij een belasting van 117% stijgt de indrukking naar 25% en heeft de fender 60% meer energie opgenomen. De berekende belasting lijdt dus niet tot het bezwijken van de fender.

De bewegingen van het gemeerde schip blijven in langsrichting binnen de gestelde criteria, maar in dwarsrichting beweegt het schip teveel (tot twee maal de toegestane beweging). Dit komt doordat de natte doorsnede van deze variant veel kleiner is dan van Variant 01T, waardoor de, door het passerende schip, geïnduceerde waterbeweging heftiger is. Daarnaast valt het gemeerde schip in dwarsrichting als het ware in de spiegeldalingskuil van het passerende schip. Het gemeerde schip wordt door de zuiging van het passerende schip van de fenders losgetrokken, ook in het geval dat er geen wind is. Omdat het schip echter wordt gelichter met drijvende kranen zou de dwarsverplaatsing van orde 2 m niet tot schade of stoppen van de operatie behoeven te leiden.

Als de windbelasting wordt aangepast voor een 1 minuut gemiddelde wind (factor 1,19 op windsnelheid) i.p.v. het nu gebruikte uurgemiddelde, zullen de maximale troskrachten oplopen. Voor de maximale fenderkrachten is ook een windafhankelijke trend te ontdekken in de resultaten in Tabel 4-5. Omdat het hier om een ruwe schatting gaat, is alleen naar Run 24 gekeken, waarbij de maximale belastingen optreden. Hierbij zouden de maximale troskrachten oplopen naar 152% van de veilige werkbelasting i.p.v. de nu berekende 114%. Voor de maximale fenderkrachten geldt een toename van 117% naar 137%. Ook hier geldt dat een reductie van de passeersnelheid van het containerschip de optredende krachten sterk kan reduceren, waardoor de criteria niet worden overschreden.

De hier gegeven schattingen moeten met een zekere voorzichtigheid worden beschouwd omdat het bewegingsgedrag van het schip in de betreffende afmeerconfiguratie kan veranderen bij een hogere windsnelheid. Hiermee veranderen ook de maximale tros- en fenderkrachten op een mogelijk andere manier dan volgens de hier boven beschreven schatting.

*Vergelijking met de bestaande ligplaats aan de IJ-palen*

De situatie in de toekomstige Averijhaven is vergeleken met de huidige situatie, waarbij de bulkcarrier langs de vaarweg aan de IJ-palen ligt gemeerd. Tabel 4-6 is overgenomen uit [4]. Hierbij zijn TERMSIM simulaties gebruikt waarbij een gemeerde bulkcarrier van 290 x 45 x 17,4 m wordt gepasseerd door een containerschip van 300 x 42 x 13,1 m, varende in de 77° lichtenlijn. Uit deze tabel blijkt dat zelfs bij de laagste passeersnelheid (5 kn) en zonder wind, dit kleinere containerschip al veel te grote tros- en fenderkrachten tot gevolg heeft.

**Tabel 4-6 Maximale tros- en fenderkrachten uit [4]**

	Passage snelheid (knopen)	5	8	10	5	8	10
Locatie	Wind (in Bf uit NW)	0	0	0	8	8	8
F-mleg 1	kN	246	452	538	481	486	656
F-mleg 2	kN	403	627	873	588	866	1068
F-mleg 3	kN	433	721	923	670	887	1227
F-mleg 4	kN	444	801	1095	739	970	1401
F-mleg 5	kN	712	1120	1341	847	1085	1326
F-mleg 6	kN	242	483	614	483	591	660
F-mleg 7	kN	905	1614	2025	1158	2174	2247
F-mleg 8	kN	299	478	586	385	669	726
F-fender 1	kN	2009	2605	3291	2396	3076	3907
F-fender 2	kN	2607	5402	6632	3750	4826	6660

Variant 01T is daarmee vergeleken een veel gunstiger oplossing. Alleen als het containerschip met 9 kn zou passeren in een situatie zonder wind, benaderen de maximale fenderkrachten de maximale werkbelasting van de fenders.

Variant 02b geeft een ongunstiger beeld dan Variant 01T omdat in de situatie waarbij het containerschip met 9 kn zou passeren de veilige werkbelasting van de trossen en de fenders wordt overschreden, maar deze variant is nog steeds veel beter dan de huidige ligplaats aan de IJ-palen. Wel zijn de dwarsverplaatsingen van het gemeerde schip groot bij de geteste situaties van Variant 02b.

Voor de ligplaats aan de IJ-palen zijn, in [5], oplossingen aangedragen om de tros- en fenderkrachten te verminderen. Deze komen erop neer dat het afmeersysteem veel slapper wordt gemaakt door rekkers toe te passen. Daarmee worden veel grotere bewegingen toegelaten die in het geheel niet voldoen aan de hiervoor gestelde criteria voor het lichten van bulkcarriers met kranen. De toegelaten bewegingen in [5] bedragen 8 tot 9 m in langsrichting en 6 tot 7 m in dwarsrichting.

De vergelijking van Variant 02b met de huidige situatie valt dus nog steeds zeer gunstig uit voor Variant 02b. Bij het beperken van de passeersnelheid tot 7 kn voor het maximale containerschip en tot 4 kn voor de geladen maximale bulkcarrier voldoet deze variant alleen niet geheel aan het criterium voor de dwarsverplaatsing. Omdat het schip echter wordt gelicht met drijvende kranen zou deze dwarsverplaatsing niet tot schade of stoppen van de operatie behoeven te leiden.

## 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het voorliggende onderzoek geeft een beoordeling van de mogelijk optredende tros- en fenderkrachten en horizontale bewegingen van een in de toekomstige Averijhaven afgemeerde bulkcarrier ten gevolge van passerende maximale containerschepen en bulkcarriers. Op grond van de resultaten van de uitgevoerde DELPASS berekeningen en TERMSIM simulaties worden de volgende conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan:

### **Conclusies**

- De beide oplossingen voor lichten in de toekomstige Averijhaven geven veel gunstiger resultaten op het gebied van tros- en fenderkrachten en horizontale bewegingen dan de huidige ligplaats aan de IJ-palen;
- In Variant 02b ligt het gemeerde schip meer parallel aan de vaargeul dan in Variant 01T, waarbij het gemeerde schip vrijwel haakt op de vaargeul ligt. Hierdoor ondervindt het gemeerde schip in Variant 02b een veel grotere invloed van de zuiging van de langsvarende schepen, wat naast grotere tros- en fenderkrachten vooral resulteert in een grote dwarsverplaatsing en daardoor loskomen van de fenders;
- Variant 01T voldoet op het gebied van maximaal optredende tros- en fenderkrachten en horizontale bewegingen aan de gestelde criteria voor de veilige werkbelastingen van trossen en fenders en voor de horizontale bewegingen voor de geteste situaties. Deze situaties omvatten windcondities tot 8 Bft en passeersnelheden tot 6 kn voor de maximale bulkcarrier en 7 kn voor het maximale containerschip;
- Uit schattingen door extrapolatie van de resultaten van de berekeningen blijkt dat Variant 01T ook nog voldoet aan de gestelde criteria als het maximale containerschip met 9 kn zou passeren;
- Variant 01T heeft het voordeel dat door de op deze locatie overheersende westelijke (ZW tot NW) wind het gemeerde schip tegen de fenders wordt gedrukt waardoor de bewegingen extra worden gedempt. Variant 02b heeft dit voordeel niet omdat bij de overheersende windrichtingen het gemeerde schip juist loskomt van de fenders en daardoor veel heftiger kan bewegen;
- Variant 02b voldoet op het gebied van maximaal optredende tros- en fenderkrachten in windcondities tot 8 Bft en passeersnelheden tot 4 kn voor de maximale bulkcarrier en tot 7 kn voor het maximale containerschip. De dwarsverplaatsingen van het gemeerde schip voldoen in die condities niet geheel aan het gestelde criterium. Omdat het schip echter wordt gelichter met drijvende kranen zou de grotere dwarsverplaatsing niet tot schade of stoppen van de operatie behoeven te leiden.

### **Aanbevelingen**

- Door limieten te stellen aan de passeersnelheden van de maximale schepen kunnen de maximaal optredende tros- en fenderkrachten en horizontale bewegingen onder de gestelde criteria worden gehouden;
- Door de afmeerconfiguratie aan te passen kunnen de resultaten voor Variant 02b verbeterd worden;
- Om de invloed van de beperkte natte doorsnede van het havenbekken bij Variant 02b te beoordelen, worden aanvullende berekeningen aanbevolen omdat de effecten van de onder water topografie meegenomen worden in de, met DELPASS berekende excitatiekrachten en daarna via TERMSIM simulaties tot gereduceerde belastingen en bewegingen kunnen leiden.

## REFERENTIES

- [1] PINKSTER, J.A., RUIJTER, M.N.: "The Influence of Passing Ships on Ships moored in Restricted Waters", Paper No. OTC 16719, Proceedings of the Offshore Technology Conference, Houston, 2004
- [2] WIJHE, H.J. VAN, and PINKSTER J.A.: "The Effects of Ships passing Moored Container Vessels in the Yangtzehaven, Port of Rotterdam" Proceedings SOCW 2008 Conference, Glasgow, 2008.
- [3] PINKSTER, J.A.: "Suction, Seiche and Wash Effects of Passing Ships in Ports". Proceedings of SNAME Annual meeting, Providence, Rhode Island, 2009.
- [4] SVASEK rapport 'Scheepspassage en troskrachten Lichterlocatie IJmuiden', Eind Rapport, juni 2005.
- [5] SVASEK rapport, 'Scheepspassage en troskrachten, deel II', Eind Rapport, mei 2007.
- [6] PIANC Technical Report, 'Criteria for movements of moored ships in harbours - a practical guide', PTC2 report of WG 24 - October 1995

## **BIJLAGE A DELPASS beschrijving**



## **BIJLAGE B TERMSIM beschrijving**

**BIJLAGE 3      Eindrapportage studie hinder overige vaart**



## Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

### INTERACTIES MET DE OVERIGE VAART VOOR DE AVERIJHAVEN

Eindrapport

Rapport nr. : 24804-2-MSCN-rev. 2

Datum : 12 juli 2011

Paraaf Management



## **INTERACTIES MET DE OVERIGE VAART VOOR DE AVERIJHAVEN**

### **Eindrapport**

Opdrachtgever: DHV  
Postbus 1132  
3800 BC Amersfoort

<b>Revisienr.</b>	<b>Status</b>	<b>Datum</b>	<b>Auteur</b>	<b>Voor gezien</b>
0	1e Concept	28 maart 2011	M.E.F. Folbert	F.S.H. Verkerk
1	2 <sup>o</sup> Concept	7 april 2011	M.E.F. Folbert	F.S.H. Verkerk
2	Eindversie	12 juli 2011	M.E.F. Folbert	F.S.H. Verkerk

<b>INHOUD</b>		<b>Pag.</b>
1	INLEIDING.....	3
2	DOELSTELLING .....	4
3	HINDER ALS GEVOLG VAN DE MANOEUVRES .....	5
3.1	Aanpak en aannames .....	5
3.2	Passages IJmuiden.....	5
3.3	Toename in scheepvaart intensiteit .....	7
3.4	Bepalen van de duur van de manoeuvre.....	9
3.5	Resultaten .....	10
3.6	Correctie voor toename van de scheepvaartintensiteit .....	13
4	RISICO VAN DE MANOEUVRES.....	14
4.1	Inleiding.....	14
4.2	Algemene beschrijving manoeuvres .....	14
4.2.1	IJ-palen .....	14
4.2.2	Averijhaven .....	15
4.3	Vessel Traffic Service (VTS).....	16
4.4	Aanvaarkansen .....	16
4.5	Consequenties .....	17
4.6	Afweging van de risico's .....	18
5	CONCLUSIES .....	19
	REFERENTIES .....	20

## 1 INLEIDING

DHV voert een ontwerpstudie uit voor de lay-out en inrichting van de Averijhaven te IJmuiden. Het gebied waar deze haven moet komen is nu nog een slibdepot. De haven gaat gebruikt worden voor het lichten van bulkcarriers en als "refugee port" voor schepen die op de Noordzee in de problemen zijn gekomen en een noodafmeerplaats zoeken. Eén van de aspecten waar aandacht aan besteed moet worden is nautiek. MARIN voert, in opdracht van DHV de nautische studie uit.

De nautische studie bestaat uit de volgende deelprojecten:

- Effect van passerende schepen op het afgemeerde schip;
- Interacties met de overige vaart, waarbij gekeken wordt naar hinder (stremming) en naar risico's (aanvaarrisico);
- Het beoordelen van het in- en uitvaren van de Averijhaven met grote bulkcarriers uitgevoerd door middel van fast-time en real-time simulaties;
- Het bepalen van de downtime van het afgemeerde schip en het varende schip (aankomen);

In dit rapport worden de resultaten van de studie naar de interacties met de overige vaart gepresenteerd. De interacties met de overige vaart worden als volgt gedefinieerd: Voor het naderen en afmeren van grote bulkcarriers in de nieuwe Averijhaven zal men een manoeuvre moeten uitvoeren die de vaarweg voor het doorgaande verkeer geheel of gedeeltelijk afsluit. De tijd die dit duurt hangt af van de geometrie van de haven en de manoeuvreerstrategie die wordt gevolgd. In deze studie worden twee vragen onderzocht:

1. Wat is de hinder als gevolg van manoeuvres in en uit de Averijhaven voor de overige vaart?
2. Wat is het risico van de manoeuvres in en uit de Averijhaven?

De hinder is gekwantificeerd en beoordeeld op basis van beschikbare AIS data over kalenderjaar 2010. De manoeuvres waarbij bulkcarriers zijn betrokken die worden gelichter zijn beoordeeld op potentiële hinder voor andere schepen als ze in plaats van naar de IJ-palen naar de Averijhaven zouden gaan. Dit wordt gedaan door de passerende vaart die gedurende de periode dat de manoeuvre zou duren te tellen en te beoordelen hoe vaak een voldoende lang 'slot' optreedt. Met een dergelijk 'slot' wordt bedoeld een periode tussen twee scheepspassages die minstens de duur van de beschouwde manoeuvre heeft. De resultaten van de berekening worden gecorrigeerd voor een toekomstige toename van de verkeersintensiteit.

De haven van Amsterdam heeft vastgesteld dat de manoeuvres van zowel in- en uitvaren van de Averijhaven maximaal 30 minuten mogen duren. Er zal daarom tevens worden vastgesteld of aan deze eis voldaan kan worden, gebaseerd op de SHIPMA simulaties.

De risico's zijn kwalitatief beschouwd. Deze beoordeling vindt plaats op basis van het interacties tussen schepen. Bij deze beschouwing staat de vraag centraal staan of het risico toe of afneemt.

De studie wordt in de volgende hoofdstukken gerapporteerd:

- Doelstelling;
- Hinder als gevolg van manoeuvres in en uit de Averijhaven;
- Risico van de manoeuvres in en uit de Averijhaven;
- Conclusie.

## 2 DOELSTELLING

De doelstelling van het onderzoek is om:

- Het bepalen van het verschil in hinder van overige scheepvaart door het manoeuvreren van bulkcarriers tussen de huidige situatie, waarbij gebruik gemaakt wordt van de IJ-palen, en de eventuele toekomstige situatie, waarbij gebruik gemaakt wordt van de Averijhaven.
- Een kwalitatieve beschouwing te geven van het risico van de manoeuvres in en uit de Averijhaven.

### 3 HINDER ALS GEVOLG VAN DE MANOEUVRES

#### 3.1 Aanpak en aannames

De hinder van de scheepvaart is op twee manieren gedefinieerd:

- Het aantal schepen dat normaal gesproken langs vaart gedurende de periode van de manoeuvre en zodoende moet wachten. Dit is gebaseerd op het gemiddeld aantal passerende schepen per tijdseenheid.
- De kans dat er op een willekeurig moment direct genoeg tijd is om de manoeuvre uit te voeren. Dit is dus de kans dat er geen schepen hoeven te wachten. Dit is gebaseerd op de verdeling van de tijd tussen twee passerende schepen.

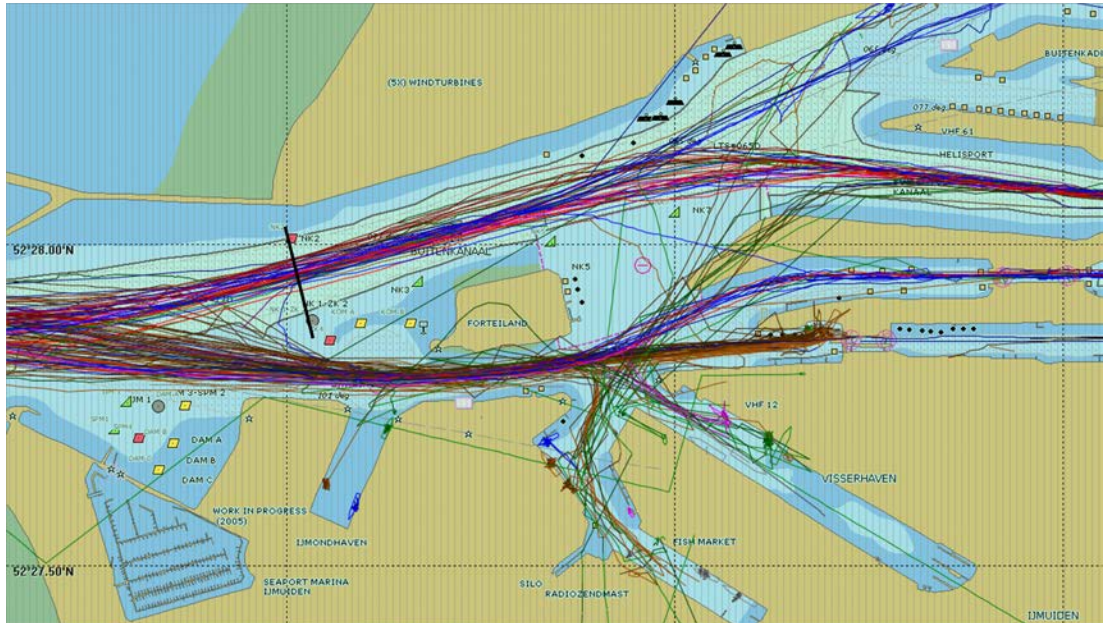
Door de hinder op deze twee manieren te meten kijk je eigenlijk naar de situatie dat alle schepen met een min of meer gelijke spreiding langskomen, maar ook naar de situatie dat de intervallen tussen twee aankomsten variëren.

Beide resultaten zijn berekend zowel over de gehele gemeten periode als voor alleen de periode tussen 2 en 4 uur na hoog water, wat het moment is dat de schepen die relevant zijn voor deze studie zullen aankomen bij de IJ-palen dan wel de Averijhaven. Aangenomen is dat al deze schepen van zee komen, dan aanmeren bij de IJ-palen dan wel in de Averijhaven en vervolgens doorvaren naar de sluis.

#### 3.2 Passages IJmuiden

Om het aantal passerende schepen per tijdseenheid alsmede de verdeling van de intervallen tussen twee passages te bepalen, is AIS data gebruikt over het jaar 2010. Het aantal passages is gemeten in het Noorder Buitenkanaal voor de positie zoals weergegeven in Figuur 3-1. Alleen die passages zijn meegenomen die horen bij schepen die daadwerkelijk hinder ondervinden van de manoeuvre. Scheepstypes die buiten beschouwing zijn gelaten zijn sleepboten, recreatievaart, visserij en pilots. Aangenomen wordt dat deze schepen in geval van een stremming zullen uitwijken naar het gebied ten zuiden van de vaargeul ofwel omvaren via de geul ten zuiden van het Forteiland.





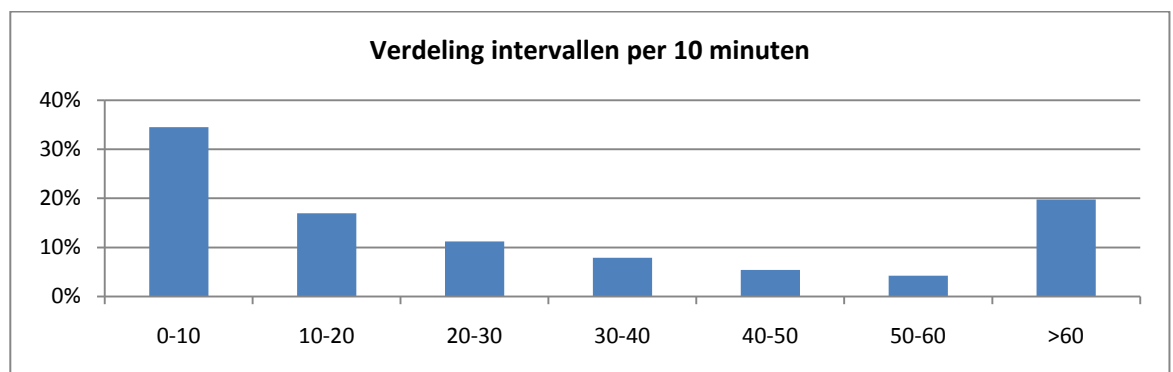
**Figuur 3.1** Lijn waar de passages zijn geteld

Voor de gespecificeerde scheepstypes is het aantal passages over deze lijn als volgt:

**Tabel 3.1** Passages en intervallen per richting en in totaal

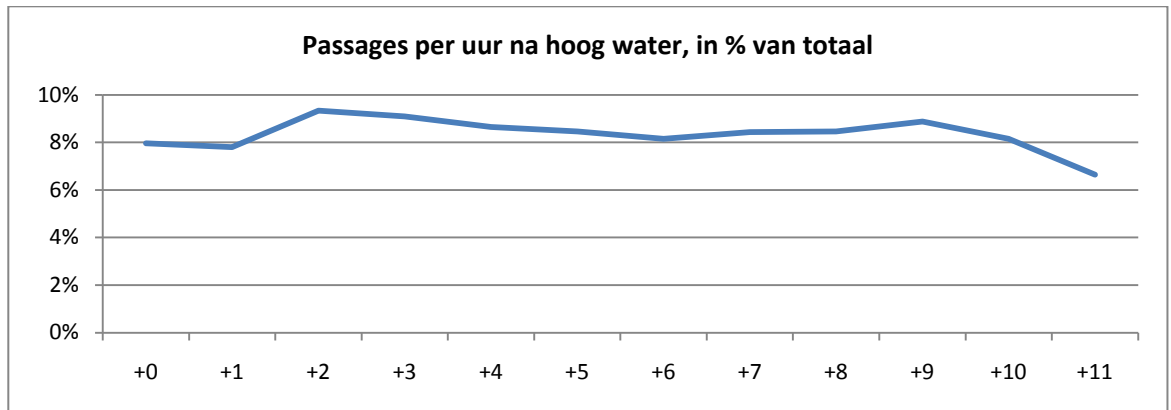
	Totaal aantal passages	Gemiddeld per dag	Gemiddelde tijd tussen passages (min)
Inkomend	6080	16.7	86.4
Uitgaand	6026	16.5	87.2
<i>Totaal</i>	<i>12106</i>	<i>33.2</i>	<i>43.4</i>

De gemiddelde tijd tussen twee passages is dus ruim 43 minuten als beide richtingen van verkeer worden meegenomen. Zoals te zien in onderstaande figuur is 35% van de intervallen korter dan 10 minuten. Dit percentage neemt af naarmate de duur van het interval toeneemt. 20% van de intervallen is langer dan een uur.

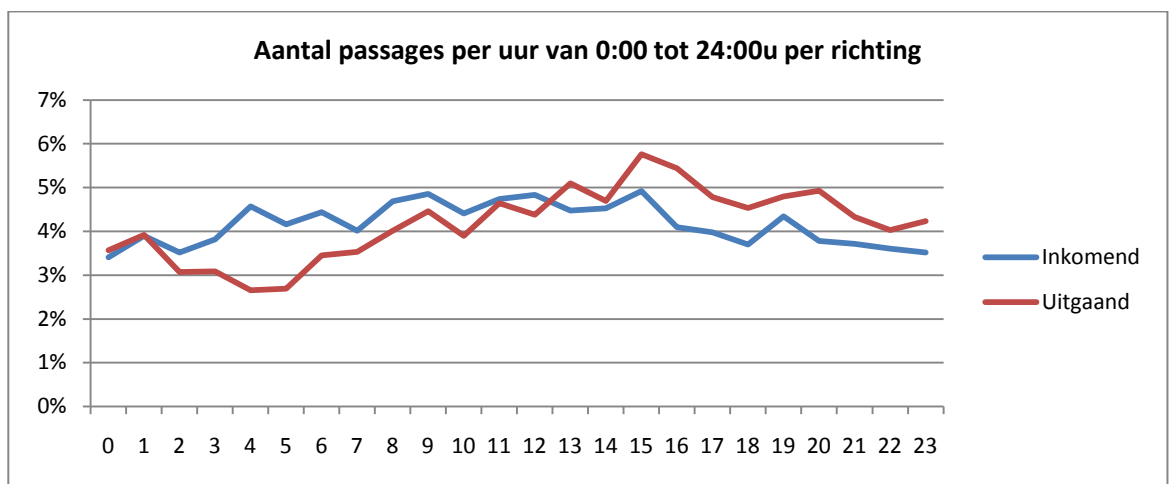


**Figuur 3.2** Verdeling van intervallen voor in- en uitgaand verkeer

De drukste momenten zijn de perioden tussen 2 en 4 uur na hoog water en tussen 11.00 en 15.00u, zie Figuur 3-3 en Figuur 3-4.



**Figuur 3.3** Passages ten opzichte van hoog water



**Figuur 3.4** Passages over de dag

### 3.3 Toename in scheepvaart intensiteit

Om de analyse te kunnen corrigeren voor een toename in de scheepvaart intensiteit in de toekomst is een prognose gemaakt van de omvang van deze toename. De prognose is gebaseerd op de verwachte vlootontwikkelingen in 2020, zoals in 2007 bepaald voor een kosten baten analyse voor een nieuwe sluis in IJmuiden [1]. In deze studie wordt het aantal zeegaande schepen achter de sluis in IJmuiden bepaald aan de hand van de verschillende WLO scenario's. deze scenario's zijn opgesteld in 2006, dus voor de financiële crisis. Echter, volgens het CPB [2] (Centraal Planbureau) zijn de scenario's op de lange termijn, i.e. 2020 tot 2040, nog steeds reëel en toepasbaar.

De volgende gegevens zijn gebruikt voor het opstellen van de prognose:

- De prognoses voor 2020 aan de hand van de WLO scenario's voor scheepsaantallen achter de sluisen
- Het totale aantal zeeschepen in het Amsterdam-Noordzeekanaalgebied (ANZKG) in 2009, met uitzondering van IJmuiden
- De gemeten scheepvaart in het relevante gebied in 2010 uit de AIS analyse
- De gemeten scheepvaart in het relevante gebied in 2009, bepaald voor een studie naar de passeertijden van schepen in het sluisencomplex van IJmuiden [3]

Omdat het totale aantal schepen in 2010 nog niet gepubliceerd is, worden de gegevens over 2009 gebruikt. De gegevens van alleen de schepen achter de sluis zijn helaas niet bekend, dus wordt nu het totaal aantal schepen in het Amsterdam-Noordzeekanaalgebied (ANZKG) minus de schepen met bestemming IJmuiden genomen. In feite wordt een deel van de schepen met bestemming IJmuiden wel gerekend als “achter de sluisen”, maar verwacht wordt dat dit maar een klein deel van de schepen is. Op deze manier wordt voor het jaar 2009 met een iets kleiner aantal schepen dan in werkelijkheid gerekend. Als nu de groei wordt bepaald aan de hand van de scenario's en het onderschatte aantal schepen voor 2009 resulteert dit in een lichte overschatting van de maximale groei.

In onderstaande tabel zijn weergegeven de aantallen schepen in 2009 zoals hierboven gespecificeerd, alsmede de voorspellingen voor 2020 aan de hand van de vier scenario's. Uit deze gegevens is de totale toename van het aantal schepen in procenten berekend. Ten opzichte van 2009 zal de toename van het aantal schepen in 2020 dus tussen de 30.7% en 76.2% liggen.

**Tabel 3.2 Gemeten in 2009 en voorspeld aantal schepen voor 2020**

	<b>Gemeten 2009</b>	<b>2020-GE</b>	<b>2020-TM</b>	<b>2020-SE</b>	<b>2020-RC</b>
<i>Locatie</i>	<i>ANZKG min IJmuiden</i>	<i>Achter de sluisen</i>	<i>Achter de sluisen</i>	<i>Achter de sluisen</i>	<i>Achter de sluisen</i>
Ladingschepen	5,517	9723	9196	8082	7252
Cruiseschepen	103	178	137	112	91
Totaal	5,620	9901	9333	8194	7343
Totale toename t.o.v. 2009		+76.2%	+66.1%	+45.8%	+30.7%

Om de prognose toe te kunnen passen op de situatie in 2010, moet de verkeerssituatie rond de Averijhaven van 2010 vergeleken worden met die van 2009. In [3] is het aantal passages voor januari tot november gemeten ten noorden van het Forteiland. Deze aantallen kunnen vergeleken worden met passages voor 2010 ten noorden van het Forteiland, bepaald uit de AIS gegevens. Om de aantallen met elkaar te kunnen vergelijken is de meting uit 2009 lineair gecorrigeerd voor de missende maand december.

**Tabel 3.3 Aantallen van passages ten noorden van Forteiland in 2009 en 2010**

	<b>Aantal passages</b>
Totale passages januari-november 2009	15106
Correctie december 2009	1283
Geschat aantal passages 2009	16389
Totale passages Forteiland 2010	16449

Zoals is te zien, liggen de aantallen passages voor beide opeenvolgende jaren dicht bij elkaar. Het wordt redelijk geacht de getallen voor 2009 toe te passen voor 2010. Dit betekent dat ten opzichte van 2010 de scheepvaart in 2020 een toename zal ondervinden tussen de 30% en 77%, wat resulteert in 21384 to 29115 per jaar.

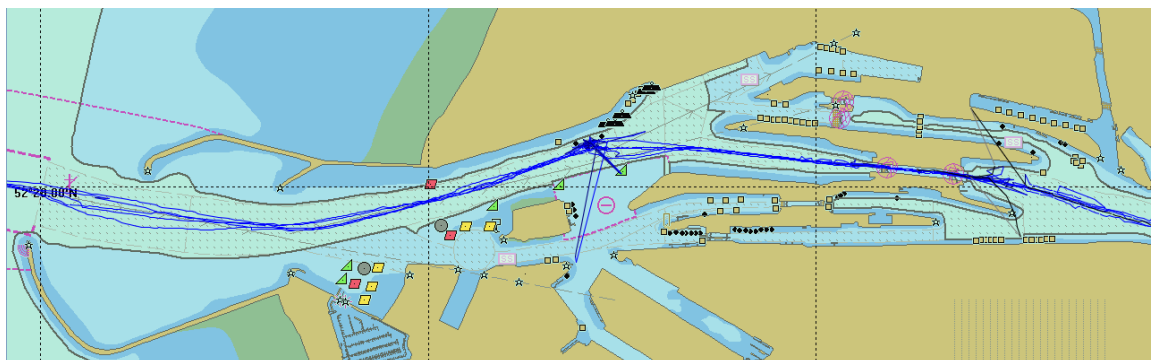
### 3.4 Bepalen van de duur van de manoeuvre

Om de hinder ten gevolge van de manoeuvres in en uit de Averijhaven te kunnen vergelijken met de hinder ten gevolge van de huidige situatie, is het nodig te weten hoe lang manoeuvres in beide situaties duren. Hiertoe is onderscheid gemaakt tussen de tijd dat de vaargeul daadwerkelijk gestremd is door de manoeuvre en de tijd dat de geul in principe vrij is maar het niet gewenst is dat grote schepen passeren in verband met zuiging.

Volgens geraadpleegde loodsen is het in de huidige situatie zo dat er tussen het moment dat het schip de pieren passeert tot het moment dat alle trossen vastliggen een tijdsbestek is van ongeveer 5 kwartier. Na een uur echter liggen de springen al vast en wordt het de scheepvaart al toegestaan om langs het schip aan de IJ-palen te varen. Op het moment dat de geul vrij is mogen schepen kleiner dan 180 m alweer langs het manoeuvrerende schip varen. Op basis van een analyse van AIS gegevens, is een inschatting gemaakt van de tijd die benodigd is om van de pieren naar de IJ-palen te varen en zodoende vast te stellen hoeveel tijd het kost om de springen vast te leggen.

In de periode april tot en met juni waren er 6 bulkcarriers die de volledige manoeuvre naar en van de IJ-palen uitgevoerd hebben. De tracks van deze schepen zijn weergegeven in figuur 3.5. de uitschieter naar beneden ter hoogte van de IJ-palen wordt veroorzaakt door een storing in het AIS signaal. Voor deze 6 schepen is de tijd bepaald tussen het passeren van de pieren en het moment dat ze de eerste van de twee IJ-palen passeerden. Het bleek dat deze "vaartijd" voor alle schepen tussen de 30 en 40 minuten ligt en dat de gemiddelde tijd ongeveer 35 minuten is. Dit betekent dus dat er ongeveer 25 minuten overblijft voor het manoeuvreren naast de IJ-palen. Het is aangenomen dat deze "manoeuvreetijd" ook toepasbaar is voor het aanmeren in de Averijhaven. Om de stremmingstijd bij het wegvaren te bepalen is de tijd bepaald tussen het passeren van de tweede van de twee IJ-palen en een lijn aan het begin van de versmalde vaarweg richting de sluis. Hier deden de schepen gemiddeld 9 minuten over, variërend tussen 8 en 11 minuten. Op basis van informatie van loodsen wordt de periode dat overige scheepvaart niet mag passeren omdat het schip bezig is met ontmeren geschat op ongeveer 15 minuten.

Deze dataset van 3 maanden geeft uiteraard geen statistische basis voor een analyse, maar omdat de tracks en snelheden van de verschillende schepen niet erg uiteenlopen worden de gevonden tijden representatief geacht.



Figuur 3.5 Tracks van 6 bulkcarriers van en naar de IJ-palen

Op basis van de SHIPMA simulaties (zie MARIN Rapport nr. 24804-1-MSCN-rev.1, [4]) is een inschatting gemaakt van de tijd die nodig is om de Averijhaven in en uit te varen. Voor het invaren is de tijd genomen vanaf het begin van de SHIPMA simulatie tot aan het moment dat de geul min of meer vrij is. Het startpunt van de SHIPMA simulaties ligt net voorbij de eerste noordelijke pier. Deze tijd bleek gemiddeld ongeveer 35 minuten te bedragen. Gedurende 11.5 minuut is het schip bezig de Averijhaven in te draaien en verspert het geheel of gedeeltelijk de vaargeul. Op basis van in de AIS analyse gemeten snelheden is aangenomen dat het schip ongeveer 2 minuten doet over het stuk tussen de pieren en het begin van de SHIPMA simulatie. Voor het uitvaren is de tijd genomen vanaf het moment dat het schip achterwaarts de geul weer invaart tot het moment dat het schip klaar is met de achterwaartse manoeuvre en dus weer recht in de geul ligt. Dit bleek gemiddeld ongeveer 19 minuten te duren. Om de totale “wegvaartijd” van de twee manoeuvres te kunnen vergelijken moest ten slotte nog de vaartijd van de Averijhaven tot aan de sluis vastgesteld worden. Deze tijd is geschat op 19 minuten op basis van de snelheden van de geanalyseerde schepen in het kanaal. Voor de tijd van ontmeren wordt dezelfde tijd genomen voor de schepen aan de IJ-palen: 15 minuten. Dit resulteert in een totale wegvaartijd van  $19 + 19 + 15 = 53$  minuten.

De periode dat het schip daadwerkelijk bezig is met het in- en uitmanoeuvreren van de Averijhaven is dus respectievelijk 11.5 en 19 minuten. Hiermee wordt ruimschoots aan de 30 minuten eis van de Haven van Amsterdam voldaan.

In Tabel 3-4 is bovenstaande samengevat. Te zien is dat de totale tijd met 19 minuten toeneemt voor de Averijhaven manoeuvre ten opzichte van de manoeuvre bij de IJ-palen. Hierbij duren zowel de in- als de uitvaar manoeuvre in de situatie van de Averijhaven langer dan voor de situatie van de IJ-palen.

**Tabel 3.4 Vaar- en manoeuvreertijden IJ-palen en Averijhaven**

		Vaartijd (min)	Manoeuvreertijd (min)	Totale tijd (min)
IJ-palen	Aanmeren	35	25	60
	Wegvaren	9	15	24
	<i>Totaal</i>	<i>44</i>	<i>25</i>	<i>69</i>
Averijhaven	Aanmeren	37	25	62
	Wegvaren	38	15	53
	<i>Totaal</i>	<i>63</i>	<i>25</i>	<i>88</i>

### 3.5 Resultaten

Op basis van de bepaalde tijdsduur van beide situaties kan nu een vergelijking van de hinder van de scheepvaart gemaakt worden. Zoals eerder beschreven is dit op twee manieren gedaan:

1. Het bepalen van het aantal gehinderde schepen, onder de aanname dat dit een directe functie is van de tijd die de manoeuvre duurt
2. Het bepalen van de kans dat er op een willekeurig moment voldoende tijd is tot het volgende schip om de manoeuvre uit te voeren

Voor beide maatstaven is onderscheid gemaakt tussen de “vaartijd” en “manoeuvreertijd” van de manoeuvre, waarbij tijdens de vaartijd een volledige stremming van de scheepvaart wordt aangenomen en tijdens de manoeuvreertijd een stremming van alleen de schepen langer dan 180 meter. De aanname is gedaan dat de schepen binnenvaren in de periode tussen 2 en 4 uur na hoog water en dat ze wegvaren op een willekeurig moment. Zoals in onderstaande tabel te zien is, is het tijdens de periode na hoog water drukker en is ook het aantal grote schepen relatief groter dan over de gehele periode.

**Tabel 3.5 Aantal passerende schepen**

	Hele periode	2 tot 4 uur na HW
Aantal schepen per uur	1.38	1.99
% Schepen > 180 m	17.7%	18.7%

Het aantal gehinderde schepen per manoeuvre is het aantal passerende schepen per uur vermenigvuldigd met de duur van de manoeuvre. Het resultaat staat in onderstaande tabel.

**Tabel 3.6 Aantallen gehinderde schepen per manoeuvre**

			Tijdsduur (min)	Hinder alle schepen (min)	Hinder alleen grote schepen (min)	Aantal gehinderde schepen
IJ-palen	In	Vaartijd	35	35	-	1.16
		Manoeuvreetijd	25	0	25	0.16
		Totaal	60	35	60	1.32
	Uit	Vaartijd	9	9	-	0.21
		Manoeuvreetijd	15	0	15	0.06
		Totaal	9	9	-	0.21
	<b>Totaal</b>					<b>1.59</b>
Averijhaven	In	Vaartijd	37	37	-	1.23
		Manoeuvreetijd	25	0	25	0.16
		Totaal	62	37	25	1.39
	Uit	Vaartijd	38	38	-	0.87
		Manoeuvreetijd	15	0	15	0.06
		Totaal	38	38	-	0.87
	<b>Totaal</b>					<b>2.32</b>

Het blijkt dat het aantal gehinderde schepen per manoeuvre toeneemt met 46.2% van 1.6 tot 2.3.

De kans dat er op een willekeurig moment voldoende tijd is tot de volgende passage is berekend door de kans op een interval van een bepaalde tijdsduur te bepalen en deze kans te vermenigvuldigen met de kans dat er van dat interval op een willekeurig moment nog voldoende tijd over is om de manoeuvre uit te voeren.

$$P_{\text{slot}} = \sum P_{\text{interval}} * P_{\text{genoeg tijd over in interval}}$$

Dit betekent voor een manoeuvre van 60 minuten het volgende:

- $P_{\text{interval}}$  is de kans dat er op een willekeurig moment een interval is van 60 tot 80 minuten, een interval van 80 tot 100 minuten, 100 tot 120 minuten, etc. Dit wordt bepaald aan de hand van de gemeten intervallen: hoeveel procent van de tijd valt er in elk soort interval? In alle berekeningen zijn tijdstappen van 20 minuten gebruikt. Deze kansen gesommeerd geeft de totale kans dat er op een willekeurig moment een interval bezig is van 60 minuten of meer.
- $P_{\text{genoeg tijd over in interval}}$  is de kans dat er van een interval nog voldoende tijd over is om de manoeuvre uit te voeren, gegeven dat er op dat moment een interval bezig is van 60 minuten of meer. Dit wordt berekend door de gemiddelde tijdsduur van de interval categoriemin de tijdsduur van het benodigde slot te delen door de gemiddelde duur van de interval categorie. Voor een benodigd slot van 60 minuten en een interval van 60 tot 80 minuten is dit als volgt:

$$\frac{70 - 60}{70} = 1/7$$

- $P_{\text{interval}}$  en  $P_{\text{genoeg tijd over in interval}}$  worden dan per interval categorie vermenigvuldigd
- De kansen van alle categorieën vanaf 60 minuten gesommeerd is dan de totale kans.

Wederom is er onderscheid gemaakt tussen schepen groter en kleiner dan 180 meter, waarbij schepen kleiner dan 180 alweer mogen passeren terwijl zo gauw het schip zich buiten de vaarweg bevindt en de grotere schepen pas mogen passeren als het schip helemaal vastligt.

De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in Tabel 3-7. Hierin zijn de in- en uitvaar manoeuvres uitgesplitst voor beide situaties voor de momenten dat er geen schepen mogen passeren, de momenten dat er geen schepen kleiner dan 180 meter mogen passeren en de momenten dat er geen schepen groter dan 180 meter mogen passeren. Het aantal minuten dat die situaties duren zijn weergegeven en de kans dat zo'n situatie optreedt. De kansen van deze uitgesplitste situaties vermenigvuldigd geeft de kans voor de in- of uitvaar manoeuvre. Dit is voor beide situaties onderaan schuingedrukt weergegeven. De kansen zijn berekend zowel voor de gemiddelde situatie over het gehele tijdsbestek (links) als voor de gemiddelde situatie tussen 2 en 4 uur na hoog water (rechts).

In de huidige situatie is de kans dat er op een willekeurig moment direct voldoende tijd is om aan te meren ongeveer 43%, terwijl de kans dat je onmiddellijk weg kunt varen 77.5% is. De kans dat er voldoende tijd is om aan te meren neemt af tot 41.6% wanneer de Averijhaven gebruikt kan worden. De kans dat je direct weg kunt varen neemt sterker af tot ongeveer 42.6%. De verschillen over de algehele periode en de periode tussen 2 en 4 uur na hoog water zijn aanzienlijk voor beide situaties.

**Tabel 3.7 Kans op voldoende tijd tot volgende passage**

			Gehele tijdsbestek				2 to 4 uur na HW			
			IJ-palen		Averijhaven		IJ-palen		Averijhaven	
			In	Uit	In	Uit	In	Uit	In	Uit
Schepen < 180m	<	Minuten	35	9	37	38	35	9	37	38
		Kans	56.1%	85.7%	54.3%	53.4%	23.8%	56.6%	22.6%	22.0%
Schepen > 180m	>	Minuten	60	24	62	53	60	24	62	53
		Kans	77.3%	90.5%	76.6%	79.8%	53.8%	74.7%	52.8%	57.1%
<i>Totaal</i>		<i>Kans</i>	<i>43.4%</i>	<i>77.5%</i>	<i>41.6%</i>	<i>42.6%</i>	<i>12.8%</i>	<i>52.6%</i>	<i>11.9%</i>	<i>12.6%</i>

In bovenstaande tabel is steeds aangenomen dat de in- en uitvaar manoeuvre in dezelfde situatie plaatsvinden: beide 2 tot 4 uur na hoog water of beide in de gemiddelde situatie. In werkelijkheid vindt het invaren plaats tussen 2 en 4 uur na hoogwater terwijl het uitvaren op elk moment kan gebeuren. De kansen voor deze situatie kunnen uit tabel 3-7 gehaald worden en gecombineerd. Dit is gedaan in tabel 3-8. In de laatste regel worden de kansen voor in- en uitvaren met elkaar vermenigvuldigd. Te zien is dat de totale kans nu afneemt van 9.9% naar 5.1%.

**Tabel 3.8 Kans op voldoende tijd, in bij 2-4 uur na HW en uit over gehele tijdsbestek**

		IJ-palen		Averijhaven	
		In	Uit	In	Uit
Schepen < 180m	Minuten	35	9	37	38
	Kans	23.8%	85.7%	22.6%	53.4%
Schepen > 180m	Minuten	60	24	62	53
	Kans	53.8%	90.5%	52.8%	79.8%
<i>Totaal</i>		<i>Kans</i>		<i>12.8%</i>	<i>77.5%</i>
<b>Totaal in + uit</b>		<b>Kans</b>		<b>9.9%</b>	<b>5.1%</b>

Beide maatstaven geven dus aan dat de hinder ten gevolge van manoeuvres in de Averijhaven aanzienlijk zal toenemen ten opzichte van de huidige manoeuvres bij de IJ-palen.

### 3.6 Correctie voor toename van de scheepvaartintensiteit

De vraag is nu wat er verandert aan de bepaalde effecten als de scheepvaartintensiteit in 2020 inderdaad met 76% zal toenemen, zoals voorzien in het meest drastische scenario. Het is onbekend wat deze groei voor effect zal hebben op de passages van schepen: de toename zou evenredig verspreid kunnen zijn over de tijd, maar het is ook mogelijk dat de schepen meer in blokken zullen aankomen en vertrekken. Bovendien is het onbekend of het bijvoorbeeld rond hoog water relatief drukker zal worden. Voor de analyse is er vanuit gegaan dat de toename verspreid over de tijd zal zijn. In werkelijkheid zou de hinder dus groter kunnen zijn. Echter de aanname wordt redelijk geacht aangezien het onwaarschijnlijk is dat het worst case scenario van 76% waarmee gerekend wordt zich daadwerkelijk zal voordoen.

Eerder was bepaald dat het aantal gehinderde schepen per manoeuvre gelijk is aan het aantal schepen dat normaal gesproken passeert over de tijd dat de manoeuvre duurt. Dit is dus een directe functie van de scheepvaart intensiteit. Het is daarom te verwachten dat het aantal gehinderde schepen ook met 76% zal toenemen als de totale intensiteit toeneemt. Dit resulteert dan in Tabel 3-9. Indien de huidige situatie met de IJ-palen wordt gehandhaafd zullen gemiddeld 2.8 schepen moeten wachten, terwijl dit 4.1 schepen zijn indien de Averijhaven wordt aangelegd.

**Tabel 3.9 Aantal gehinderde schepen over gehele tijdsbestek bij maximale intensiteitstoename**

	Huidige intensiteit	Toename van 76%
IJ-palen gehinderde schepen per manoeuvre	1.53	2.79
Averijhaven gehinderde schepen per manoeuvre	2.26	4.08

De verandering van de kans dat er direct voldoende tijd is voor de manoeuvre is lastiger te bepalen, omdat het onbekend is wat een intensiteitstoename zal doen met de verdeling van de intervallen tussen twee passages. Dit is daarom buiten beschouwing gelaten.



## 4 RISICO VAN DE MANOEUVRES

### 4.1 Inleiding

Voor deze studie zullen ook de aanvaarkansen en –consequenties van de twee situaties met elkaar vergeleken worden om een totaalbeeld te krijgen van een verschil in risico. Deze kwalitatieve risico analyse is gedaan aan de hand van procedures die worden toegepast in kwantitatieve risico studies die worden uitgevoerd met het SAMSON model. SAMSON staat voor Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea. Het model is ontwikkeld voor Directoraat-Generaal Goederenvervoer (het huidige Dienst Noordzee) en wordt gebruikt om de kansen en consequenties van nautische ongevallen op zee te kwantificeren. Het model wordt echter ook regelmatig toegepast om risico's in havengebieden te kwantificeren. Daarom wordt het geacht een gepaste leidraad te zijn voor een kwalitatieve studie als deze.

Bij het invaren en verblijf in een haven kunnen zich in het algemeen de volgende nautische incidenten voordoen, waarbij het schip betrokken is:

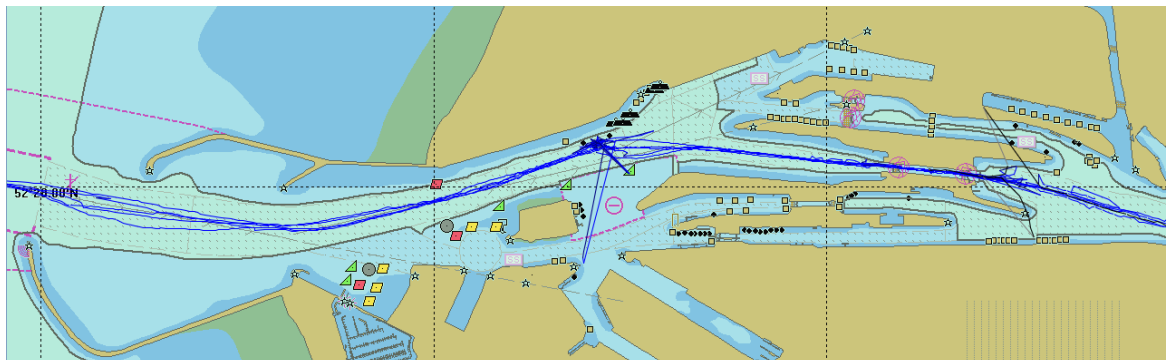
- Het schip raakt betrokken bij een aanvaring tijdens het varen naar of van de ligplaats;
- Het schip wordt aangevaren terwijl het aan het manoeuvreren is bij de ligplaats;
- Aanvaringen terwijl het schip gemeerd ligt;
- Het schip loopt aan de grond onderweg van of naar de ligplaats.

Eerst zal een algemene beschrijving van de verschillende manoeuvres worden gegeven voor beide situaties. Ook worden de huidige Vessel Traffic Service (VTS) en de verwachte veranderingen hiervan wanneer de Averijhaven in gebruik wordt genomen besproken. Vervolgens worden aan de hand van deze beschrijvingen de kansen en consequenties van de hierboven beschreven incidenten geanalyseerd. Ten slotte wordt een afweging van de risico's gemaakt.

### 4.2 Algemene beschrijving manoeuvres

#### 4.2.1 IJ-palen

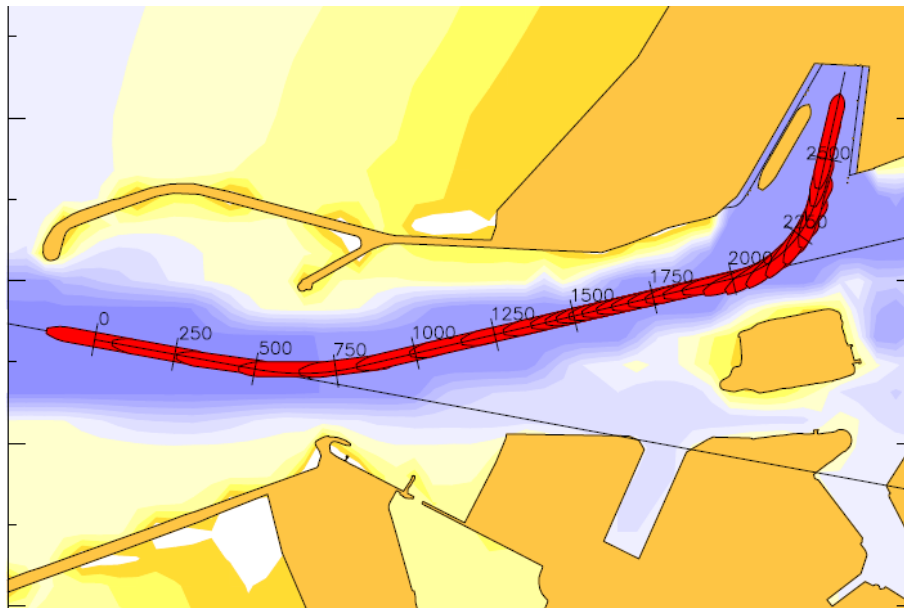
Uit AIS gegevens uit de periode april tot en met juni 2010 zijn de volgende tracks van schepen gehaald die hebben gemeerd bij de IJ-palen. Het zijn er 6 in totaal. Zoals te zien is varen alle schepen in het midden van de vaargeul en houden ze een rechte lijn aan richting de meerpalen. Er is dus geen moment dat de schepen dwars op de vaarrichting van de geul liggen. Bij het wegvaren wordt een ongeveer gelijke procedure gevolgd: in een rechte lijn wordt richting het sluisencomplex gevaren, waarbij het midden van de geul wordt aangehouden.



Figuur 4.1 Vaart naar IJ-palen en van IJ-palen naar sluis

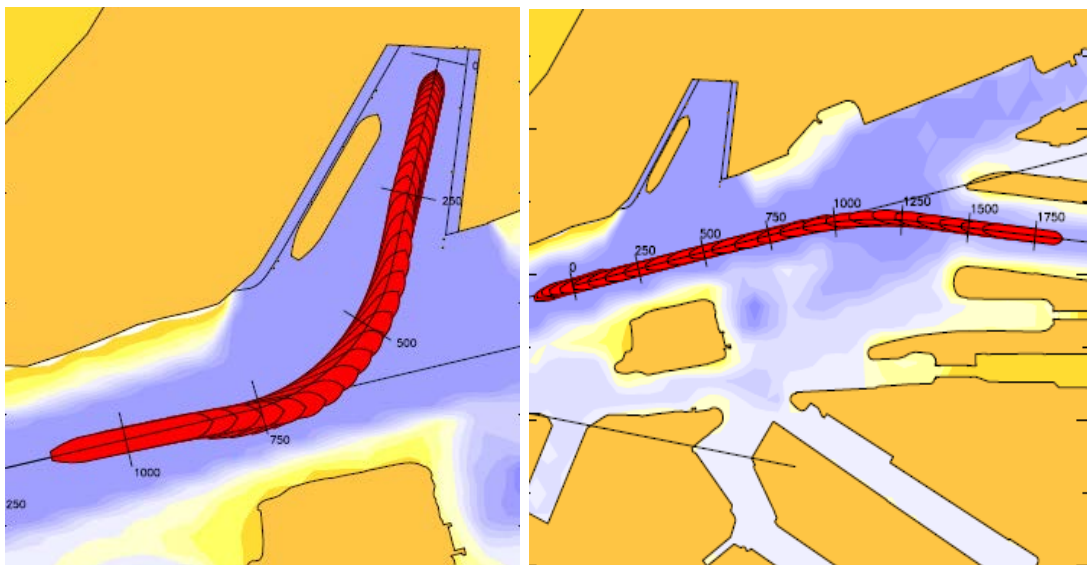
#### 4.2.2 Averijhaven

Op basis van SHIPMA simulaties [4] kan de situatie van de Averijhaven vergeleken worden met de situatie van de IJ-palen. In Figuur 4-2 is een voorbeeld te zien van het invaren van de Averijhaven. Te zien is dat tot aan het Forteiland het midden van de geul wordt aangehouden, om vervolgens de Averijhaven in te draaien. Hierbij wordt een deel van de geul overgestoken en is de vaarrichting van de bulkcarrier ongeveer loodrecht op de vaarrichting in de geul.



**Figuur 4.2** Invaren Averijhaven

Het schip verlaat de Averijhaven achterwaarts, weer in loodrechte richting op de vaargeul. Het schip komt hierbij ongeveer uit in het midden van de geul. Als het schip recht ligt, vaart het voorwaarts verder richting de sluis. Dit gebeurt in het midden van de geul.



**Figuur 4.3** Uitvaren Averijhaven

### 4.3 Vessel Traffic Service (VTS)

In de haven van IJmuiden is een VTS operationeel. In het huidige systeem wordt de geul vrijgehouden van andere scheepvaart vanaf het moment dat de bulkcarrier de pieren passeert. Het is echter mogelijk dat het kleinere scheepvaart toegestaan wordt het schip te passeren. Zo gauw het schip arriveert bij de IJ-palen en zich buiten de geul begeeft, blijft de geul in het algemeen gesloten voor grotere scheepvaart maar is het schepen met een lengte tot ongeveer 180 meter toegestaan het manoeuvrerende schip te passeren. Vanaf het moment dat alle springen vast liggen kunnen ook de grotere schepen het gemeerde schip passeren. Dit betekent dat het schip in het kanaal kleinere scheepvaart kan ontmoeten, wanneer het bezig is met de passage van het kanaal en het manoeuvreren bij de IJ-palen. Op het moment dat het schip gemeerd ligt passeert alle overige scheepvaart. Te allen tijde wordt de snelheid van passerende scheepvaart aangepast aan de omstandigheden.

Met de aanleg van de Averijhaven zal de situatie waarschijnlijk enigszins veranderen. Dit geldt niet voor de vaart in het kanaal, maar de manoeuvre bij het in- en uitvaren van de Averijhaven vereist een volledige stremming van de geul. Op het moment dat de geul overgestoken wordt mag geen scheepvaart het manoeuvrerende schip passeren. Vanaf het moment dat de geul vrij is maar het schip nog wel aan het manoeuvreren is mogen kleinere schepen weer passeren en vanaf het moment dat de trossen vastliggen mogen de grotere schepen dat ook.

In het hiernavolgende zal worden aangenomen dat de VTS volledig effectief is en dat op het moment dat het scheepvaart niet toegestaan is te passeren dit ook daadwerkelijk niet gebeurt.

### 4.4 Aanvaarkansen

In het nu volgende zal een verschil in aanvaarkansen tijdens passage van het kanaal en tijdens het manoeuvreren van een schip bij respectievelijk de IJ-palen en Averijhaven geanalyseerd worden, aan de hand van de eerder beschreven manoeuvres van schepen in beide situaties.

#### **Kans op een aanvaring tijdens passage van het kanaal**

In principe wordt in beide situaties de geul rondom het schip vrijgehouden van overige vaart, maar in de praktijk komt het voor dat kleinere scheepvaart de bulkcarrier passeert tijdens de vaart in het kanaal. Daarom zal dit risico toch worden beschouwd.

De kans dat twee schepen elkaar raken wordt aangenomen een functie te zijn van de kans dat twee schepen elkaar ontmoeten en de kans dat de ontmoeting leidt tot een aanvaring. Het aantal ontmoetingen kan bepaald worden uit de verkeersstromen in een bepaald gebied. De kans dat de ontmoeting leidt tot een aanvaring voor schepen op zee is in data analyses gebleken afhankelijk te zijn van het scheepstype en de scheepsgrootte. De beschouwde situatie is niet op zee, en er wordt aangenomen dat de kans dat een ontmoeting tot een aanvaring leidt ook afhankelijk is van eventuele uitwijkmogelijkheden.

Omdat kan worden aangenomen dat de passerende vloot in beide situaties een vergelijkbare samenstelling heeft, namelijk kleine scheepvaart, zijn het aantal ontmoetingen en de uitwijkmogelijkheden maatgevend.

In een eerdere analyse was vastgesteld dat schepen op weg naar de IJ-palen gemiddeld 35 minuten doen over de passage tussen de pieren en de IJ-palen. Vervolgens doen zij er 9 minuten over van de IJ-palen weg te varen en het sluisencomplex te bereiken. Op basis van SHIPMA simulaties en een aantal aannames is geschat dat schepen op weg naar de Averijhaven gemiddeld 25 minuten varen vanaf het passeren van de pieren tot het bereiken van de Averijhaven, alvorens de invaarmanoeuvre in te zetten. Vervolgens wordt geschat dat ze nog 19 minuten doen over het stuk van de Averijhaven, na de achterwaartse manoeuvre, tot aan het sluisencomplex. Dit betekent dat in beide situaties de echte vaartijd ongeveer 44 minuten bedraagt. In de tijd dat het schip varend in de vaargeul doorbrengt zit dus geen wezenlijk verschil en het is dus te verwachten dat in beide situaties het aantal ontmoetingen bij benadering even groot zal zijn.

Omdat in beide situaties het schip in het midden van de geul vaart zijn de uitwijkmogelijkheden in geval van een ontmoeting ook niet wezenlijk verschillend. De kans op een aanvaring terwijl het schip vaart in de vaarweg is dus vergelijkbaar voor beide situaties.

#### **Kans op een aanvaring tijdens manoeuvreren**

De twee situaties zijn verschillend wat betreft het passerende verkeer tijdens het manoeuvreren. In de huidige situatie passeert kleinere scheepvaart tijdens de manoeuvre, terwijl in de toekomstige situatie aangenomen mag worden dat er geen scheepvaart passeert op dat moment. Dit betekent dat de kans op een aanvaring voor de situatie met de Averijhaven in principe nul is, terwijl er wel een aanvaringskans bestaat in de huidige situatie.

#### **Kans op een aanvaring terwijl het schip gemeerd ligt**

In de huidige situatie liggen de schepen gemeerd aan palen die aan de rand van de vaarweg liggen. Deze schepen vormen daarom een obstakel. Als de Averijhaven wordt aangelegd liggen de schepen in een haven buiten de vaarweg. Dit zorgt voor meer bewegingsruimte voor passerende schepen en daardoor een afname van de aanvaringskansen. Dit geldt niet alleen voor een aanvaring van het gemeerde schip zelf maar ook voor aanvaringen van passerende scheepvaart onderling.

#### **Kans op aan de grond lopen in het kanaal**

De kans op aan de grond lopen is in de eerste plaats afhankelijk van de geometrische eigenschappen van de vaarweg en de afstand die het schip aflegt. Omdat de geometrische eigenschappen van het relevante stuk vaarweg gelijk zijn in beide situaties, net als de afstand die het schip aflegt, wordt daarom het scenario van aan de grond lopen niet relevant geacht.

### **4.5 Consequenties**

Consequenties van maritieme ongevallen zijn over het algemeen van de volgende categorieën:

- Vervuiling als gevolg van uitstroom van olie bij schade aan het schip
- Schade aan schip, lading en infrastructuur
- Persoonlijk letsel en fataliteiten

Omdat bulkcarriers beschouwd worden is de kans dat lading in de vorm van olie uitstroomt niet relevant en kan alleen bunkerolie lekken. Voor het vrijkomen van bunkerolie, is het noodzakelijk dat de huid van het schip gepenetreerd wordt en dat bovendien de brandstoftank geraakt wordt. Of dit gebeurt hangt af van waar het schip geraakt wordt, onder welke hoek de impact is en bij welke snelheid dit gebeurt.

Ook de schade aan het schip zelf is afhankelijk van de grootte van de impact. Die impact is het grootst wanneer een schip dwars geraakt wordt of beide schepen elkaar frontaal raken. De impact is kleiner bij schampen en het botsen van schepen die in dezelfde richting varen.

Het enige moment dat het schip zich haaks op de richting van het verkeer bevindt is tijdens het in- en uitvaren van de Averijhaven. Omdat is vastgesteld dat deze manoeuvre geen relevant risico vormt, kan worden aangenomen dat aanvaringen zich altijd frontaal dan wel oplopend zullen voordoen. Bij de IJ-palen is het dwars of frontaal raken van het schip mogelijk, maar de kansen zijn klein vergeleken met de kans op een schampende botsing.

Voor de passerende scheepvaart mag aangenomen worden dat deze schepen niet in de zijkant geraakt worden bij een eventuele aanvaring omdat ze in dezelfde richting bewegen als de bulkcarriers tijdens de passage en daarom in die situatie alleen frontaal kunnen botsen. Dit betekent dat uitstroom van lading en bunkerolie van de passerende scheepvaart geen relevant risico is.

Omdat de snelheden van de scheepvaart en de bulk carrier niet echt verschillen voor de twee situaties, verschillen de consequenties met betrekking tot schade en vervuiling niet significant.

Over schade in de vorm van letsel en fataliteiten is het in het algemeen moeilijker om uitspraken te doen. Bovendien is de kans op een fataliteit klein vergeleken met de overige consequenties. Daarom wordt deze vorm van schade in deze studie buiten beschouwing gelaten.

#### 4.6 Afweging van de risico's

Omdat het schip zich in gemeerde toestand buiten de vaarweg bevindt en de geul door middel van VTS vrij wordt gehouden gedurende het manoeuvreren, zullen de aanvaringskansen afnemen als de Averijhaven in gebruik wordt genomen. Omdat de consequenties van een eventuele aanvaring gelijk blijven, zal ook het totale aanvaringsrisico afnemen.

In onderstaande tabel zijn de bevindingen van deze studie samengevat. De factoren die van invloed zijn op de aanvaarkansen en –consequenties zijn benoemd en vervolgens wordt aangegeven of de kansen en consequenties met de komst van de Averijhaven zullen toe- dan wel afnemen.

**Tabel 4.1 Vergelijking twee situaties**

	<b>Passage</b>	<b>Manoeuvreren</b>	<b>Aangemeerd</b>
<b>Huidige situatie</b>	Vaartijd: 44 minuten Locatie: Midden van de geul Verkeer: tot 180m	Verkeer: tot 180m	Locatie: dicht naast vaarweg
<b>Averijhaven</b>	Vaartijd: 44 minuten Locatie: Midden van de geul Verkeer: tot 180m	Verkeer: geen	Locatie: buiten de vaarweg
<b>Verandering aanvaarkansen</b>	Gelijk	Afname	Afname
<b>Verandering consequenties</b>	Gelijk	-	-

## 5 CONCLUSIES

Het voorliggende onderzoek geeft een schatting van de hinder voor de overige scheepvaart door het manoeuvreren van bulkcarriers voor de toekomstige Averijhaven te IJmuiden en een kwalitatieve beschouwing van het risico van de manoeuvres in en uit de Averijhaven. Op grond van de resultaten van dit onderzoek worden de volgende conclusies getrokken:

### Hinder voor overige vaart

- Omdat de duur van de manoeuvre naar de IJ-palen en de duur van de manoeuvre naar een ligplaats in de Averijhaven ongeveer gelijk is, blijft de hinder voor overige scheepvaart voor de invaart ongeveer gelijk aan de hinder in de huidige situatie;
- De uitvaart uit de Averijhaven levert aanzienlijk meer hinder op omdat deze manoeuvre veel langer duurt dan het wegvaren bij de IJ-palen;
- De vaart vanuit de geul, net voorbij de eerste noordelijke pier, naar de Averijhaven kost ongeveer 11 minuten; de achterwaartse vaart uit de Averijhaven kost ongeveer 19 minuten. Hiermee blijven de beide manoeuvres ruim binnen de gestelde limieten van 30 minuten voor in- en uitvaart, die door het Havenbedrijf Amsterdam zijn opgesteld;
- Het aantal gehinderde schepen neemt gemeten over in- en uitvaart samen ongeveer 46.2% toe, bij in gebruik name van de Averijhaven;
- Door deze toename wordt de kans dat een schip zonder het overige verkeer te hinderen de Averijhaven kan verlaten aanzienlijk kleiner; de kans op een voldoende lang 'slot' neemt aanzienlijk af;
- Omdat de meeste grote schepen in de periode tussen 2 en 4 uur na hoog water binnen is de hinder groot in die periode het grootst. Het verdient daarom aanbeveling om, indien mogelijk de Averijhaven buiten deze periode te verlaten;

### Risico van de manoeuvres

- Het gemeerd liggende schip loopt veel minder risico op omdat het schip beschermd ligt in de Averijhaven en er geen schepen meer dicht langs varen;
- Een manoevrerend schip loopt minder risico omdat de geul geheel vrijgehouden zal worden van overig verkeer;
- Het risico van de passage blijft gelijk bij aanleg van de Averijhaven.

## REFERENTIES

- [1] Dynamar B.V. (2007), Vlootontwikkeling 2020 versie 2b, April 2007
- [2] Centraal Planbureau, De financiële crisis en de beleidsopgaven volgens de WLO, CPB Memorandum, Januari 2010
- [3] Y. Koldenhof, Passeertijden voor 3 zeesluizen, MARIN Nr: 23202.620, Februari 2010
- [4] MARIN Rapport nr. 24804-1-MSCN-rev.1, Fast-time simulaties voor averijhaven, 25 maart 2011
- [5] C. van der Tak, Veiligheidsstudie voor LNG transport naar en vanuit Zeebrugge MARIN Nr: 23165.620/7, oktober 2009

DHV B.V.

**BIJLAGE 4      Eindrapportage Real-Time simulaties**





## MEMO

Aan : RWS Noord-Holland  
Van : Bas Wijdeven, Freek Verkerk (MARIN-MSCN)  
Kopie :  
Dossier : BA1469  
Project : Planstudie Lichtenen IJmuiden  
Betreft : verruiming draaicirkel IJmondhaven i.r.t. nautische studies Planstudie Lichtenen

Ons kenmerk : LW-AF20111930/HWG  
Datum : 18 juli 2011  
Classificatie : Klant vertrouwelijk

In het kader van de planstudie Lichtenen zijn diverse nautische studies uitgevoerd. De ontwerpfase is gestart met een aantal alternatieven die middels fast-time manoeuvreersimulaties zijn onderzocht op haalbaarheid. Vervolgens zijn real-time manoeuvreersimulaties uitgevoerd, medio juni 2011, voor de voorkeursvariant.

In de genoemde onderzoeken is de verruiming van de draaicirkel voor de IJmondhaven (gerealiseerd in mei 2011) niet meegenomen in de bodemligging.

Deze draaicirkel ligt zo ver van de hoofdgeul af dat de aanwezigheid en de vormgeving daarvan geen invloed heeft op het invaren van de Averijhaven. Tijdens zowel de fast-time als real-time simulaties zijn de vaarsnelheden zo laag dat er geen sprake zal zijn van een merkbare verandering van eventuele zuiging door de asymmetrie in de geul ter hoogte van deze draaicirkel.

## Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

### REAL-TIME SIMULATIES VOOR AVERIJHAVEN

1e concept-rapport

Rapport nr. : 24804-4-MSCN-rev.0

Datum : 8 juli 2011

Paraaf Management :



## REAL-TIME SIMULATIES VOOR AVERIJHAVEN

### 1<sup>e</sup> concept-rapport

Opdrachtgever: DHV  
Postbus 1132  
3800 BC Amersfoort

Revisienr.	Status	Datum	Auteur	Voor gezien
0	1e Concept	8 juli 2011	F.S.H. Verkerk	J.T.M. van Doorn

<b>INHOUD</b>	<b>Pag.</b>
1 INLEIDING .....	3
2 DOELSTELLING .....	5
3 OPZET en uitvoering VAN DE REAL-TIME SIMULATIES .....	6
3.1 Inleiding.....	6
3.2 Motivering voor layouts.....	7
3.3 Motivering voor de hydraulische stromingscondities .....	8
3.4 Uitbreiding van de database en de schepen .....	9
3.5 Gebruikte mathematische modellen .....	17
3.6 Opzet van de scenario's .....	19
3.7 Inrichting van de simulatoren.....	20
3.8 Uitvoering van de simulaties.....	20
3.8.1 Simulaties voor de Averijhaven .....	20
3.8.2 Simulaties voor de versmalde havenmond .....	22
3.9 Beoordeling van de real-time simulaties.....	23
4 PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN EN TOEGEPASTE CRITERIA.....	25
4.1 Inleiding.....	25
4.2 Presentatie van de resultaten van de real-time simulaties.....	25
4.3 Opgestelde criteria voor real-time simulaties .....	31
4.3.1 Controleerbaarheid van de manoeuvre.....	31
4.3.2 Maximale padbreedte tijdens de vaart .....	32
5 RESULTATEN VOOR DE AVERIJHAVEN .....	33
5.1 Invaart Averijhaven, met 300 m schip.....	33
5.2 Uitvaart Averijhaven, met gelichterd 300 m schip .....	35
5.3 Invaart toekomstige Averijhaven, met 340 m schip .....	38
5.4 Uitvaart toekomstige Averijhaven, met gelichterd 340 m schip.....	41
6 RESULTATEN VOOR DE VERSMALDE HAVENMOND.....	44
6.1 Inleiding.....	44
6.2 Invaart havenmond, met geladen 300 m schip.....	44
6.3 Invaart havenmond, met geladen 340 m schip.....	46
6.4 Uitvaart havenmond, met geballast 300 m schip.....	49
6.5 Uitvaart havenmond, met geballaste 340 m schip.....	51
7 ALGEMENE BEVINDINGEN.....	53
7.1 Averijhaven .....	53
7.2 Versmalde havenmond.....	54
8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	55
8.1 Averijhaven .....	55
8.2 Versmalde havenmond.....	57
REFERENTIES.....	58
BIJLAGE A           CAPABILITY STATEMENT.....	59
BIJLAGE B           BAAN EN DATA PLOTS AVERIJHAVEN .....	60
BIJLAGE c           BAAN EN DATA PLOTS VERSMALDE HAVENMOND.....	61

## 1 INLEIDING

DHV voert een ontwerpstudie uit voor de lay-out en inrichting van de Averijhaven te IJmuiden. Het gebied waar deze haven moet komen is nu nog een slibdepot (Figuur 1-1). De haven gaat gebruikt worden voor het lichten van bulkcarriers en als “refugee port” voor schepen die op de Noordzee in de problemen zijn gekomen en een noodafmeerplaats zoeken. Eén van de aspecten waar aandacht aan besteed moet worden is nautiek. MARIN voert, in opdracht van DHV de nautische studie uit.

De nautische studie bestaat uit de volgende deelprojecten:

- Effect van passerende schepen op het afgemeerde schip;
- Interacties met de overige vaart, waarbij gekeken wordt naar hinder (stremming) en naar risico's (aanvaarrisico);
- Het beoordelen van het in- en uitvaren van de Averijhaven met grote bulkcarriers uitgevoerd door middel van fast-time en real-time simulaties;
- Het bepalen van de downtime van het afgemeerde schip en het varende schip (aankomen);

De fast-time simulaties zijn uitgevoerd in februari 2011 en gerapporteerd in Rapport nr. 24804-1-MSCN-rev.2, 17 mei 2011 [4]. Als vervolg op de fast-time simulaties zijn voor de voorkeursvariant (zie Figuur 3-1) en de toekomstige voorkeursvariant (voor grotere schepen, zie Figuur 3-2) real-time simulaties uitgevoerd.

Naast de real-time simulaties voor de Averijhaven zijn ook simulaties uitgevoerd voor een havenmond met verlengde havendammen. Hierdoor wordt de bestaande havenmond 2 x 15 m versmald. Omdat de beide onderzoeken in hetzelfde gebied speelden en voor dezelfde schepen moesten worden uitgevoerd zijn deze onderzoeken gecombineerd.

In het voorliggende rapport worden de resultaten van de real-time simulaties voor beide onderzoeken gepresenteerd.

De studies worden in de volgende hoofdstukken gerapporteerd:

- Doelstelling;
- Opzet en uitvoering van de real-time simulaties;
- Presentatie van de resultaten en toegepaste criteria
- Resultaten voor de Averijhaven;
- Resultaten voor de versmalde havenmond;
- Algemene bevindingen voor de Averijhaven en de versmalde havenmond;
- Conclusies en aanbevelingen voor de Averijhaven en de voor de versmalde havenmond.



**Figuur 1-1 Plangebied voor de toekomstige Averijhaven (bron: Google Earth).**

## **2 DOELSTELLING**

De doelstelling van het onderzoeken is, om met de inzet van een real-time simulator en plaatselijke loodsen een nautische beoordeling van de huidige en toekomstige voorkeursvarianten te geven en van de effecten van de versmalde havenmond.

### 3 OPZET EN UITVOERING VAN DE REAL-TIME SIMULATIES

#### 3.1 Inleiding

De manoeuvreerstudies zijn uitgevoerd op MARIN's Full Mission Bridge I (FMB I). Een beschrijving van deze manoeuvreersimulator is opgenomen in Bijlage A. Voorafgaand aan de beschrijving van de voorbereiding van de studie worden de motivering van de geteste lay-outs (paragraaf 3.2) en de motivering voor de hydraulische stromingscondities gegeven (paragraaf 3.3). Deze twee paragrafen zijn toegeleverd door DHV om de gegevens, waarop de manoeuvreerstudie is gebaseerd, goed vast te leggen.

De werkzaamheden voor de real-time manoeuvreerstudie zijn onverdeeld in de volgende stappen:

- Uitbreiding van de bestaande database<sup>1</sup> van het IJmondgebied met drie varianten:
  - o de voorkeursvariant voor de Averijhaven met de bestaande havenmond;
  - o de toekomstige voorkeursvariant voor de Averijhaven met de bestaande havenmond;
  - o de voorkeursvariant voor de Averijhaven en de verlengde havendammen.
- Uitbreiding van de betreffende ENC cellen<sup>2</sup> met de twee varianten van de Averijhaven en de versmalde havenmond voor de ANMS (ECDIS elektronische kaart);
- Uitbreiding van de eerder voor de fast-time simulaties gebruikte scheepsmodellen t.b.v. de real-time simulaties;
- Toevoeging van twee scheepsmodellen voor ballastversies van de 300 m en 340 m schepen;
- Opzet van de scenario's voor de Averijhaven;
- Opzet van de scenario's voor de verlengde havendammen;
- Uitvoeren van de simulaties;
- Analyse en rapportage voor de Averijhaven;
- Analyse en rapportage voor de Averijhaven.

In de database zitten alle gegevens die nodig zijn om de simulaties uit te voeren. De stroom- en golfvelden zijn door DHV met behulp van de numerieke modellen Delft3D en SWAN berekend [3] en toegeleverd aan MARIN.

De definitieve lay-outs voor de twee varianten van de Averijhaven zijn toegeleverd door DHV in de vorm van ACAD files. De verlenging van de havendammen is niet digitaal toegeleverd maar in overleg met DHV zijn de beide havendammen 15 m verlengd in de richting van de bestaande dammen.

De simulaties voor de Averijhaven zijn uitgevoerd met de op dit moment maximaal toegelaten bulkcarrier met een lengte van 300 m over alles, een breedte van 45 m en een (met de klant bepaalde) diepgang van 17,8 m en met een toekomstige maat bulkcarrier van 340 x 60 x 17,8 m. De uitvaarmanoeuvres van de Averijhaven zijn uitgevoerd met gelichterde versies van deze schepen met een (met de klant bepaalde) diepgang van 13,75 m. Voor het onderzoek naar de verlengde havendammen zijn ballastversies van de twee genoemde schepen toegevoegd Diepgang 10,0 m en 12,5

<sup>1</sup> Deze database is eigendom van het Nederlandse loodswezen. Het loodswezen heeft toestemming gegeven om deze database te gebruiken voor dit onderzoek.

<sup>2</sup> ENC cellen zijn de bouwstenen van een elektronische kaart. Ze bevatten de geografische en nautische informatie van een deelgebied van de totale kaart. Door alleen één of meer ENC cellen aan te passen blijft de rest van de elektronische kaart ongewijzigd.



m). De simulaties zijn uitgevoerd met assistentie van sleepboten. Het sleepbootvermogen is in overleg met de klant bepaald en gebaseerd op de nu aanwezige sleepboten van 70 ton bollard pull.

Voor de nautische beoordeling van de Averijhaven zijn 16 scenario's opgezet; voor de nautische beoordeling van de versmalde havenmond zijn 8 scenario's opgezet. Deze scenario's zijn gebaseerd op de resultaten van de bespreking gehouden op 7 juni met vertegenwoordigers van RWS, de loodsen en DHV en op de resultaten van de eerder uitgevoerde fast-time simulaties [4].

De resultaten van de real-time simulaties zijn beoordeeld op het gebied van ruimtegebruik en controleerbaarheid/bestuurbaarheid van het schip.

### 3.2 Motivering voor layouts

In november is een start gemaakt met de planstudie Lichtenen. Uitgangspunt bij de start was de locatie van de nieuwe insteekhaven: ter plekke van het huidige baggerspeciedepot. In december en januari is middels een ontwerp brainstorm en verschillende bijeenkomsten met stakeholders en Rijkswaterstaat de ontwerpruimte onderzocht. Uiteindelijk is eind januari gekozen voor 4 hoofdvarianten, welke nautisch onderzocht zijn middels fast-time simulaties. Deze varianten zijn verder uitgewerkt en beoordeeld op hun milieueffecten in een MER-studie. In maart / april is nog een aantal optimalisaties gemaakt, variaties op de 4 hoofdvarianten.

Op basis van de resultaten van fast-time simulaties voor de 4 haven lay-outs is (als onderdeel van de nautische optimalisatieslag) in het ontwerp van de insteekhaven nader onderzocht of natuurlijke taluds langs alle oevers van de insteekhaven mogelijk zijn. Op basis van het geveegde pad, de nautische veiligheidsmarges en de ruimte benodigd voor sleepboten is vastgesteld dat een dergelijke variant op maaiveld niveau dezelfde insteekbreedte nodig zal hebben als bij de eerder beschouwde layout 3, uitgaande van een onderwatertalud 1:5 van -20 m NAP tot -3 m NAP, en talud 1:3 van -3 m NAP tot + 5 m NAP.

Uit de een integrale effectvergelijking is deze variant met natuurlijke oevers overgebleven.

Op basis van deze getrechterde variant is er een risicosessie gehouden met de gebruikers van de huidige lichterfaciliteit (de toekomstige gebruikers van de nieuwe lichterlocatie in de insteekhaven: loodsen, vletterlieden, stuwadoors, sleepdiensten, gemeente Velsen, Centraal Nautisch Beheer (CNB) en Veiligheidsregio Kennemerland). Uit dit overleg kwam naar voren dat een variant waarbij het schip afmeert aan palen aan de oostoever, gecombineerd met een scheiding van afmeervoorzieningen en overslag een sterke voorkeur heeft van de gebruikers.

In overleg met het loodswezen is deze lay-out verder geoptimaliseerd waar het gaat om de voorkeurspositie van het schip ten opzichte van het omliggende talud en het aantal benodigde afmeerpalen en hun positie ten opzicht van talud en vaarweg. Deze geoptimaliseerde lay-out is opgenomen in Figuur 3-1.

In de fast-time simulaties is ook onderzocht of een nieuwe insteekhaven robuust is voor schaalvergroting. Hiervoor is in de fast-time simulaties gevaren met een schip van 340 m lang en 60m breed, in een variant met verticale oevers en maximalisatie van het bassinoppervlak (lay-out 3 uit de fast-time simulaties).

De getrechterde lay-out met natuurlijke taluds rondom biedt te weinig ruimte voor het invaren en afmeren van dit type schip, zowel in de breedte als in de lengte. Een toekomstvariant waarin dit schip wel afgemeerd kan liggen is daarom verder uitgewerkt ter toetsing in de real-time simulaties. Hiertoe kan de noord- en oostoever in de toekomst voorzien worden van een verticale grondkerende constructie en worden uitgebaggerd. Het aanbrengen van een grondkerende constructie op de noordoever is noodzakelijk om de meest zuidelijke meerpaal buiten de vaarheul te houden, bij voorkeur niet zuidelijker dan halverwege het talud van het noorder buitenhavenkanaal. De grondkerende constructie op de oostoever is noodzakelijk om extra ruimte te creëren vanwege de breedte van het schip en de grotere windgevoeligheid. Deze lay-out is opgenomen in Figuur 3-2.

### 3.3 Motivering voor de hydraulische stromingscondities

De stroming in de haven van IJmuiden wordt veroorzaakt door twee verschillende processen:

- Getijvulling en lediging
- Spuien vanuit het Noordzee kanaal

De stroming door getijvulling en lediging hangt af van de snelheid waarmee de waterstand als gevolg van het getij verandert. Deze verandering is het snelst bij springtij. Tijdens springtij worden dan ook de grootste stroomsnelheden verwacht als gevolg van getijvulling en lediging. De stroming door spuien hangt in sterke mate af van de hoeveelheid water dat wordt gespuid. Spuien kan zowel onder vrij verval als met behulp van een gemaal. Daarnaast is het gespuide water zoet terwijl het water in de haven zout is. Hierdoor zullen dichtheidseffecten optreden wat de stroming zal beïnvloeden.

Voor de real-time simulaties is gebruik gemaakt van de hydraulische detailmodellen zoals opgesteld door Arcadis en Deltares, opgeleverd op 29 april 2011 [3]. Hierbij is voor de stroming gebruik gemaakt van resultaten uit het Delft3D flow model en voor de golven is gebruik gemaakt van SWAN model.

Uit de eerder uitgevoerde fast-time simulaties komt naar voren dat de golfcondities in de averijhaven een zeer beperkte invloed hebben op het manoeuvreergedrag van de bulkschepen. Voor dit real-time manoeuvreonderzoek is een aanpak gehanteerd waarin naast de Delft3D stromingsvelden golfresultaten uit het SWAN model meegenomen worden. Dit SWAN model geeft de beste resultaten in de haventoeegang, juist het gebied waar de golven relatief hoog zijn en van invloed op het manoeuvreergedrag van grote bulkschepen. Uit de Arcadis studies is bekend dat SWAN in relatief afgeschermd gebied zoals de averijhaven een onderschatting kan geven van de golfhoogte, omdat diffractie niet wordt meegenomen. Deze onderschatting heeft een verwaarloosbare invloed op de manoeuvreerresultaten.

De geselecteerde stroomcondities zijn als volgt:

- Invaart naar Averijhaven: springtij na hoogwater, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, bij een waterstand van +0.4 m NAP;
- Uitvaart richting sluis: spuidebiet 500 m<sup>3</sup> bij een waterstand van NAP-1,7 m;

---

<sup>3</sup> Conceptrapport "Opzet en calibratie modelinstrumentarium IJmuiden", Deltares, Arcadis, 29 april 2011

Het toelatingsbeleid voor de sluis stelt dat de bulkschepen een minimale waterstand van om en nabij NAP nodig hebben om de sluisdempel te kunnen passeren. Hierbij is dan ook een diepgangsbeperving van toepassing. Voor het toetsen van een nautische veilige uitvaart richting de sluis is echter gekozen voor een lagere waterstand dan NAP omdat een lichterschip mogelijk zijn ligplaats moet verlaten om plaats te maken voor een zogenaamd refuge schip in nood. Deze manoeuvre kan mogelijk plaatsvinden bij waterstanden lager dan NAP. En bij een lagere waterstand dan NAP is het de verwachting dat ook de stroomsnelheden nabij de averijhaven ten gevolge van het spuien hoger zijn. Gekozen is daarom voor een 1/1 jaar laagwaterstand conditie van NAP -1.7 m.

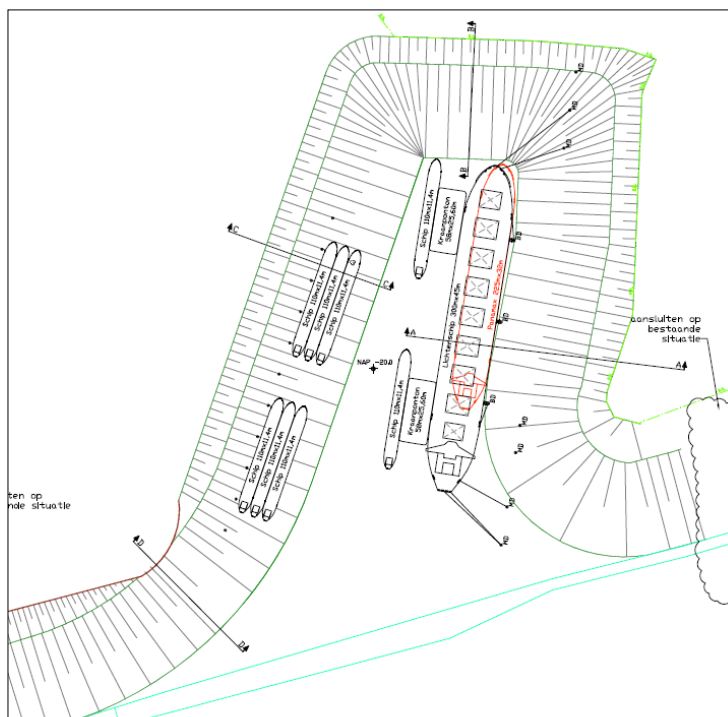
Voor de situatie met verlengde havendammen zijn ook Delft3D flow simulaties voor de havenmond uitgevoerd, om te verifiëren of de verlenging van de havendammen een effect heeft op de stromingscondities en daarmee het manoeuvreergedrag van de bulkcarriers bij het passeren van de havendammen. Voor de nautische simulaties met verlengde havendammen is hiertoe het stroombeeld aangepast.

### 3.4 Uitbreiding van de database en de schepen

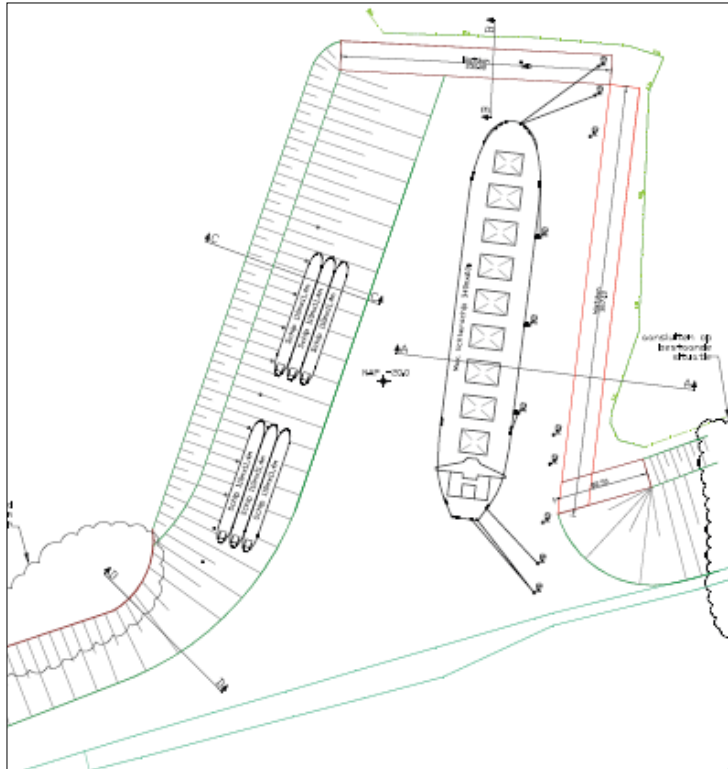
De database van het gebied bestaat uit geografische gegevens en omgevingscondities zoals stroom, wind en golven. De volgende gegevens zijn verwerkt voor deze database:

#### *Lay-outs*

De lay-outs van de twee varianten van de Averijhaven (zie Figuur 3-1 en Figuur 3-2) zijn ontwikkeld uit de, door de klant toegeleverde ACAD files (Variant VKV (V1).dwg, d.d. 7-6-2011 en Variant VKVx (V1).dwg, d.d. 7-6-2011). Voor de simulaties voor de verlenging van de havendammen zijn de beide havendammen 15 m verlengd in de richting van de bestaande dammen;



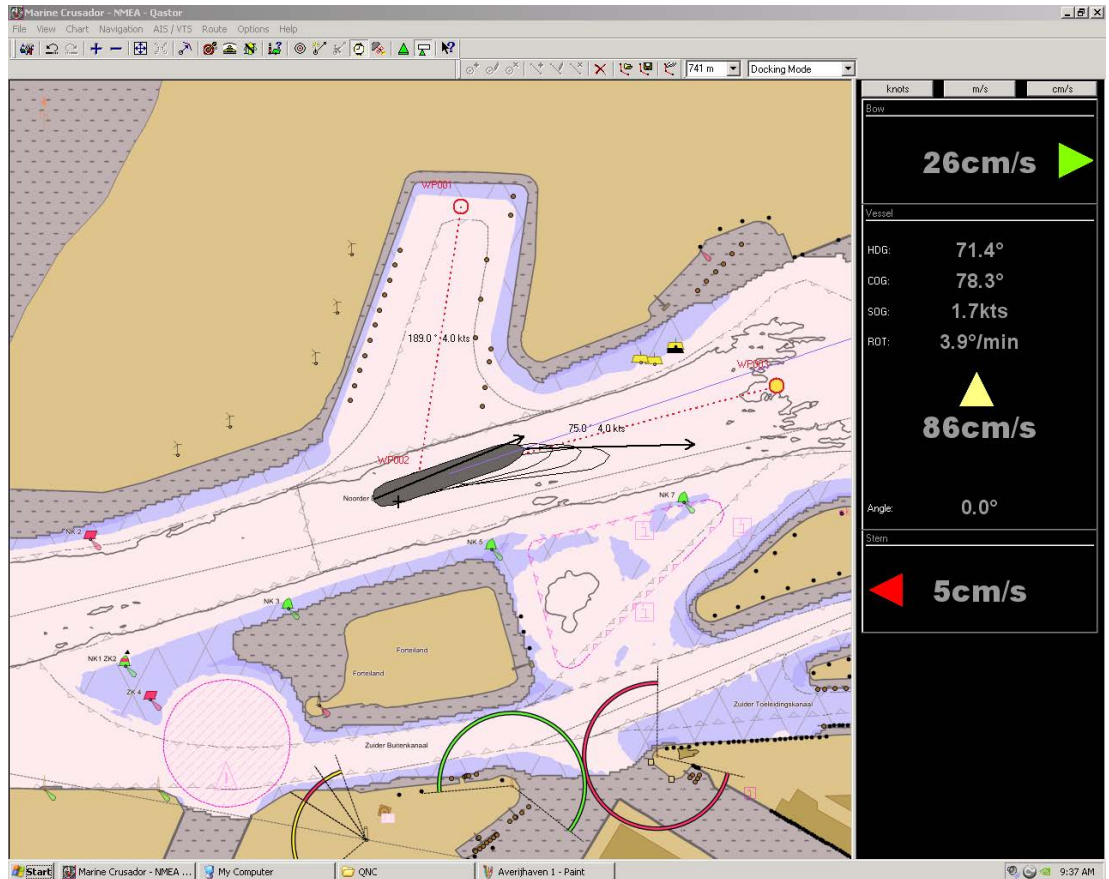
**Figuur 3-1** Voorkeursvariant Averijhaven (VKV) voor huidige schepen (300 m).



**Figuur 3-2** Voorkeursvariant Averijhaven (VKVx) voor toekomstige schepen (340 m).

### *Uitbreiding ANMS database*

In het bestaande databestand van het IJmondgebied voor de ANMS zijn de twee varianten van de Averijhaven (incl. dieptelijnen en meerpalen) en de versmalde havenmond toegevoegd in de betreffende ENC cellen. Figuur 3-3 geeft een voorbeeld van de VKV lay-out in de ANMS.



**Figuur 3-3 ANMS beeld van voorkeursvariant (VKV) voor de Averijhaven**

### *Diepteveld*

Voor de geul voor en in de bestaande haven is het diepteveld van de bestaande database is overgenomen. Het diepteveld van de Averijhaven is daaraan toegevoegd gebaseerd op de toegeleverde ACAD files van de klant en gecorrigeerd voor het verschil tussen NAP en LAT<sup>4</sup>. De dieptelijnen naast de bestaande geul zijn in de baan plots aangegeven (zie Figuur 4-1).

### *Stroombeelden*

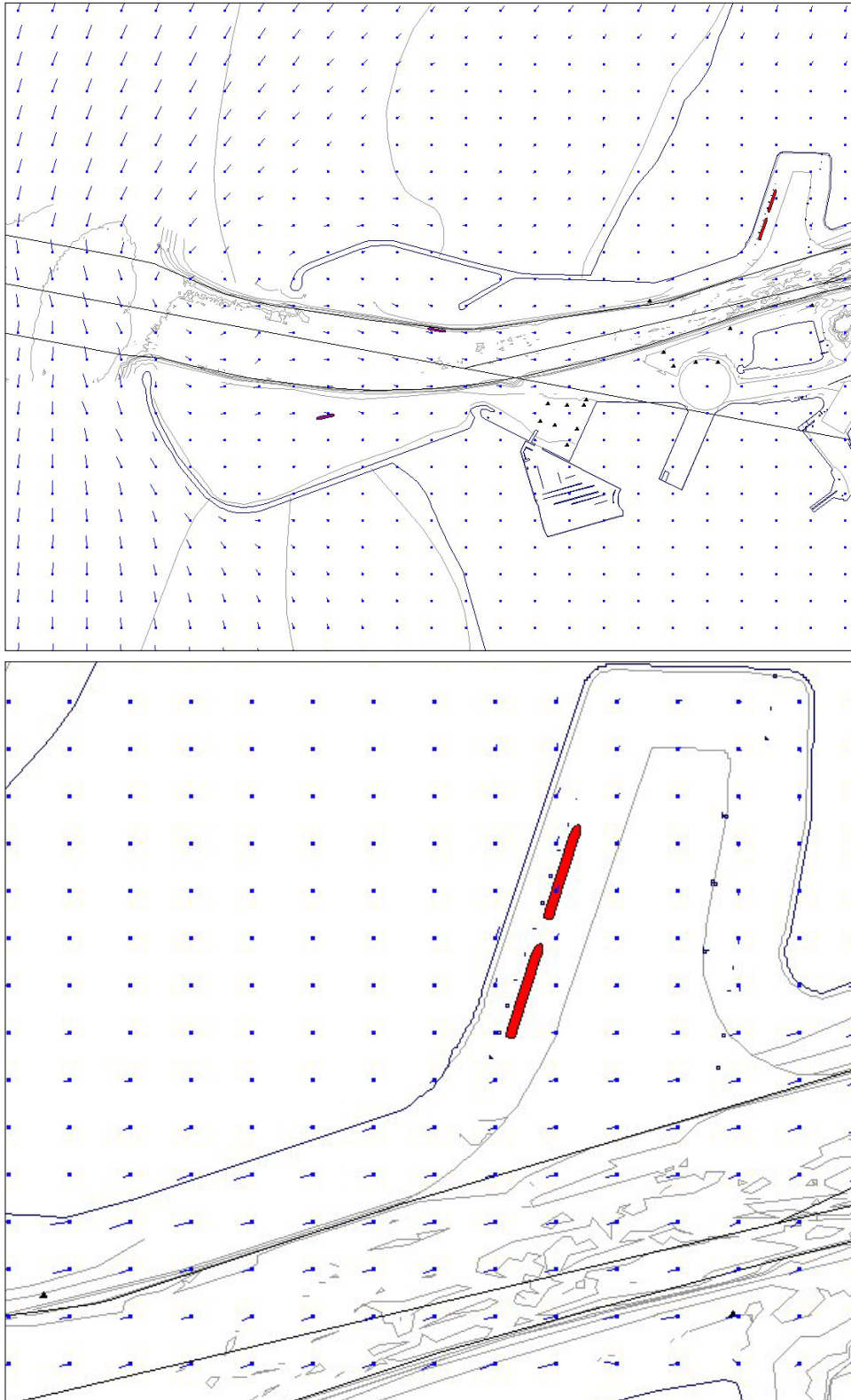
Voor de real-time simulaties zijn twee stroomvelden (bestaande havenmond met Averijhaven VKV en versmalde havenmond met Averijhaven VKV) gebruikt met drie dimensionale stroomgegevens, over een geheel getij van 12 uur en 20 minuten. Voor het gebruik van de stroomgegevens voor een bepaald schip in de simulator moeten de 3D stroomgegevens omgezet worden in een 2D grid. De 3D stroomgegevens zijn kwadratisch gemiddeld over de diepgang van het betreffende schip om te komen tot een 2D stroomveld voor dat schip.

Uit deze stroomvelden zijn vijf tijdstippen gekozen, die overeenkomen met de waterstand, waarop een bepaald schip met een bepaalde diepgang een bepaalde manoeuvre uitvoert. Voor de geladen schepen (diepgang 17,8 m), die de haven invaren geldt een passage van de havenmond na HW met een maximale dwarsstroom van 1 kn, en een waterstand van NAP + 0,4 m. Voor deze manoeuvres zijn de volgende stroomvelden gemaakt:

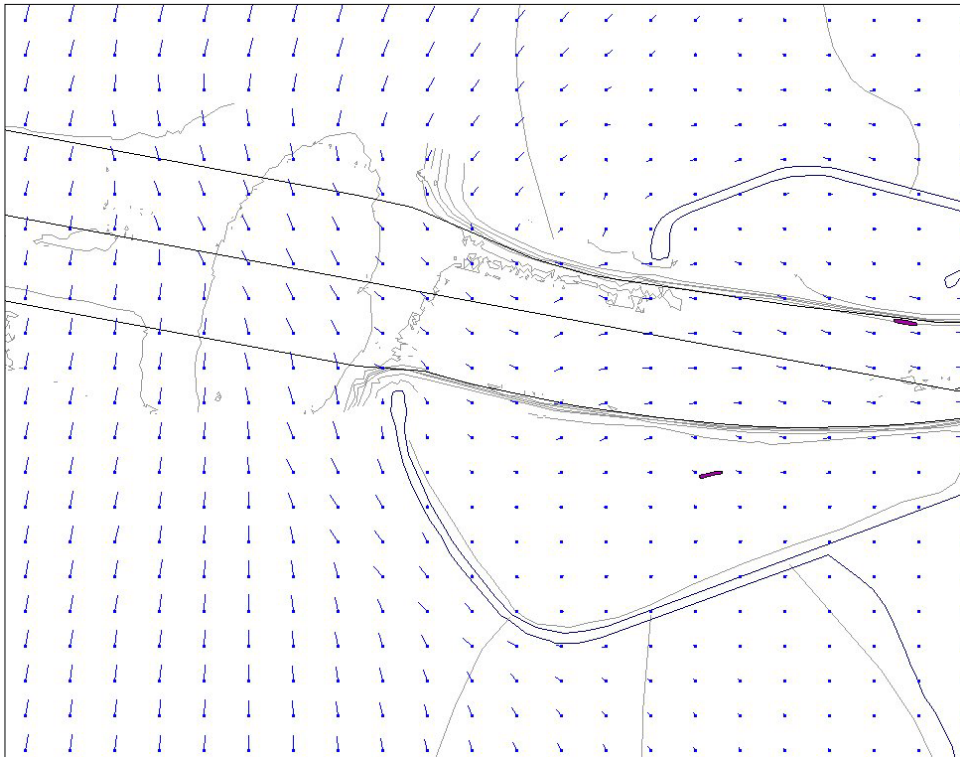
---

<sup>4</sup> Het bestaande diepteveld heeft als referentievlak LAT omdat dit veld is overgenomen uit de nautische kaart van het bestaande gebied.

- Stroombeeld 1: Springtij na hoogwater, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, bestaande havenmond (zie Figuur 3-4) overzicht en detail Averijhaven;
- Stroombeeld 4: Springtij na hoogwater, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, versmalde havenmond (zie Figuur 3-5).



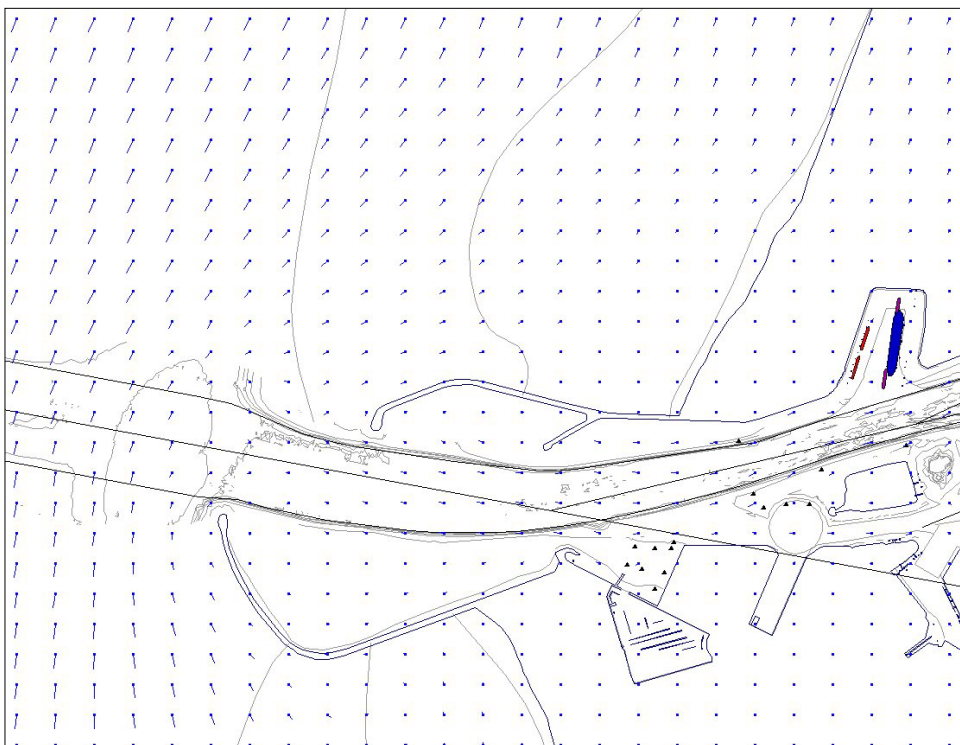
**Figuur 3-4** Stroombeeld springtij, na hoogwater, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP + 0.4 m, overzicht en detail



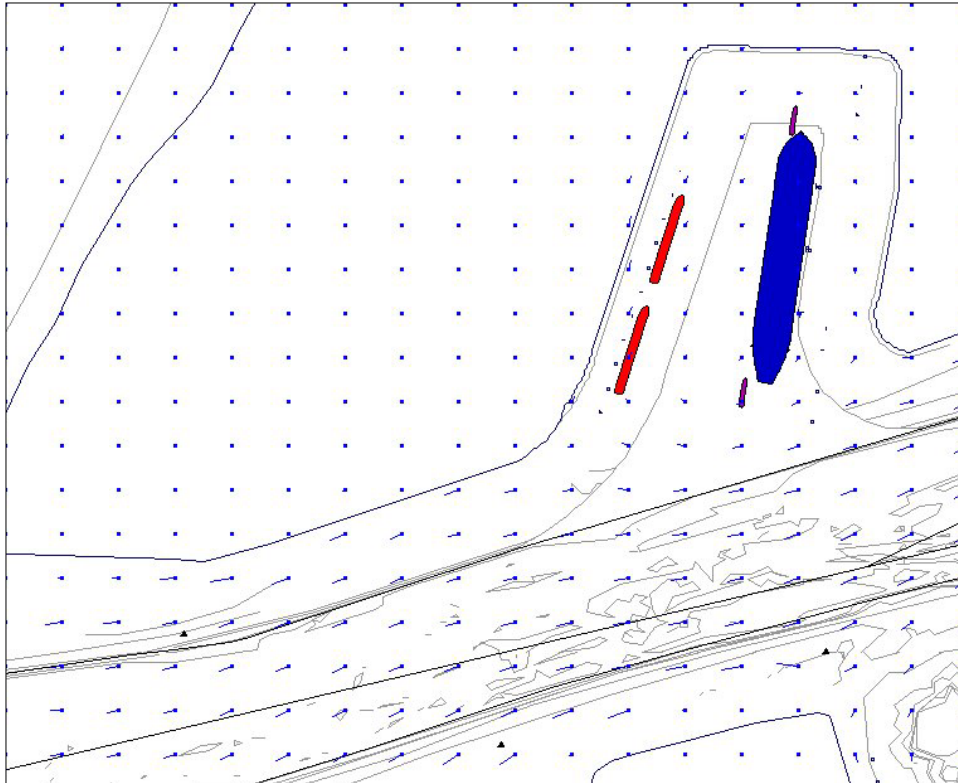
**Figuur 3-5 Stroombeeld springtij, na hoogwater, pompdebiet 260 m<sup>3</sup>, NAP + 0.4 m, versmalde havenmond**

Het achteruit verlaten van de Averijhaven en opvaren naar de sluis met gelichterde schepen (diepgang 13,75 m), wordt uitgevoerd bij extreem laag water. Er geldt dan het volgende stroombeeld:

- Stroombeeld 2: Spuidebiet 500 m<sup>3</sup> (zie Figuur 3-6), bij een waterstand van NAP-1,7 m, overzicht en detail Averijhaven;



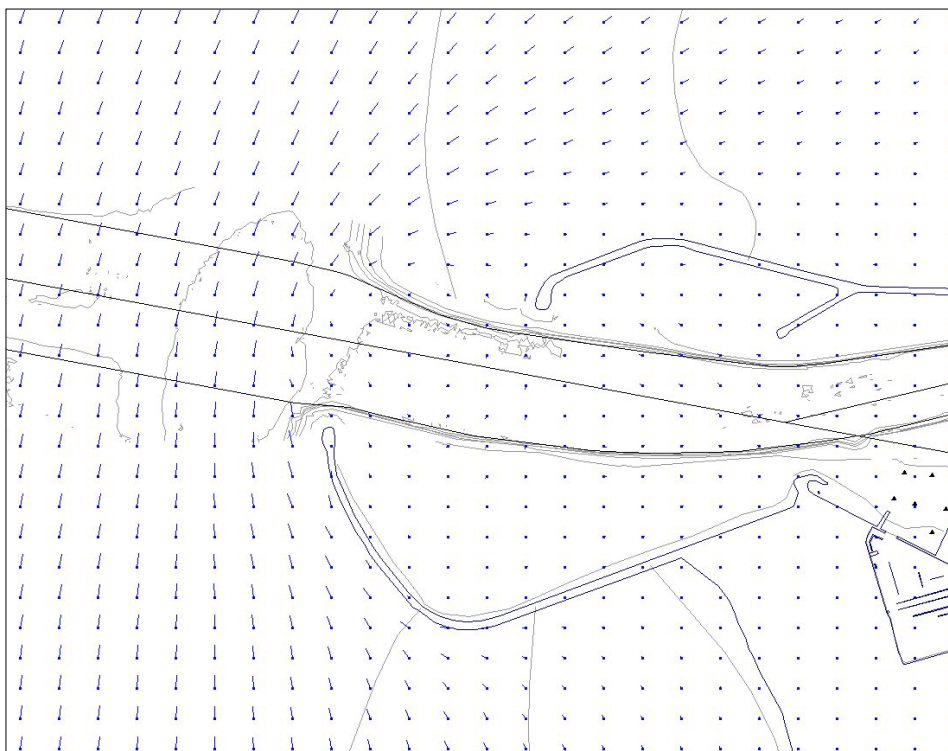




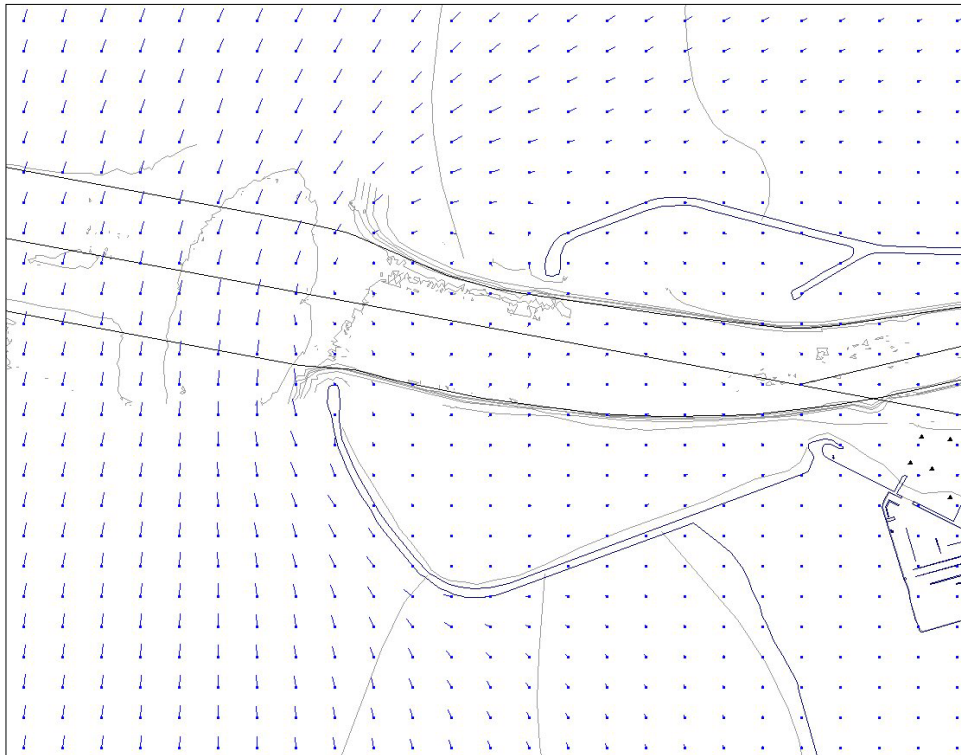
**Figuur 3-6** Stroombeeld spuidebiet 500 m<sup>3</sup>, NAP – 1,7 m, overzicht en detail

Voor het verlaten van de havenmond met ballastschepen (diepgang resp. 10 m en 12,5 m), wordt bij HW gevaren met een maximale noordgaande stroom 2 kn voor de haven van. Hiervoor zijn de volgende stroomvelden geïmplementeerd:

- Stroombeeld 3: Springtij op hoogwater, bestaande havenmond (zie Figuur 3-7);
- Stroombeeld 5: Springtij op hoogwater, versmalde havenmond. (zie Figuur 3-8).



**Figuur 3-7** Stroombeeld springtij, hoogwater, 2 kn noordgaand



**Figuur 3-8** Stroombeeld springtij, hoogwater, 2 kn noordgaand, versmalde havenmond

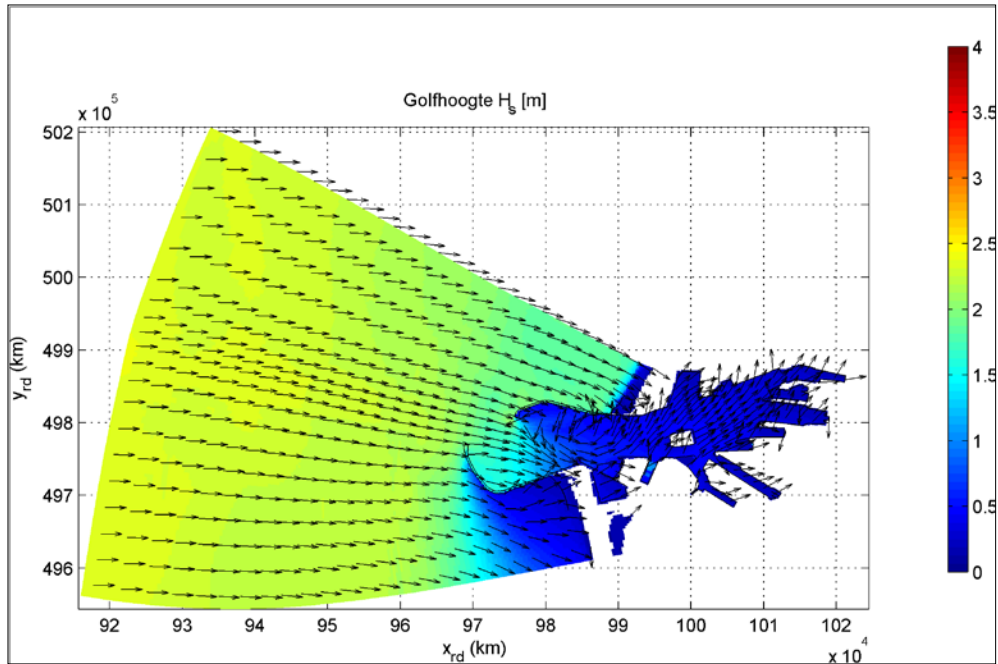
#### *Windvelden*

Er zijn in eerste instantie homogene windvelden ingevoerd uit zuidwestelijke en noordwestelijke richting omdat hiermee de twee meest ongunstige situaties worden beproefd. Als het schip de Averijhaven binnenvaart wordt het door de ZW wind naar voren geduwd en moet de snelheid bewust laag gehouden worden. Bij noordwesten wind ondervindt de boeg van het schip (en dus de voorsleepboot) bij de invaart de grootste windkrachten. Omdat bij deze windrichtingen het aanleggen vrij eenvoudig gaat (het schip 'waait', door de sleepboten gecontroleerd, naar de steiger) en omdat bij westelijke wind de wind en de stroom tegen elkaar in staan, zijn in de loop van het onderzoek ook nog scenario's met oostelijke wind toegevoegd om te controleren of de sleepboten het schip veilig naar de steiger kunnen brengen.

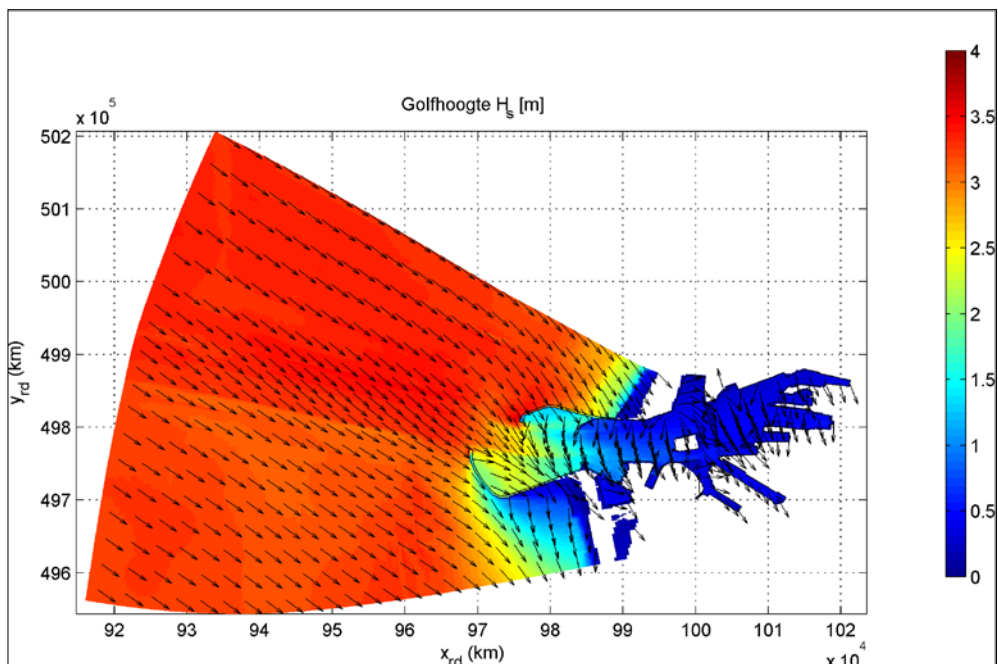
De geteste windsnelheid is 15,4 m/s, gemeten op 10 m hoogte. Dit is de gemiddelde windsnelheid, behorend bij windkracht 7 Bft. Deze windsnelheid is voor eerder simulatoronderzoek naar de maximale containerschepen voor IJmuiden gebruikt en ook voor de fast-time simulaties voor de Averijhaven.

#### *Golfvelden*

Voor de windrichtingen ZW en NW zijn op zee opgewekte golven gemodelleerd, die optreden bij de geteste windcondities van Bft 7. De golfvelden zijn toegeleverd door de klant. Deze golfvelden zijn gegeven in Figuur 3-9 (Hs op zee 2,2 m en Tp op zee 5,7 sec) en Figuur 3-10 (Hs op zee 3,25 m en Tp op zee 6,5 sec). Bij oostelijke wind worden geen golven gemodelleerd omdat dan de lokaal opgewekte golven te laag zijn om effect te hebben op de betreffende schepen.



Figuur 3-9 Golfveld 240 graden, behorend bij ZW wind Bft 7



Figuur 3-10 Golfveld 300 graden, behorend bij NW wind Bft 7

### 3.5 Gebruikte mathematische modellen

#### *Bulkcarriers*

Voor het uitvoeren van de fast-time simulaties waren vier manoeuvreermodellen gebruikt. Voor de real-time simulaties voor de Averijhaven zijn deze modellen uitgebreid met extra gegevens (o.a. 3D buitenbeeld representatie van het schip en een meer uitgebreid machinegedrag), die nodig zijn voor gebruik op een real-time simulator. Voor het onderzoek naar de versmalde havenmond zijn nog twee ballastversies van de gebruikte schepen toegevoegd. Tabel 3-1 geeft de afmetingen van de gebruikte schepen:

**Tabel 3-1 Gegevens van de gebruikte modellen van bulkcarriers**

Gegevens	Eenheid	Geladen	Gelichterd	Ballast	Geladen	Gelichterd	Ballast
Lengte	[m]	300.0	300.0	300.0	340.0	340.0	340.0
Breedte	[m]	45,0	45,0	45,0	60,0	60,0	60,0
Diepgang	[m]	17,8	13,75	10,0	17,8	13,75	12,5
Vermogen	[kW]	13.600	13.600	13.600	25.500	25.500	25.500
Massa	[ton]	200300	155200	110300	294100	227900	214000
Deadweight	[DWT]	170.880	170.880	170.880	341.550	341.550	341.550
Windoppervlak	[m <sup>2</sup> ]	3250	4410	5516	5348	6685	7102

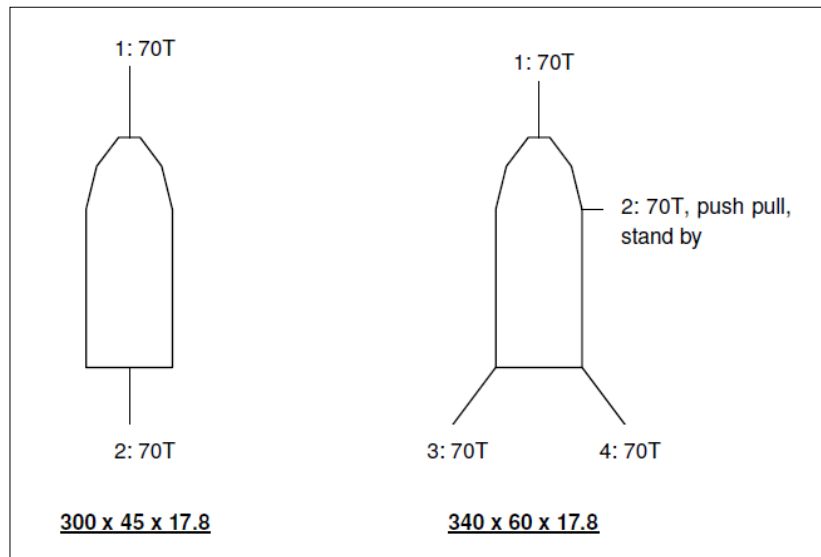
De modellen van de bulkcarriers zijn gebaseerd op bestaande en geteste modellen van dit type schepen.

#### *Sleepboten*

Van te voren was vastgelegd dat voor de vaarten ASD-sleepboten gebruikt zouden worden met een bollard pull van ieder 70 ton. Deze sleepboten hebben een lengte van 33 m, een breedte van 12 m en een diepgang van 5 tot 5,5 m. Bij het 300 m schip zijn de sleepboten vastgemaakt op de boeg en in de middenkluis op het achterschip (zie Figuur 3-11).

Voor de 340 m bulkcarrier zijn op advies van de loodsen vier ASD-sleepboten ingezet van 70 bollard pull. Uit de fast-time simulaties was al gebleken dat voor dit grote schip vier boten van elk 57 ton bollard pull nodig waren. De sleepboten zijn van 1 t/m 4 genummerd en de posities zijn zoals aangegeven in Figuur 3-11.

De lengte van de sleeplijnen is in alle gevallen 25 m. Deze lengte is vastgesteld in overleg met de loodsen en is van belang voor het ruimtegebruik van de sleepboten.


**Figuur 3-11 Sleepbootconfiguratie voor beide schepen**

### 3.6 Opzet van de scenario's

De scenario's voor de real-time simulaties beschrijven de door een bepaald schip (met bijbehorende diepgang) uit te voeren manoeuvre (zie tabel 3.2) door middel van beginpunt van de manoeuvre, startsnelheid en koers<sup>5</sup>, eindpunt van de manoeuvre, gemeerde binnenschepen in de Averijhaven, de condities (stroom, waterstand, golven en wind) en het gebruik van sleepboten. De, in tabel 3.2 genoemde, varianten verwijzen naar de voorkeurvariant (VKV), de toekomstige voorkeurvariant (VKVx) en de versmalde havenmond (Versm.) in combinatie met de voorkeurvariant.

De scenario's 1 t/m 12 en 21 en 22 zijn opgezet voor het gebruik bij het onderzoek voor de Averijhaven. De scenario's 13 t/m 20 zijn opgezet voor het gebruik bij het onderzoek voor de versmalde havenmond, waarbij de resultaten van runs in de scenario's 1, 2, 7 en 8 ook gebruikt kunnen worden voor dit laatste onderzoek.

Voor de scenario's voor het onderzoek naar de versmalde havenmond zijn van te voren geen wind- en golfcondities vastgelegd. Om het aantal runs te beperken is gekozen om alleen runs te doen voor de maatgevende richting (ZW of NW). Deze keuze is in het begin van het onderzoek gemaakt gebaseerd op de resultaten van de eerste runs voor de Averijhaven en op het advies van de loodsen, die deze eerste runs hebben uitgevoerd. De keuze is gevallen op ZW wind en golven.

---

<sup>5</sup> Voor de vaarten met de gelichterde schepen, die de Averijhaven verlaten is de beginkoers langs de nieuwe palen in de Averijhaven.

**Tabel 3-2 Beschikbare scenario's voor de real-time simulaties**

Scenario	Variant	Schip	Beginpunt	Koers/vaart	Eindpunt	Gemeerde schepen	Stroom	Waterstand	Golven	Wind	Sleepboten	Locatie sleepboten
1	VKV	300 m 17,8	1,5 mijl uit	100/6 kn	Averijhaven,	2 x Kl Va	1	NAP+0,4	ZW	ZW, 15,4 m/s	2 x 70	in buitenhaven
2	VKV	300 m 17,8	1,5 mijl uit	100/6 kn	Averijhaven	2 x Kl Va	1	NAP+0,4	NW	NW, 15,4 m/s	2 x 70	in buitenhaven
3	VKV	300 m 17,8	oude pieren	77/4 kn	Averijhaven	2 x Kl Va	1	NAP+0,4	ZW	ZW, 15,4 m/s	2 x 70	vast
4	VKV	300 m 17,8	oude pieren	77/4 kn	Averijhaven	2 x Kl Va	1	NAP+0,4	NW	NW, 15,4 m/s	2 x 70	vast
5	VKV	300 m 13,75	Averijhaven	langs palen	naar sluis	2 x Kl Va	2	NAP-1,7	ZW	ZW, 15,4 m/s	2 x 70	vast
6	VKV	300 m 13,75	Averijhaven	langs palen	naar sluis	2 x Kl Va	2	NAP-1,7	NW	NW, 15,4 m/s	2 x 70	vast
21	VKV	300 m 17,8	oude pieren	77/4 kn	Averijhaven	2 x Kl Va	2	NAP-1,7	n.v.t	O, 15,4 m/s	2 x 70	vast
22	VKV	300 m 13,75	Averijhaven	langs palen	naar sluis	2 x Kl Va	2	NAP-1,7	n.v.t	O, 15,4 m/s	2 x 70	vast
7	VKVx	340 m 17,8	1,5 mijl uit	100/6 kn	Averijhaven	2 x Kl Va	1	NAP+0,4	ZW	ZW, 15,4 m/s	4 x 70	in buitenhaven
8	VKVx	340 m 17,8	1,5 mijl uit	100/6 kn	Averijhaven	2 x Kl Va	1	NAP+0,4	NW	NW, 15,4 m/s	4 x 70	in buitenhaven
9	VKVx	340 m 17,8	oude pieren	77/4 kn	Averijhaven	2 x Kl Va	1	NAP+0,4	ZW	ZW, 15,4 m/s	4 x 70	vast
10	VKVx	340 m 17,8	oude pieren	77/4 kn	Averijhaven	2 x Kl Va	1	NAP+0,4	NW	NW, 15,4 m/s	4 x 70	vast
11	VKVx	340 m 13,75	Averijhaven	langs palen	naar sluis	2 x Kl Va	2	NAP-1,7	ZW	ZW, 15,4 m/s	4 x 70	vast
12	VKVx	340 m 13,75	Averijhaven	langs palen	naar sluis	2 x Kl Va	2	NAP-1,7	NW	NW, 15,4 m/s	4 x 70	vast
13	VKV	300 m 17,8	1,5 mijl uit	100/6 kn	Noorder Buitenk.	n.v.t	1	NAP+0,4	ZW	ZW, 15,4 m/s	2 x 70	in buitenhaven
14	Versm.	300 m 17,8	1,5 mijl uit	100/6 kn	Noorder Buitenk.	n.v.t	4	NAP+0,4	ZW	ZW, 15,4 m/s	2 x 70	in buitenhaven
15	VKV	340 m 17,8	1,5 mijl uit	100/6 kn	Noorder Buitenk.	n.v.t	1	NAP+0,4	ZW	ZW, 15,4 m/s	4 x 70	in buitenhaven
16	Versm.	340 m 17,8	1,5 mijl uit	100/6 kn	Noorder Buitenk.	n.v.t	4	NAP+0,4	ZW	ZW, 15,4 m/s	4 x 70	in buitenhaven
17	VKV	300 m 10,0	Noorder Buitenk.	257/4 kn	IJ-Geul	n.v.t	3	T.B.D	ZW	ZW, 15,4 m/s	geen	n.v.t
18	Versm.	300 m 10,0	Noorder Buitenk.	257/4 kn	IJ-Geul	n.v.t	5	T.B.D	ZW	ZW, 15,4 m/s	geen	n.v.t
19	VKV	340 m 12,5	Noorder Buitenk.	257/4 kn	IJ-Geul	n.v.t	3	T.B.D	ZW	ZW, 15,4 m/s	geen	n.v.t
20	Versm.	340 m 12,5	Noorder Buitenk.	257/4 kn	IJ-Geul	n.v.t	5	T.B.D	ZW	ZW, 15,4 m/s	geen	n.v.t

### 3.7 Inrichting van de simulatoren

De simulaties zijn uitgevoerd op de MARIN/MSCN Full Mission Bridge I (zie bijlage A voor de beschrijving van FMB I).

Voor het beoordelen van de positie van het schip bij het oplijnen in de Averijhaven was het mogelijk om het zichtpunt op de brug te verplaatsen naar de brugvleugel. Hiermee kijk men langs het schip naar voren en naar achteren.

Omdat invaren, oplijnen en verlaten van de Averijhaven een zeer nauwkeurige manoeuvre is zijn de vaarten met behulp van het ANMS systeem uitgevoerd. Dit elektronische kaart systeem wordt in de praktijk door de loodsen gebruikt voor de beloodsing van marginale schepen. Het is daarom afgesproken dat dit systeem ook voor deze simulaties wordt gebruikt. Het systeem geeft de positie, koers en bewegingen van het schip zeer nauwkeurig weer. Tevens bevat het systeem o.a. een predictie van de positie van het schip over een bepaalde tijd.

### 3.8 Uitvoering van de simulaties

#### 3.8.1 Simulaties voor de Averijhaven

De simulaties voor de Averijhaven zijn uitgevoerd van 14 t/m 17 juni. De vaarten zijn gemaakt door zes verschillende loodsen uit de regio IJmond, waarvan twee loodsen ook als instructeur optraden:

- Rene van Essen;
- Jim Sperling;
- Johan van der Laan;
- Geert Jan Nienhuis;







### 3.9 Beoordeling van de real-time simulaties

#### *Beoordeling door de loodsen*

Na elke simulatorrun heeft de loods die de run uitvoerde een enquête ingevuld over het verloop van de run. Een voorbeeld van de enquête is gegeven in Tabel 3-5. De loodsen hebben bij de beoordeling van de runs een fijnere verdeling aangebracht dan de aangegeven drie mogelijkheden. Hierdoor ontstond een schaal met 5 niveaus. De resultaten van de meerkeuzevragen (b.v. 'onveilig / twijfelachtig / veilig') zijn op deze manier gewaardeerd met een score van 1 t/m 5 waarbij:

- Onveilig = 1
- onveilig / twijfelachtig = 2
- twijfelachtig = 3
- twijfelachtig / veilig = 4
- veilig = 5

De commentaren in het 2<sup>e</sup> deel van de enquête zijn samengevoegd en verwerkt in de algemene bevindingen n.a.v. de simulaties.

**Tabel 3-5 Enquête ter beoordeling van de uitgevoerde runs door de loodsen**

Project 24804.600	Questionnaire: in te vullen na iedere run
<u>Algemeen:</u>	
Datum:	..... 2011
Scenario:	..... (Schip/Start/variant/wind)
Run no:	.....
<u>Expert opinion voor keuze maatgevende schip:</u>	
Algemene indruk van run:	onveilig / twijfelachtig / veilig
Controleerbaarheid van het schip:	slecht / twijfelachtig / goed
Passage havenmond:	n.v.t./onveilig / twijfelachtig / veilig
Invaart Averijhaven:	n.v.t./onveilig / twijfelachtig / veilig
Uitvaart Averijhaven:	n.v.t./onveilig / twijfelachtig / veilig
<u>Opmerkingen:</u>	
T.a.v. belijning Averijhaven:	
T.a.v. gebruik 'ANMS':	

*Beoordeling van de numerieke resultaten*

De beoordeling van de numerieke analyse van iedere run is per onderdeel (ruimte gebruik, schroef/roergebruik, en sleepbootgebruik) als volgt uitgevoerd:

- Score voldoet totaal niet aan criterium = 1
- Score voldoet net niet aan criterium = 2
- Score voldoet net wel aan criterium, maar is op de grens = 3
- Score voldoet aan criterium = 4
- Score voldoet ruimschoots aan criterium = 5

In de tabellen in de hoofdstukken 5 en 6 worden de scores per run en per scenario gegeven.

## 4 PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN EN TOEGEPASTE CRITERIA

### 4.1 Inleiding

De resultaten van de nu uitgevoerde real-time simulaties zijn op dezelfde wijze geanalyseerd als de resultaten van de fast-time simulaties om de vergelijkbaarheid te garanderen. Bij de real-time simulaties is de beoordeling door de loodsen toegevoegd. Deze beoordeling heeft plaatsgevonden door middel van het invullen van een enquêteformulier na elke vaart.

De numerieke resultaten van de real-time simulaties worden gegeven in de vorm van baan- en dataplots. Met de analyse van deze gegevens zijn voor de diverse schepen en wind/golf/stroomcondities de bestuurbaarheid en het ruimtebeslag in geul en haven bepaald.

De analyse van de vaarten, waarbij het gelichterde schip de Averijhaven achteruit verlaat en in de geul weer vooruit geeft om richting sluis te varen, zijn in twee delen gesplitst. Het eerste deel omvat het verlaten van de haven en de draai achteruit naar de geul, tot het schip gestrekt in de 77° lichtenlijn ligt. Het tweede deel is het weer op gang komen en vooruit richting sluis varen.

### 4.2 Presentatie van de resultaten van de real-time simulaties

De resultaten van elk scenario worden gepresenteerd in een aantal plots (zie Bijlage B en C). Een voorbeeld van deze plots wordt gegeven in Figuur 4-1 t/m Figuur 4-4. Voor elke run worden de track plots afzonderlijk gepresenteerd:

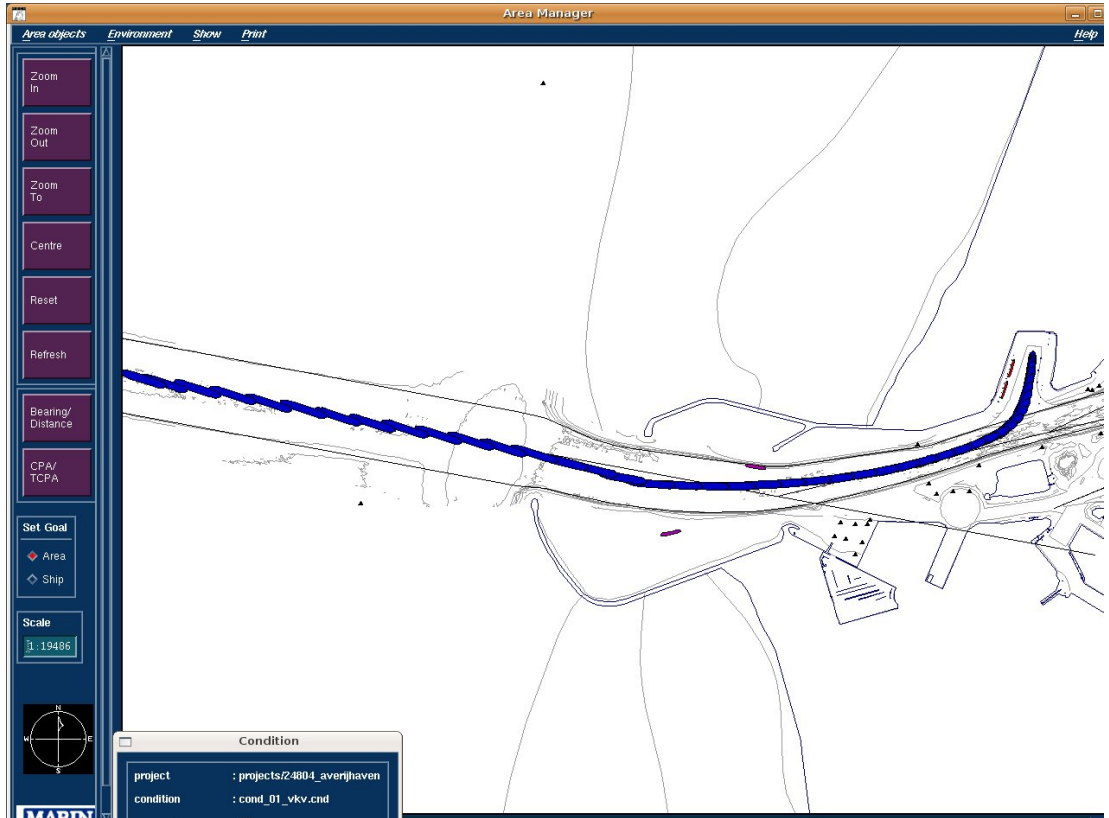
Figuur Runnr.: Baan plot, overzicht: met de baan van het schip (zie Figuur 4-1)

Voor het bepalen van de door de sleepboten gebruikte ruimte wordt voor de invaarten in de Averijhaven per run een detail plot met sleepboten gegeven:

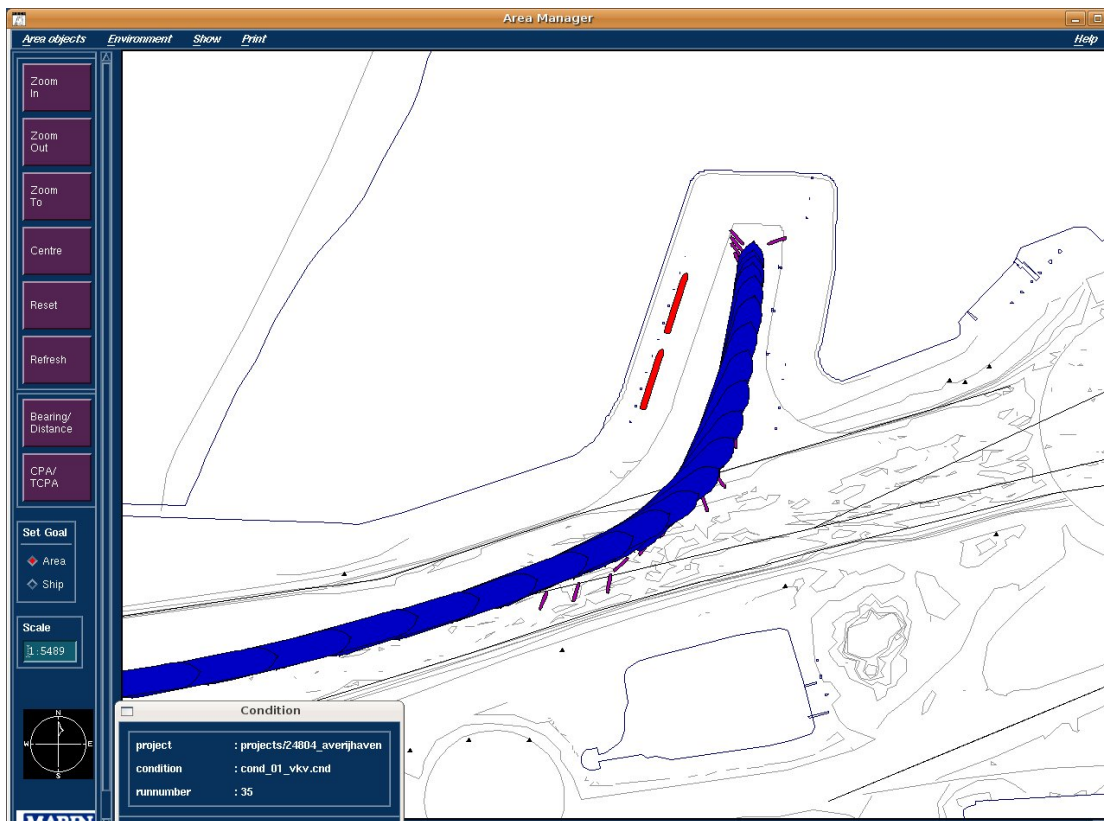
Figuur Runnr.: Baan plot, detail<sup>6</sup>: met de baan van het schip en de sleepboten (zie Figuur 4-2)

---

<sup>6</sup> De detailplot met sleepboten wordt gegeven voor het bepalen van de door de sleepboten gebruikte ruimte.



**Figuur 4-1** Voorbeeld baan plot (run 35), overzicht



**Figuur 4-2** Voorbeeld baan plot (run 35), detail met sleepboten

### Data plots

Voor de analyse van het gebruik van roer/schroef en sleepboten zijn dataplots gemaakt. Deze dataplots geven het verloop van de diverse signalen langs de baan van het schip weer. De analysebanen worden gegeven in Bijlage B en C, bij de resultaten van de diverse manoeuvres. Elke data plot bevat de gegevens van de drie of vier runs per scenario (run nummers en bijbehorende lijnkleuren staan boven aan data plots). De volgende data plots worden gepresenteerd (zie ook Bijlage B en C):

Figuur X.b: Dataplot met snelheid, toerental, roerhoek en veiligheidsindex (zie Figuur 4-3):

- voorwaartse snelheid van het schip over de grond [m/s];
- toerental van het schip [rps];
- roerhoek [graden];
- Veiligheidsindex.

Figuur X.c: Dataplot met sleepbootkrachten voor- en achterboten (zie Figuur 4-4):

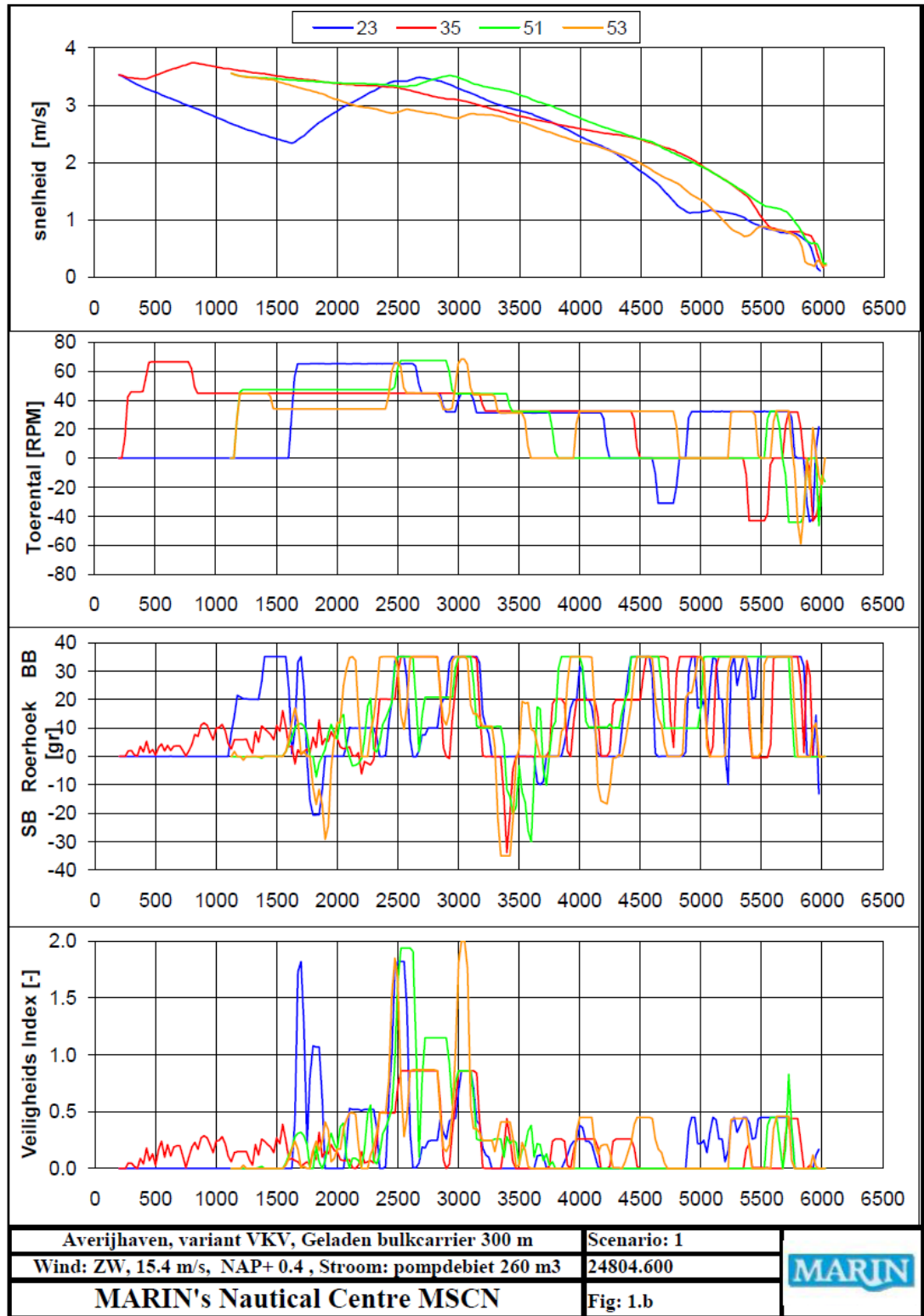
- Totale sleepkracht van voorboot (nr. 1) [kN];
- Totale sleepkracht van voorboot<sup>7</sup> (nr. 2) [kN];
- Totale sleepkracht van achterboot (nr. 3) [kN];
- Totale sleepkracht van achterboot (nr. 4) [kN].

Bij de vaarten, waarbij het gelichterde schip de haven verlaat, ontbreekt de detail plot, maar de nummering van de dataplots is gelijk gehouden. Deze vaarten zijn in twee delen gesplitst (X-1 en X-2), waarbij het eerste deel het achteruit verlaten van de Averijhaven is en dat het tweede deel het vooruit komen en oplijnen voor de vaart naar de sluis is.

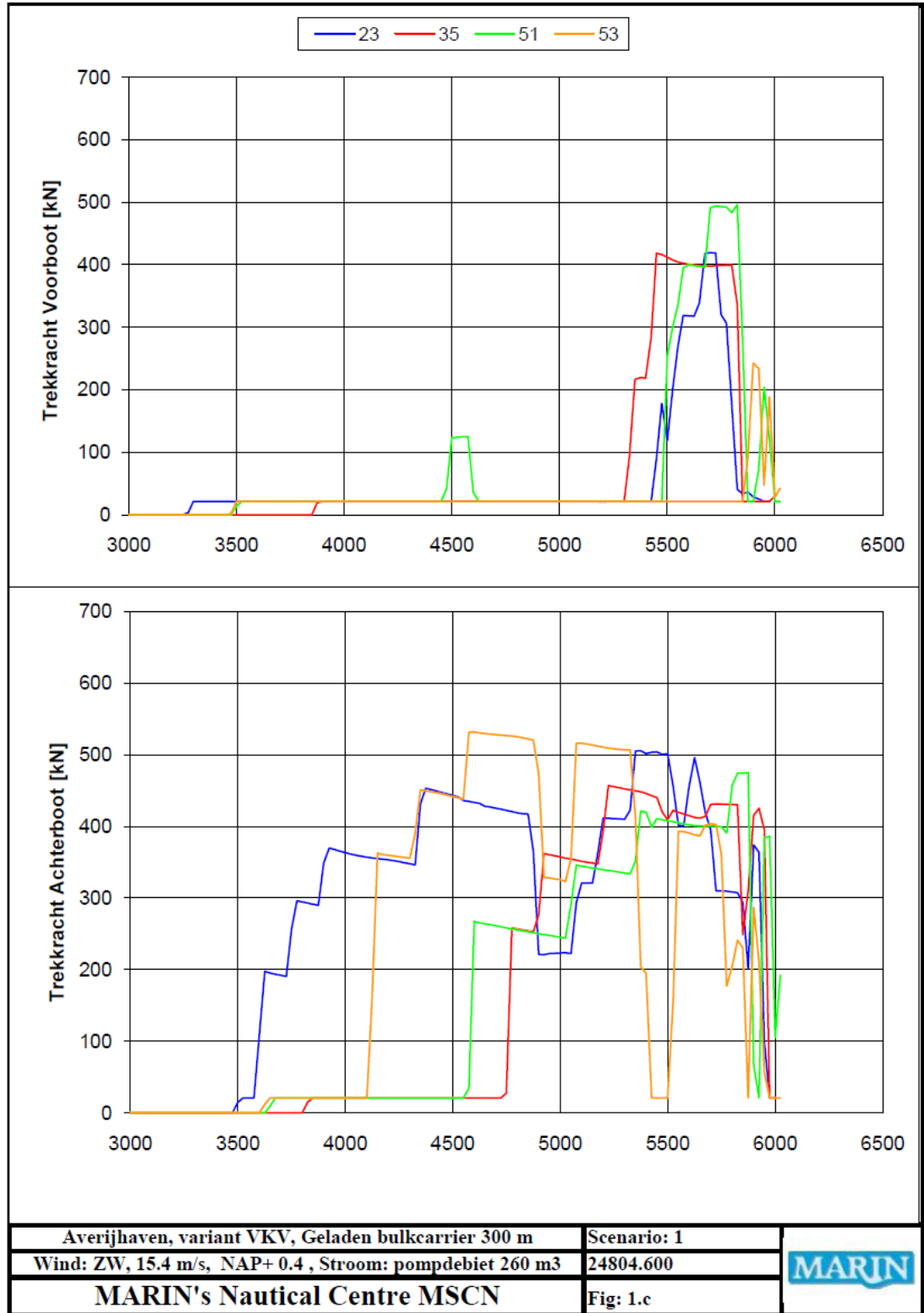
Van de vaarten voor de versmalde havenmond zijn ook geen detailplots gemaakt. Tevens zijn bij deze manoeuvres geen sleepboten gebruikt; data plot X.c ontbreekt daarom bij deze vaarten.

---

<sup>7</sup> Bij het 300 m schip is er alleen één voorboot en één achterboot.



Figuur 4-3 Voorbeeld data plot X.b

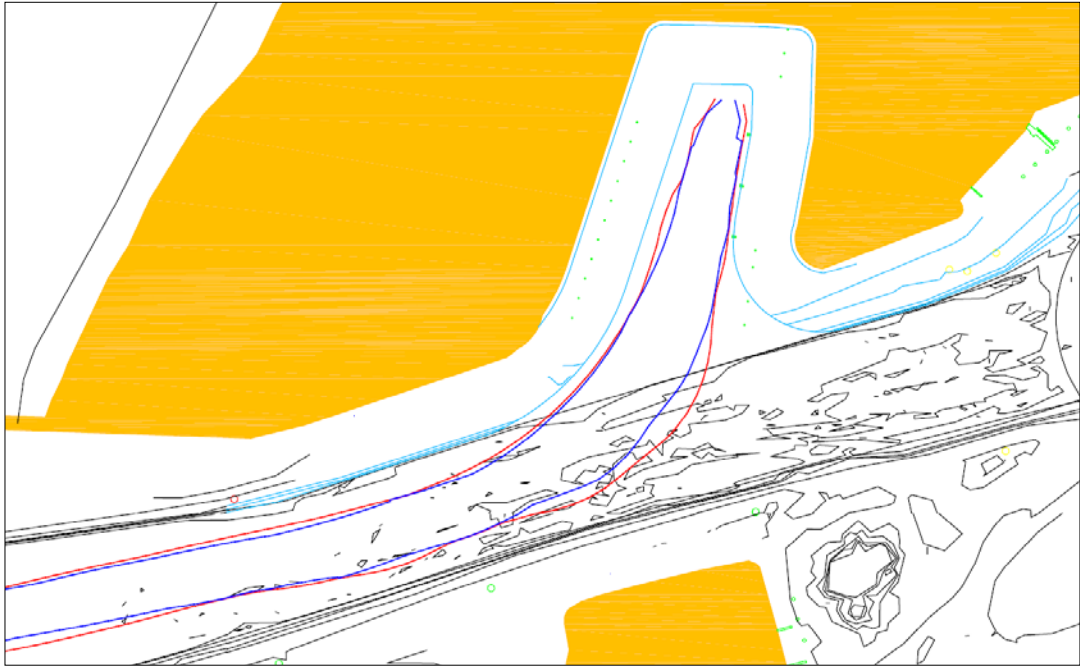


Figuur 4-4 Voorbeeld data plot X.c

### *Geveegde baan plots*

Voor beide onderzoeken wordt het breedtebeslag van een aantal vaarten gegeven in de vorm van geveegde baan plots (zie Figuur 4-5). Deze plots geven de omhullende<sup>8</sup> van alle vaarten op dat traject (rode lijnen) en de omhullende van alle vaarten min het resultaat van de slechtste vaart per dwarsdoorsnede (blauwe lijnen). Per dwarsdoorsnede kan een andere vaart verantwoordelijk zijn voor de uiterste punten zoals gerepresenteerd door de blauwe en rode lijnen.

De blauwe lijnen geven een goede indicatie van de maximale padbreedte. De rode lijnen geven een indicatie van de maximale afwijking van de vaarbaan.



**Figuur 4-5** Voorbeeld van geveegde baan plot

<sup>8</sup> De omhullende wordt bepaald met behullende van de deklijn van het schip.



### 4.3 Opgestelde criteria voor real-time simulaties

Voor de beoordeling van de veiligheid van een bepaalde combinatie van schip en wind-, golf- en stroomcondities worden het roer- en schroefgebruik beoordeeld en het gebruik van de sleepboten.

Deze beoordeling vindt plaats aan de hand van bepaalde criteria. Voor de beoordeling van de benodigde geulbreedte worden de door PIANC opgestelde veiligheidsmarges opgeteld bij de met de real-time simulaties bepaalde padbreedte (geveegde baan). Deze beoordeling van de geulbreedte wordt in hoofdstuk 5 en 6 uitgevoerd. De toegepaste PIANC veiligheidsmarges worden hier besproken.

#### 4.3.1 Controleerbaarheid van de manoeuvre

Voor de beoordeling van de veiligheid van een manoeuvre wordt gekeken naar het gebruik van de besturingsmiddelen (roer, schroef en sleepboten). Voor het gecombineerde gebruik van roer en schroef is een criterium ontwikkeld waaraan een vaart moet voldoen om voldoende veiligheidsmarge te garanderen t.a.v. van de controleerbaarheid van een manoeuvre. Deze veiligheidsindex geeft de verhouding weer tussen de momentane roerhoek en vermogen en het criterium voor een veilige combinatie van roer en machinevermogen. Bij het criterium wordt ervan uitgegaan dat er voldoende reserve manoeuvreervermogen moet overblijven om onvoorziene situaties in de praktijk op te kunnen vangen. De veiligheidsindex heeft betrekking op de werkelijke stuurkracht, die wordt bepaald door de momentane roerhoek maar ook door het momentane toerental van de schroef.

Voor het criterium zijn, als veilige waarden voor roerhoek ( $\delta$ ) en toerental (rpm), gekozen voor 20 graden roer (bij een maximale roerhoek van 35 graden) en Halve Kracht vooruit. Het stuurvermogen is evenredig met het kwadraat van het toerental bij een bepaalde roerhoek, zodat de veiligheidsindex wordt gegeven door:

$$\text{Index} = \delta \times \text{rpm}^2 / 20 \times \text{rpm}_{hk}^2$$

Het criterium voor deze veiligheidsindex is 1. Een uitgevoerde manoeuvre wordt als goed gecontroleerd beoordeeld als de veiligheidsindex slechts korte tijd wordt overschreden. Voor zeeschepen wordt hiervoor een maximale duur van 2 minuten genomen. Hierbij is het mogelijk om een kortstondige toerenstoot te geven voor een momentane correctie. Situaties, waarbij echter langdurig een combinatie van veel roer en veel toeren wordt gegeven, worden niet goedgekeurd.

Voor het achteruit slaan ligt de limiet op halve kracht achteruit. Deze limiet mag voor een maximale duur van 2 minuten overschreden worden. Het roer heeft bij achteruit draaiende schroef geen effect meer en wordt tijdens de simulaties daarom midscheeps gelegd.

Voor de sleepboten wordt een criterium gehanteerd waarbij de gebruikte sleepbootkracht niet langdurig (langer dan 2 minuten) boven de 70% van het beschikbare vermogen van voor- of achtersleepboten mag komen. Bij de vaarten met het 340 m schip worden twee voorboten en twee achterboten gebruikt. Hier wordt de totaal gebruikte sleepbootkracht op het voorschip of op het achterschip geanalyseerd en getoetst aan het criterium. Er wordt dus getoetst op de gemiddeld gebruikte kracht van de twee voor- of twee achterboten samen. Als één voorboot bijvoorbeeld over het criterium gaat en de andere voorboot is nauwelijks gebruikt voldoen de twee voorboten samen wel aan het criterium en wordt het gebruik van de voorboten samen als veilig beoordeeld.

#### 4.3.2 Maximale padbreedte tijdens de vaart

De maximale padbreedte in de geul wordt gebruikt om, samen met de PIANC veiligheidsmarges voor geulontwerp [2], een beoordeling van de geulbreedte te geven. Tabel 4-1 geeft een overzicht van de door PIANC gehanteerde veiligheidsmarges voor een geul. De gele rijen 'Manoeuvremarge menselijke besturing', 'Maoeuvereerruimte voor schip incl. effecten van en wind-, golf en stroom' en 'Toeslag voor kleine UKC (< 1,15)' worden vervangen door de resultaten van het maximale geveegde pad uit een aantal real-time simulaties in dezelfde conditie. De overblijvende marge komt op 0,3 x B aan bakboord en aan stuurboord. De factoren worden bij de analyse van de vaarten vermenigvuldigd met de betreffende scheepsbreedte.

**Tabel 4-1 Criteria voor geulbreedte volgens PIANC veiligheidsmarges**

Onderdeel veiligheidsmarge:	Marges
Marge tot bakboordsoever, beschermde geul, lage snelheid :	0,3 x B
Manoeuvremarge menselijke besturing:	Geveegde pad
Maoeuvereerruimte voor schip incl. effecten van wind-, golven en stroom:	Geveegde pad
Toeslag voor kleine UKC (< 1,15)	Geveegde pad
Marge tot stuurboordsoever, beschermde geul, lage snelheid :	0,3 x B

Voor de bepaling van de ruimte in de haven wordt ervan uitgegaan dat het schip, als het nog vaart loopt, tenminste 0,5 x B (Breedte van het betreffende schip) van de oever of afmeerpalen, inclusief afgemeerde binnenschepen, af blijft. Vlak voor het aanleggen, bij zeer lage snelheid, geldt dit criterium niet meer omdat het schip anders niet zou kunnen aanleggen. De loodsen hebben de simulaties over het algemeen gestopt als het schip voldoende onder controle van de sleepboten was en een zodanig lage voorwaartse en dwarsnelheid had dat er veilig en zonder schade kon worden aangelegd. Om tijd te sparen werd er dus in de meeste gevallen niet daadwerkelijk aangelegd.

Voor de sleepboten wordt een minimale ruimte tussen het geassisteerde schip en de reeds gemeerde binnenvaartschepen van 50 m aangehouden (zie ook [1]) voor de sleepboot incl. sleeptros. Indien de wind van de meerpalen af is gaan de sleepboten in de zij duwen, ook dan wordt minimaal 50 m ruimte aangehouden tot het reeds gemeerde binnenvaartschepen omdat de sleepboten extra ruimte nodig hebben voor de schroefstraal en tijd (dus ruimte) nodig om te 'vluchten' als de duwende sleepboot dreigt klem te komen zitten. Sleepboten kunnen wel boven de taluds opereren. Hier wordt de 50 m ruimte genomen tot een dieptelijn die voor de diepgang van de sleepboten (diepgang 5 tot 5,5 m) relevant is. Hierbij moet nog wel rekening gehouden worden dat de sleepboten ook bij laag water moeten kunnen werken.

Voor de bepaling van een veilige marge voor de havenmond geeft PIANC een minimale afstand van 0,7 B (voor onbeschutte geulen en hoge snelheden). Dit criterium (32 m voor 300 m schip en 42 m voor 340 m schip) is gebruikt voor de beoordeling van het ruimtebeslag tijdens de simulaties voor de versmalde havenmond.

## 5 RESULTATEN VOOR DE AVERIJHAVEN

### 5.1 Invaart Averijhaven, met 300 m schip

De beoordeling door de loodsen en de resultaten van de bestuurbaarheid (roer/schroef- en sleepbootgebruik) tijdens de invaarten met het geladen 300 m schip (diepgang 17,8 m) in de voorkeursvariant van de Averijhaven worden gegeven in Tabel 5-1.

#### *Beoordeling door loodsen*

De beoordeling door de loodsen laat zien dat alle vaarten op één na als volkomen veilig worden beschouwd. De ene vaart met een iets lagere score (nog steeds als veilig aangemerkt) loopt vrij dicht langs de westelijke oever naar binnen. De loods ziet dit zelf als minder ideaal hoewel de marges nog aan het gestelde criterium voldoen.

#### *Bestuurbaarheid*

Het gecombineerde roer/schroefgebruik in Tabel 5-1 geeft aan dat het schip geen enkel probleem heeft met de besturing met roer en schroef. Het gecombineerde roer/schroefgebruik voldoet voor elke run afzonderlijk en voor alle invaarten samen ruimschoots aan het gestelde criterium.

Het gebruik van de sleepboten laat zien dat af en toe te grote sleepbootkrachten worden toegepast (run 66 en run 88). Het gemiddelde sleepbootgebruik voldoet echter wel aan het gestelde criterium. Omdat hier met één voorboot en één achterboot wordt gevaren, is het in voorkomende gevallen eenvoudig om in praktijk een derde boot in te zetten.

**Tabel 5-1 Resultaten invaart Averijhaven met 300 m schip, diepgang 17,8 m**

Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer	Gebruik sleepboten
1 (ZW wind)	23	5,0	5,0	4,0
	35	5,0	5,0	4,0
	51	5,0	5,0	4,0
	53	4,5	5,0	3,0
2 (NW wind)	24	5,0	5,0	4,0
	36	5,0	5,0	4,0
	54	5,0	5,0	4,0
	66	5,0	5,0	2,0
21 (O wind)	73	5,0	5,0	3,0
	82	5,0	5,0	3,0
	88	5,0	5,0	2,0
	91	5,0	5,0	4,0
Totale score		5,0	5,0	3,4

#### *Ruimtegebruik 300 m schip*

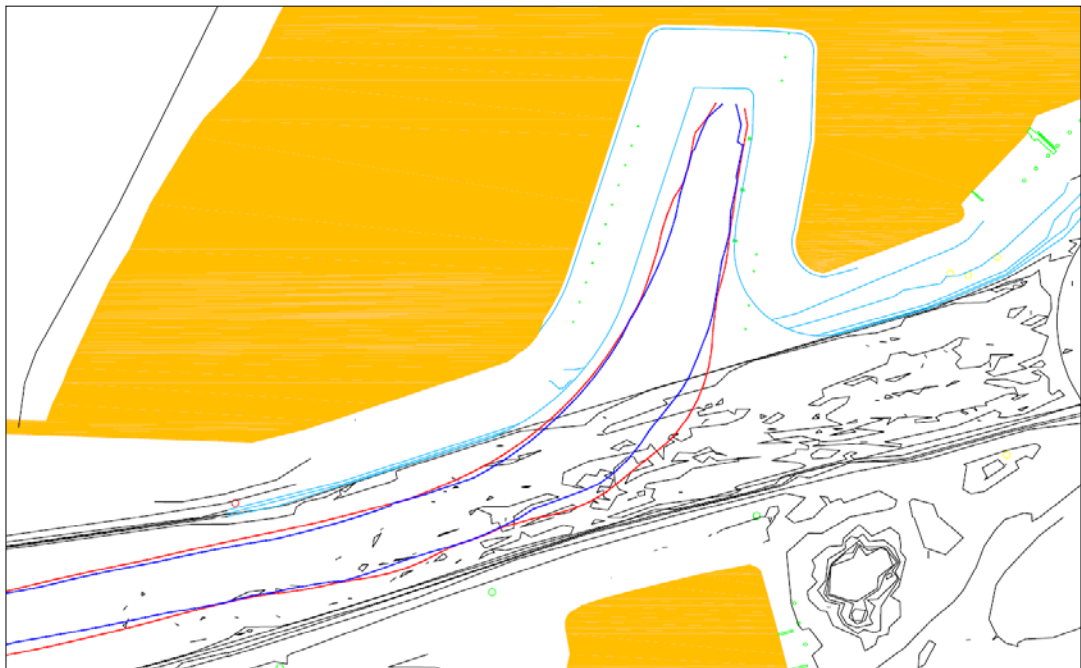
Het ruimtegebruik van het geladen 300 m schip tijdens de invaarten in de voorkeursvariant van de Averijhaven wordt gegeven in Figuur 5-1. Om de gerealiseerde marge te kunnen bepalen wordt de minimale horizontale afstand bepaald tot de met de scheepsdiepgang en waterstand corresponderende dieptelijn. Bij de invaart van de Averijhaven is de waterstand ongeveer NAP, de scheepsdiepgang 17,8 m en de helling van het talud 1:5. Hieruit volgt dat de ruimte naast de teen-taludlijn, die op NAP – 20 m ligt nog 11 m is. Samen met de minimale afstand aan de westoever van 19 m tussen de blauwe lijn en de teen-taludlijn, geeft dit een marge van 30 m. Het criterium

voor de marge tot de westoever is 0,3 B, wat voor dit schip neerkomt op 13,5 m. Aan de oostkant kan het criterium voor ruimtegebruik niet worden toegepast omdat het schip bij het aanleggen tegen de palen altijd dicht bij de teen-taludlijn zal komen, maar door de meerpalen wordt tegen gehouden.

De minimale marge tot de zuidelijke geulgrens is 44 m, wat ruim meer is dan het criterium van 13,5 m voor dit schip. Omdat het talud hier vrij steil is, is er geen rekening gehouden met de extra beschikbare breedte doordat het schip nog een kielspeling van ruim 2 m heeft.

Voor invaarten met het geladen 300 m schip (diepgang 17,8 m) wordt ruimschoots voldaan aan het criterium voor het ruimtegebruik.

De minimale afstand tot de meerpalen voor de binnenvaart aan de westoever van de Averijhaven is 75 m. Voor de sleepboten is een minimale ruimte van 50 m nodig, waaruit blijkt dat er nog 25 m over is voor gemeerde binnenschepen. Als er uitgegaan wordt van Klasse Va schepen (breedte 11,4 m) kunnen er in deze situatie twee schepen naast elkaar worden afgemeerd<sup>9</sup>.

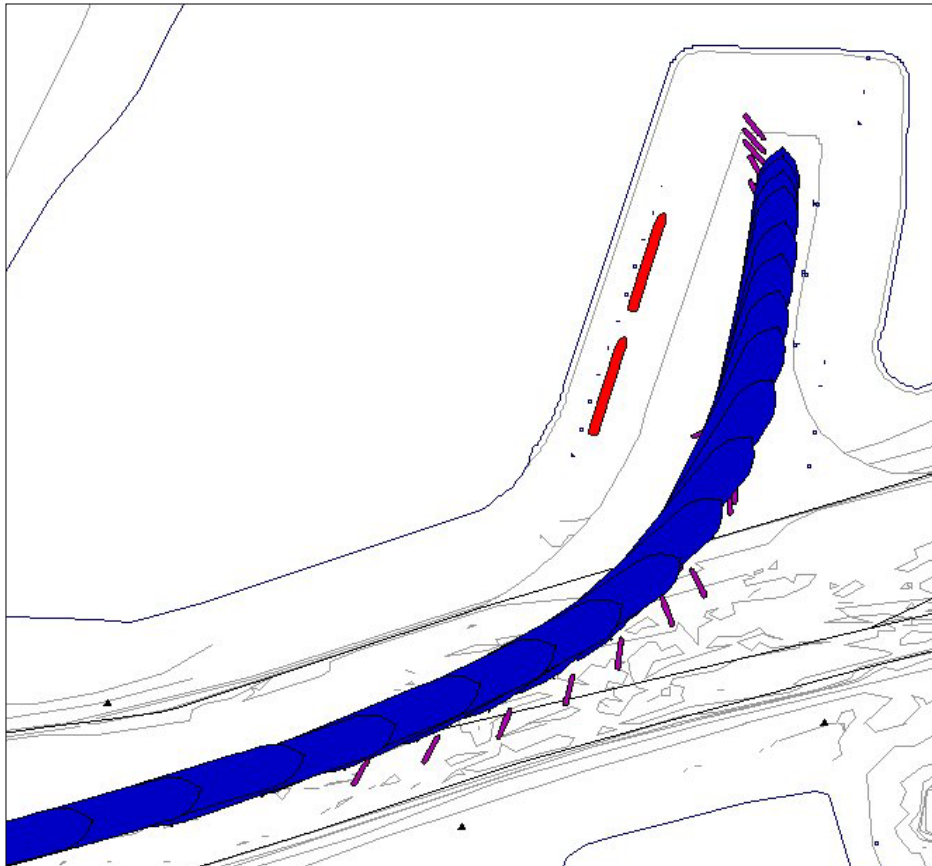


**Figuur 5-1** Geveegde baan invaarten Averijhaven met 300 m schip, diepgang 17,8 m

<sup>9</sup> De simulaties zijn uitgevoerd met enkelbreed afgemeerde binnenschepen langs deze palen.

### *Ruimtegebruik sleepboten*

Uit de detail trackplots met sleepboten van de vaarten met ZW en NW wind (zie Appendix B) kan geconcludeerd worden dat de sleepboten niet in problemen zijn gekomen met de meerpalen. Ook daar trekken de sleepboten wel eens naar de palen toe, maar zullen zich bij het uiteindelijke aanleggen niet meer tussen de meerpalen en het schip bevinden. Een voorbeeld van een run met ZW wind is gegeven in Figuur 5-2.



**Figuur 5-2** Ruimtegebruik door sleepboten, run 51 met ZW wind

Bij de vaarten die gemaakt zijn met oostenwind trekken de sleepboten naar de meerpalen toe en komen dan in de simulaties te dicht bij de palen (bijlage B, scenario 21). In de praktijk varen de sleepboten echter van te voren om en duwen het schip naar de ligplaats. Deze procedure is tijdens de simulaties niet toegepast omdat dit te veel tijd zou gaan kosten.

## **5.2 Uitvaart Averijhaven, met gelichterd 300 m schip**

De beoordeling door de loodsen en de resultaten van de bestuurbaarheid (roer/schroef- en sleepbootgebruik) tijdens de invaarten met het geladen 300 m schip (diepgang 13,75 m) in de voorkeursvariant van de Averijhaven worden gegeven in Tabel 5-2.

### *Beoordeling door loodsen*

De beoordeling door de loodsen laat zien dat alle vaarten als volkomen veilig worden beschouwd.

### *Bestuurbaarheid*

Het gecombineerde roer/schroefgebruik in Tabel 5-2 geeft aan dat het schip over het algemeen geen probleem heeft met de besturing met roer en schroef. Het

gecombineerde roer/schroefgebruik voldoet echter voor run 46 niet aan het gestelde criterium. Dit komt doordat de loods na het achteruit varen uit de Averijhaven veel vermogen gebruikt om het schip weer op gang te brengen. Daarbij gebruikt hij veel roer om snel te draaien, waardoor het criterium wordt overschreden. Door hier iets langzamer te varen en de sleepboten wat meer te laten doen kan deze overschrijding worden voorkomen. Voor run 45 en 92 geldt dit ook, maar in mindere mate. Alle uitvaarten samen voldoen ruimschoots aan het gestelde criterium.

Het gebruik van de sleepboten laat zien dat vooral bij oosten wind (te) grote sleepbootkrachten worden toegepast. Het gemiddelde sleepbootgebruik voldoet wel aan het gestelde criterium. Omdat hier met één voorboot en één achterboot wordt gevaren, is het in voorkomende gevallen eenvoudig om in praktijk een derde boot in te zetten.

**Tabel 5-2 Resultaten uitvaart Averijhaven met 300 m schip, diepgang 13,75 m**

Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer	Gebruik sleepboten
5 (ZW wind)	28	5,0	5,0	5,0
	45	5,0	3,0	5,0
	52	5,0	5,0	5,0
	67	5,0	5,0	4,0
6 (NW wind)	29	5,0	5,0	4,0
	46	5,0	2,0	4,0
	64	5,0	4,0	4,0
	68	5,0	4,0	4,0
22 (O wind)	78	5,0	5,0	2,0
	83	5,0	5,0	3,0
	89	5,0	5,0	3,0
	92	5,0	3,0	3,0
Totale score		5,0	4,3	3,8

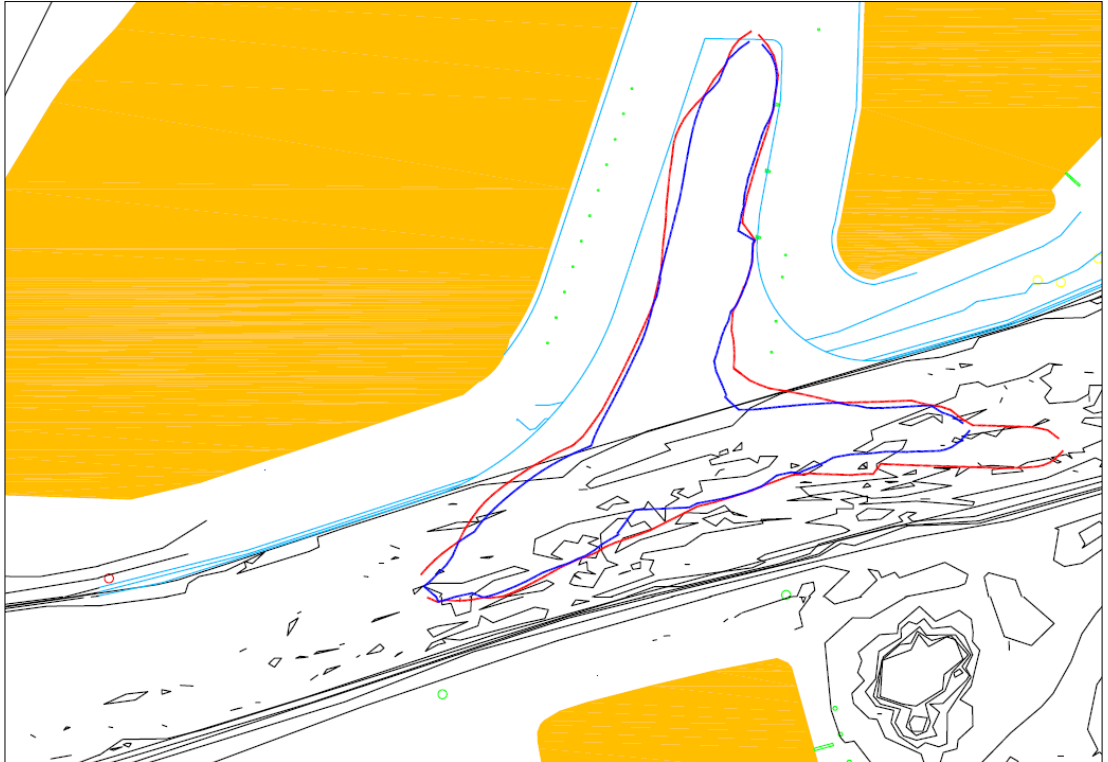
#### *Ruimtegebruik bulkcarrier*

Het ruimtegebruik van het gelichterde 300 m schip tijdens de uitvaarten in de voorkeursvariant van de Averijhaven wordt gegeven in Figuur 5-3. Om de gerealiseerde marge te kunnen bepalen wordt de minimale horizontale afstand bepaald tot de met de scheepsdiepgang en waterstand corresponderende dieptelijn. Bij de uitvaart van de Averijhaven is de waterstand NAP-1,7 m de scheepsdiepgang 13,75 m en de helling van het talud 1:5. Hieruit volgt dat de ruimte naast de teen-taludlijn, die op NAP – 20 m ligt nog 23 m is. Samen met de minimale afstand aan de westoever van 19 m tussen de blauwe lijn en de teen-taludlijn, geeft dit een marge van 42 m. Het criterium voor de marge tot de oever is 0,3 B, wat voor dit schip neerkomt op 13,5 m. Aan de oostkant kan het criterium voor ruimtegebruik niet worden toegepast omdat het schip bij het wegvaren al tegen de palen ligt.

De minimale marge tot de zuidelijke geulgrens is 48 m, wat ruim meer is dan het criterium van 13,5 m voor dit schip.

Voor uitvaarten met het geladen 300 m schip (diepgang 13,75 m) wordt ruimschoots voldaan aan het criterium voor het ruimtegebruik.

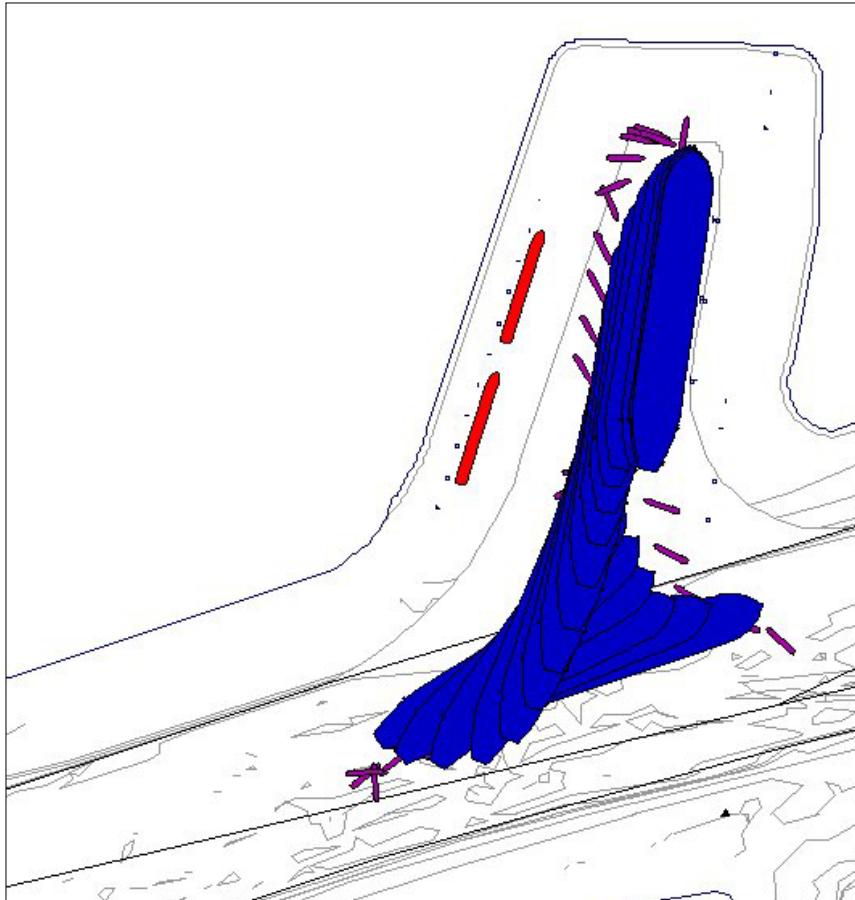
De minimale afstand tot de meerpalen voor de binnenvaart aan de westoever van de Averijhaven is 75 m. Voor de sleepboten is een minimale ruimte van 50 m nodig, waaruit blijkt dat er nog 25 m over is voor gemeerde binnenschepen. Als er uitgegaan wordt van Klasse Va schepen (breedte 11,4 m) kunnen er in deze situatie twee schepen naast elkaar worden afgemeerd.



**Figuur 5-3** Geveegde baan uitvaarten Averijhaven met 300 m schip, diepgang 13,75 m

#### *Ruimtegebruik sleepboten*

Uit de detail trackplots met sleepboten van de vaarten met ZW en NW wind (zie Appendix B) kan geconcludeerd worden dat de sleepboten niet in problemen zijn gekomen met de meerpalen. Ook daar trekken de sleepboten wel eens naar de zuidelijk palen toe, maar blijven voldoende ruimte houden (zie Figuur 5-4).



**Figuur 5-4** Ruimtegebruik door sleepboten, run 67 met ZW wind

### 5.3 Invaart toekomstige Averijhaven, met 340 m schip

De beoordeling door de loodsen en de resultaten van de bestuurbaarheid (roer/schroef- en sleepbootgebruik) tijdens de invaarten met het geladen 340 m schip (diepgang 17,8 m) in de toekomstige voorkeursvariant van de Averijhaven worden gegeven in Tabel 5-3.

#### *Beoordeling door loodsen*

De beoordeling door de loodsen laat zien dat alle vaarten op één na als volkomen veilig worden beschouwd. De ene vaart met een iets lagere score (nog steeds als veilig aangemerkt) loopt dicht langs de meerpalen aan de oostelijke oever naar binnen. Het schip is een beetje 'uit de bocht gevlogen'. Dit probleem is in andere vaarten niet voorgekomen en kan met een betere controle van de voorwaartse snelheid eenvoudig worden voorkomen.

#### *Bestuurbaarheid*

Het gecombineerde roer/schroefgebruik in Tabel 5-3 geeft aan dat het schip geen enkel probleem heeft met de besturing met roer en schroef. Het gecombineerde roer/schroefgebruik voldoet voor elke run afzonderlijk en voor alle invaarten samen ruimschoots aan het gestelde criterium.

Het gebruik van de sleepboten laat zien dat af en toe grotere sleepbootkrachten worden toegepast. Het gemiddelde sleepbootgebruik voldoet echter ruimschoots aan het gestelde criterium. Omdat hier met twee voorboten en twee achterboten wordt gevaren,



is er meer reserve vermogen beschikbaar dan bij het geladen 300 m schip met twee sleepboten (zie ook Tabel 5-1).

**Tabel 5-3 Resultaten invaart toekomstige Averijhaven met 340 m schip, diepgang 17,8 m**

Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer	Gebruik sleepboten
7 (ZW wind)	25	5,0	5,0	4,0
	37	4,5	5,0	4,0
	55	5,0	5,0	4,0
	57	5,0	5,0	4,0
8 (NW wind)	26	5,0	5,0	3,0
	38	5,0	5,0	4,0
	48	5,0	5,0	4,0
	56	5,0	5,0	4,0
Totale score		4,9	5,0	3,9

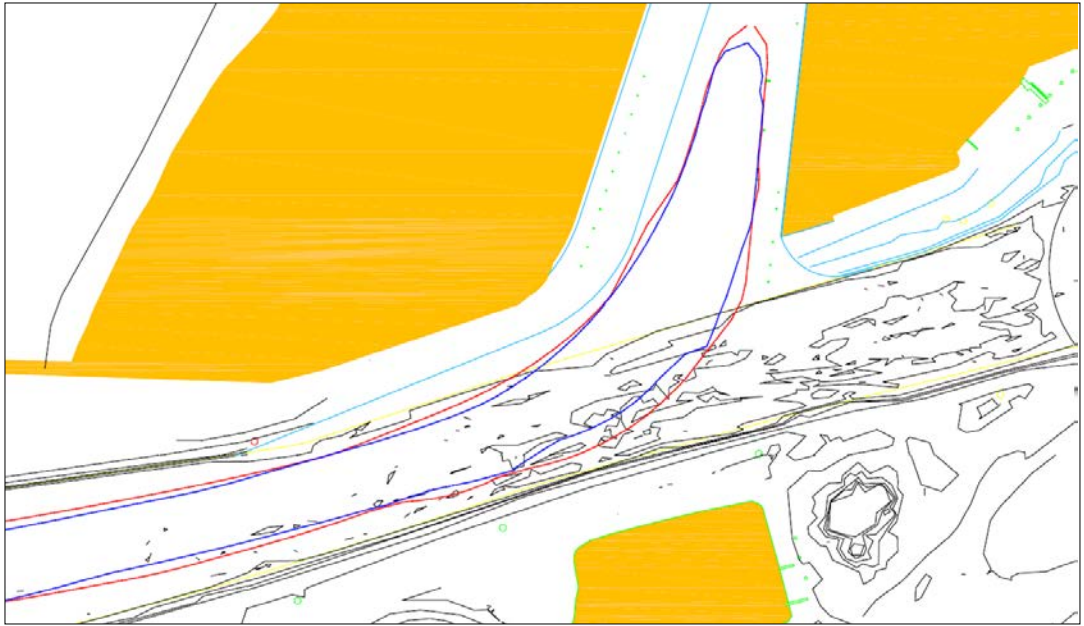
#### *Ruimtegebruik 340 m schip*

Het ruimtegebruik van het geladen 340 m schip tijdens de invaarten in de toekomstige voorkeursvariant van de Averijhaven wordt gegeven in Figuur 5-5. De minimale afstand aan de westoever tussen de blauwe lijn en de relevante dieptelijn is 24 m. Het criterium voor de marge tot de oever is 0,3 B, wat voor dit schip neerkomt op 18 m. Aan de oostkant kan het criterium voor ruimtegebruik niet worden toegepast omdat daar op diepte blijft en het schip door de meerpalen vrijgehouden wordt van de oever.

De minimale marge tot de zuidelijke geulgrens is 37 m, wat ruim meer is dan het criterium van 18 m voor dit schip. Omdat het talud hier vrij steil is, is er geen rekening gehouden met de extra beschikbare breedte doordat het schip nog een kielspeling van ruim 2 m heeft.

Voor invaarten met het geladen 340 m schip (diepgang 17,8 m) wordt voldaan aan het criterium voor het ruimtegebruik.

De minimale afstand tot de meerpalen voor de binnenvaart aan de westoever van de Averijhaven is 61 m. Voor de sleepboten is een minimale ruimte van 50 m nodig, waaruit blijkt dat er nog 11 m over is voor gemeerde binnenschepen. Hierbij zou een enkel gemeerd Klasse Va schip (breedte 11,4 m) in de problemen kunnen komen.

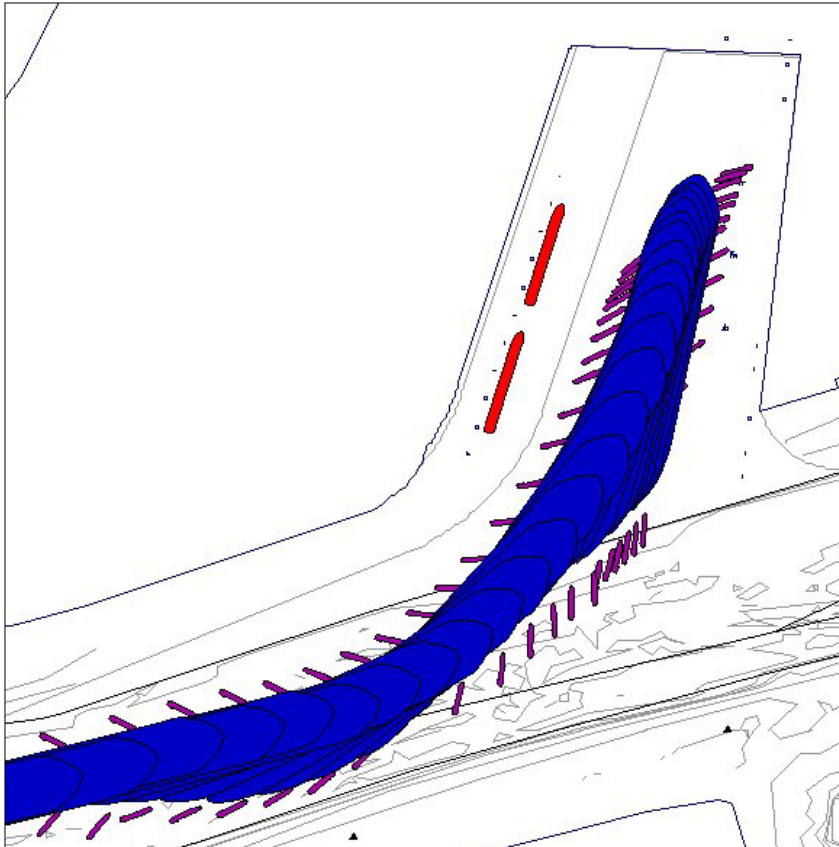


**Figuur 5-5** Geveegde baan invaarten toekomstige Averijhaven met 340 m schip, diepgang 17,8 m

#### *Ruimtegebruik sleepboten*

Een voorbeeld van het ruimtegebruik van de sleepboten tijdens het aanleggen van het geladen 340 m schip in de toekomstige voorkeursvariant van de Averijhaven wordt gegeven in Figuur 5-6. Bij deze vaart (run 57) trekt één voorsleepboot naar de meerpalen toe en komt in dit geval te dicht bij de palen. Uit de detail trackplots met sleepboten van de vaarten met ZW en NW wind (zie Appendix B) kan geconcludeerd worden dat deze situatie ook in run 55 heeft plaatsgevonden.

In de praktijk vaart deze voorsleepboot echter van te voren om en duwt het schip samen met de andere voorsleepboot naar de ligplaats. Deze procedure is tijdens de simulaties niet toegepast omdat dit te veel tijd zou kosten.



**Figuur 5-6** baan plot (run 57) in haven met sleepboten

#### **5.4 Uitvaart toekomstige Averijhaven, met gelichter 340 m schip**

De beoordeling door de loodsen en de resultaten van de bestuurbaarheid (roer/schroef- en sleepbootgebruik) tijdens de invaarten met het geladen 340 m schip (diepgang 13,75 m) in de toekomstige voorkeursvariant van de Averijhaven worden gegeven in Tabel 5-4.

##### *Beoordeling door loodsen*

De beoordeling door de loodsen laat zien dat alle vaarten als volkomen veilig worden beschouwd.

##### *Bestuurbaarheid*

Het gecombineerde roer/schroefgebruik in Tabel 5-4 geeft aan dat het schip geen probleem heeft met de besturing met roer en schroef. Ook hier geldt dat met een iets langzamere vaart de resultaten nog beter waren geweest. In praktijk wordt echter in deze situaties ook vaak veel vermogen gegeven om de manoeuvre sneller te laten verlopen.

Het gebruik van de sleepboten laat zien dat er geen problemen zijn met het beschikbare sleepbootvermogen. De vier sleepboten van 70 ton bollard pull hebben relatief veel vermogen t.o.v. de twee sleepboten, zoals gebruikt bij het gelichterde 300 m schip.

**Tabel 5-4 Resultaten uitvaart toekomstige Averijhaven met 340 m schip, diepgang 13,75 m**

Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer	Gebruik sleepboten
11 (ZW wind)	30	5,0	5,0	5,0
	39	5,0	5,0	5,0
	49	5,0	5,0	5,0
	59	5,0	5,0	5,0
12 (NW wind)	32	5,0	3,0	5,0
	40	5,0	5,0	5,0
	58	5,0	4,0	5,0
	60	5,0	5,0	5,0
Totale score		5,0	4,6	5,0

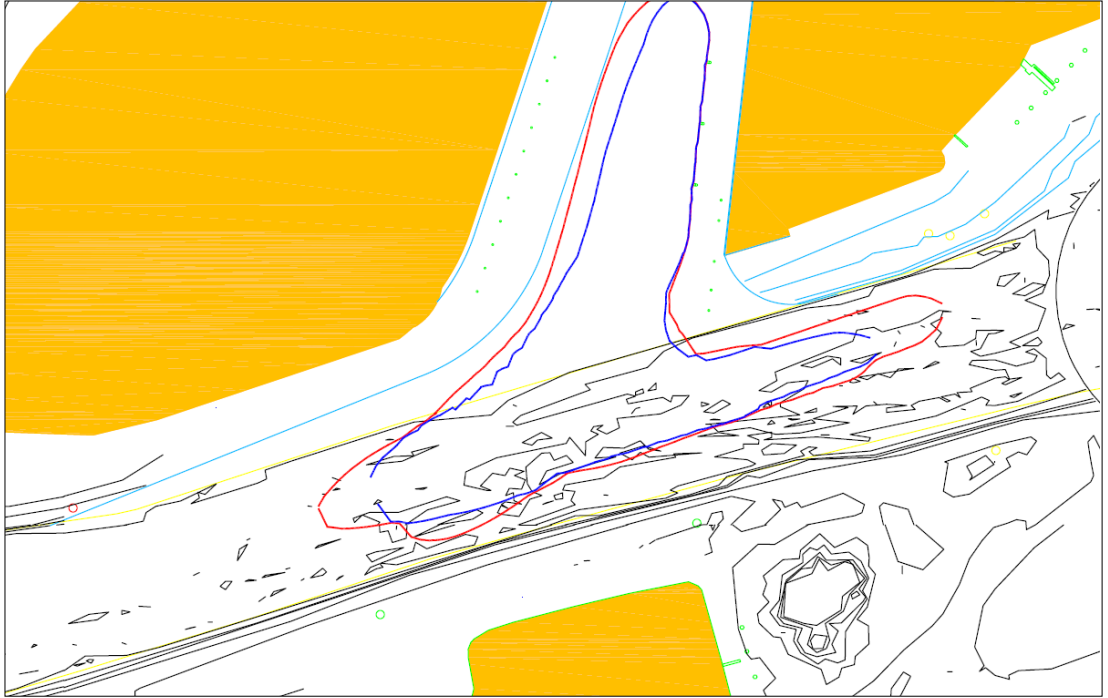
*Ruimtegebruik bulkcarrier*

Het ruimtegebruik van het gelichterde 340 m schip tijdens de uitvaarten in de toekomstige voorkeursvariant van de Averijhaven wordt gegeven in Figuur 5-7. De minimale afstand aan de westoever tussen de blauwe lijn en de relevante dieptelijn is 60 m. Het criterium voor de marge tot de oever is 0,3 B, wat voor dit schip neerkomt op 18 m. Aan de oostkant wordt het criterium voor ruimtegebruik niet toegepast omdat het schip bij het wegvaren al tegen de palen ligt.

De minimale marge tot de zuidelijke geulgrens is 47 m, wat ruim meer is dan het criterium van 18 m voor dit schip.

Voor uitvaarten met het geladen 340 m schip (diepgang 13,75 m) wordt ruimschoots voldaan aan het criterium voor het ruimtegebruik.

De minimale afstand tot de meerpalen voor de binnenvaart aan de westoever van de Averijhaven is 85 m. Voor de sleepboten is een minimale ruimte van 50 m nodig, waaruit blijkt dat er nog 35 m over is voor gemeerde binnenschepen. Als er uitgegaan wordt van Klasse Va schepen (breedte 11,4 m) kunnen er in deze situatie net 3 schepen naast elkaar worden afgemeerd.



**Figuur 5-7 Geveegde baan uitvaarten toekomstige Averijhaven met 340 m schip, diepgang 13,75 m**

*Ruimtegebruik sleepboten*

Tijdens de simulaties zijn er bij het wegvaren van het gelichterde 340 m schip uit de toekomstige voorkeursvariant van de Averijhaven geen situaties opgetreden waarbij de sleepboten (te) dicht bij meerpalen kwamen.

## 6 RESULTATEN VOOR DE VERSMALDE HAVENMOND

### 6.1 Inleiding

Voor de simulaties met de versmalde havenmond zijn de pieren van de bestaande havenmond verlengd met ieder 15 m. Om een goede vergelijking te kunnen maken tussen de bestaande en de versmalde havenmond zijn de gerealiseerde marges in beide situatie bepaald tot de bestaande geulgrenzen. Daarna is beoordeeld of een verschuiving van de geulgrens met 15 m veilig mogelijk was binnen de gerealiseerde marges. Voor de vaarten met de geladen zowel als met de geballaste schepen is de geulgrens aangehouden voor het bepalen van de marges omdat de taluds bij de koppen van de pieren vrij stijl zijn en de schepen ook nog kunnen bewegen door de aanwezige golven. Het berekenen van de marges tot een corresponderende dieptelijn levert dan niet veel extra breedte op.

### 6.2 Invaart havenmond, met geladen 300 m schip

De beoordeling door de loodsen en de resultaten van de bestuurbaarheid (roer/schroefgebruik) tijdens de invaarten met het geladen 300 m schip (diepgang 17,8 m) in de bestaande havenmond worden gegeven in Tabel 6-1. De resultaten van de versmalde havenmond worden gegeven in Tabel 6-1.

#### *Beoordeling door loodsen*

De beoordeling door de loodsen laat zien dat alle vaarten in de bestaande havenmond als volkomen veilig worden beschouwd. Dit is ook te verwachten omdat dit de huidige situatie is, die als veilig wordt ervaren. Voor de versmalde havenmond is de situatie niet anders; de loodsen beoordelen deze situatie ook als volkomen veilig.

#### *Bestuurbaarheid*

Het gecombineerde roer/schroefgebruik in Tabel 6-1 en Tabel 6-2 geeft aan dat het schip geen probleem heeft met de besturing met roer en schroef. Het gecombineerde roer/schroefgebruik voldoet voor elke run afzonderlijk en voor alle invaarten samen ruimschoots aan het gestelde criterium. Uit de dataplots (zie Bijlage C) blijkt dat de score alleen wordt bepaald door de grote roerhoeken, die worden toegepast bij het passeren van de stroomgradiënt vlak voor de havenmond.

De resultaten voor de versmalde havenmond zijn nog iets beter dan voor de bestaande situatie maar het verschil mag niet als significant worden beschouwd, omdat het aantal van drie runs in de versmalde havenmond daarvoor te laag is.

**Tabel 6-1 Resultaten invaart bestaande havenmond, met geladen 300 m schip**

Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer
1 (ZW wind)	23	5,0	4,0
	35	5,0	5,0
	51	5,0	4,0
	53	5,0	4,0
2 (NW wind)	24	5,0	5,0
	36	5,0	4,0
	54	5,0	5,0
	66	5,0	4,0
Totale score		5,0	4,0

**Tabel 6-2 Resultaten invaart versmalde havenmond, met geladen 300 m schip**

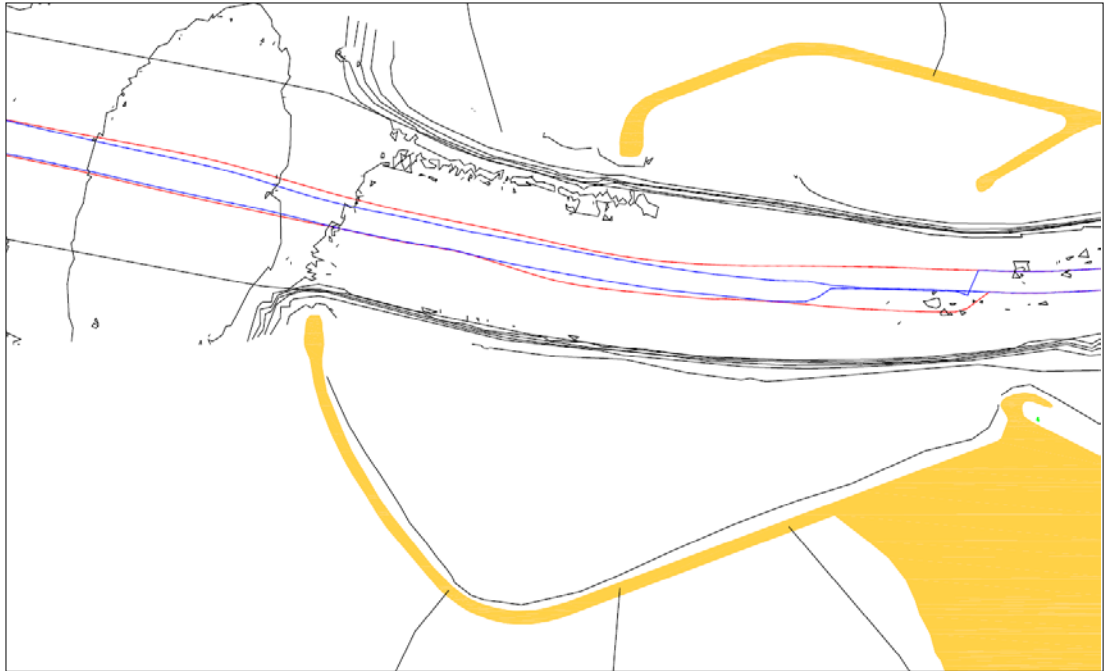
Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer
14 (ZW wind)	33	5,0	5,0
	44	5,0	4,0
	69	5,0	4,0
Totale score		5,0	4,3

*Ruimtegebruik in de havenmond*

Het ruimtegebruik van het geladen 300 m schip tijdens de invaarten in de bestaande en de versmalde havenmond wordt gegeven in Figuur 6-1 en Figuur 6-2. Voor de bepaling van de marges wordt de rode lijn gebruikt omdat in de versmalde havenmond maar drie vaarten zijn gemaakt.

De minimale marges tot de geulgrens bij de noorder- en zuiderpier zijn voor de bestaande havenmond 144 m en 120 m. Voor de versmalde havenmond zijn deze marges respectievelijk 147 m en 130 m. De marges bij de vaarten in de versmalde havenmond voldoen ruimschoots aan het gestelde criterium van 32 m; ook als beide marges nog met 15 m worden verkleind.

**Figuur 6-1 Geveegde baan invaarten bestaande havenmond met geladen 300 m schip**



**Figuur 6-2** Geveegde baan invaarten versmalde havenmond met geladen 300 m schip

### 6.3 Invaart havenmond, met geladen 340 m schip

De beoordeling door de loodsen en de resultaten van de bestuurbaarheid (roer/schroefgebruik) tijdens de invaarten met het geladen 340 m schip (diepgang 17,8 m) in de bestaande havenmond worden gegeven in Tabel 6-3. De resultaten van de versmalde havenmond worden gegeven in Tabel 6-4.

#### *Beoordeling door loodsen*

De beoordeling door de loodsen laat zien dat alle vaarten in de bestaande havenmond als volkomen veilig worden beschouwd. Deze scheepsmaat wordt in de praktijk nog niet toegelaten, maar de loodsen beoordelen deze situatie ook als volkomen veilig.

#### *Bestuurbaarheid*

Het gecombineerde roer/schroefgebruik in Tabel 6-3 en Tabel 6-4 geeft aan dat het schip geen probleem heeft met de besturing met roer en schroef. Het gecombineerde roer/schroefgebruik voldoet voor elke run afzonderlijk en voor alle uitvaarten samen ruimschoots aan het gestelde criterium. Uit de dataplots (zie Bijlage C) blijkt dat de score alleen wordt bepaald door de grote roerhoeken, die worden toegepast bij het passeren van de stroomgradiënt vlak voor de havenmond.

De resultaten voor de versmalde havenmond zijn iets minder goed dan voor de bestaande situatie maar het verschil mag niet als significant worden beschouwd, omdat het aantal van drie runs in de versmalde havenmond daarvoor te laag is.



**Tabel 6-3 Resultaten invaart bestaande havenmond, met geladen 340 m schip**

Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer
7 (ZW wind)	25	5,0	5,0
	37	5,0	4,0
	55	5,0	5,0
	57	5,0	5,0
8 (NW wind)	26	5,0	5,0
	38	5,0	5,0
	48	5,0	5,0
	56	5,0	5,0
Totale score		5,0	4,9

**Tabel 6-4 Resultaten invaart versmalde havenmond, met geladen 340 m schip**

Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer
16 (ZW wind)	34	5,0	4,0
	63	5,0	5,0
	70	5,0	5,0
Totale score		5,0	4,7

### *Ruimtegebruik in de havenmond*

Het ruimtegebruik van het geladen 340 m schip tijdens de invaarten in de bestaande en de versmalde havenmond wordt gegeven in Figuur 6-3 en Figuur 6-4. De minimale marges tot de geulgrens bij de noorder- en zuiderpier zijn voor de bestaande havenmond 105 m en 119 m. Voor de versmalde havenmond zijn deze marges respectievelijk 133 m en 125 m. De marges bij de vaarten in de versmalde havenmond voldoen ruimschoots aan het gestelde criterium van 42 m; ook als beide marges nog met 15 m worden verkleind.



**Figuur 6-3** Geveegde baan invaarten bestaande havenmond met geladen 340 m schip



**Figuur 6-4** Geveegde baan invaarten versmalde havenmond met geladen 340 m schip

#### 6.4 Uitvaart havenmond, met geballast 300 m schip

De beoordeling door de loodsen en de resultaten van de bestuurbaarheid (roer/schroefgebruik) tijdens de uitvaarten met het geballaste 300 m schip (diepgang 10,0 m) in de bestaande havenmond worden gegeven in Tabel 6-5. De resultaten van de versmalde havenmond worden gegeven in Tabel 6-6.

##### *Beoordeling door loodsen*

De beoordeling door de loodsen laat zien dat alle vaarten in de bestaande havenmond als volkomen veilig worden beschouwd. Dit is ook te verwachten omdat dit de huidige situatie is, die als veilig wordt ervaren. Voor de versmalde havenmond is de situatie niet anders; de loodsen beoordelen deze situatie ook als volkomen veilig.

##### *Bestuurbaarheid*

Het gecombineerde roer/schroefgebruik in Tabel 6-5 en Tabel 6-6 geeft aan dat het schip in bestaande zowel als in de versmalde havenmond geen probleem heeft met de besturing met roer en schroef. Het gecombineerde roer/schroefgebruik voldoet voor elke run afzonderlijk en voor alle invaarten samen ruimschoots aan het gestelde criterium. Uit de dataplots (zie Bijlage C) blijkt dat de score alleen wordt bepaald door de grote roerhoeken, die worden toegepast bij het passeren van de stroomgradiënt vlak na het verlaten van de havenmond.

**Tabel 6-5 Resultaten uitvaart bestaande havenmond, met geballast 300 m schip**

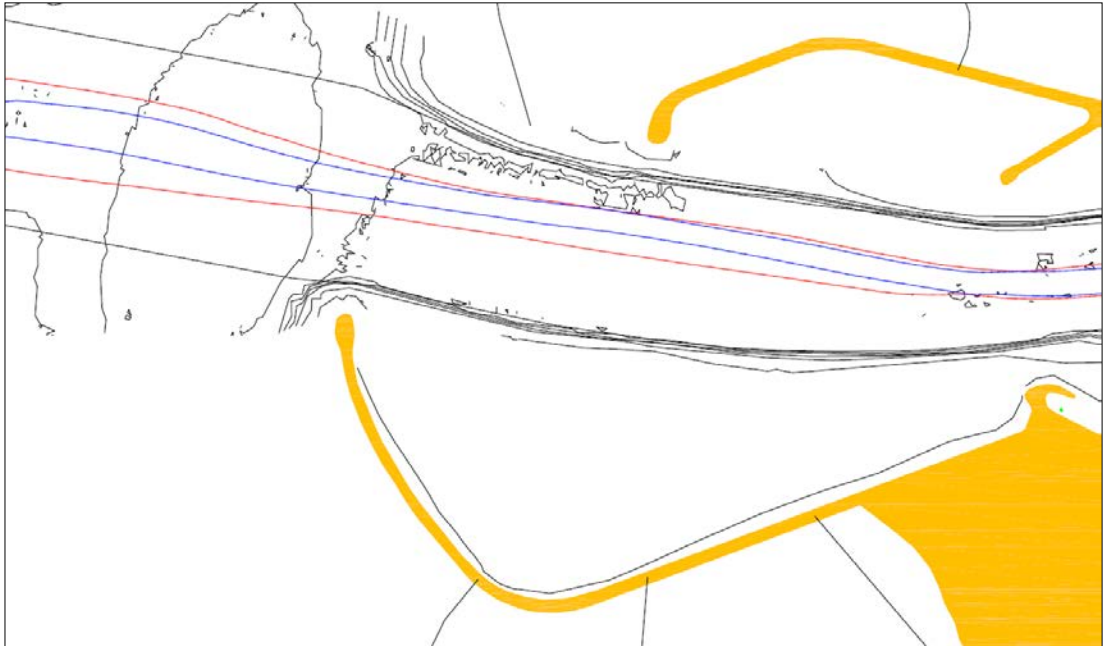
Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer
17 (ZW wind)	77	5,0	4,0
	79	5,0	4,0
	84	5,0	4,0
Totale score		5,0	4,0

**Tabel 6-6 Resultaten uitvaart versmalde havenmond, met geballast 300 m schip**

Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer
18 (ZW wind)	62	5,0	4,0
	80	5,0	4,0
	85	5,0	4,0
Totale score		5,0	4,0

### *Ruimtegebruik in de havenmond*

Het ruimtegebruik van het geballaste 300 m schip tijdens de uitvaarten in de bestaande en de versmalde havenmond wordt gegeven in Figuur 6-5 en Figuur 6-6. De minimale marges tot de geulgrens bij de noorder- en zuiderpier zijn voor de bestaande havenmond 73 m en 144 m. Voor de versmalde havenmond zijn deze marges respectievelijk 76 m en 159 m. De marges bij de vaarten in de versmalde havenmond voldoen ruimschoots aan het gestelde criterium van 32 m; ook als beide marges nog met 15 m worden verkleind.



**Figuur 6-5** Geveegde baan uitvaarten bestaande havenmond met geballast 300 m schip



**Figuur 6-6** Geveegde baan uitvaarten versmalde havenmond met geballast 300 m schip

### 6.5 Uitvaart havenmond, met geballaste 340 m schip

De beoordeling door de loodsen en de resultaten van de bestuurbaarheid (roer/schroefgebruik) tijdens de uitvaarten met het geballaste 340 m schip (diepgang 12,5 m) in de bestaande havenmond worden gegeven in Tabel 6-7. De resultaten van de versmalde havenmond worden gegeven in Tabel 6-8.

#### *Beoordeling door loodsen*

De beoordeling door de loodsen laat zien dat alle vaarten in de bestaande havenmond als volkomen veilig worden beschouwd. Deze scheepsmaat wordt in de praktijk nog niet toegelaten, maar de loodsen beoordelen deze situatie ook als volkomen veilig.

#### *Bestuurbaarheid*

Het gecombineerde roer/schroefgebruik in Tabel 6-7 en Tabel 6-8 geeft aan dat het schip in bestaande zowel als in de versmalde havenmond geen probleem heeft met de besturing met roer en schroef, hoewel dit grotere schip in ballast wel meer roer gebruikt dan het 300 m schip in ballast. Het gecombineerde roer/schroefgebruik voldoet voor elke run afzonderlijk en voor alle uitvaarten samen aan het gestelde criterium. Uit de dataplots (zie Bijlage C) blijkt dat de score alleen wordt bepaald door de grote roerhoeken, die worden toegepast bij het passeren van de stroomgradiënt vlak na het verlaten van de havenmond.

**Tabel 6-7 Resultaten uitvaart bestaande havenmond, met geballast 340 m schip**

Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer
19 (ZW wind)	61	5,0	4,0
	81	5,0	3,0
	86	5,0	3,0
Totale score		5,0	3,3

**Tabel 6-8 Resultaten uitvaart versmalde havenmond, met geballast 340 m schip**

Scenario	Run nummer	Beoordeling door loodsen	Gebruik schroef/roer
20 (ZW wind)	50	5,0	3,0
	87	5,0	3,0
	90	5,0	4,0
Totale score		5,0	3,3

### *Ruimtegebruik in de havenmond*

Het ruimtegebruik van het geballaste 340 m schip tijdens de uitvaarten in de bestaande en de versmalde havenmond wordt gegeven in Figuur 6-7 en Figuur 6-8. De minimale marges tot de geulgrens bij de noorder- en zuiderpier zijn voor de bestaande havenmond 118 m en 76 m. Voor de versmalde havenmond zijn deze marges respectievelijk 124 m en 71 m. De marges bij de vaarten in de versmalde havenmond voldoen ruimschoots aan het gestelde criterium van 42 m; ook als beide marges nog met 15 m worden verkleind.



**Figuur 6-7** Geveegde baan uitvaarten bestaande havenmond met geballast 340 m schip



**Figuur 6-8** Geveegde baan uitvaarten versmalde havenmond met geballast 340 m schip

## 7 ALGEMENE BEVINDINGEN

### 7.1 Averijhaven

#### *Controleerbaarheid van de manoeuvres*

De numerieke resultaten van de simulaties geven aan dat de controleerbaarheid van de schepen (roer/schroefgebruik en sleepboot assistentie), die de Averijhaven invaren en uitvaren goed is. Dit geldt voor zowel het 300 m schip in de voorkeursvariant (VKV) als het 340 m schip in de toekomstige voorkeursvariant (VKVx). Hierbij moet worden opgemerkt dat alle vaarten in de maximale wind-, golf- en stroomcondities zijn uitgevoerd.

Het sleepbootgebruik van de twee sleepboten (ieder 70 ton bollard pull) bij het 300 m schip ligt hoger dan het sleepbootgebruik van de vier sleepboten van 70 ton bij het 340 m schip. De loodsen geven ook aan dat er in bepaalde gevallen bij het 300 m schip een derde sleepboot zou worden ingezet. Deze beslissing wordt vooral ingegeven door veiligheidsoverwegingen en niet zozeer door de toegepaste krachten. Bij het gebruik van twee boten zijn, bij deze maximale omstandigheden de risico's groot als er een tros breekt. Bij gebruik van drie sleepboten kan dit probleem altijd opgevangen worden. Bij het 340 m schip doet deze situatie zich niet voor omdat dit schip al door vier sleepboten wordt geassisteerd. Een trosbreuk kan dan direct door één van de andere sleepboten worden opgevangen.

#### *Ruimtegebruik*

De ruimte in de geul naar de Averijhaven en in de Averijhaven bij aanleggen/wegvaren is voldoende. Ook de ruimte voor de sleepboten is voldoende. De marges tot de relevante dieptelijnen voldoen aan de gestelde criteria. In bepaalde gevallen kunnen er echter geen drie binnenschepen naast elkaar worden afgemeerd omdat er dan te weinig ruimte overblijft voor de sleepboten.

De gerealiseerde marges tot het zuidelijke talud nabij het Forteiland waren ook in alle geteste condities ruim voldoende. Met de realisering van de geteste lay-outs is er geen reden om de zuidelijke oever bij het Forteiland aan te passen.

#### *Oordeel van de loodsen*

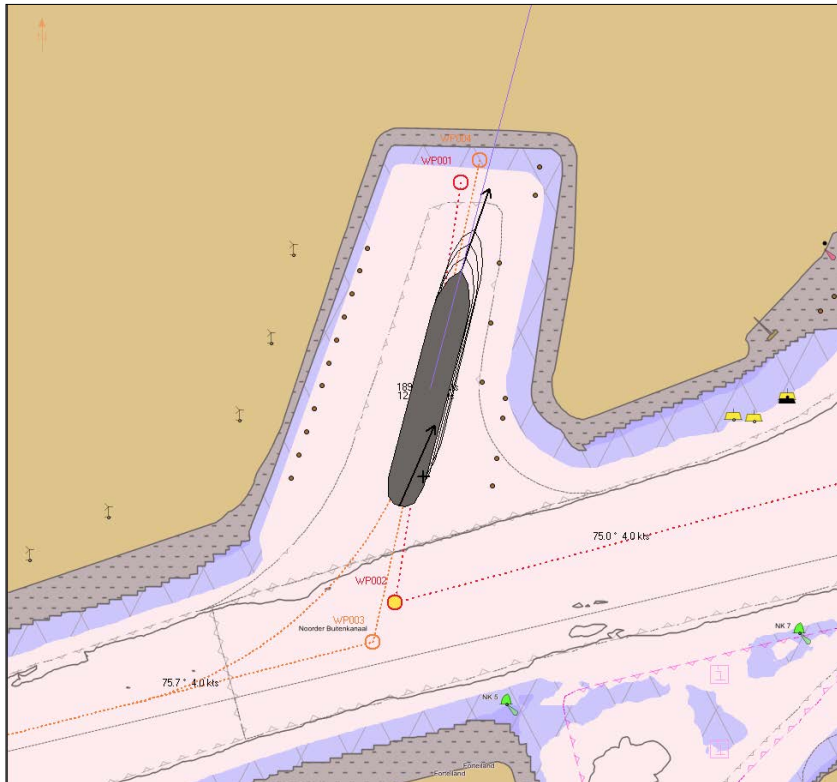
De beoordeling door de loodsen geeft ook aan dat alle geteste situaties veilig zijn. Daarnaast geven de loodsen aan dat de belijning van de ontwerpen (VKV zowel als VKVx) goed is en dat de ruimte in de haven voldoende is. Beide zaken worden bevestigd door de resultaten van de analyse van de controleerbaarheid en het ruimtegebruik

De loodsen geven wel aan dat in de toekomstige voorkeursvariant van de Averijhaven de meest zuidelijke meerpaal in de weg staat en verder naar achteren geplaatst zou moeten worden.

#### *Gebruik van ANMS*

Het gebruik van de ANMS (nauwkeurig ECDIS systeem dat door loods aan boord wordt gebracht) is een zeer belangrijk hulpmiddel om de manoeuvres gecontroleerd uit te voeren. Figuur 7-1 geeft een voorbeeld van de ANMS. Hierop is te zien dat de voorkeursbaan (rode stippellijn) voor de invaart noordelijk van de lichtenlijn ligt om voldoende afstand van het Forteiland te houden. Ook de voorkeursbaan voor de uitvaart ligt noordelijk van de lichtenlijn om met voldoende ruimte de bocht naar de sluis te kunnen inzetten.

De predictor op de ANMS geeft aan wat de beweging van het schip zal zijn in de komende minuten. Hiermee kan b.v. de bocht naar de Averijhaven goed worden voorspeld.



**Figuur 7-1 ANMS beeld met predictor en voorkeursbaan noordelijk van de lichtenlijn**

## 7.2 Versmalde havenmond

Bij het onderzoek naar de versmalde havenmond zijn er geen verschillen onderkent met de huidige situatie. Alle vaarten werden door de loodsen als veilig ervaren en ook de controleerbaarheid van het schip was geen probleem, hoe wel er wel verschillen waren tussen het gedrag van de twee scheepsmaten en geladen en geballaste schepen. De meest kritische situaties deden zich, zoals was te verwachten voor bij het passeren van de stroomgradiënt bij de havenmond. Er was echter geen verschil tussen de resultaten voor de bestaande en de versmalde havenmond.

De marges tot de geulgrens waren in alle gevallen zodanig dat er geen probleem ontstaat als de havenmond twee maal 15 m wordt versmald.

De enige opmerking die door de loodsen gemaakt werd n.a.v. de vaarten met de versmalde havenmond was dat het in het algemeen veilig is om bij het verlaten van de haven met een geballast schip in de eerste 1,5 mijl na de havenmond geen tegenliggers tegen te komen omdat door de stroomgradiënt het schip onverwachte bewegingen kan maken waardoor meer vaarbaanbreedte nodig is. Deze procedure kan worden geëffectueerd door verkeersmanagement of door afspraken tussen loodsen onderling.



## 8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 8.1 Averijhaven

Het voorliggende onderzoek geeft een nautische beoordeling van de twee varianten voor de toekomstige Averijhaven te IJmuiden. Het onderzoek is uitgevoerd met geladen en gelichterde schepen van 300 m en 340 m over alles onder de maximale windcondities (15,4 m/s) en de bijbehorende golfcondities. Tevens zijn de vaarten gemaakt met een maximaal pompdebiet van 260 m<sup>3</sup> per seconde en een spuidebiet van 500 m<sup>3</sup> per seconde om de maximale dwarsstroomcondities in de mond van de Averijhaven te testen. Tijdens de vaarten zijn de 300 m schepen geassisteerd door twee ASD sleepboten met een bollard pull van 70 ton; de 340 m schepen zijn geassisteerd door vier ASD sleepboten met een bollard pull van 70 ton. Op grond van de resultaten van de uitgevoerde real-time simulaties worden de volgende conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan:

#### Conclusies

##### *Hoofdconclusie:*

- De belijning (nautisch ontwerp) van de voorkeursvariant (VKV) van de Averijhaven en van de toekomstige voorkeursvariant (VKVx) is goed. Dit houdt in dat de havenmond en de haven zelf ruim genoeg zijn voor een veilige invaart met geladen schepen en een veilige uitvaart met gelichterde schepen. De bocht naar de haven toe is goed te passeren (juiste bochtstraal) en er is voldoende ruimte voor de sleepboten.

##### *De hoofdconclusie gebaseerd op de volgende resultaten:*

- De numerieke resultaten van de simulaties geven aan dat de controleerbaarheid van de schepen (roer/schroefgebruik en sleepboot assistentie), die de Averijhaven invaren en uitvaren, goed is. Er wordt voldaan (meestal ruimschoots) aan de gestelde veiligheidscriteria;
- De marges tot de relevante dieptelijnen voldoen aan de gestelde criteria. In bepaalde gevallen kunnen er echter geen drie binnenschepen naast elkaar worden afgemeerd omdat er dan te weinig ruimte overblijft voor de sleepboten;
- Voor het indraaien van de Averijhaven met de 300 m bulkcarrier is de bestaande geul in principe breed genoeg (160 m op NAP -20 m). Om echter aan beide zijden voldoende marge te hebben, zal de koers in de geul meer naar het noorden moeten liggen dan de huidige 77° lichtenlijn. Deze meer noordelijke koers is in de real-time simulaties gevolgd, overeenkomstig met de huidige praktijk waarin de loodsen nu ook al een meer noordelijke koers volgen om beter vrij te blijven van het Forteiland.
- Door het naar het noorden verleggen van de koers in de geul is het, voor de in- en uitvaart met de 300 m bulkcarrier, niet nodig om te baggeren aan de noordzijde van het Forteiland;
- De beoordeling door de loodsen geeft ook aan dat alle geteste situaties veilig zijn. Daarnaast geven de loodsen aan dat de belijning van de ontwerpen (VKV zowel als VKVx) goed is en dat de ruimte in de haven voldoende is.

#### Aanbevelingen

- Er wordt aanbevolen om onder de maximale omstandigheden (wind en stroom) de gemeerde binnenschepen niet meer dan enkeldik af te meren;

- De loodsen geven wel aan dat in de toekomstige voorkeursvariant van de Averijhaven de meest zuidelijke meerpaal verder naar achteren geplaatst zou moeten worden;
- De loodsen geven ook aan dat er in bepaalde gevallen bij het 300 m schip een derde sleepboot zou worden ingezet om te voorkomen dat er bij breuk van een sleeptros een gevaarlijke situatie zou ontstaan;
- Het gebruik van de ANMS (nauwkeurig ECDIS systeem dat door loods aan boord wordt gebracht) is een zeer belangrijk hulpmiddel om de manoeuvres gecontroleerd uit te voeren;
- De verbreding van de hoofdgeul naar het noorden ten behoeve van de 340 m schepen in de toekomstige voorkeursvariant (VKVx) zou geoptimaliseerd kunnen worden. De teen-taludlijn, die nu rechtgetrokken is vanaf de boei 2 naar de mond van de Averijhaven kan meer met de bocht meelopen (zie Figuur 7-1).

## 8.2 Versmalde havenmond

Het voorliggende onderzoek geeft een nautische beoordeling van de effecten van een versmalde havenmond (2 x 15 m) te IJmuiden. Het onderzoek is uitgevoerd met geladen en geballaste schepen van 300 m en 340 m over alles onder de maximale windcondities (15,4 m/s) en de bijbehorende golfcondities. Tevens zijn de vaarten gemaakt met de voor deze schepen geldende maximale stroomcondities voor de havenmond. Op grond van de resultaten van de uitgevoerde real-time simulaties worden de volgende conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan:

### Conclusies

#### *Hoofdconclusie:*

- Bij het onderzoek naar de versmalde havenmond zijn er geen verschillen onderkent met de huidige situatie. Dit betekent dat er geen probleem ontstaat als de havenmond twee maal 15 m wordt versmald.

#### *De hoofdconclusie gebaseerd op de volgende resultaten:*

- De numerieke resultaten van de simulaties geven aan dat de controleerbaarheid van de schepen (roer/schroefgebruik), die de bestaande en versmalde havenmond invaren en uitvaren, geen probleem is. Er wordt voldaan (meestal ruimschoots) aan de gestelde veiligheidscriteria;
- De marges tot de geulgrens voldoen aan de gestelde criteria.;
- Alle vaarten werden door de loodsen als veilig ervaren.

### Aanbevelingen

- De enige algemene opmerking die door de loodsen gemaakt werd (en niet was gerelateerd aan de versmalde havenmond) was dat het in het veilig is om bij het verlaten van de haven met een geballast schip in de eerste 1,5 mijl na de havenmond geen tegenliggers tegen te komen omdat door de stroomgradiënt het schip onverwachte bewegingen kan maken waardoor meer vaarbaanbreedte nodig is.

## REFERENTIES

- [1] Memo Nautische specificaties toekomstige Averijhaven, 17 juni 2010, Nautische Sector Beleid, Haven Amsterdam
- [2] Approach Channels, A Guide for Design, Final report of the joint PIANC/IAPH Working Group II-30 in cooperation with IMPA and IALA, June 1997.
- [3] Conceptrapport "Opzet en calibratie modelinstrumentarium IJmuiden", Deltares, Arcadis, 29 april 2011
- [4] Fast-time simulaties voor averijhaven, MARIN rapport 24804-1-MSCN-rev.2, 17 Mei 2011 (concept)

## **BIJLAGE A CAPABILITY STATEMENT**

## Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

### CAPABILITY STATEMENT OF MSCN SIMULATORS

Version 9.4, January 2008



## **CAPABILITY STATEMENT OF MSCN SIMULATORS**

**Version 9.4, January 2008**

Reported by : W.W.J.L. van der Rijken

<b>CONTENTS</b>	<b>Page</b>
REVIEW OF TABLES AND FIGURES.....	3
1 INTRODUCTION.....	4
1.1 Philosophy .....	4
1.2 General purposes .....	5
2 FULL-MISSION BRIDGE I .....	6
3 FULL-MISSION BRIDGE II .....	7
4 TERTIARY BRIDGES .....	8
5 POSSIBILITIES AND CAPABILITIES .....	9
6 SIMULATION TECHNOLOGY .....	10
6.1 High-level modelling.....	10
6.1.1 Visual image .....	10
6.1.2 Databases (geography and environment).....	11
6.1.3 Mathematical models of ownships .....	12
6.1.4 Six degrees of freedom .....	13
6.1.5 Collision, fenders and grounding.....	13
6.1.6 Berth lines and winches.....	13
6.1.7 Tugs.....	14
6.1.8 Targets .....	15
6.1.9 Propeller wash.....	15
6.2 Ease of operation.....	15
6.2.1 MSCN simulation control .....	15
6.2.2 MSCN stealth system .....	17
6.2.3 MSCN debriefing facility .....	18
6.2.4 Hardcopies .....	18
7 FUTURE DEVELOPMENTS .....	19



## REVIEW OF TABLES AND FIGURES

	Page
<b>Tables:</b>	
Table 2-1: Mock-up possibilities FMB I .....	6
Table 3-1: Mock-up possibilities FMB II .....	7
 <b>Figures:</b>	
Figure 2-1: FMB I with a basic bridge layout.....	6
Figure 3-1: FMB II as command centre of a submarine (no visuals required).....	7
Figure 4-1: A set-up of two Tertiary bridges, both in tug mode .....	8
Figure 6-1: Example of visual image.....	11
Figure 6-2: Example of geographical database .....	12
Figure 6-3: Tugboat interface.....	14
Figure 6-4: Example of propeller wash .....	15
Figure 6-5: Data manager.....	16
Figure 6-6: Environmental manager.....	17
Figure 6-7: Example of stealth system: FPSO .....	17
Figure 6-8: Area manager image .....	18
Figure 7-1: Initial test result.....	19

## 1 INTRODUCTION

MARIN's Nautical Centre, MSCN operates three different Mermaid 500 type real-time navigation simulators for research, consultancy and training purposes of professional mariners.

The following 6 real time simulators are available:

1. (1) Full-Mission Bridge I: (FMB I) fully equipped bridge with a 360-degree visual projected scenery.
2. (1) Full-Mission Bridge II: (FMB II) fully equipped bridge with a 210-degree visual projected scenery.
3. (4) Tertiary Bridges: 3 tertiary bridges are equipped with one beamer, 1 tertiary bridge is equipped with 3 beamers.

All 6 simulators are operated on the same in-house developed technology and can be operated independently or in any combination. The mock up of each simulator can be adapted according to the client wishes or research needs and is therefore versatile.

Besides the simulators, two instructor/debriefing stations and two dedicated debriefing stations are provided for.

The Mermaid 500 simulators are approved by the Dutch Government. The official statement is available upon request.

Chapters 2, 3 and 4 describe the three types of simulators, whereas Chapter 5 gives an overview of the possibilities and capabilities of these simulators. Section 6 gives an explanation of the simulation technology in more detail. The latter is subdivided into a section on the high level of modelling and a section on the ease of operation.

In addition to the real-time simulators MSCN can provide:

1. Vessel Traffic Service Simulator.
2. Fast-Time Simulation Program SHIPMA.

More information on these simulations can be provided upon request.

### 1.1 Philosophy

The simulators at MSCN are developed to serve the professional maritime world in studies and trainings with complex realistic simulation environments. Being part of MARIN (Maritime Research Institute Netherlands) the simulators are an extension of MARIN's model testing enabling the performance of simulations based on high end hydrodynamic data derived directly from the model tests. The direct implementation of the hydrodynamic data is possible because the simulator technology used is based on software developed in-house. The resulting mathematical manoeuvring model (e.g. vessel, tug or any other floating object) are six-degrees-of-freedom (6 DOF) models responding realistically to environmental conditions (wind, waves and current) and hydrodynamic interactions. Other real-life phenomena such as back suction, squat and trim are depth/draft dependent modelled.

To meet the professional maritime world, MSCN can offer a large database of mathematical manoeuvring models based on previous model tests. When a dedicated model is required, MSCN experts can prepare such a mathematical model based on available model tests or manoeuvring tests. The design of the simulator enables almost any mathematical relation to be used for the mathematical manoeuvring model. Towing of large offshore modules, semi-submersibles, submersibles, fast craft etc. can all be accommodated in the simulators.

Besides the importance of accurate modelling of the mathematical manoeuvring models, a realistic simulation environment increases the realism of the simulated manoeuvres. The simulation environment can be divided into the bridge mock-up (layout) and the projected visuals. The bridge mock-up is module-based, providing a flexible and realistic set-up of the instruments required corresponding with the bridge layout of the design vessel. The projected visuals have recently been upgraded with the implementation of special visual software used in the computer game industry to increase the realism of the simulations. The new technology allows special effects such as light breaking, mirroring, shadowing, the use of spray, foam, 3D fog, smoke, fire, snow etc. and is gradually implemented.

## 1.2 General purposes

The general purposes of the simulator are conducting studies or trainings with and for STCW certified seafarers comprising:

- (Complex) maritime operations, for example offloading FPSO and escorting.
- Port developments, for example a new harbour basin or berth.
- Knowledge of the capabilities and limitations of a required design vessel.
- Understanding the interaction effects such as back suction, wash, etc.

Often a feasibility study is performed prior to training. During the studies and trainings instructors operate the simulator(s) and (de)brief the participants. The instructors are carefully chosen for a project on experience and type of simulation. The MSCN instructors have all proven themselves at sea as Master Mariners.

Extensive research and training records are available upon request.

## 2 FULL-MISSION BRIDGE I

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 on a high update rate. The diameter is 20 metres and the bridge house is approximately 8 m by 6 m. The bridge is equipped with realistic consoles and instrumentation. Bridge and console layout can be adapted according to client wishes or research needs.



Figure 2-1: FMB I with a basic bridge layout

The Full-Mission Bridge I (FMB I), has a 360° visual projected image, with a vertical field of view of 35°. Additional viewing positions and/or a Stealth system offering a 3D view from any observation point (see Section 6.2.2) can be installed. By default the Stealth system is located in the instructor’s room of FMB I.

Table 2-1: Mock-up possibilities FMB I

Instruments	Navigation and communication	Controls
RPM / pitch of main engines	Heading indicator	(Dual) Telegraph
RPM of bow/stern thruster(s)	Course indicator	Rudder(s) (3 modes)
Rate of turn	ARPA (2)	Bow thruster(s) levers
(Twin-) Rudder	Electronic Chart	Stern thruster(s) levers
Doppler-log (3-axis)	GPS, Loran-C, DGPS	Bow rudder(s)
Sallog	VHF-set and Intercom-set	Azimuth controls for pods
Wind speed	Chart table	-
Wind direction	ECDIS (Qastor, Imtech)	-
UKC indicator	-	-

On request additional features can be added.

### 3 FULL-MISSION BRIDGE II

A mock-up of a real ship bridge is located in the centre of a part-cylindrical projection wall (diameter 14 metres) on which the graphics image is projected with a high update rate. The dimensions of the bridge house are approximately 5 m by 3.5 m and the bridge is equipped with the same realistic consoles and instrumentation as the FMB I. Bridge and console layout can be adapted according to client wishes or research needs.



Figure 3-1: FMB II as command centre of a submarine (no visuals required)

Full-Mission Bridge II (FMB II), has a 210° visual projected image, with a vertical field of view of 29°. In addition to the projection system, the rear view is presented on a separate display for looking astern.

Additional viewing positions and/or a Stealth system offering a 3D view from any observation point (see Section 6.2.2) can be installed. By default the Stealth system is again located in the instructor room of FMB II.

Table 3-1: Mock-up possibilities FMB II

Instruments	Navigation and communication	Controls
RPM / pitch of main engines	Heading indicator	(Dual) Telegraph
RPM of bow/stern thruster(s)	Course indicator	Rudder(s) (3 modes)
Rate of turn	ARPA	Bow thruster(s) levers
(Twin-) Rudder	Electronic Chart	Stern thruster(s) levers
Doppler-log (3-axis)	GPS, Loran-C, DGPS	Bow rudder(s)
Sallog	VHF-set and Intercom-set	Azimuth controls for pods
Wind speed	Chart table	ASD controls (aquamaster)
Wind direction	ECDIS (Qastor, Imtech)	Voith control
UKC indicator	-	Winch control
Line length	-	-
Bollard pull	-	-

On request additional features can be added.

## 4 TERTIARY BRIDGES

The four Tertiary Bridges are based on exactly the same 'ownership' functionality (Chapter 5) as the Full-Mission simulators. The default configuration consists of a U-shape console with steering controls and displays for the software controlled radar, instruments, bird's eye view showing the area and position of vessels. A separate Stealth system showing a 3D view from any observation point is projected on a projection wall.



*Figure 4-1: A set-up of two Tertiary bridges, both in tug mode*

Emulated instruments are available for a large set of parameters, such as GPS position, wind direction, wind speed, sallog, doppler-log, rate of turn, rudder angle(s), RPM main engine(s), Bow/Stern thrusters, ASD thrusters (both angle/power). Two further LED-instruments are situated in the console (e.g. line-length in m and towing force in tons).

The console is equipped with:

- Steering and engine controls, to be chosen from;
  - VSP-mode: double telegraph and tiller.
  - ASD-mode: azimuthing controls.
  - Ship-mode: double/single main telegraph, side thrusters control and a tiller.
- Winch controls for holding, paying in or heaving out.

VHF communication is available through a headset and foot paddle. Intercom is available.

## 5 POSSIBILITIES AND CAPABILITIES

The Mermaid 500 simulators at MARIN's Nautical Centre are perfectly suited for complex research or training projects as it allows the study of any navigation or manoeuvring situation, such as:

- Navigation in open waters.
- Coastal navigation.
- Navigation in channels.
- Traffic situations.
- Approach to ports and quays.
- Mooring.
- Approach to floating platforms and SPMs
- Approach to other ships (moored or in transit).
- Berthing and unberthing.
- Manoeuvres with anchors.
- Manoeuvres with tugs.
- Manoeuvres with lines to the quay, mooring dolphins, etc.
- Manoeuvres with lines to floating platforms and SPMs.
- Manoeuvres with free floating FPSOs.
- Manoeuvres with formation ships.

The following special aspects are taken into account:

- Shallow water effects.
- Squat.
- Effect of bank suction.
- Effect of ship - ship interaction.
- Effect of collision forces (different objects have their own collision coefficients).
- Grounding.
- Line handling.
- Anchoring (anchor weight, chain weight, bottom type, holding force).
- Effect of inhomogeneous wind - wave - current fields.

## 6 SIMULATION TECHNOLOGY

The Mermaid 500 simulators are all working according to the same concept of real-time simulation. This concept is highly modular and facilitates flexible adaptation to other configurations, for example the implementation of:

- Flanking rudders for inland waterway push-tows.
- Coupled bridges with human-operated tugs.
- Joystick-controls or special controls like Aquamaster, Voith-Schneider, Ulstein, Lips.

Switching controls or switching from a single vessel situation into a multi-vessel situation can be done with a minimum of delay.

Terminology:

- Ownship Human-controlled ship, which can be any type of ship or tug.  
The control is from a Full-Mission Bridge or Tertiary Bridge.
- Target Instructor-controlled vessel, following a route.
- C-tug Instructor-controlled tug.
- D-tug Instructor-controlled vector force.

### 6.1 High-level modelling

The high-level modelling of the simulator database can be divided into the following aspects:

1. Visual image.
2. Databases (geographical and environmental).
3. Mathematical models of ownships.
4. Six degrees of freedom.
5. Collision, fenders and grounding.
6. Berth lines and winches.
7. Tugs.
8. Targets.
9. Propeller wash.

Each aspect will be discussed in detail in the following sections.

#### 6.1.1 Visual image

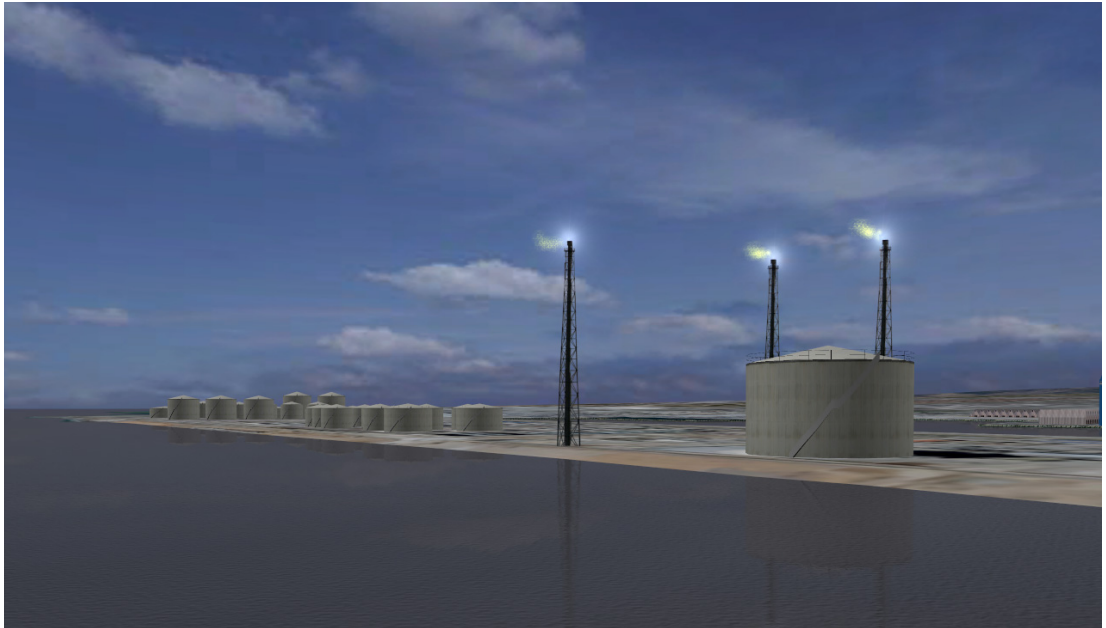
The MSCN visual image is prepared on the basis of nautical charts or ENCs and gathered data/information including photographs and detailed plans. An example is given in Figure 6-1.

In the visual image all navigation objects are presented including navigation lights and their characteristics. Special objects like the so-called Inogon light, docking systems and leading lines can be implemented. Special circumstances like fog and rain can be introduced smoothly at any time during the simulation.



Present visual system technology offers completely smooth display of motions in a fully textured database with update rates up to 85 Hz. Quite unique is the effect of the six degrees of freedom of the models in the visual image, allowing for surge, heave, sway, roll, yaw and pitch by movements of the projected image.

A large number of standard visual objects (e.g. buoys) are available at MSCN. The use of a computer-aided design tool like AutoCAD enables easy construction of new objects and port environments (see also Section 6.1.2 in databases).



*Figure 6-1: Example of visual image*

### **6.1.2 Databases (geography and environment)**

The database contains all geographical and environmental information required for the simulations. It is based on ECDIS and chart-data, photographs and information about wind, current, waves and water depth. Figure 6-2 gives an impression of the level of realism.

The current pattern may vary with place and time (!), either based on tidal information or based on separate current fields. The modelling of wind includes gusting and wind-shadowing. Waves are implemented as a wave grid including a spectrum (e.g. JONSWAP). By defining the peak period and the shape of the spectrum, stochastic effects are taken into account. The professional mariner will thus experience first-order wave motions as well as second-order wave drift forces (from diffraction analysis). The second-order wave drift forces may be of particular importance when a vessel is approaching and entering a harbour. The wave drift forces are computed as a function of time and wave height, meaning that irregular slowly varying wave drift forces are acting on the vessel.

Realistic bank suction forces are accounted for by defining bank suction lines in the database. The suction coefficients of the mathematical models will be prepared in advance.



Figure 6-2: Example of geographical database

### 6.1.3 Mathematical models of ownships

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 to a high degree. In training projects, the versatility of the model and the mathematical integrity are important in order to present realistic manoeuvring characteristics in all situations.

The background of the mathematical manoeuvring models is of scientific nature and serves the purpose of valid research data gathering, it can be considered as one of the strongest points of this simulator technology. Many real-life phenomena concerning manoeuvring ships are modelled from a scientific point of view.

The models as used in the Mermaid 500 simulator are based on extensive research of MARIN and Delft Hydraulics into the field of ship hydrodynamics, port and waterway design. The ownship models take into account the influence of all external effects, e.g. wind, waves (first-order motions, wave drift), tidal currents, shallow water, bank suction, ship-ship interaction, tug and berthing line forces, and collision forces etc.

The Mermaid 500 ownship is modelled with six-degrees-of-freedom (6 DOF). The dedicated force modules may also be implemented in the ownship model to simulate special effects.

So the mathematical models are six-degrees-of-freedom models, responding to environmental conditions (waves, wind, current, water depth, grounding, collision). The models are water depth/draft dependent. Consequently, the manoeuvring characteristics will vary depending on the actual water depth and the vessel's draught, thus taking the effects of shallow water into account. Squat is taken into account as well with ship type dependant squat parameters (bow/stern squat). These are important manoeuvring aspects when entering shallow waters.

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.

The design of the simulator enables almost any mathematical relation to be used for the ownship. Towing of large offshore modules, semi-submersibles, submersibles, fast craft etc. can all be accommodated in the simulators.

#### **6.1.4 Six degrees of freedom**

Next to the ordinary movements like surge, sway and yaw all MSCN Simulators also incorporate the movements of roll, pitch and heave. They are directly resulting from the environmental situation (wind/waves) and are embedded in the visual image. Thus, roll, pitch and heave movements can be experienced, allowing for unrivalled smooth motions as the visual image is at an extremely high update rate. Another advantage of this way of modelling is that high roll or pitch angles are not an extra difficulty (as with moving platforms).

Within the degrees of freedom the yawing deserves some special attention, as this will have a direct effect on the performance of the helmsman. This can become an important factor in channel design or during trainings. Yawing, of all wave-induced ship motions, has the largest influence on the ability to keep a steady course. MSCN's Mermaid 500 simulator can implement the irregular effect of waves on the yaw. The motion will be implemented in the visual image and on the instruments.

#### **6.1.5 Collision, fenders and grounding**

Where necessary, collision boundaries (of any length) can be included in the database. The collision behaviour of the models is very realistic with spring-action and damping depending on the properties of fendering and shore characteristics. The effect of longitudinal friction is also included in the models.

All vessels can have various collision lines, thus allowing for realistic ship-ship collisions. This capability is actually used for tug-pushing operations. The detection of a collision is performed by the simulator in three dimensions. An audible alarm is used to indicate a collision

In case grounding is detected for the ownship, the simulator automatically goes to the halt state. A pop-up window notifies the instructor that the ownship has grounded. The simulation can now either be stopped or continued by disabling the grounding detection.

#### **6.1.6 Berth lines and winches**

In situations where berthing manoeuvres are practised or when tugs are attached to another vessel, realistic behaviour of lines and winches is possible in the MSCN simulators. The lines are modelled including spring-action and damping. If, for any reason, the forces in a line exceed the maximum value for that particular line, it will automatically break. The lines may be attached to bollards on board any vessel and ashore. Winch control (heave in/hold/pay out) can be done from the bridge itself (by push buttons).

The complex dynamic interaction of berthing forces, ship-ship collision, line characteristics and hydrodynamics is all incorporated in the simulator.

### 6.1.7 Tugs

MSCN has several types of tugs available. At the highest level of realism we use one of the real-time simulators as the tug (A-type). This tug is then preferably operated by a Tug Master. The tugs are, like all target ships and ownships, visible in the visual image.

The second type of tug (C-type) is operated by the instructor with a very flexible interface (see Figure 6-3).

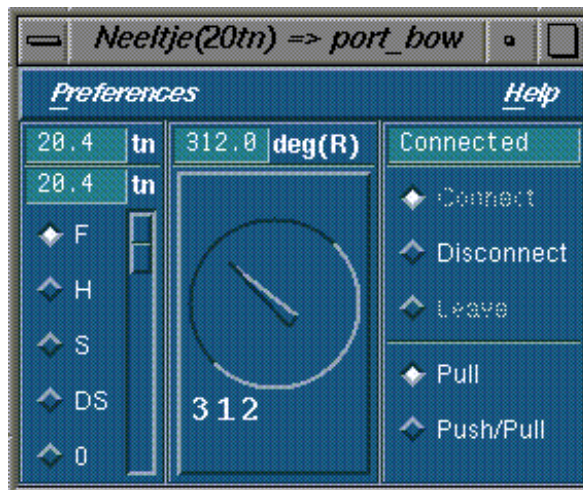


Figure 6-3: Tugboat interface

All forces are modelled realistically and the transitions between the pulling directions are in accordance with reality. The forces are dependent on speed, pulling direction, velocity of ownship, current and waves. These tugs are also visible in the visual image. The tugs can be positioned at a realistic location awaiting the approach of the vessel. When the Captain, or Pilot orders tug assistance the tugs will approach and by command they will make fast. All this is performed with realistic time delays including stochastic variation. Pulling will be effected on order, using standard telegraph orders like Stop, Slow, Half or Full or completely gradually as a certain percentage of the total bollard-pull capacity (see also the picture above).

The simplest representation of a tug (D-type) consists of a force-vector, operated by the instructor on any of the vessel's bollard positions. The control resembles the one for the C-tug (above). A D-type tug is not visible in the visual image.

All Tugs Types can be connected to bollards defined on the ownship. The number and location of these bollards is free.

All major tug types, like ASD, Voith Schneider and Conventional, are available for the A- and C-type tugs.

### 6.1.8 Targets

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. Like the ownships, target vessels are also sensitive to environmental conditions like wind, waves and current and can also run aground or collide with another vessel or structure. Targets follow a predefined track with a predefined speed. Both the track, consisting of waypoints and the speed can be modified easily during the simulation by the instructor. Apart from sailing, targets may also be stopped, moored or anchored.

### 6.1.9 Propeller wash

For certain types of operation propeller wash is an important phenomenon that must be accounted for. A good example is the escorting of large vessels by a powerful tug, operating near the stern of the ship in close proximity to the propeller wash. The hydrodynamic effects and consequently the pulling and line handling effects are taken into account (see Figure 6-4).

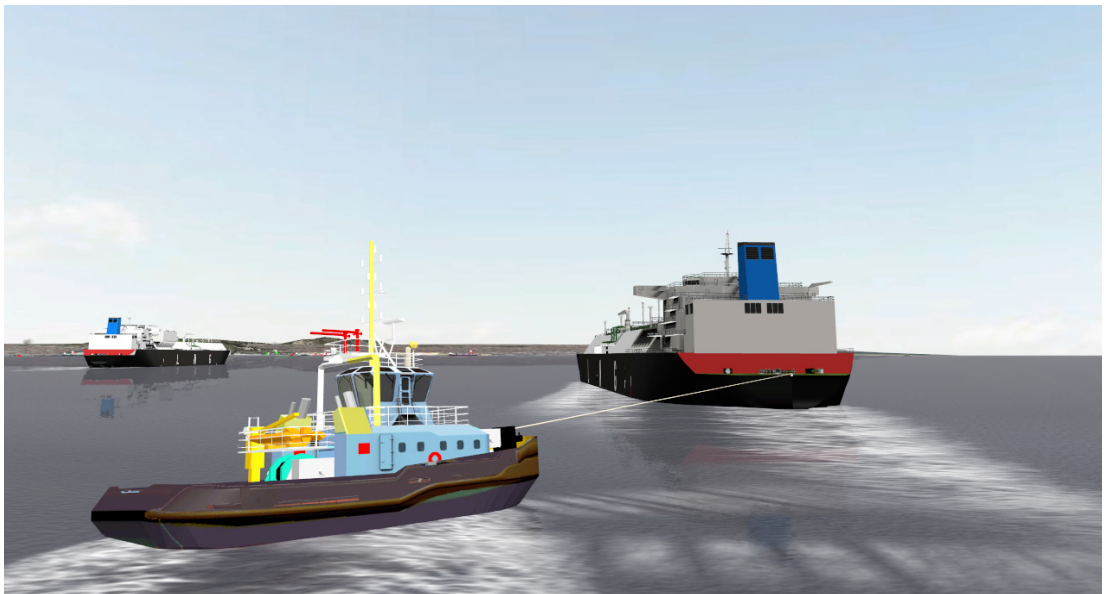


Figure 6-4: Example of propeller wash

## 6.2 Ease of operation

### 6.2.1 MSCN simulation control

With the simulator an experienced instructor shall be provided. The instructors are carefully chosen for a project on experience and type of simulation. The MSCN instructors have all proved themselves at sea as Master Mariners.

From the Instructor room one can see and hear the persons on the Full-Mission Bridge and thus monitor their performance. The Instructor station has two large colour displays and is operated by simple mouse actions. Next to the Instructor station two additional monitors show a copy of the bridge's radar display and the stealth.

Below a summary is given of the main functionality of the Instructor station.  
 A number of software applications allow for the following simulation control aspects:

- Simulation Manager To start, stop, reposition or replay the simulation.
- Data Manager To have on-line information on own-ships, tugs and target vessel on e.g. course, speed, RPM settings, rate of turn, keel clearance, etc. (see Figure 6-5).
- Environment manager To control wind (direction and strength), wave (direction and height) current (direction and strength), water level and the visibility (see Figure 6-6).
- Tug manager To control C and D-type tugs (see also Section 6.1.7).
- Failure manager To control engine, rudder and instrument failures in various gradations.
- Area manager A bird's eye-view of the area is shown on a separate monitor. This application is used for:
  - Monitoring the manoeuvres in relation to the maritime infrastructure.
  - Data inquiry of environmental parameters (wind, waves, current, water depth).
  - Controlling the routes of target and tugs as well as their speed and their status (sailing, stopped or at anchor).
  - (a picture showing the area manager is given in the following section).

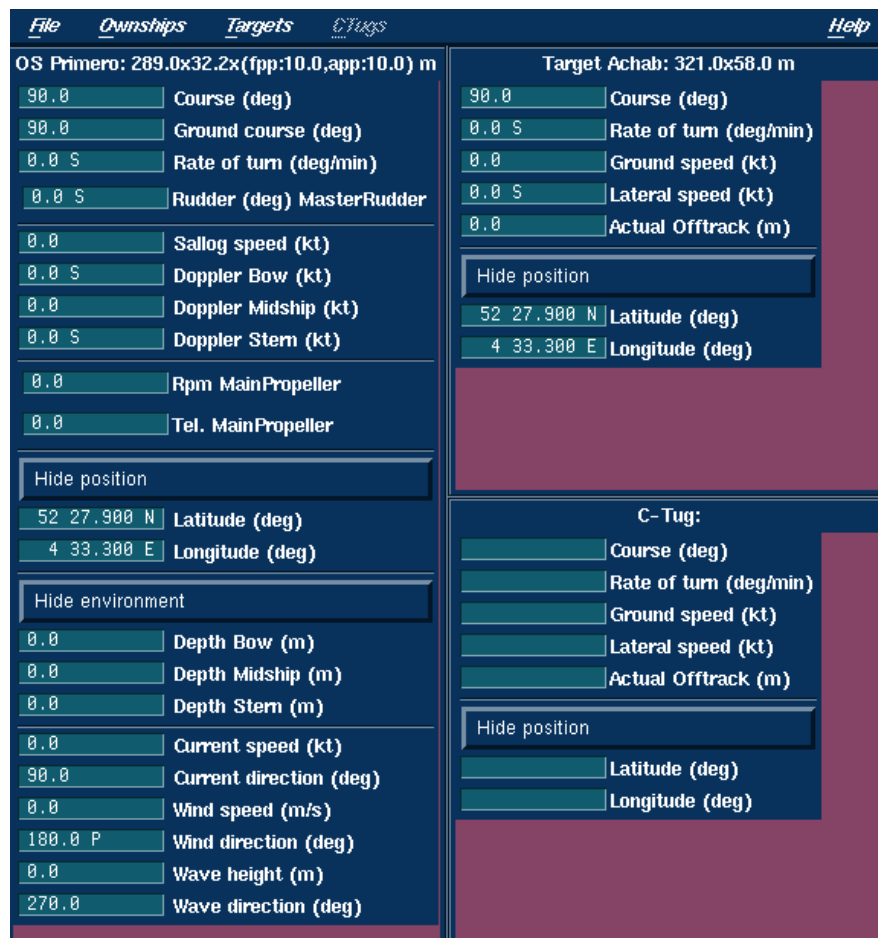


Figure 6-5: Data manager



Figure 6-6: Environmental manager

### 6.2.2 MSCN stealth system

The Stealth system offers complete flexibility to take up any observation point during the simulations.

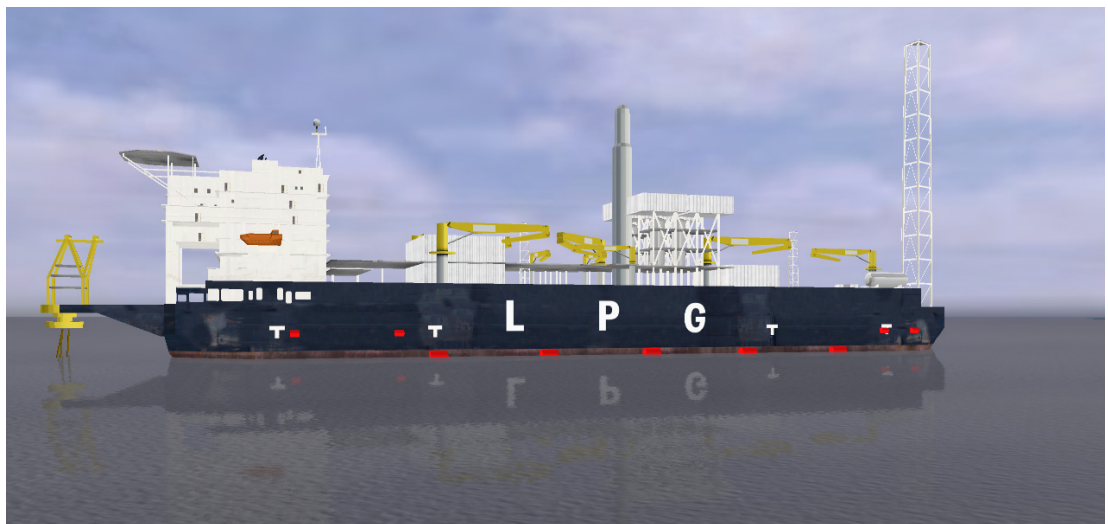


Figure 6-7: Example of stealth system: FPSO

The system can be connected to the bridge of any vessel (ownship, targets, A-tugs, C-tugs) or be in a free-mode. Pan-zoom-tilt functionality is available at all times and one can easily shift the point of view to any of the ship's bridge wings. Therewith it is possible to quickly check the distance between vessel and quay or any other object. When not connected to an object, it is possible to drive or fly through the simulation area. All this can be done during the simulation.

A stealth system is, by default, located in both Instructor rooms and can additionally put on either one of the bridges.

### 6.2.3 MSCN debriefing facility

The MSCN Debriefer tool is based on the same concept as the Instructor station (see Section 6.2.1). It consists of a dual-headed workstation, which is operated by simple mouse actions.

With the Debriefer Station the entire manoeuvre, including the control settings, can be analysed. The system presents all readings in large detail and shows selectable graphs of all controls. It enables analyses of all 'ownships', targets and tugs in a playing area. Any control parameter or output value can be selected for a time history display.

NOTE: During the simulation all data are stored into a datalog file including the audio signals when required. The debriefer system runs through these data. For research objectives, often more datalog files (more runs) are analysed together in order to get statistical results of the output. The datalog files are in ASCII format and can be imported into Matlab or EXCEL for post-processing analyses.

### 6.2.4 Hardcopies

From the Instructor station and from the debriefer station hardcopies of the Area manager can be sent to a colour laser printer. This print may include the vessels' contours at any time interval and with a time or index indication. Other ships and tugs can also be included in this presentation (see Figure 6-8). A digital copy can be made as well.

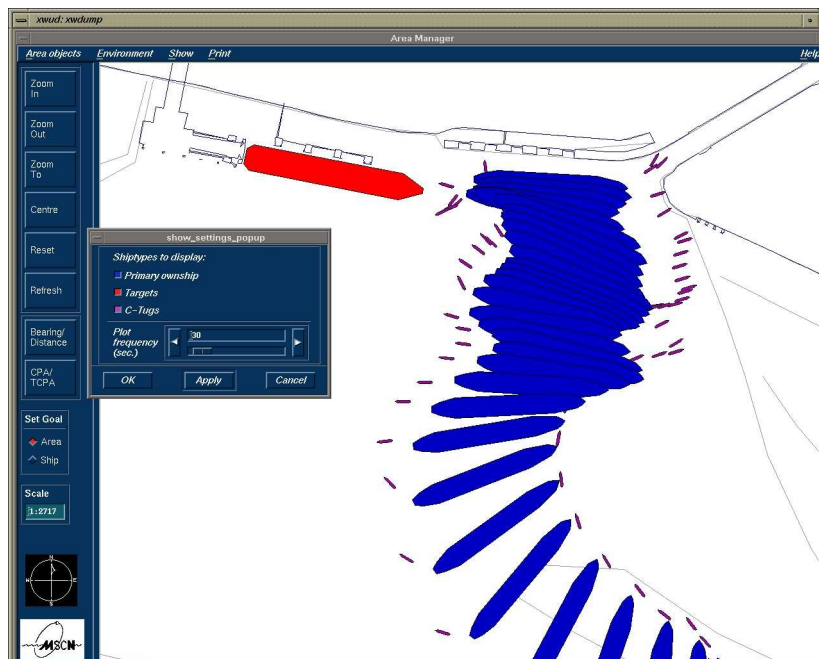


Figure 6-8: Area manager image



## 7 FUTURE DEVELOPMENTS

MARIN has an on-going Research and Development programme which implements improvements from lessons learnt, and which exploits the rapidly changing simulation technology base to bring increased functionality and increased fidelity to the simulated environment. For example, the improved performance now available from COTS image generators is being exploited to implement features not previously available.

Recently, MARIN has started with the implementation of special visual software, which so far has only been used in the computer game industry. The new technology allows special effects such as light breaking, mirroring, shadowing, the use of spray, foam, 3D fog, smoke, fire, snow etc. and is expected to be finished in the course of 2008.

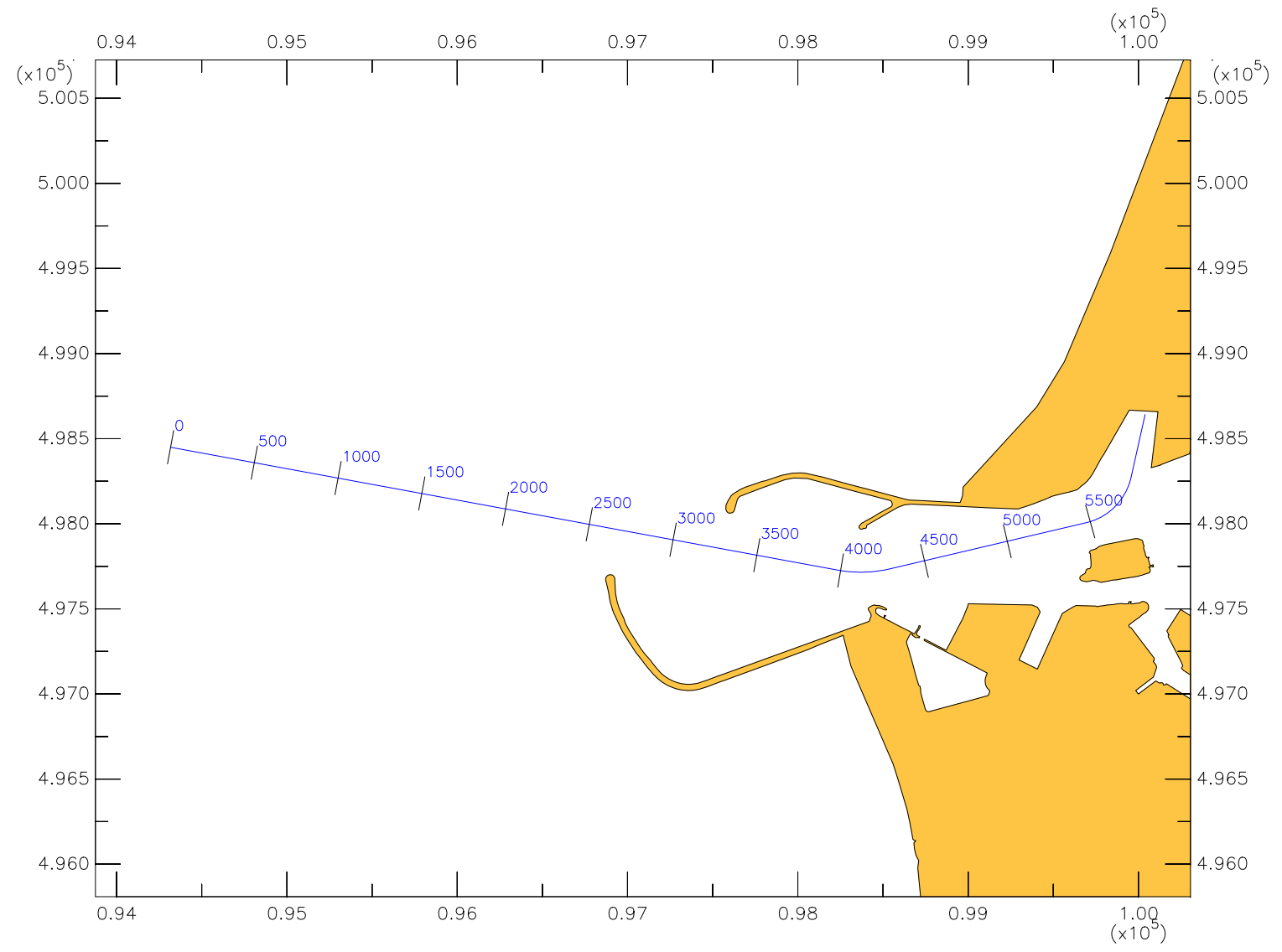


*Figure 7-1: Initial test result*

Wageningen, January 2008  
MARITIME RESEARCH INSTITUTE NETHERLANDS

## **BIJLAGE B BAAN EN DATA PLOTS AVERIJHAVEN**

Track Averijhaven invaren



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd
number	: 23

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


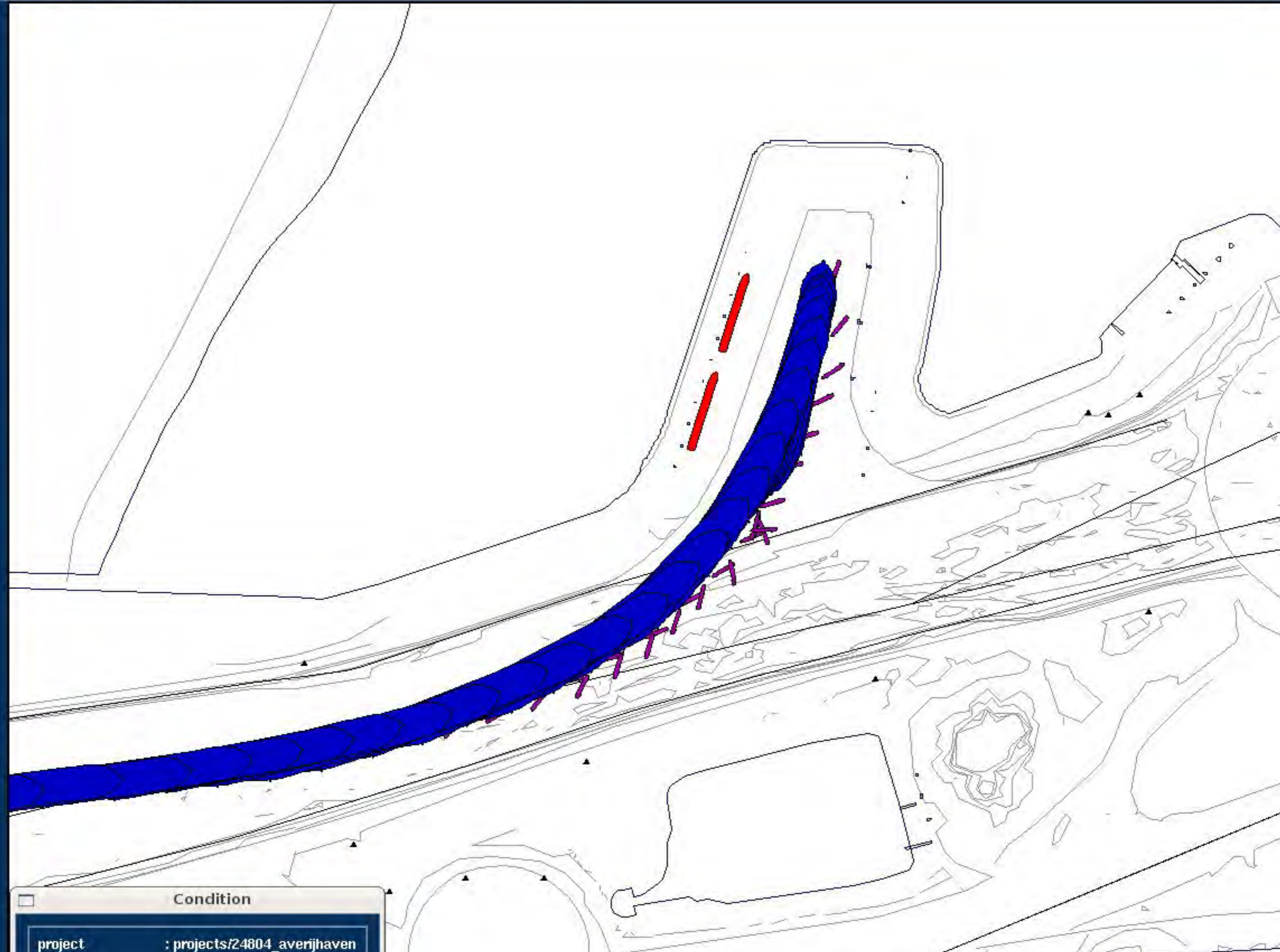
CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 5489

Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd
runnumber	: 23

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/Distance

CPA/TCPA

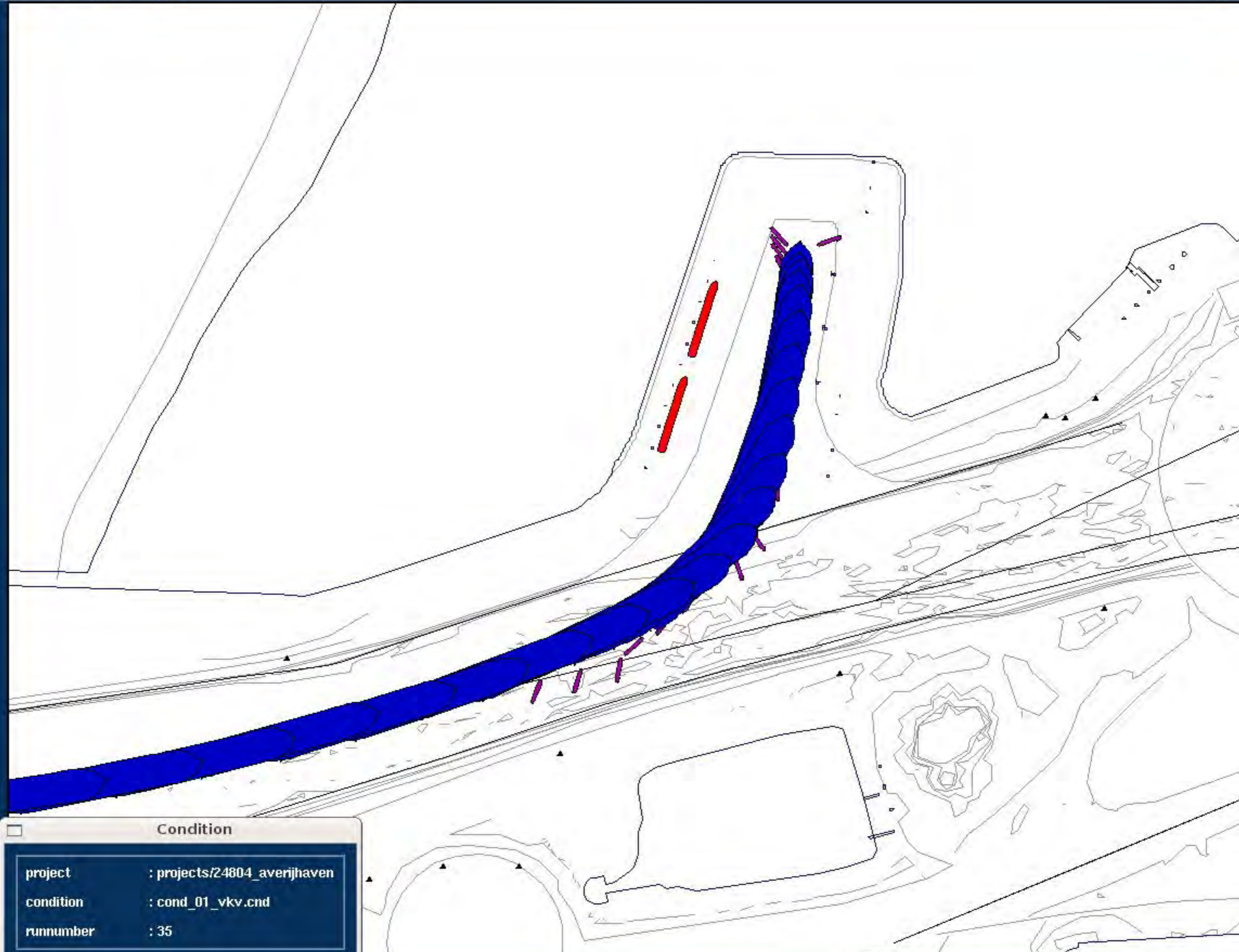

**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

**Scale**

1 : 5489



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd
runnumber	: 35

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd
runnumber	: 51



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

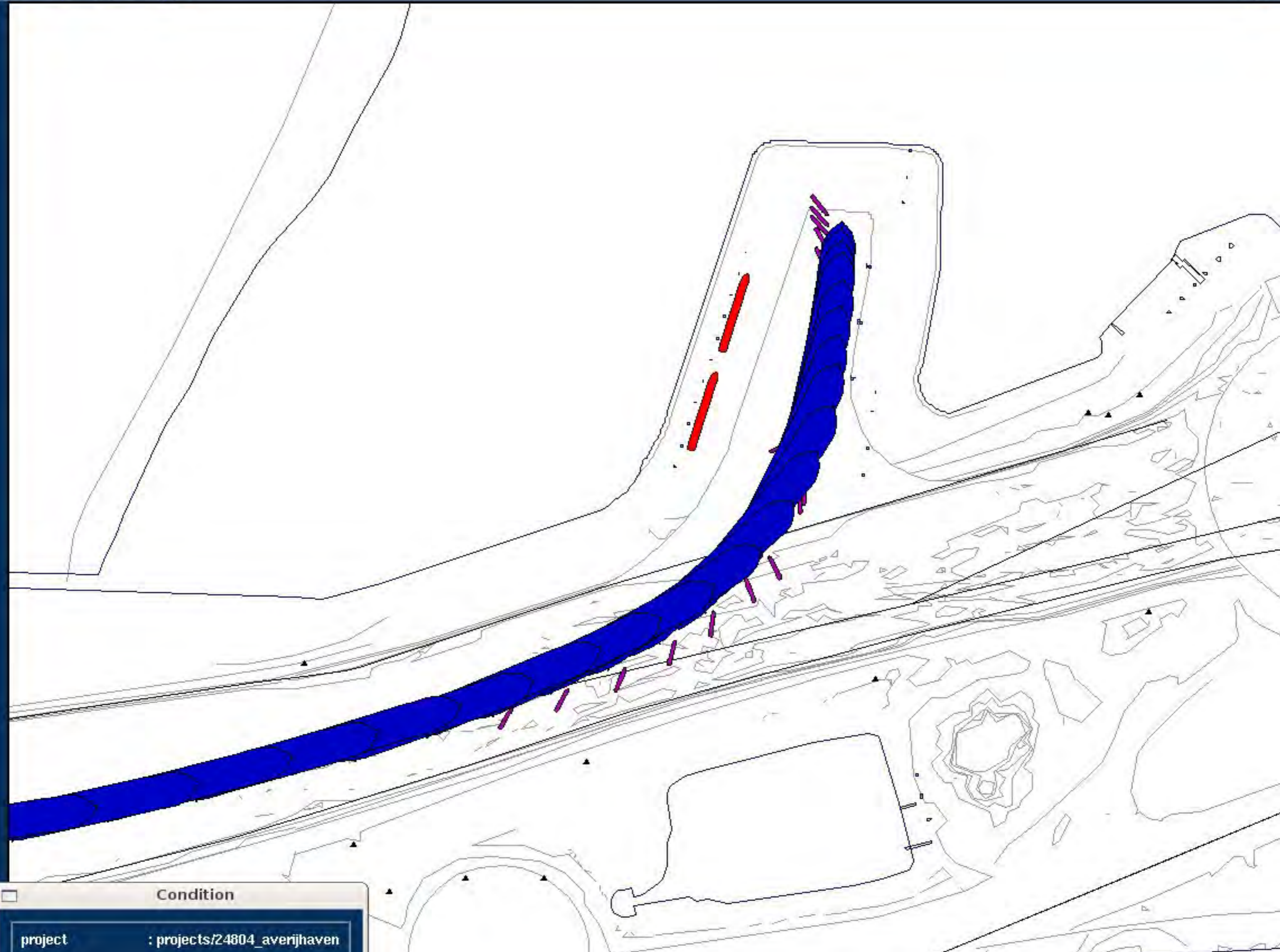

**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

**Scale**

1 : 5489



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd
runnumber	: 51

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



Condition

```

project      : projects/24804_averijhaven
condition    : cond_01_vkv.cnd
runnumber    : 53
  
```

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

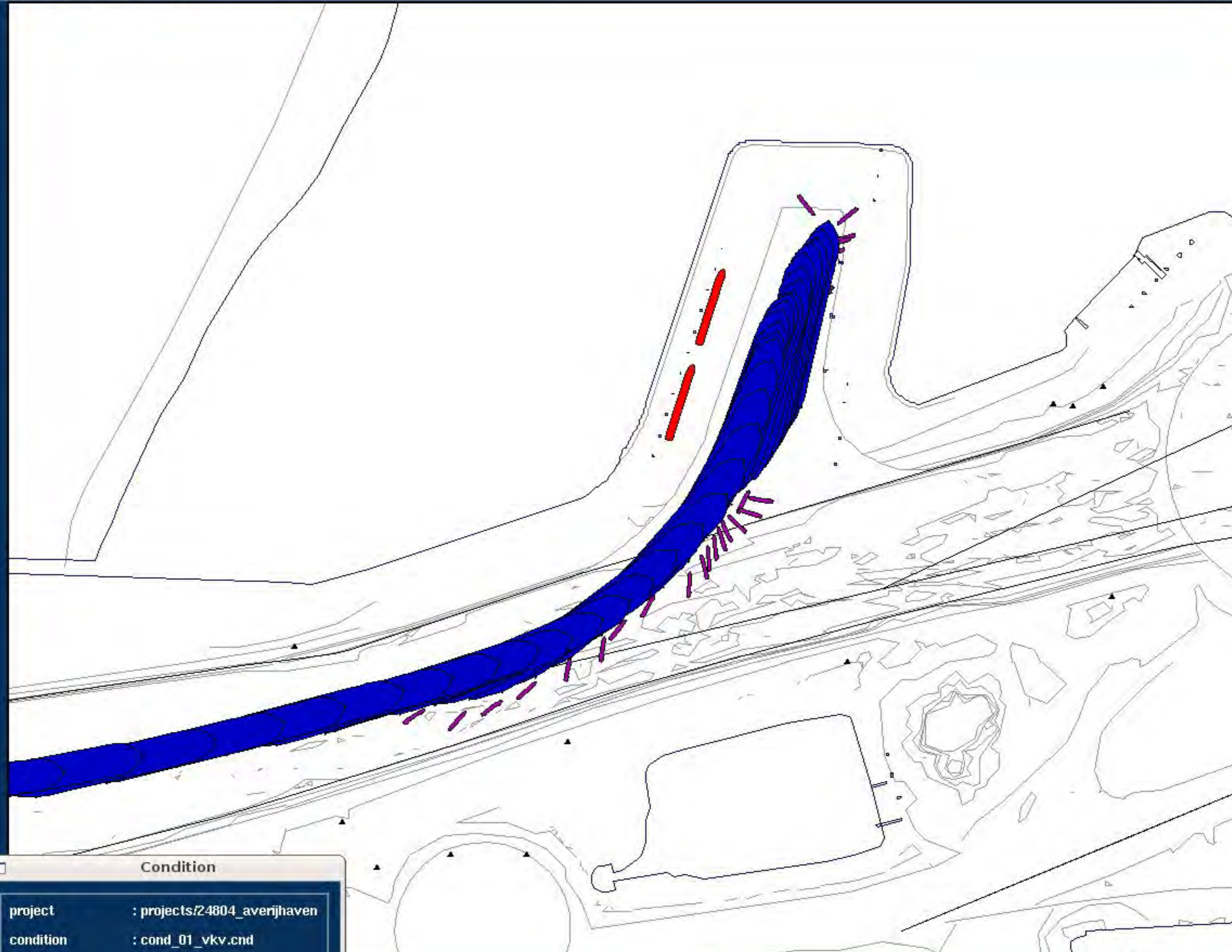
**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

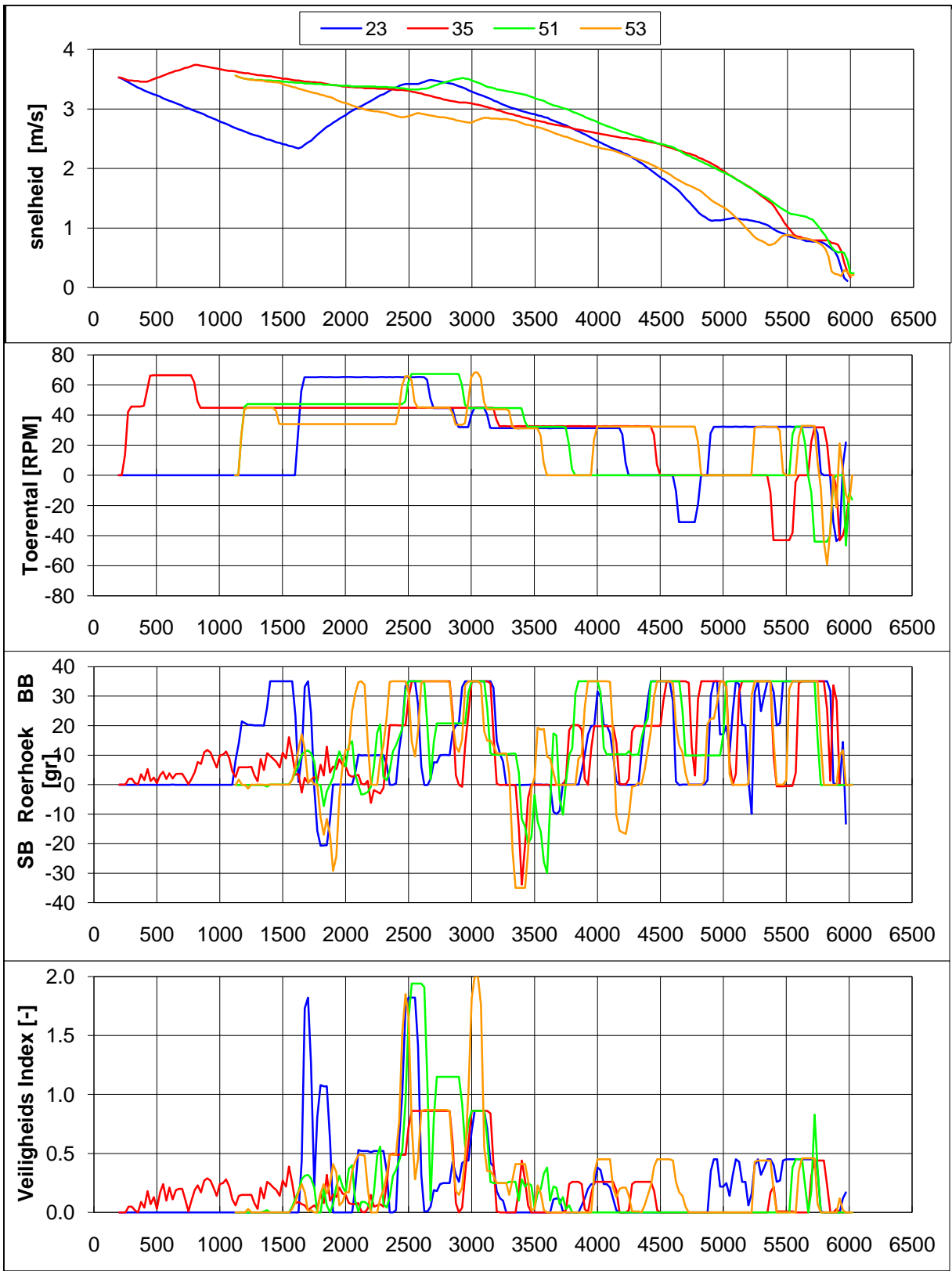
**Scale**

1 : 5489

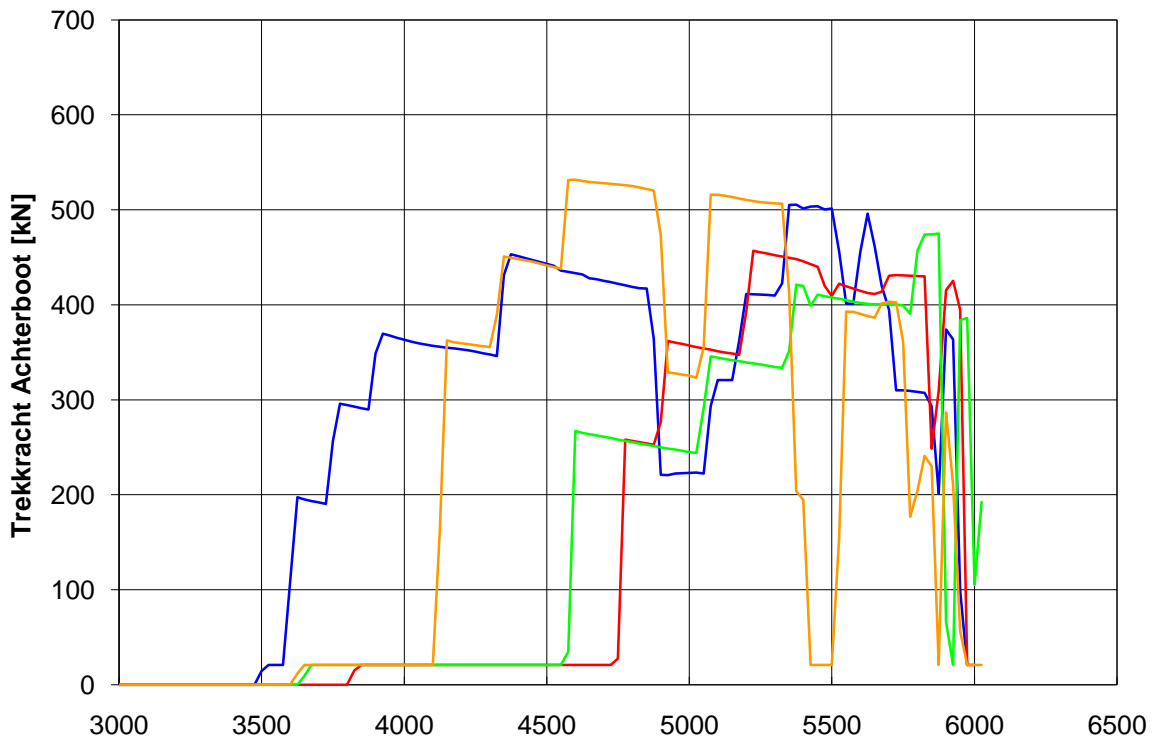
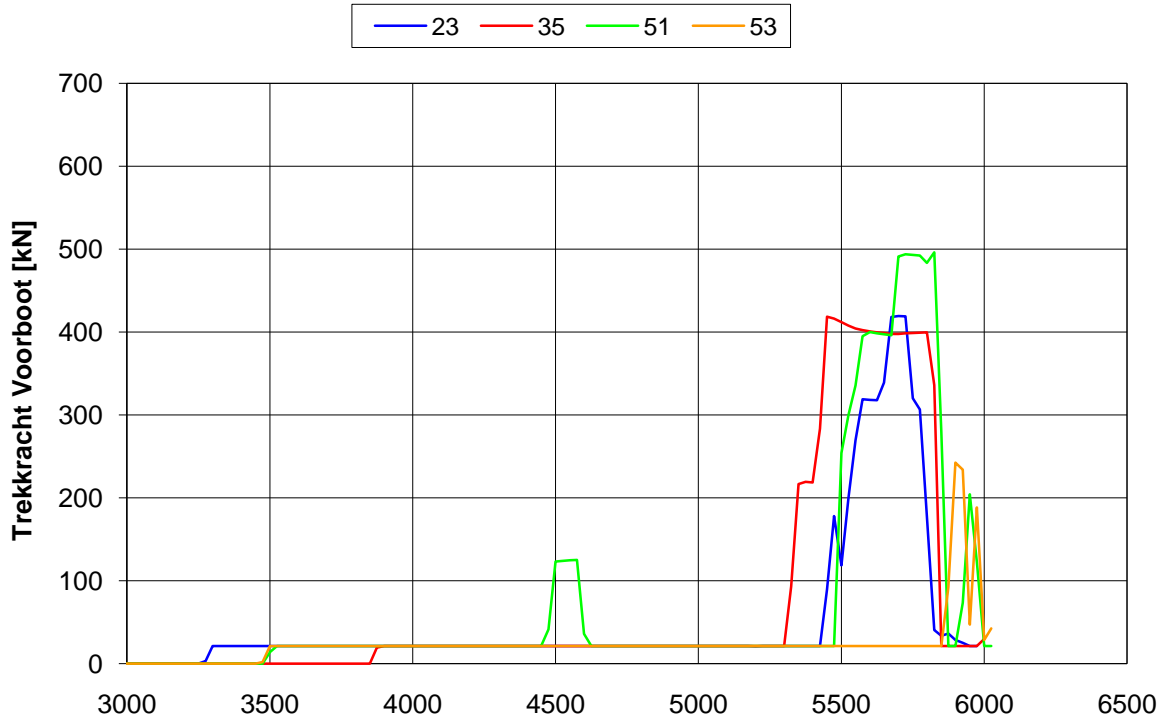


**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd
runnumber	: 53



Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m	Scenario: 1	
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 1.b	



Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m

Scenario: 1

Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3

24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

Fig: 1.c



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

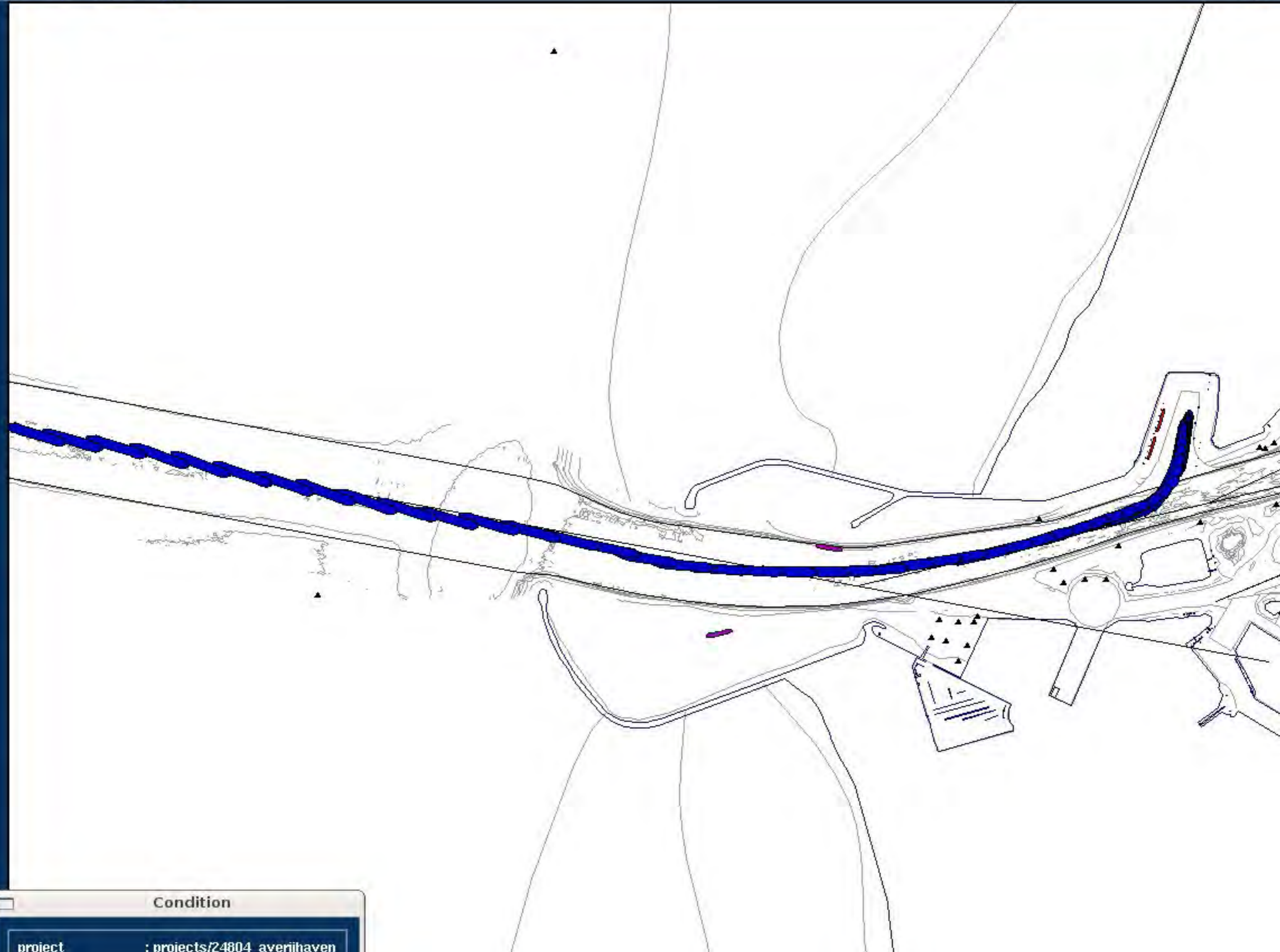
CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_02_vkv.cnd

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

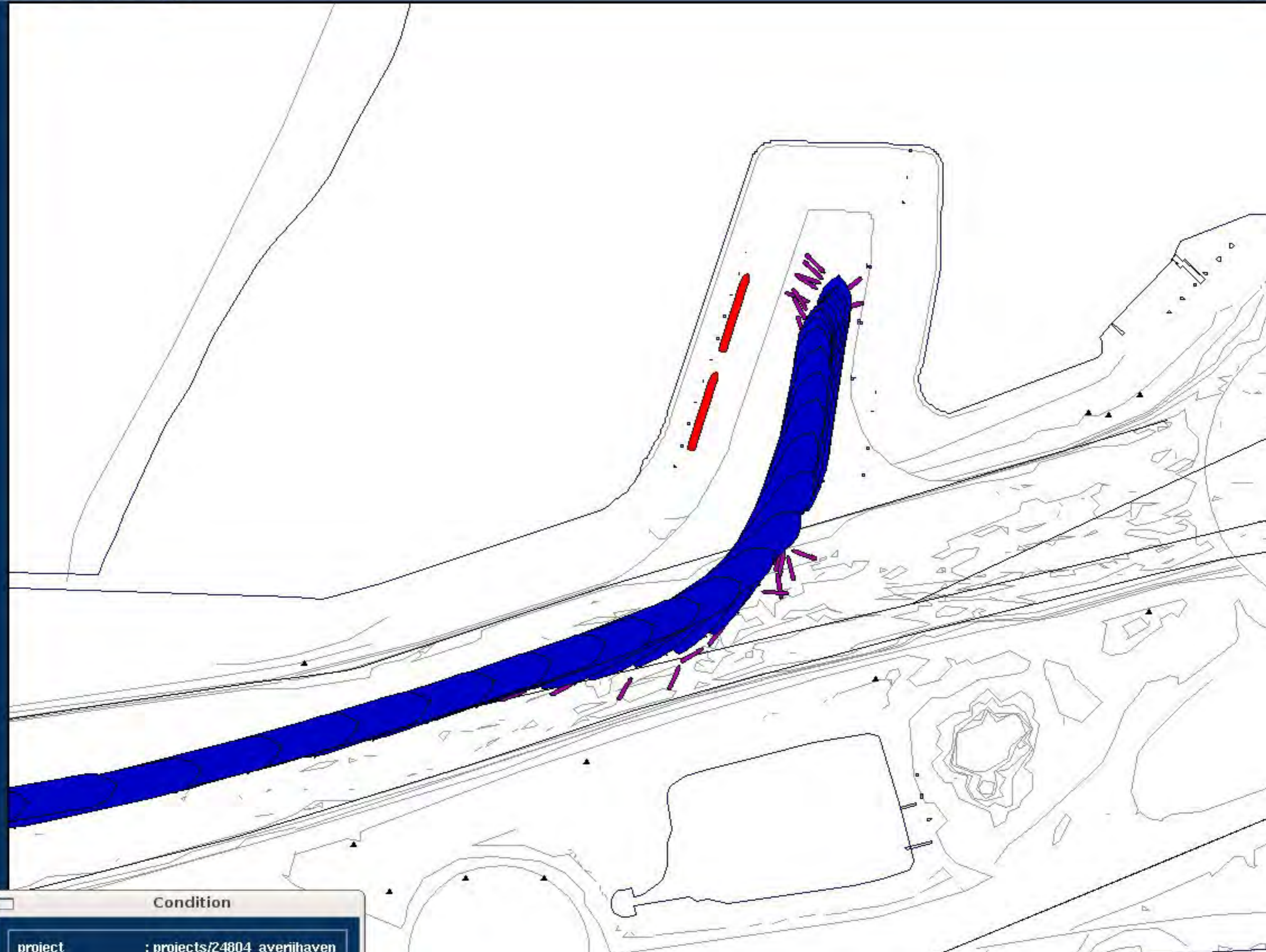
CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 5489



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_02_vkv.cnd

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

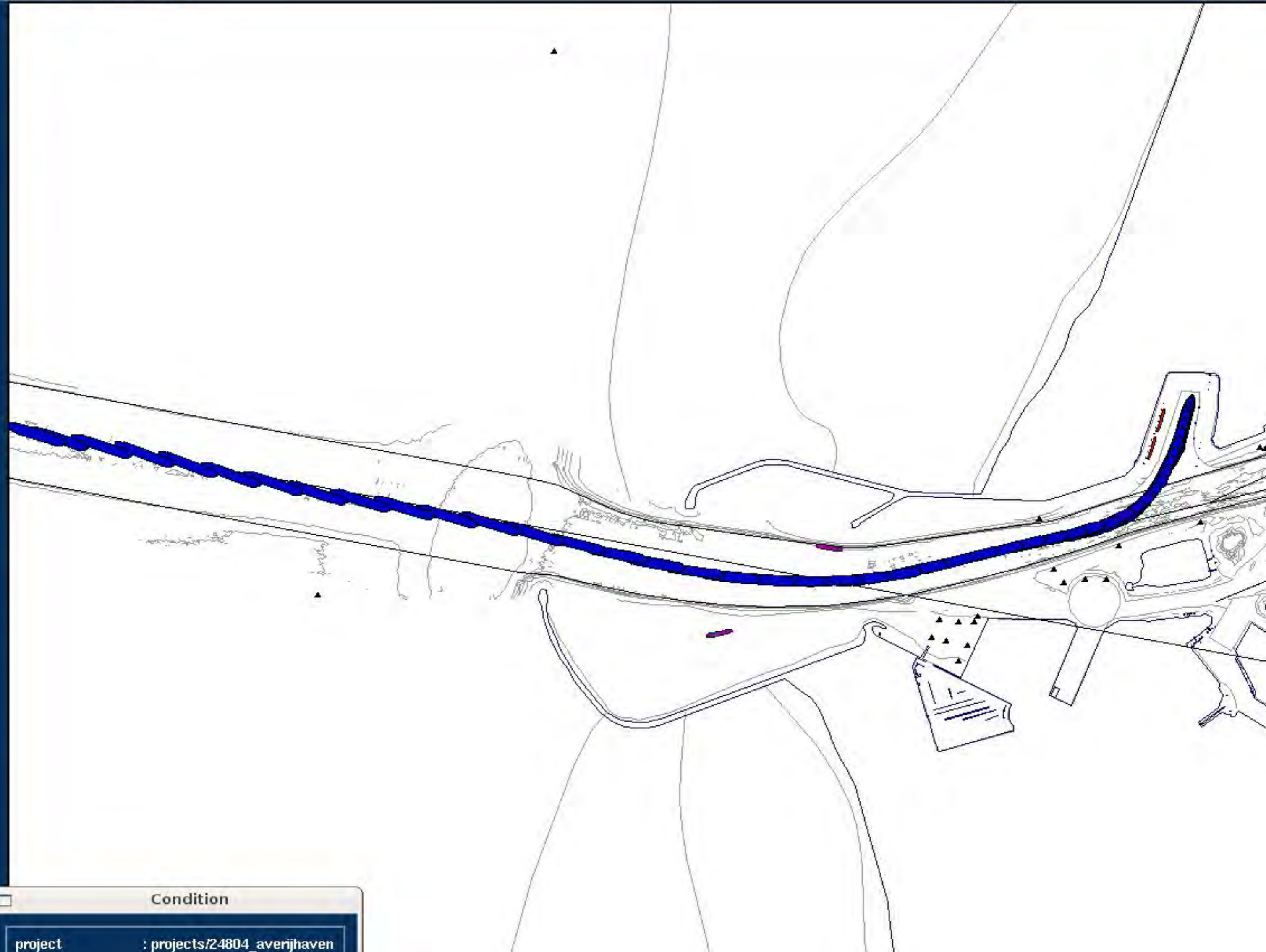
CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



Condition

```

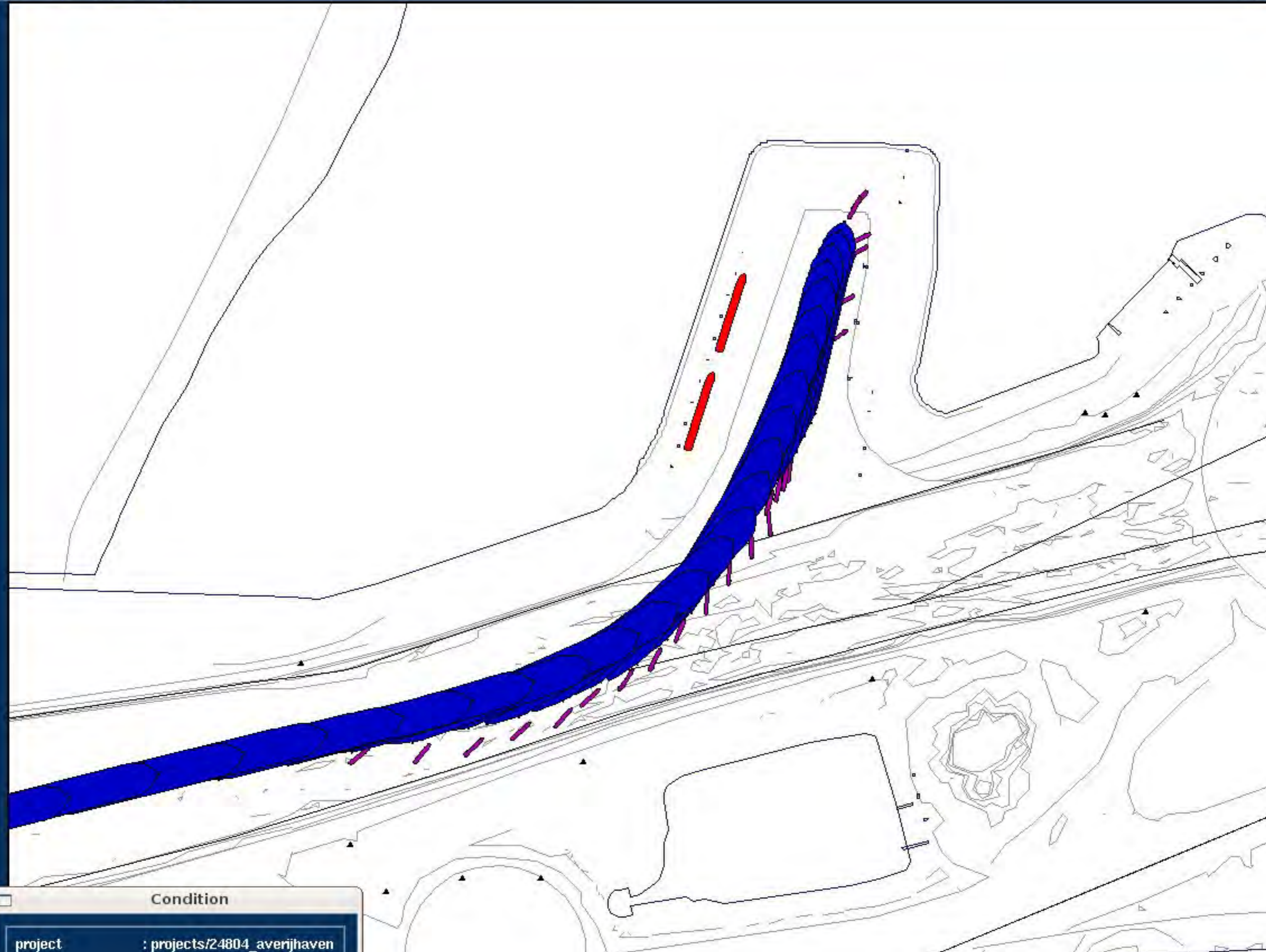
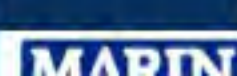
project      : projects/24804_averijhaven
condition    : cond_02_vkv.cnd
runnumber    : 36
  
```



- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/ Distance
- CPA/ TCPA

- Set Goal**
- ◆ Area
  - ◆ Ship

**Scale**  
1 : 5489

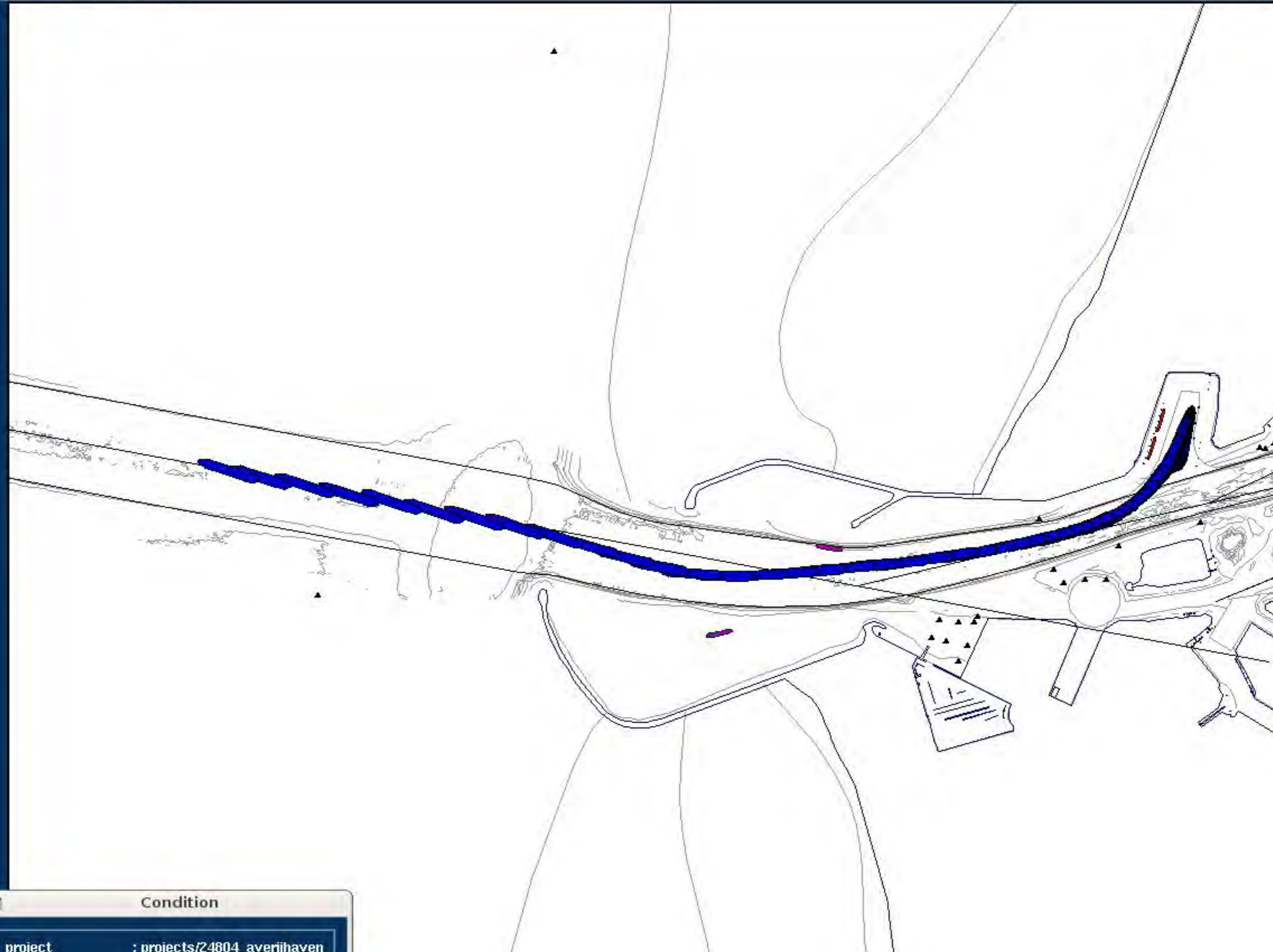


Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_02_vkv.cnd
runnumber	: 36

- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/Distance
- CPA/TCPA

- Set Goal**
- ◆ Area
  - ◆ Ship

**Scale**  
1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_02_vkv.cnd

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

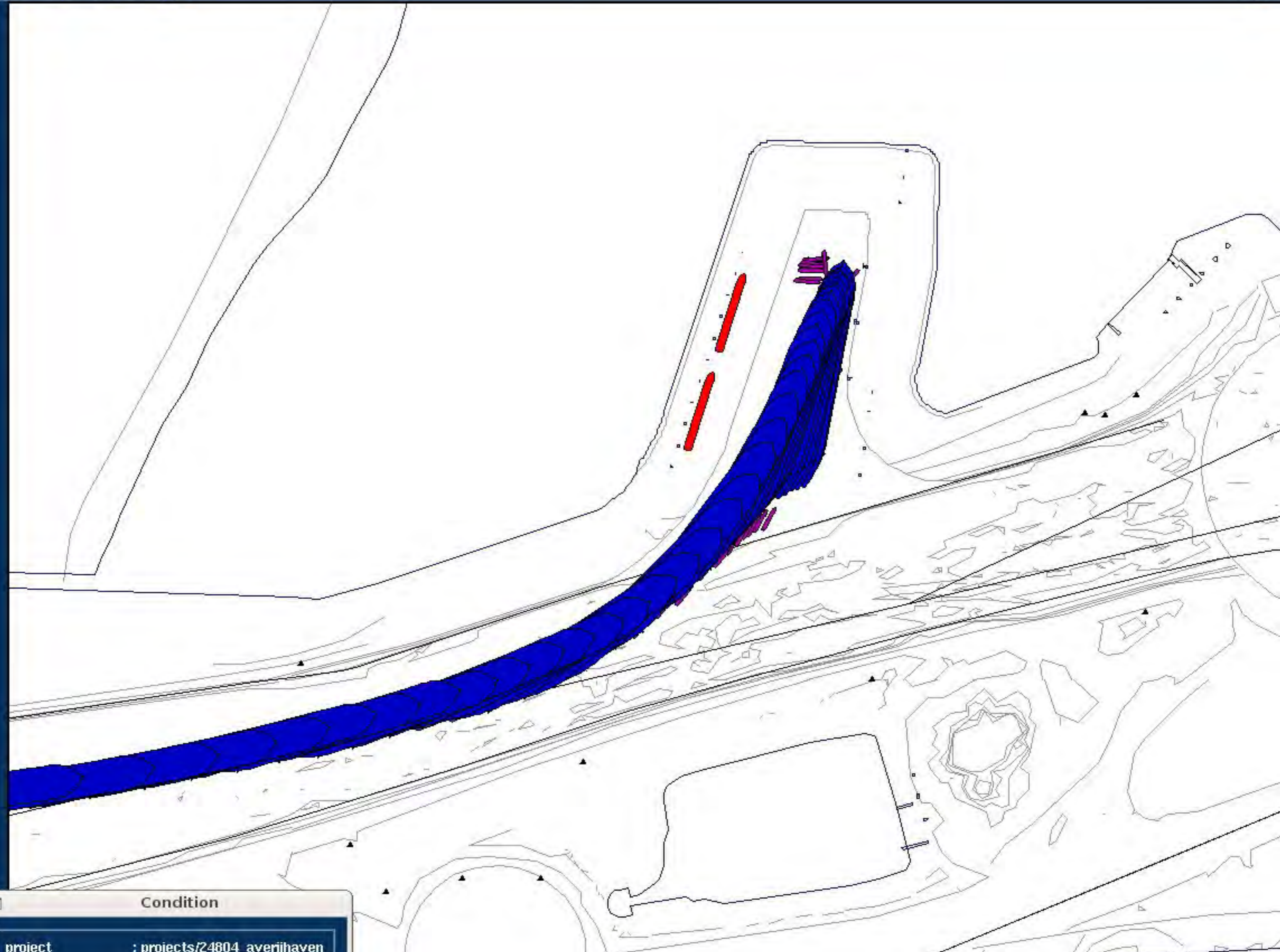

**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

1 : 5489



Condition

project : projects/24804\_averijhaven  
condition : cond\_02\_vkv.cnd

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_02_vkv.cnd
number	: 66

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


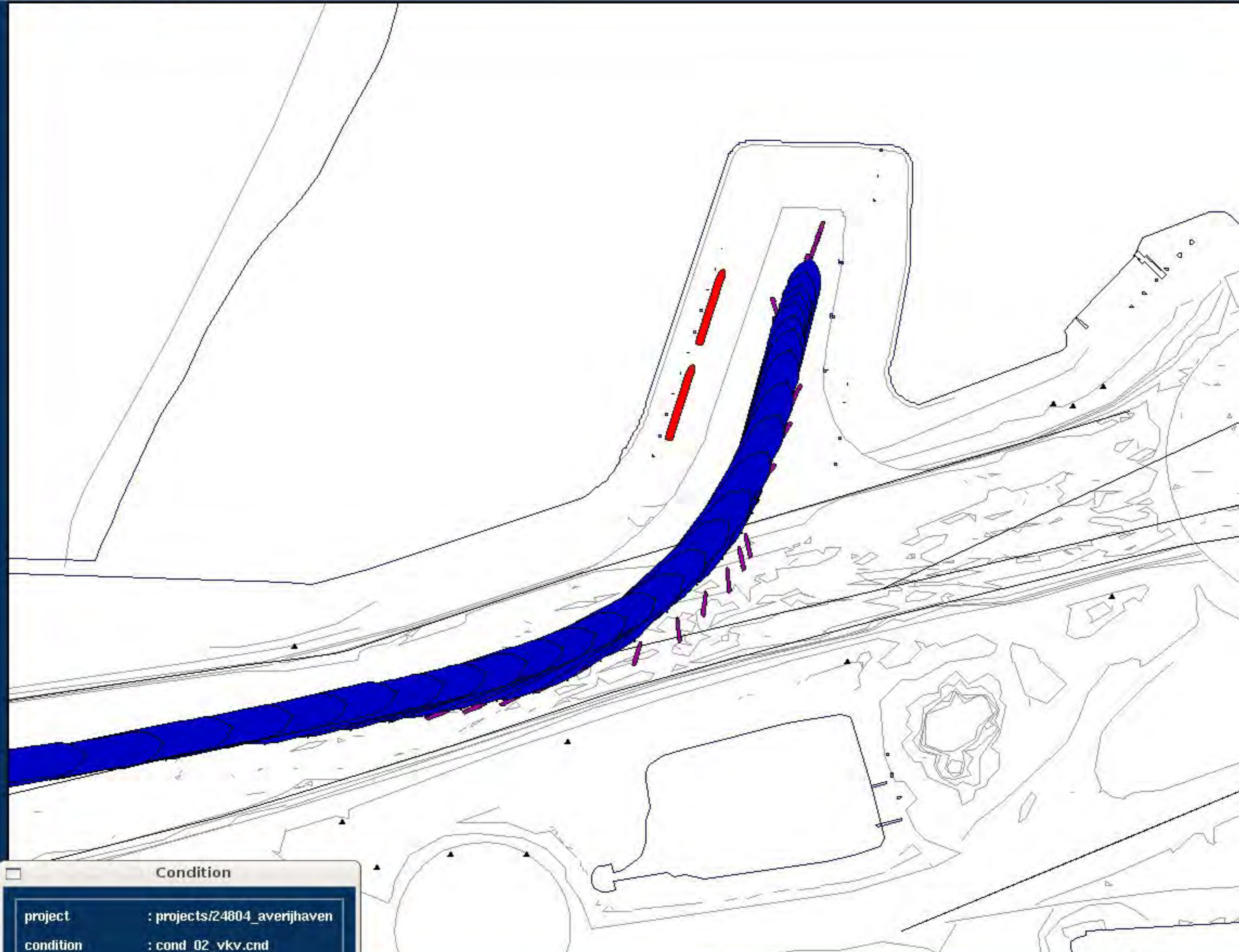
CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 5489

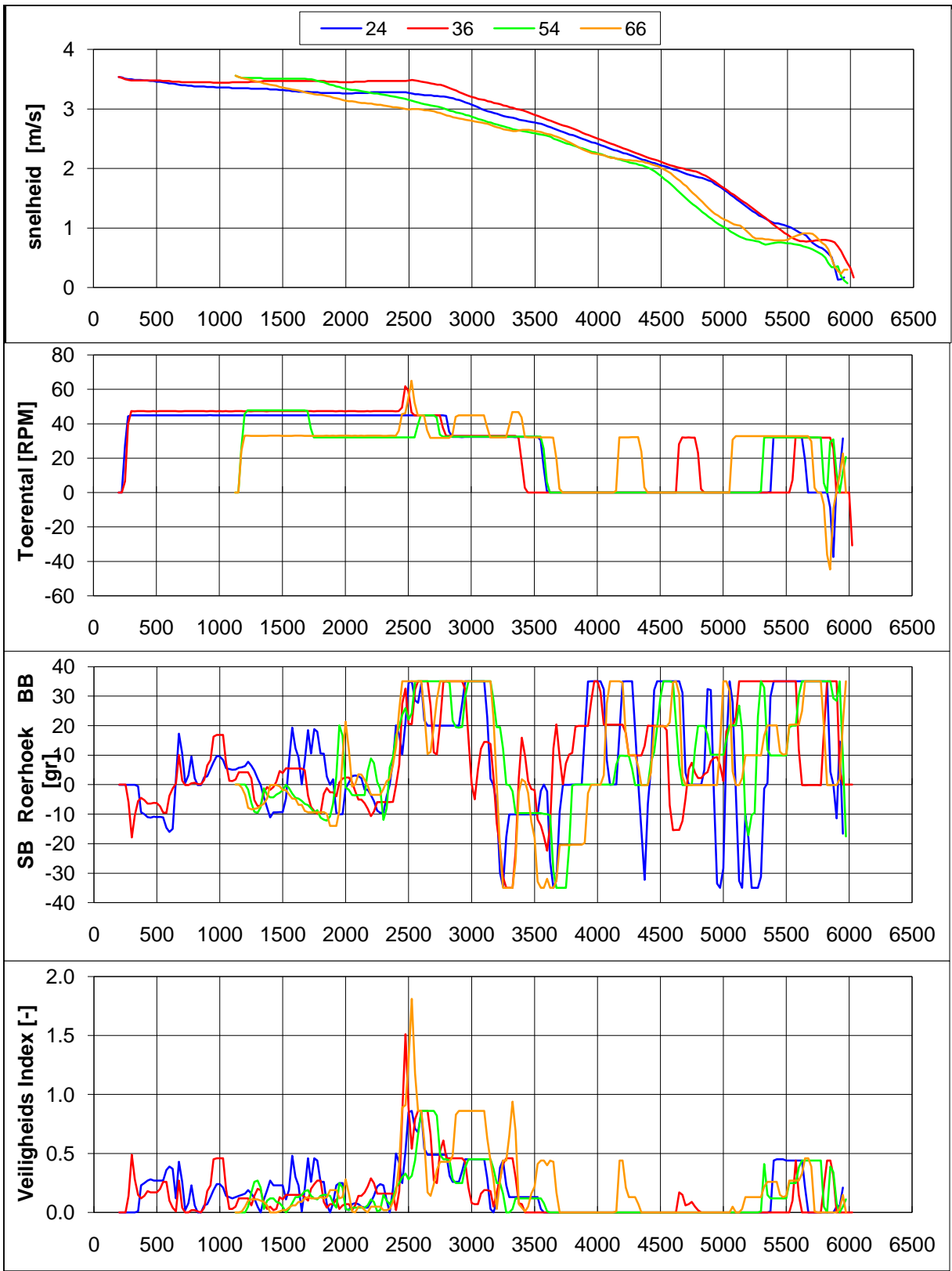



**Condition**

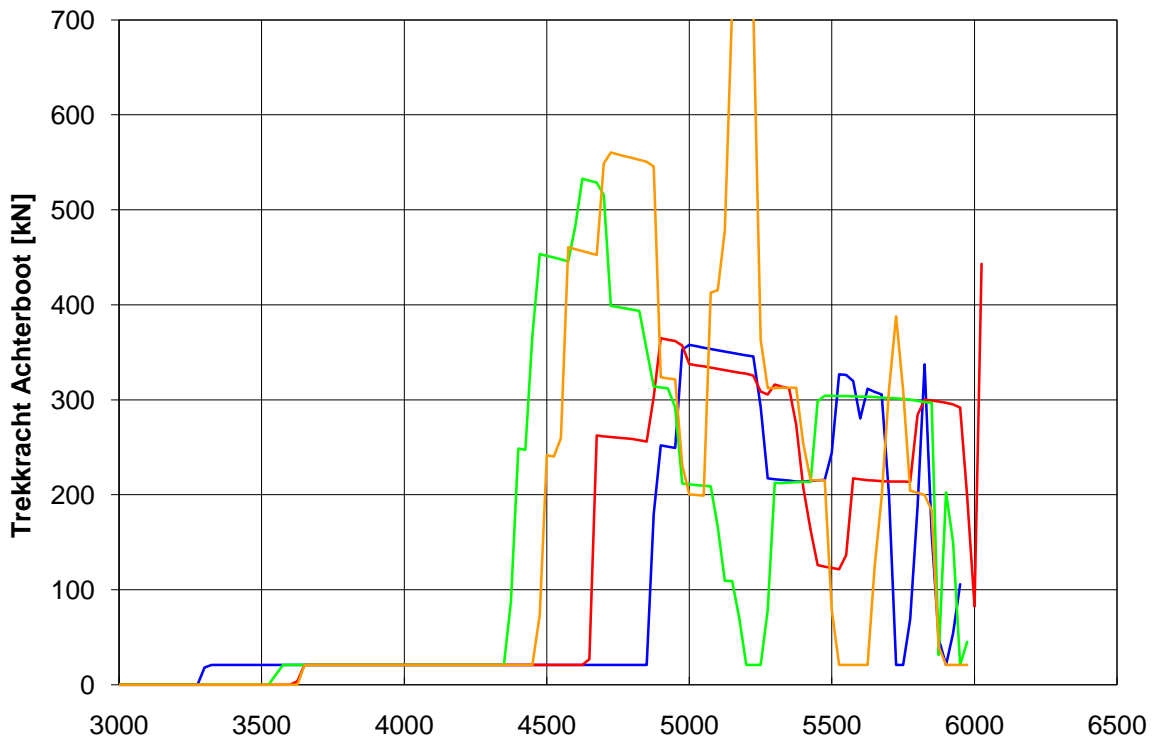
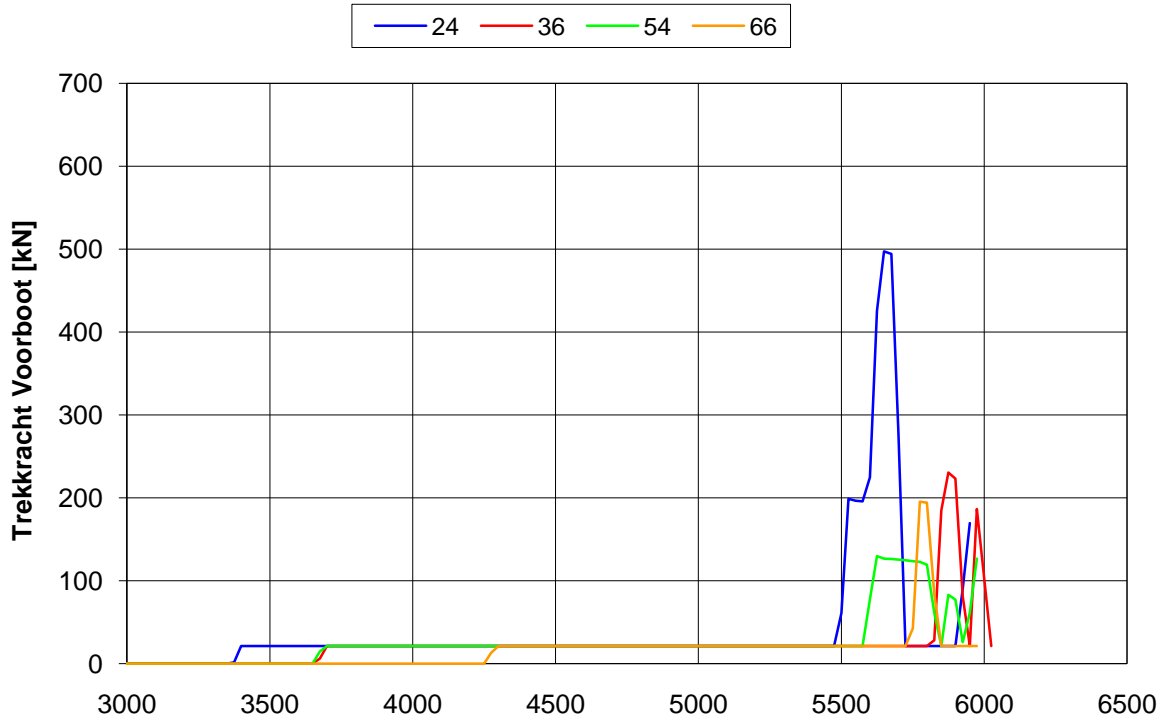
project : projects/24804\_averijhaven

condition : cond\_02\_vkv.cnd

number : 00



Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m	Scenario: 2	
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 2.b	



Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m

Scenario: 2

Wind: NW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3

24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

Fig: 2.c



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

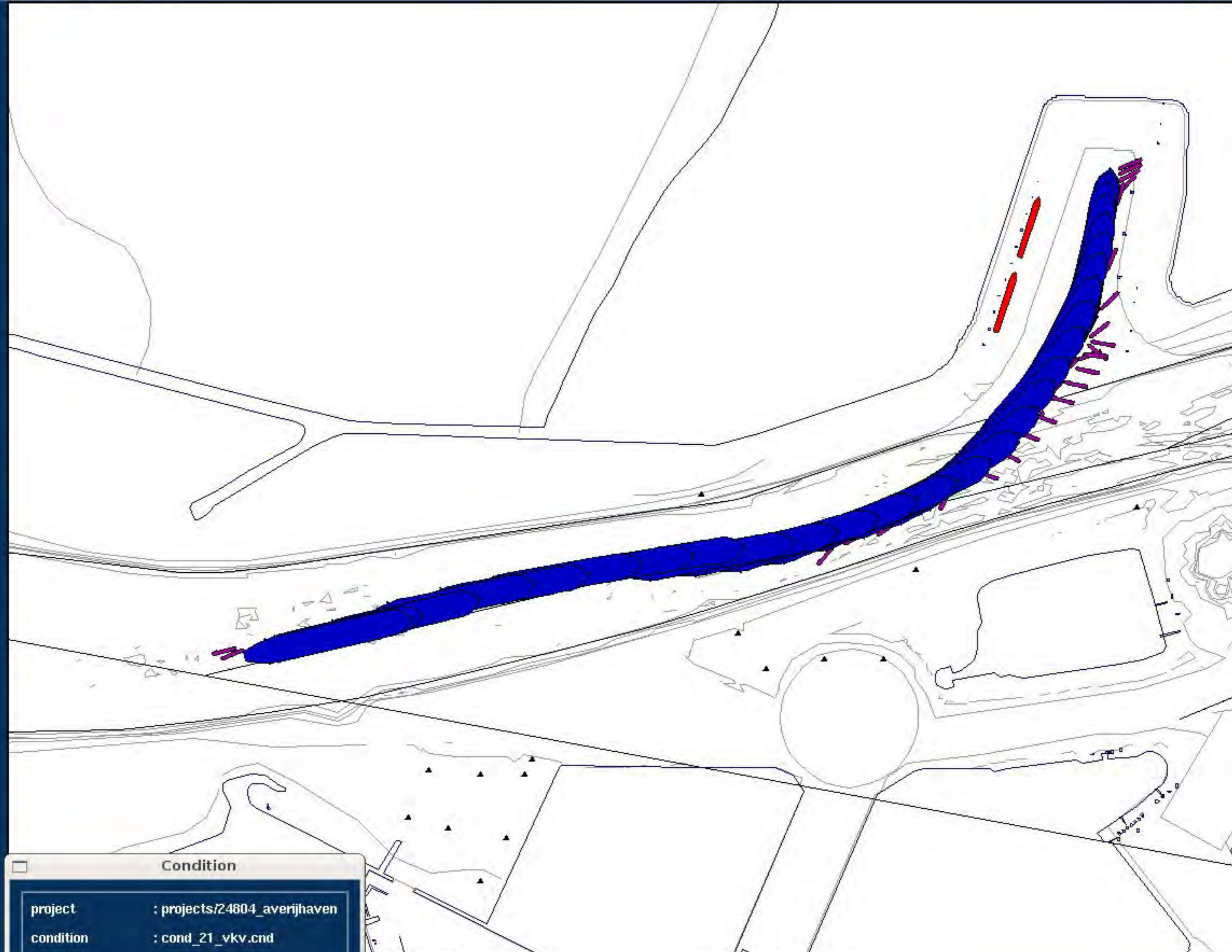
- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1:6917



**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_21_vkv.cnd
runnumber	: 73



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

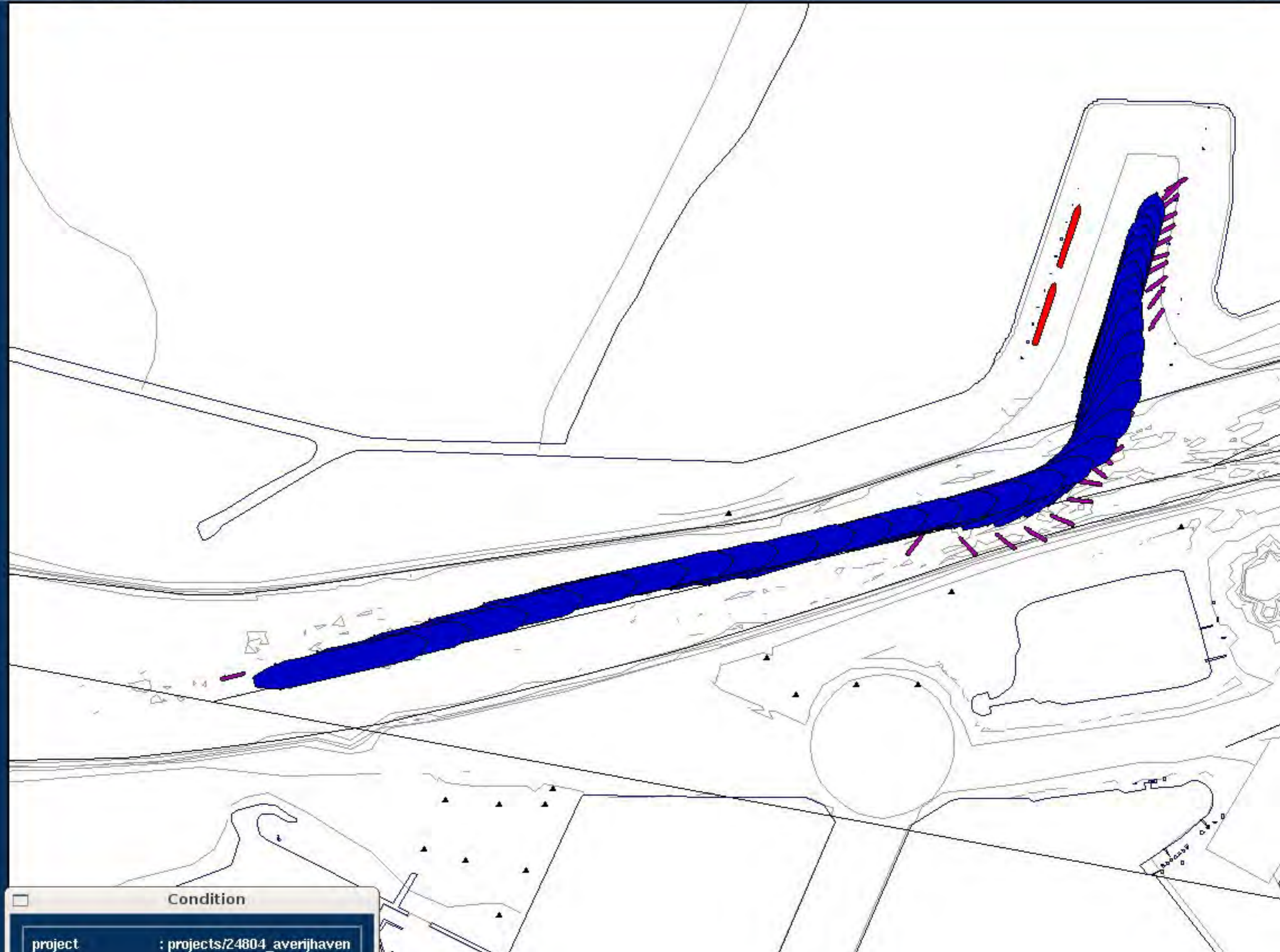

**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

**Scale**

1:6917



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_21_vkv.cnd
runnumber	: 73

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

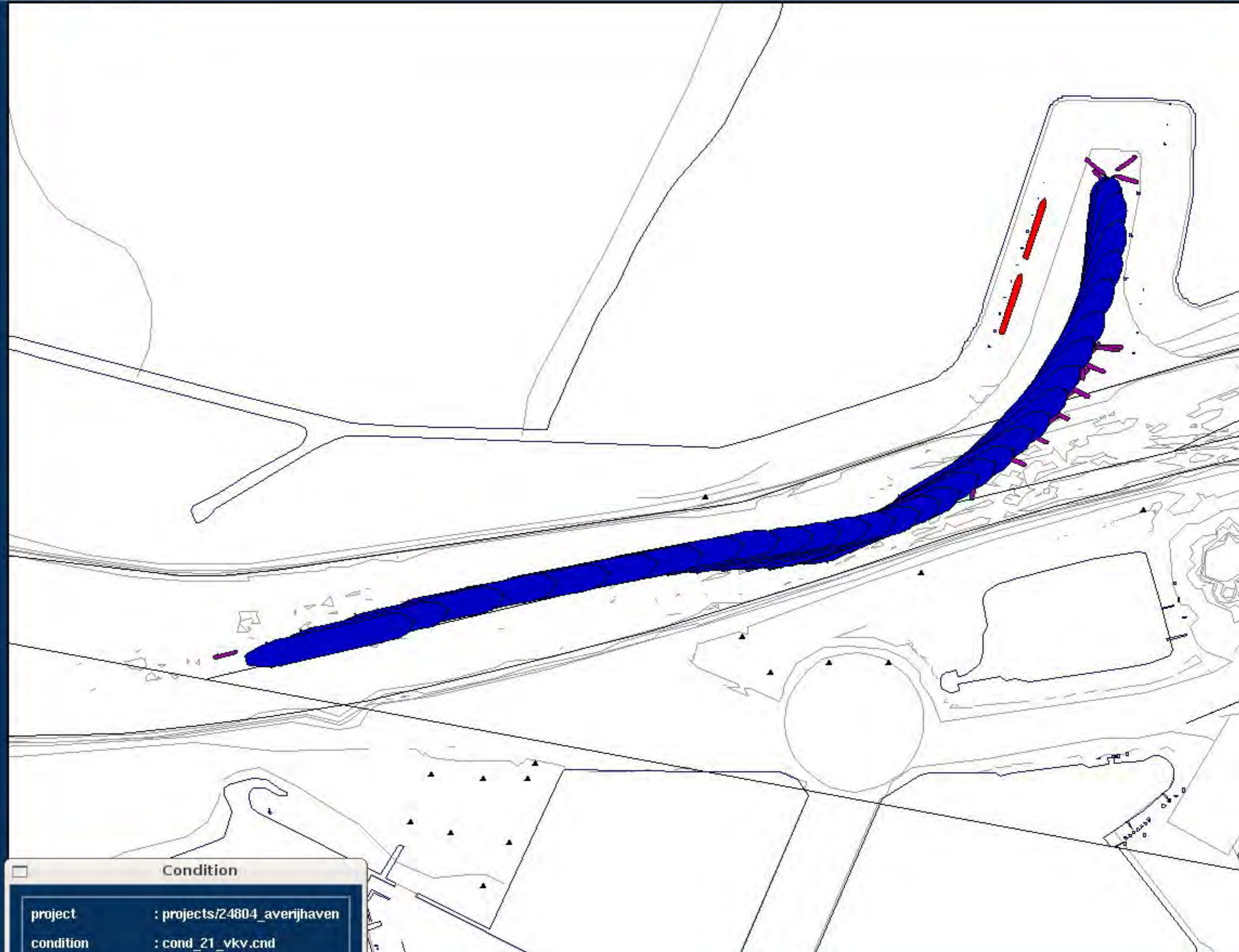
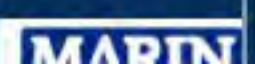
CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1:6917



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_21_vkv.cnd
runnumber	: 73

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

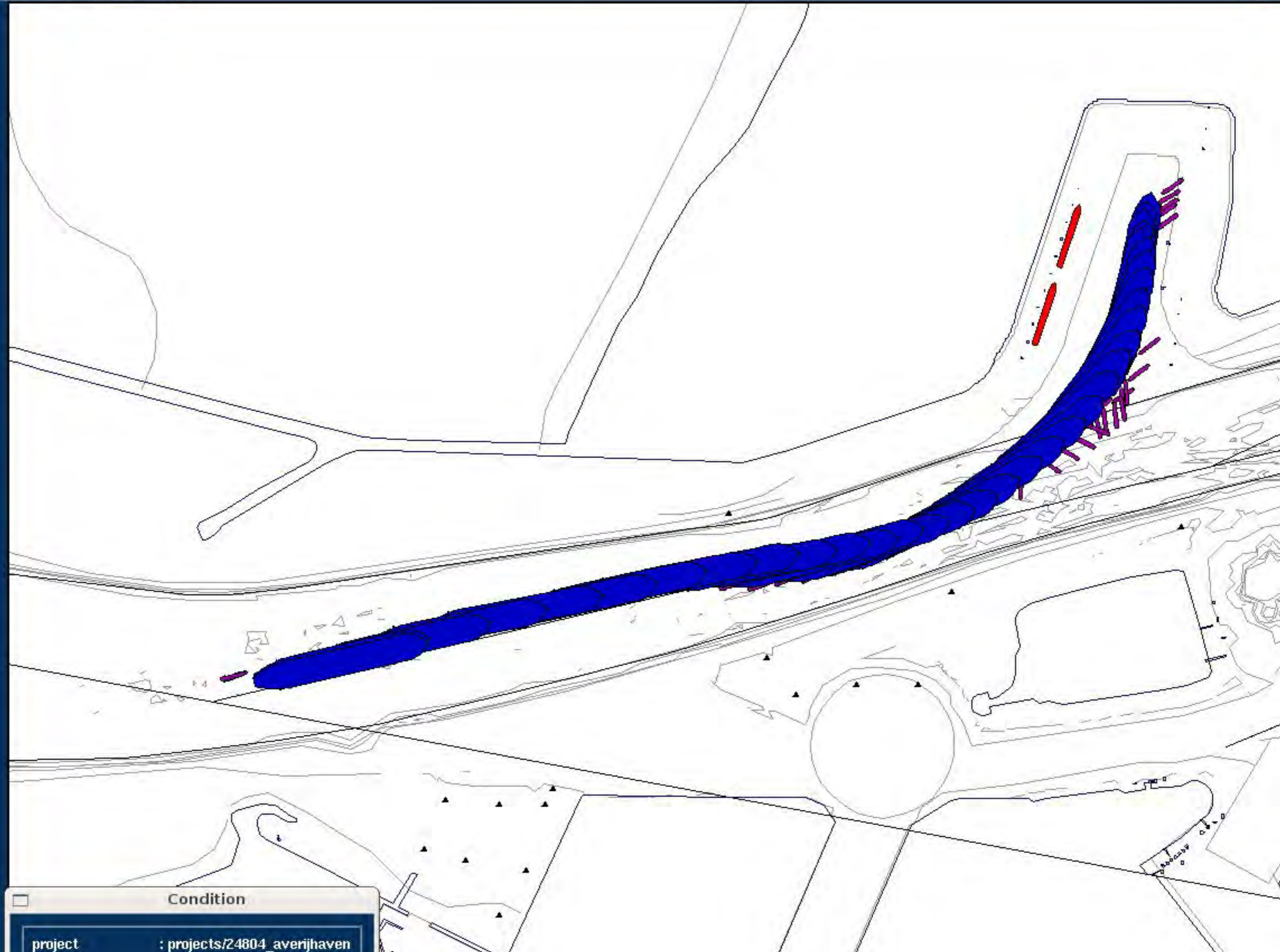

**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

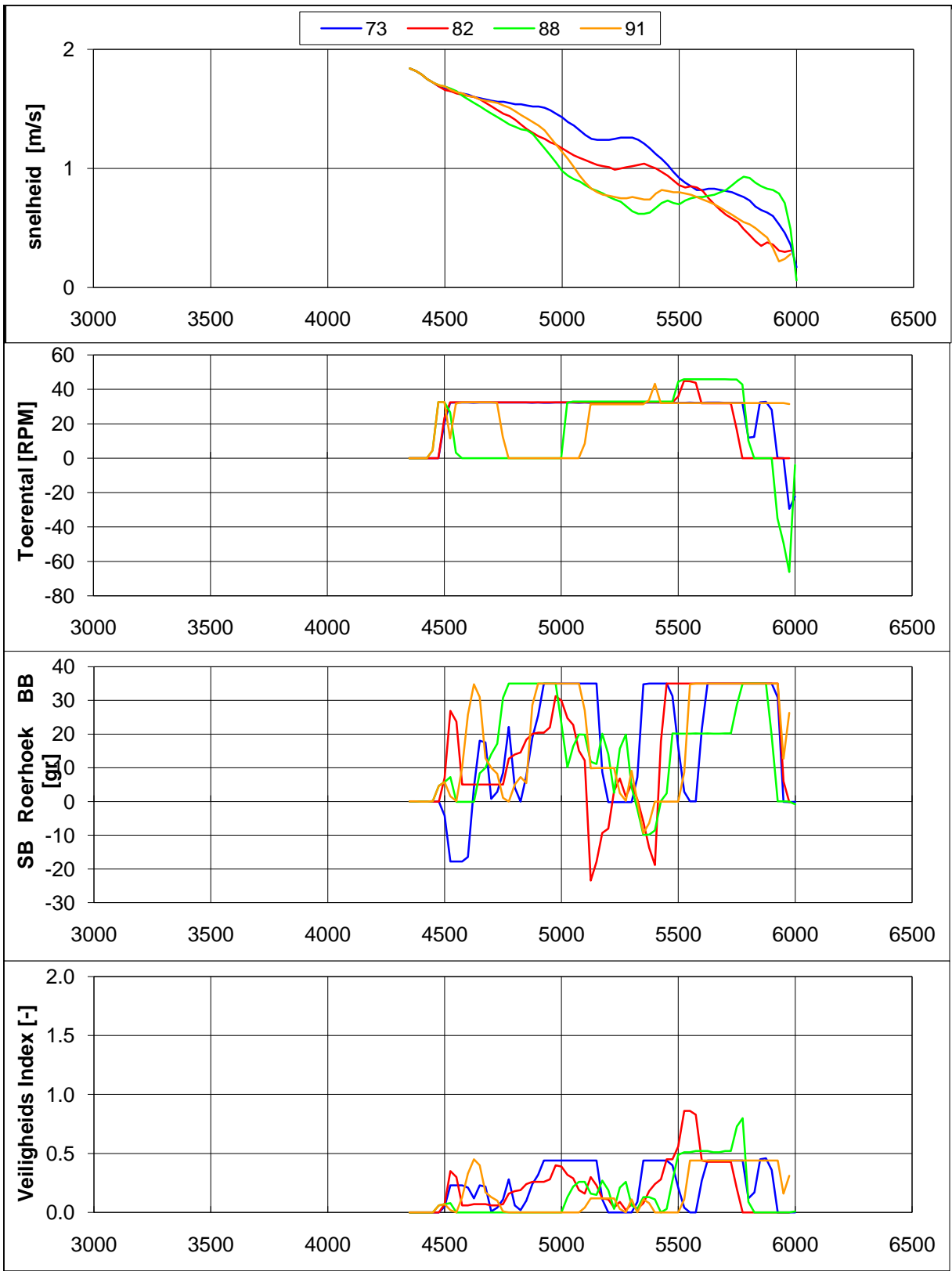
**Scale**

1:6917



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_21_vkv.cnd
runnumber	: 73



Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m

Scenario: 21

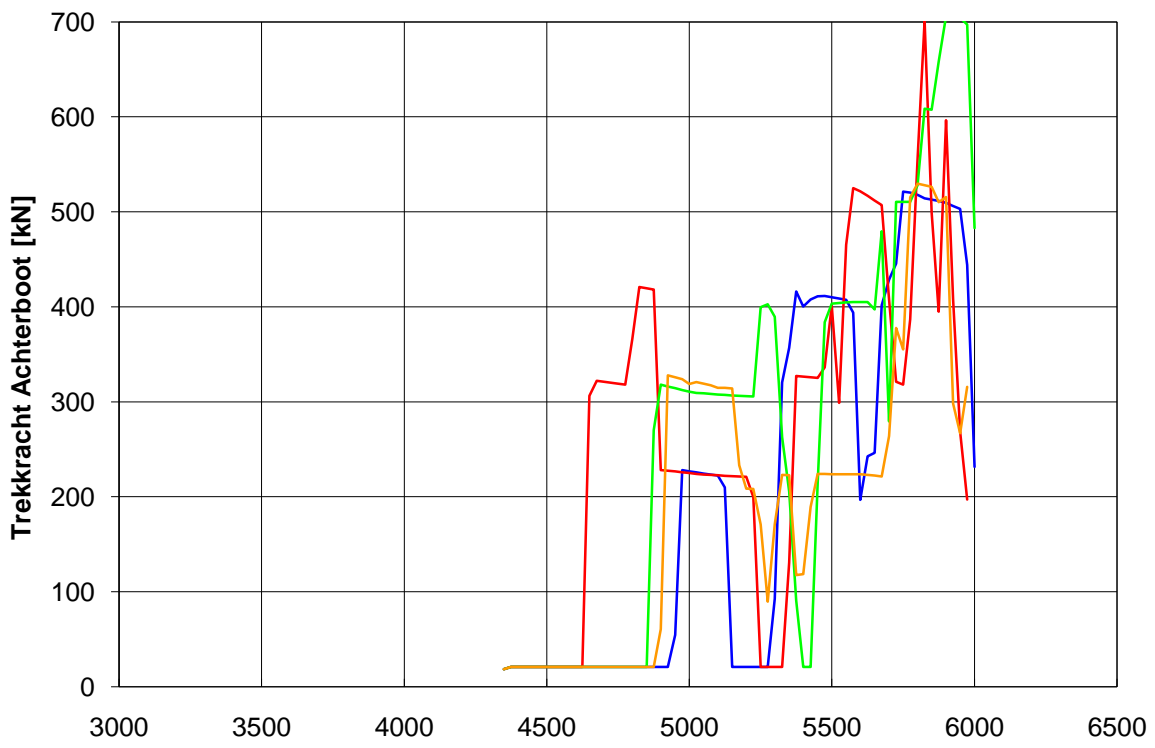
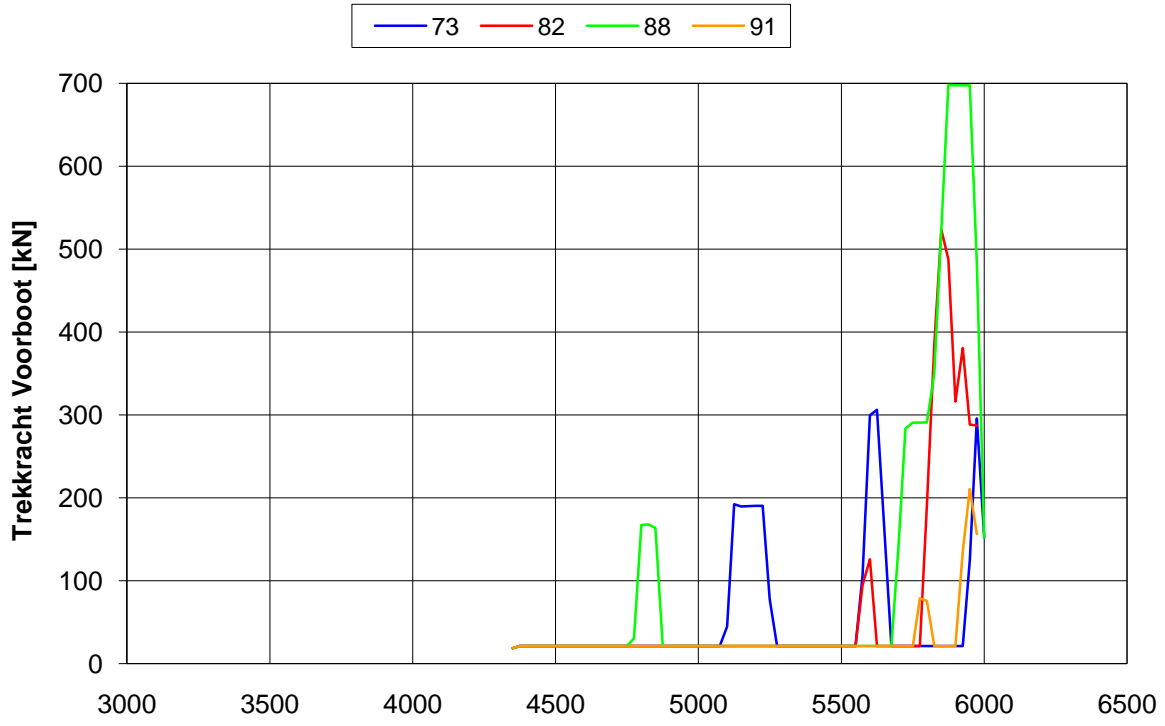
Wind: O, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3

24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

Fig: 15.b





Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m

Scenario: 21

Wind: O, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3

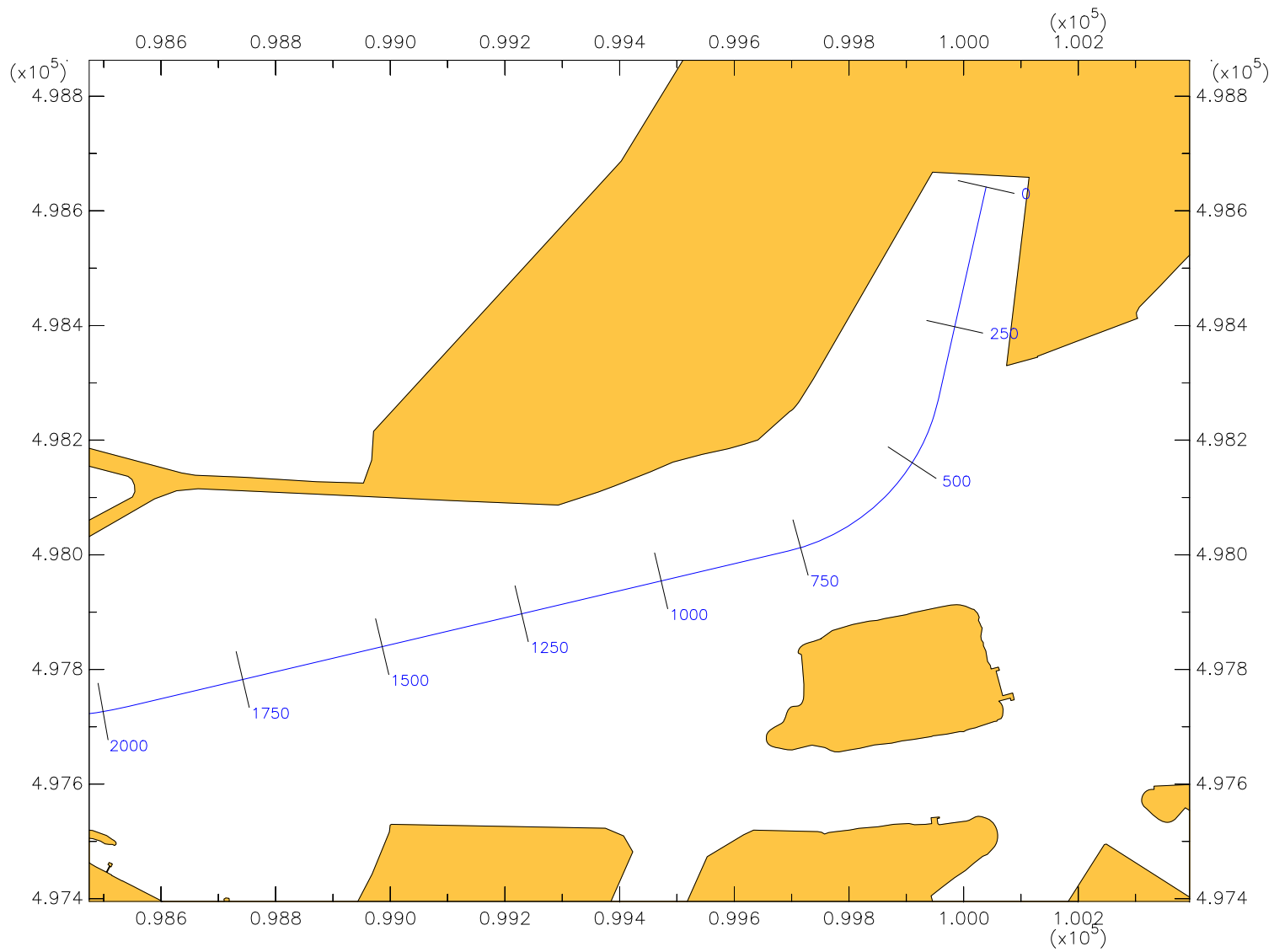
24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

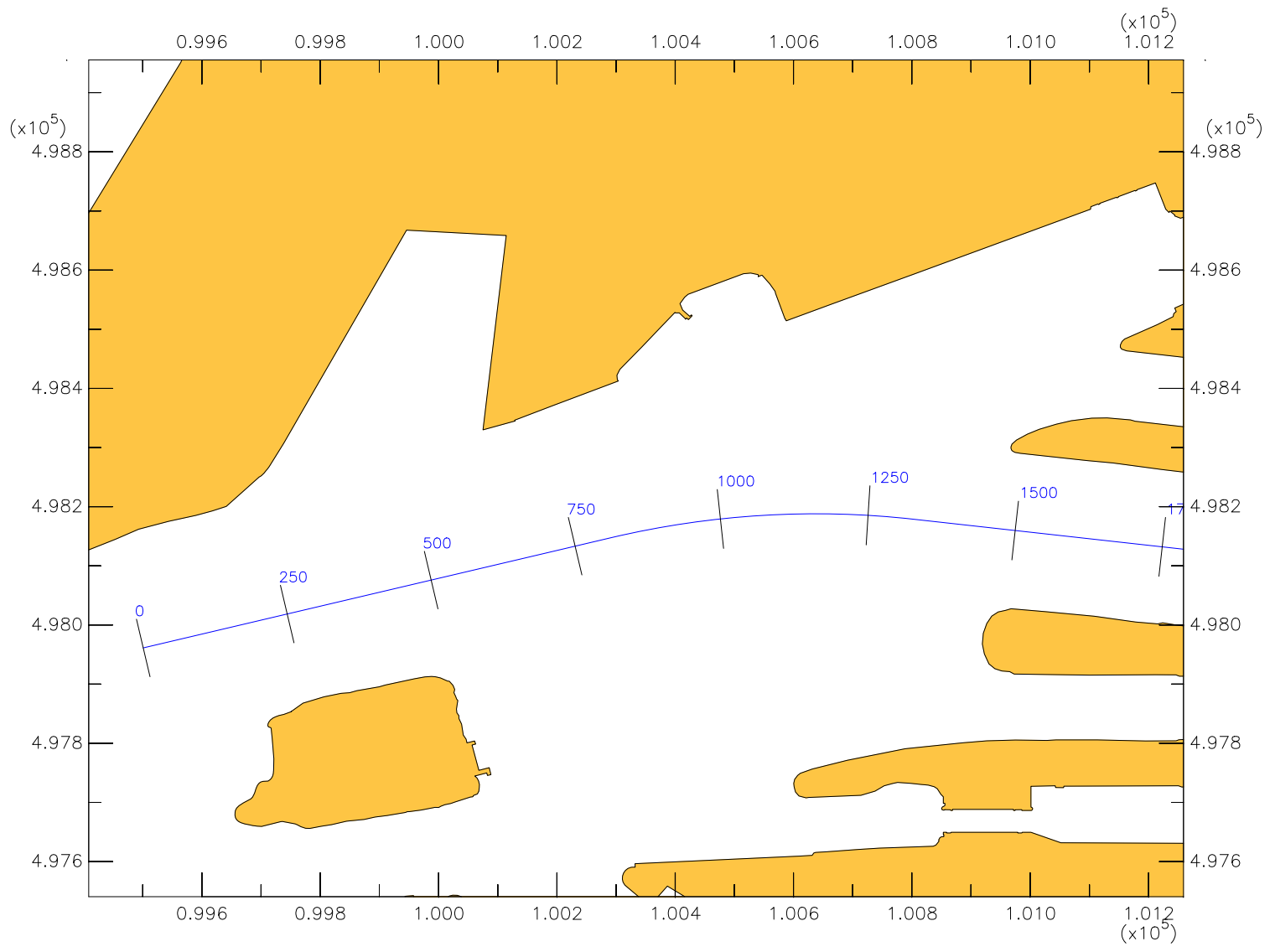
Fig: 15.c



Track Averijhaven uitvaren naar Sluis eerste deel



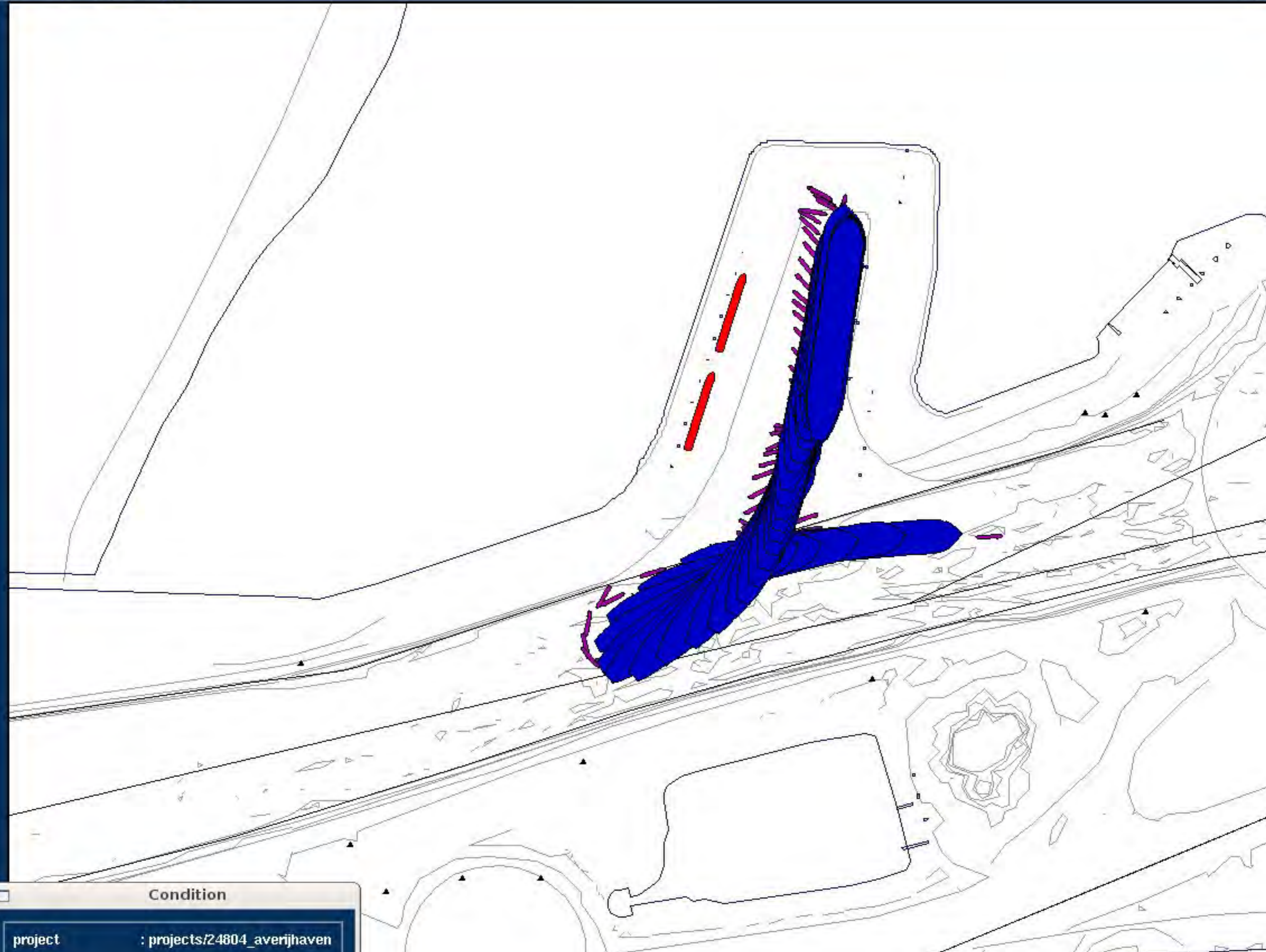
Track Averijhaven uitvaren naar Sluis tweede deel



- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/ Distance
- CPA/ TCPA

- Set Goal**
- ◆ Area
  - ◆ Ship

**Scale**  
1 : 5489



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_05_vkv.cnd
runnumber	: 28



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

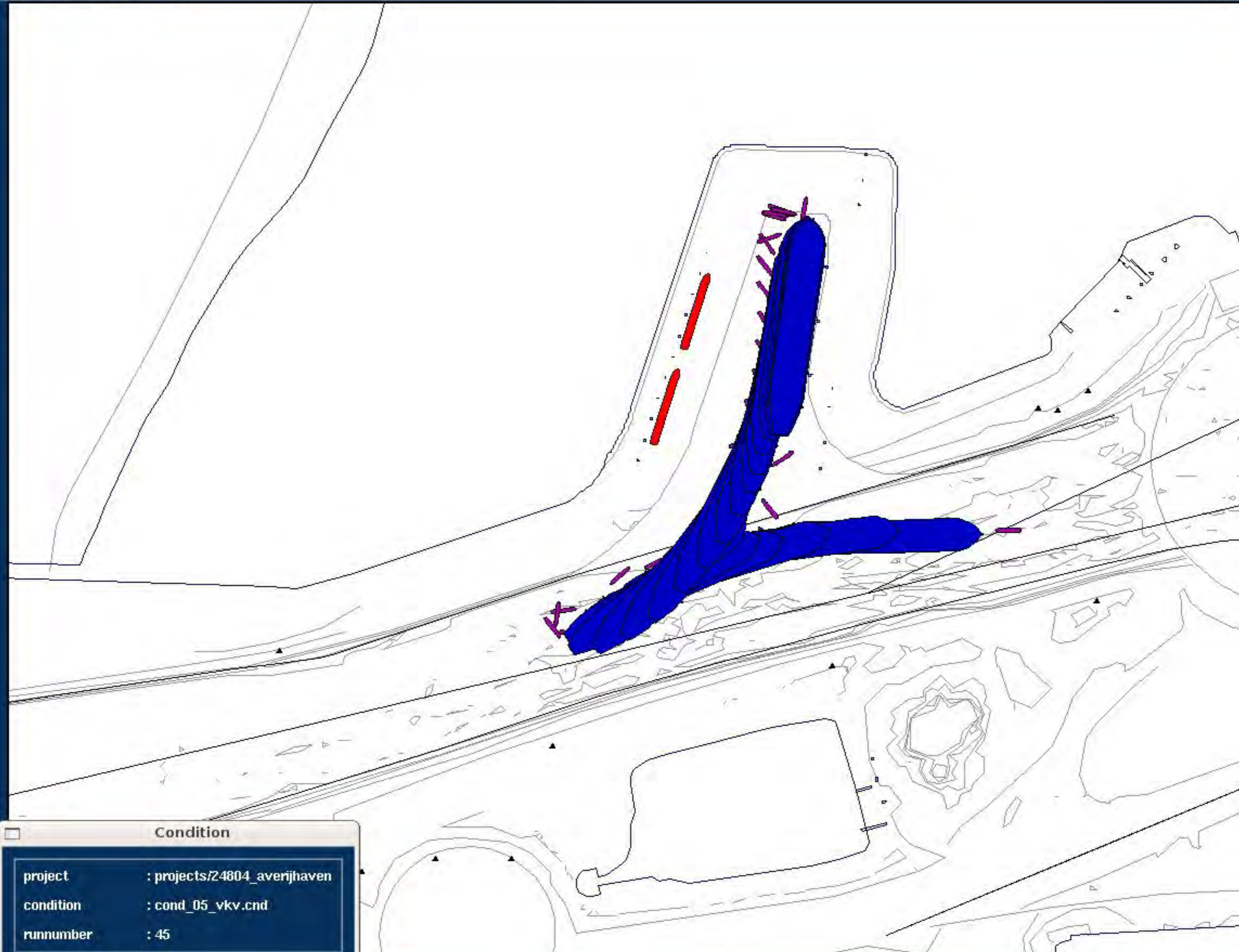
- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 5489



**MARIN**



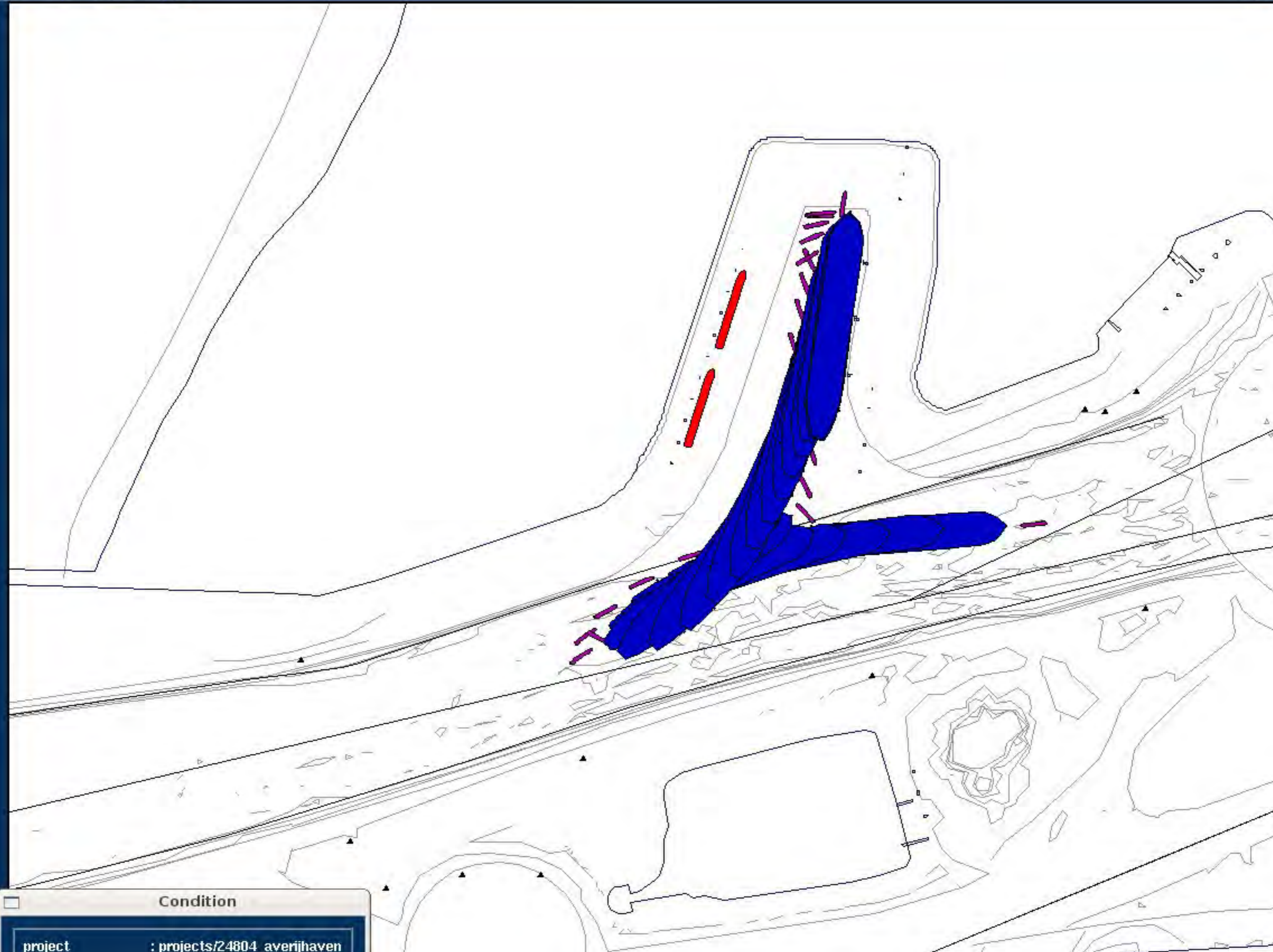
**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_05_vkv.cnd
runnumber	: 45

- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/Distance
- CPA/TCPA

- Set Goal**
- ◆ Area
  - ◆ Ship

**Scale**  
1 : 5489



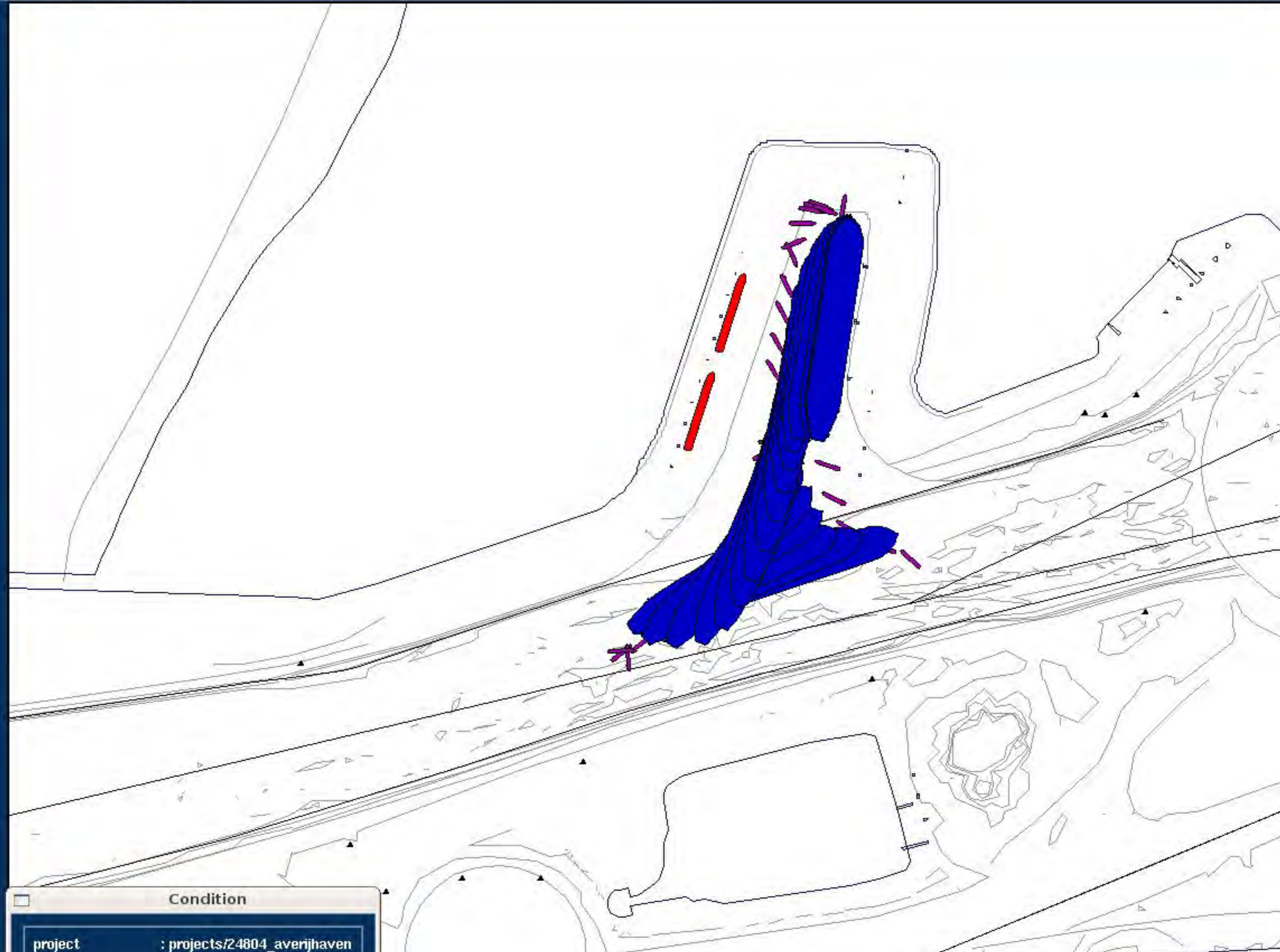
**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_05_vkv.cnd
number	: 52

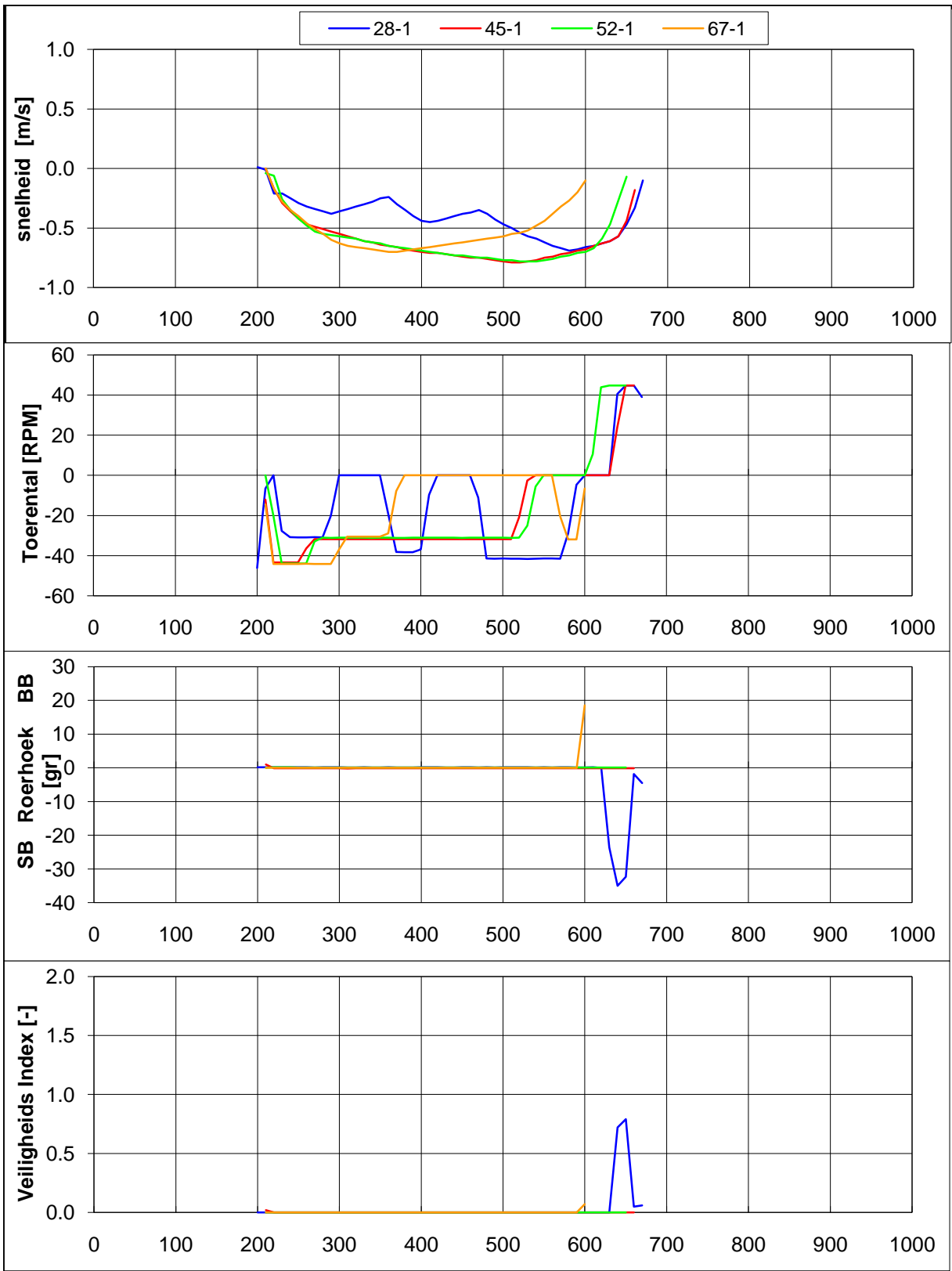
- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/ Distance
- CPA/ TCPA

- Set Goal**
- ◆ Area
  - ◆ Ship

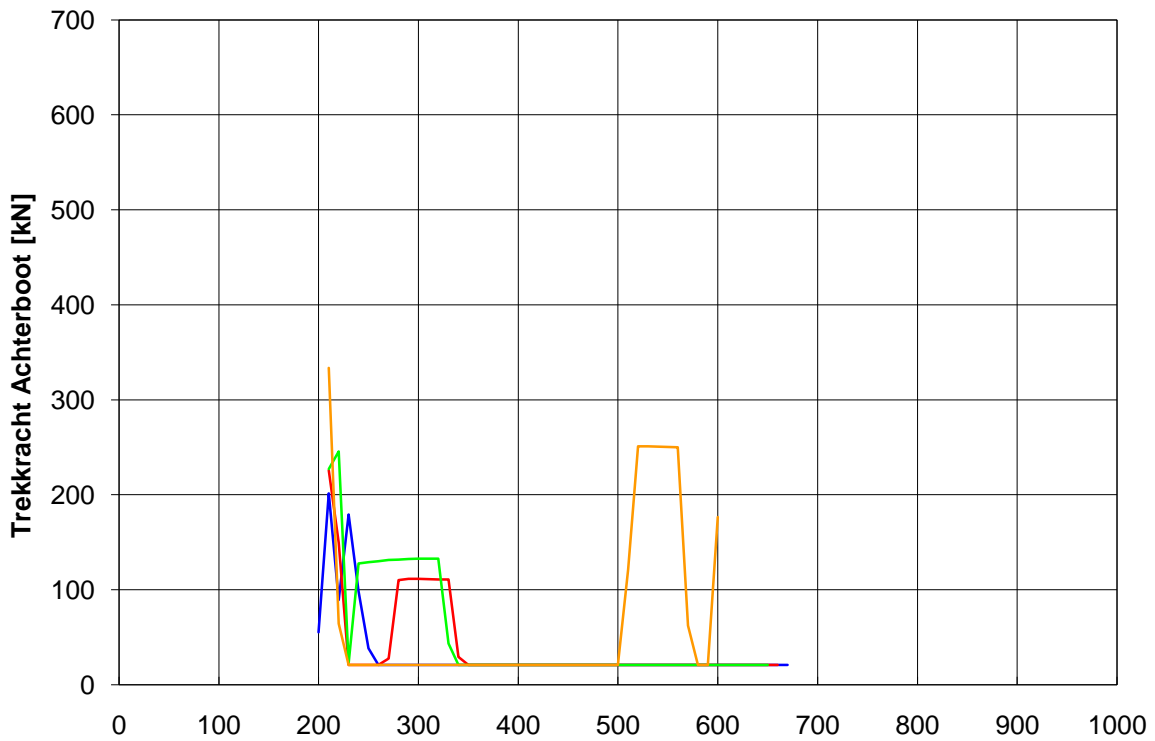
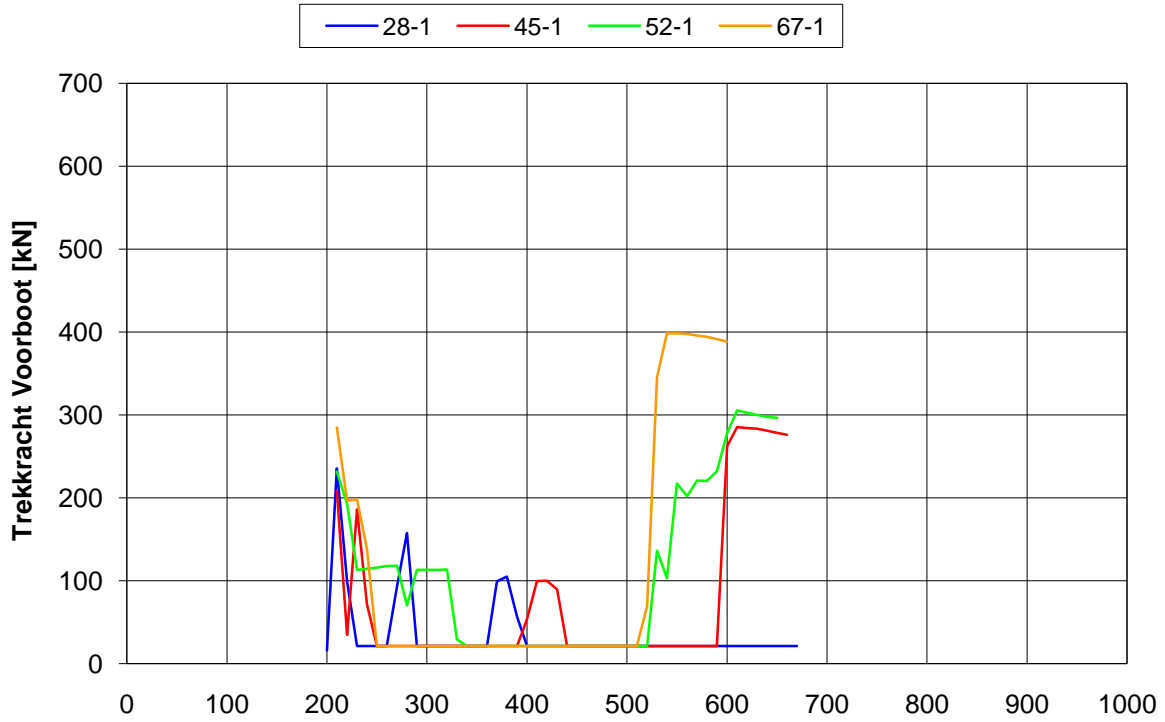
**Scale**  
1 : 5489



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_05_vkv.cnd
runnumber	: 67



Averijhaven, variant VKV, Gelichterde bulkcarrier 300 m	Scenario: 5	
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 5-1.b	



Averijhaven, variant VKV, Gelichterde bulkcarrier 300 m

Scenario: 5

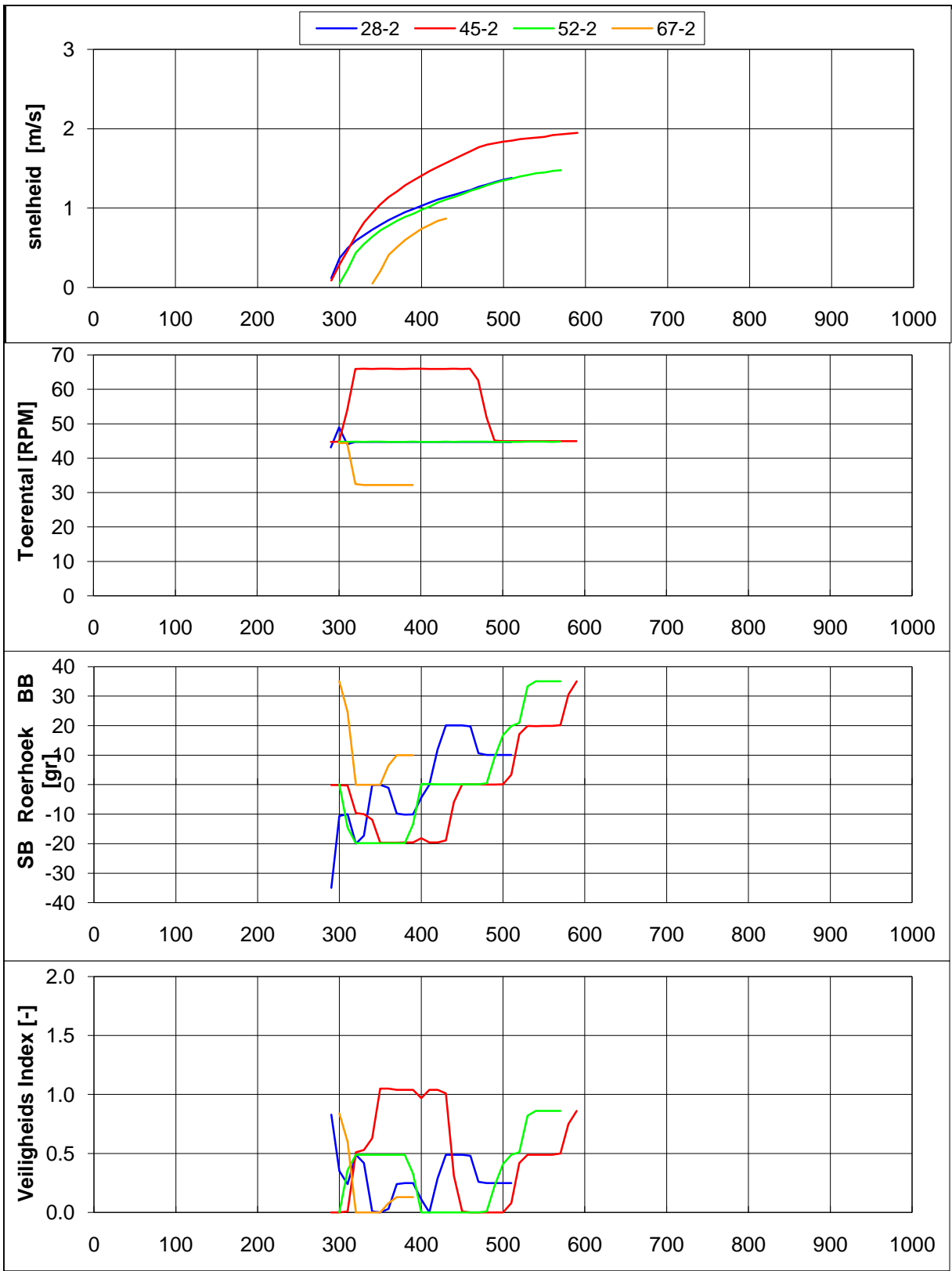
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3

24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

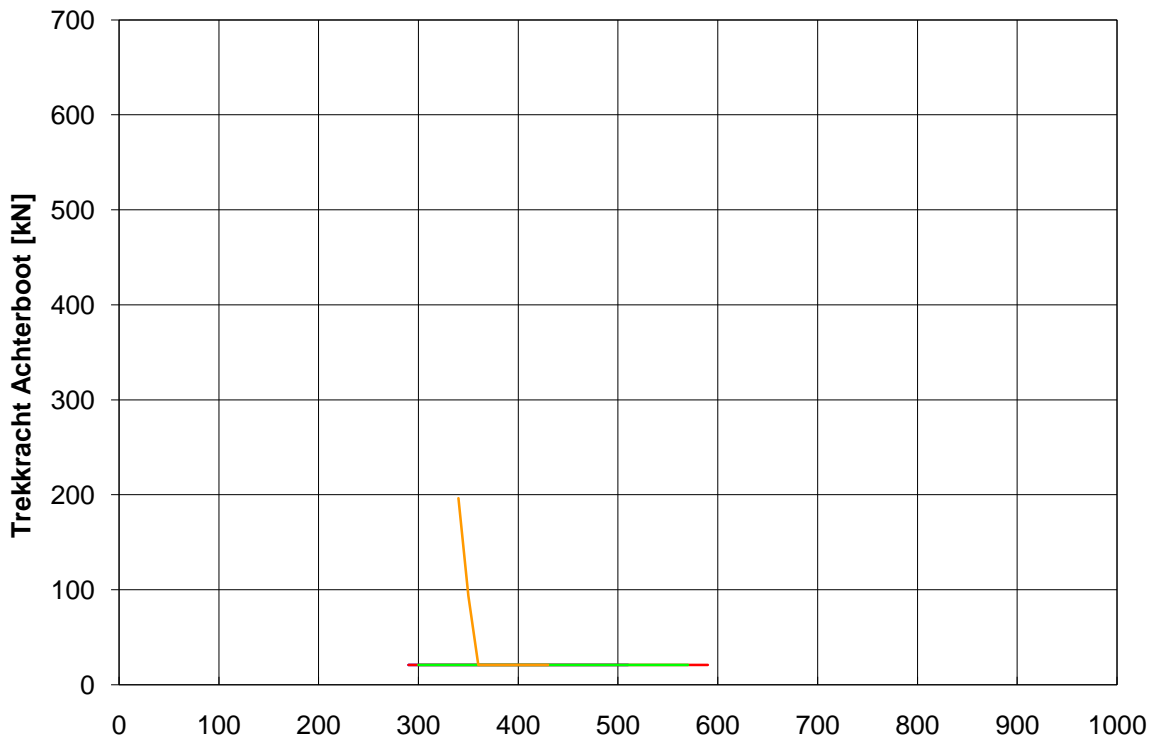
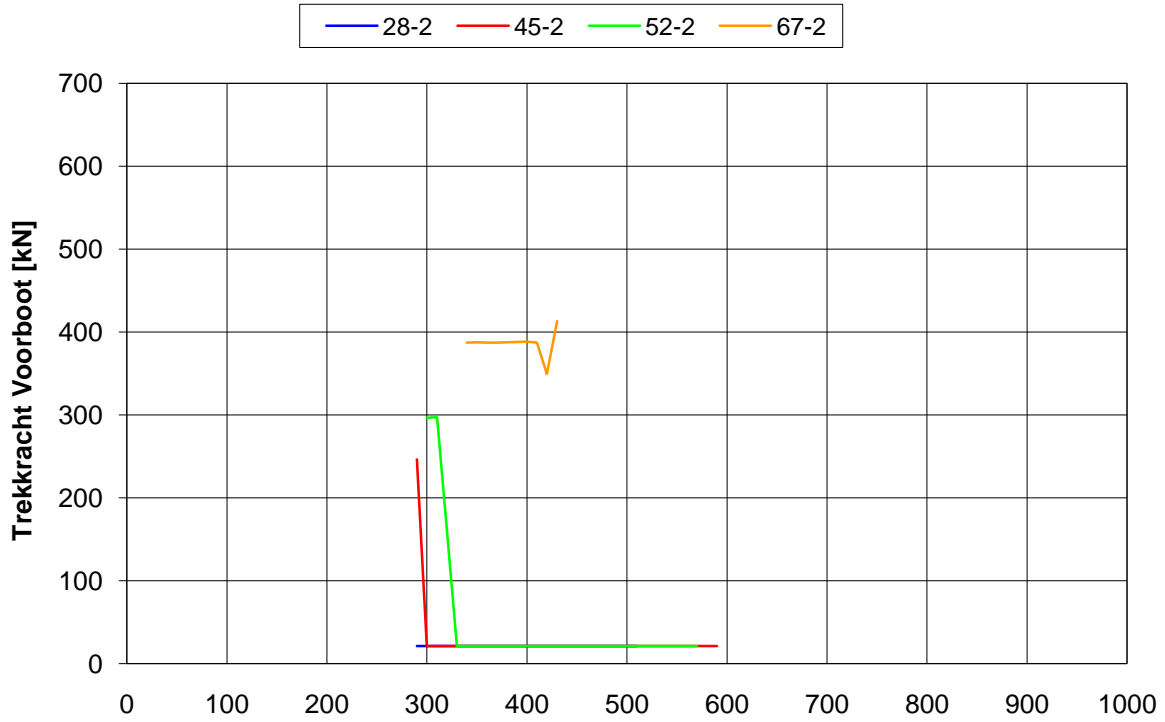
Fig: 5-1.c





Averijhaven, variant VKV, Gelichterde bulkcarrier 300 m		Scenario: 5
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3		24804.600
MARIN's Nautical Centre MSCN		Fig: 5-2.b





Averijhaven, variant VKV, Gelichterde bulkcarrier 300 m

Scenario: 5

Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3

24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

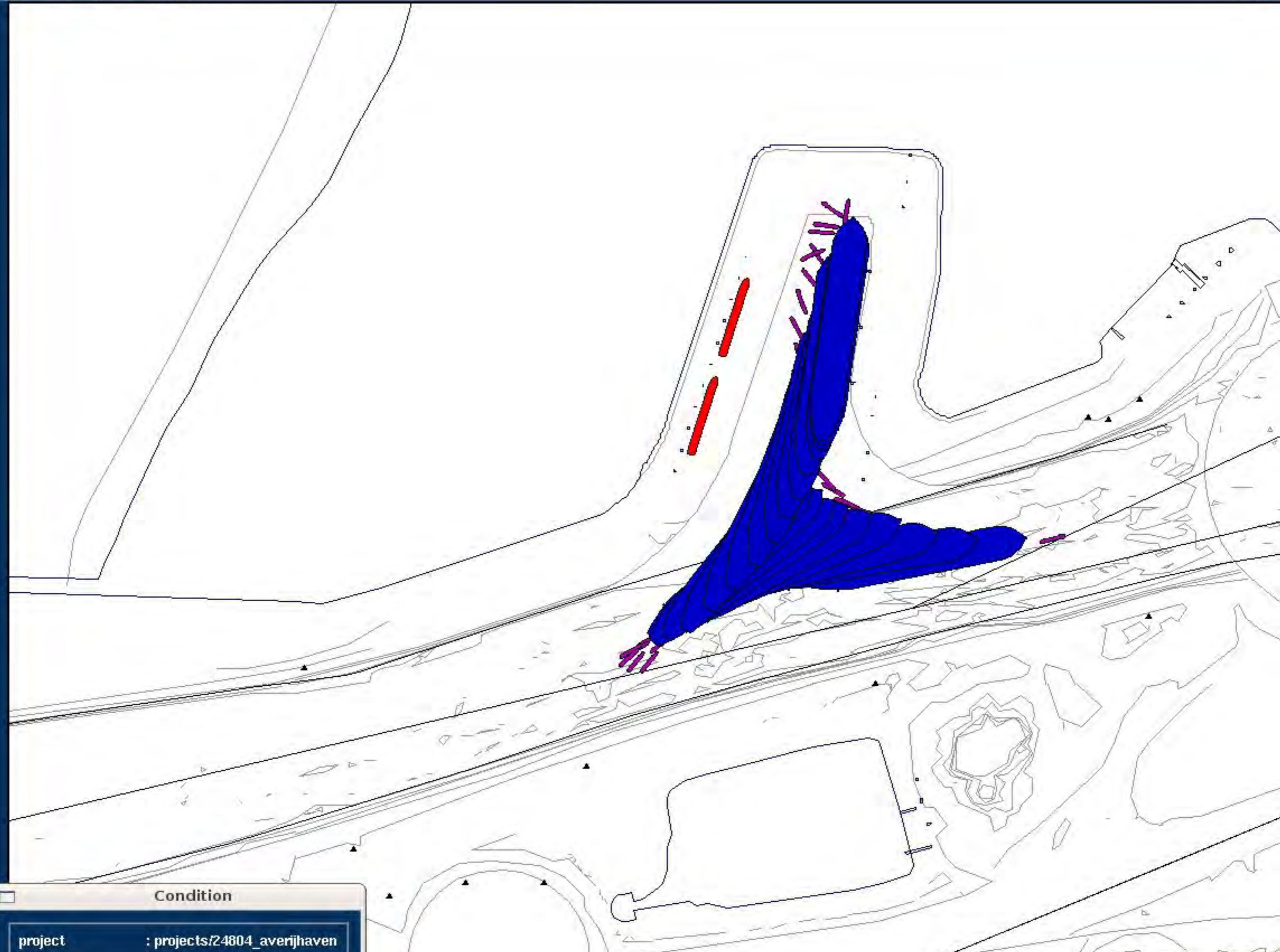
Fig: 5-2.c



- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/Distance
- CPA/TCPA

- Set Goal**
- ◆ Area
  - ◆ Ship

**Scale**  
1 : 5489



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_06_vkv.cnd
runnumber	: 29



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

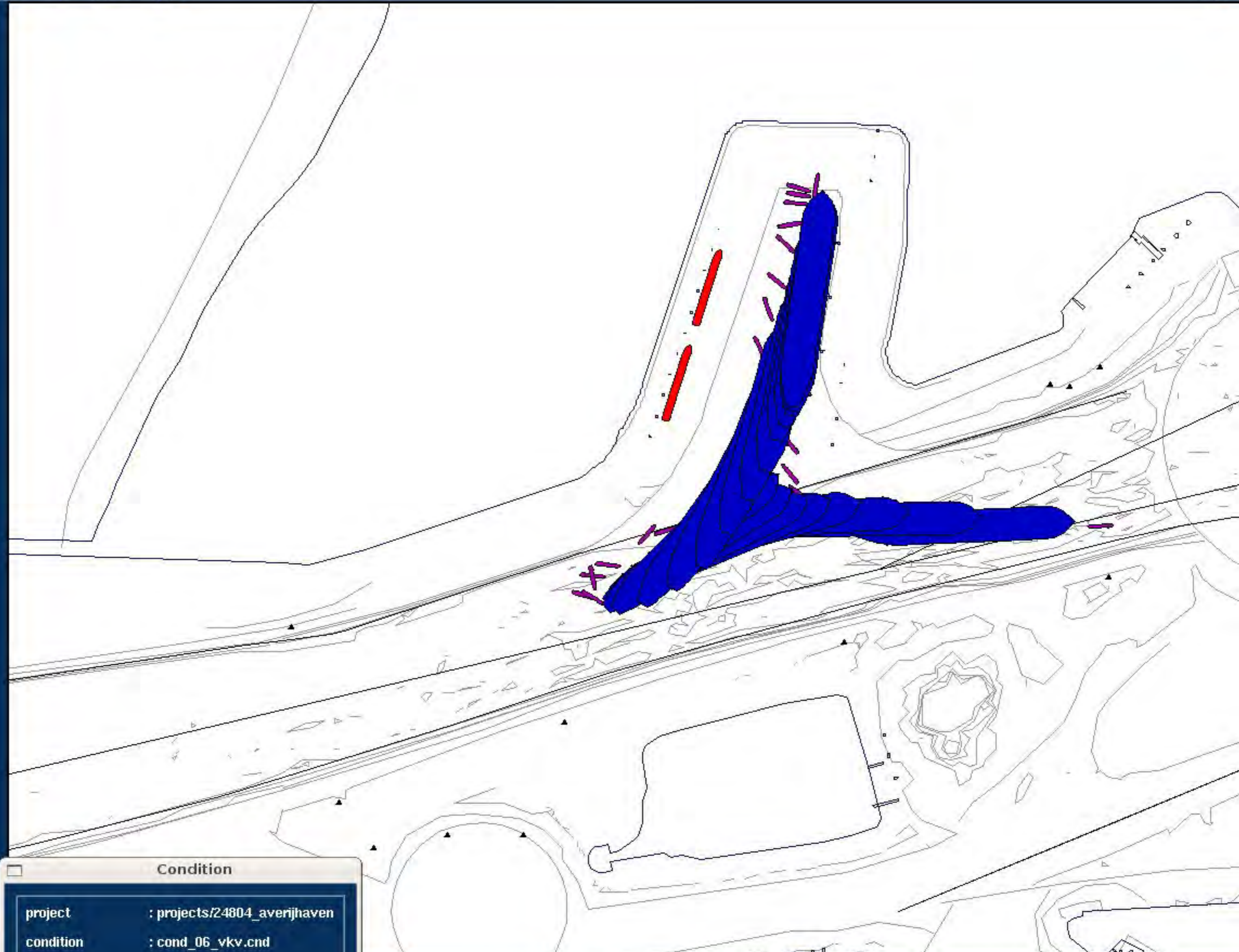

**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

**Scale**

1 : 5489



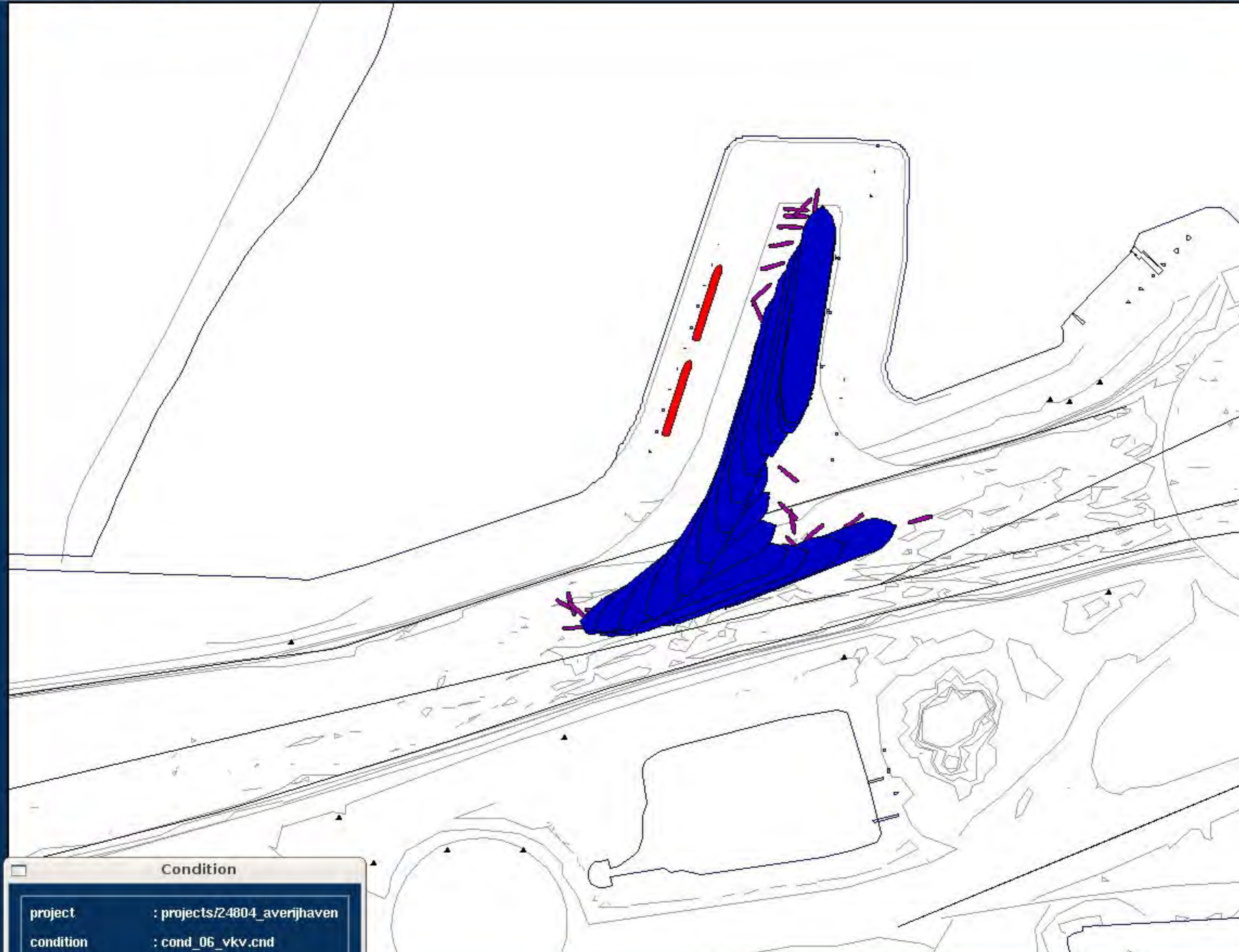
**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_06_vkv.cnd
runnumber	: 46

- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/ Distance
- CPA/ TCPA

- Set Goal**
- ◆ Area
  - ◆ Ship

**Scale**  
1 : 5489



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_06_vkv.cnd
runnumber	: 61

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

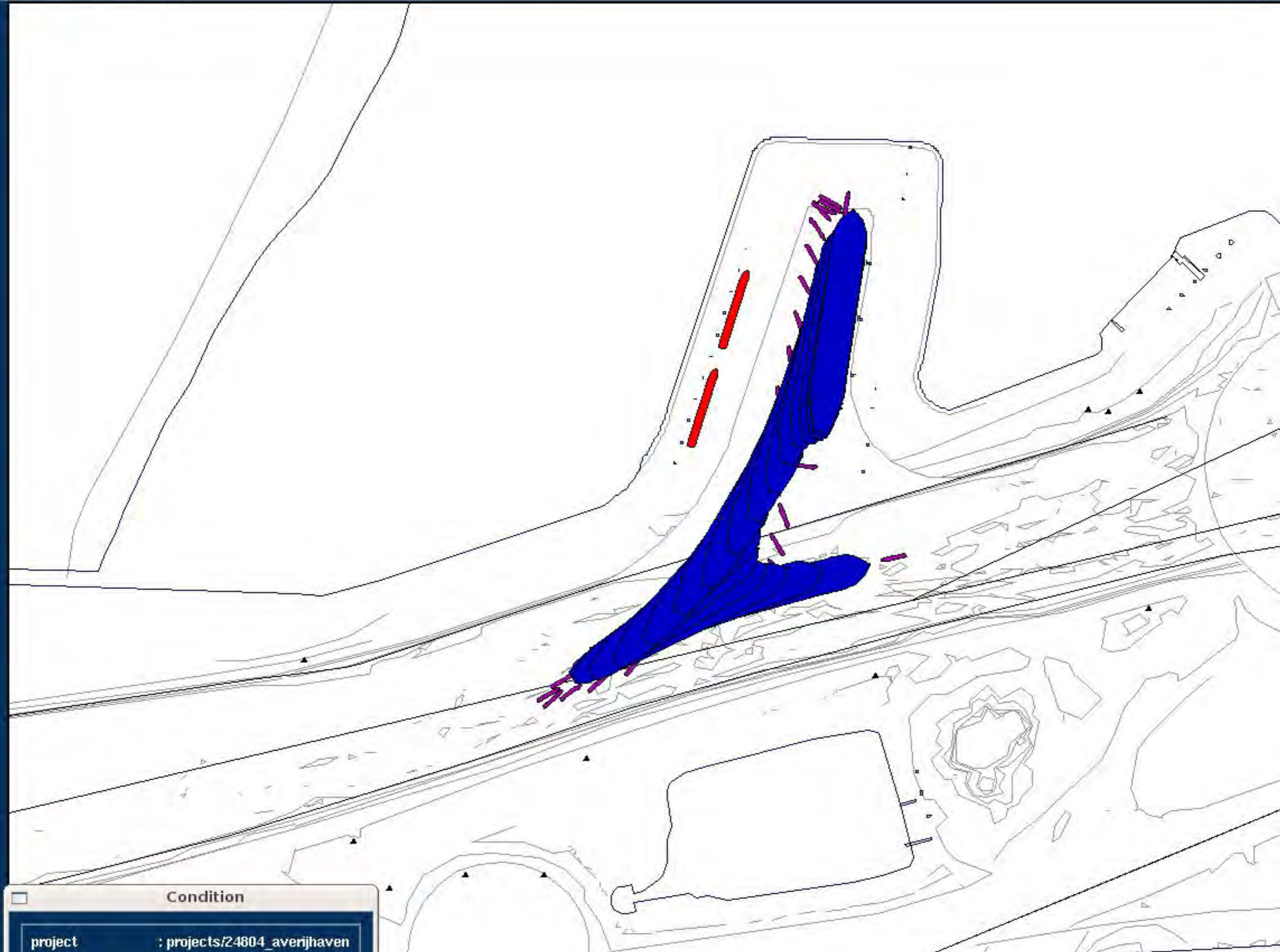

**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

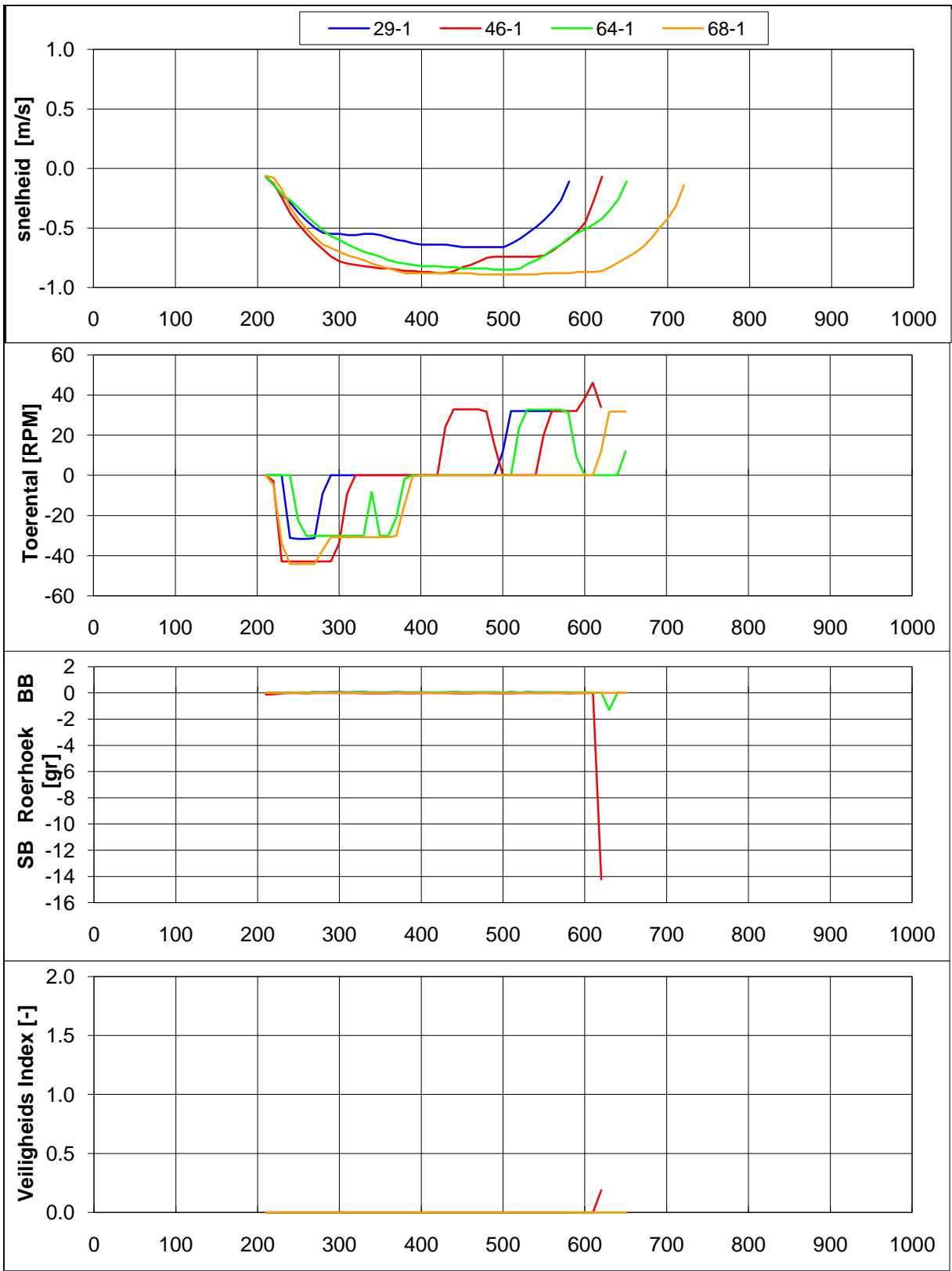
**Scale**

1 : 5489



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_06_vkv.cnd
runnumber	: 68



Averijhaven, variant VKV, Gelichterde bulkcarrier 300 m

Scenario: 6

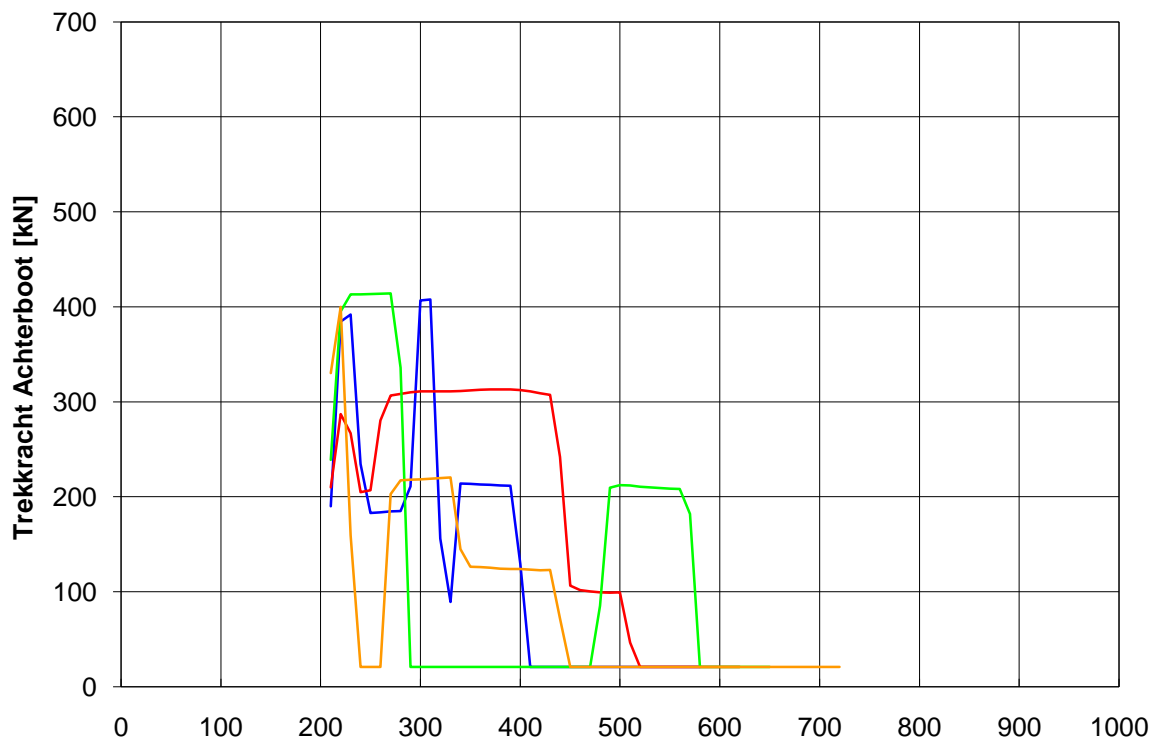
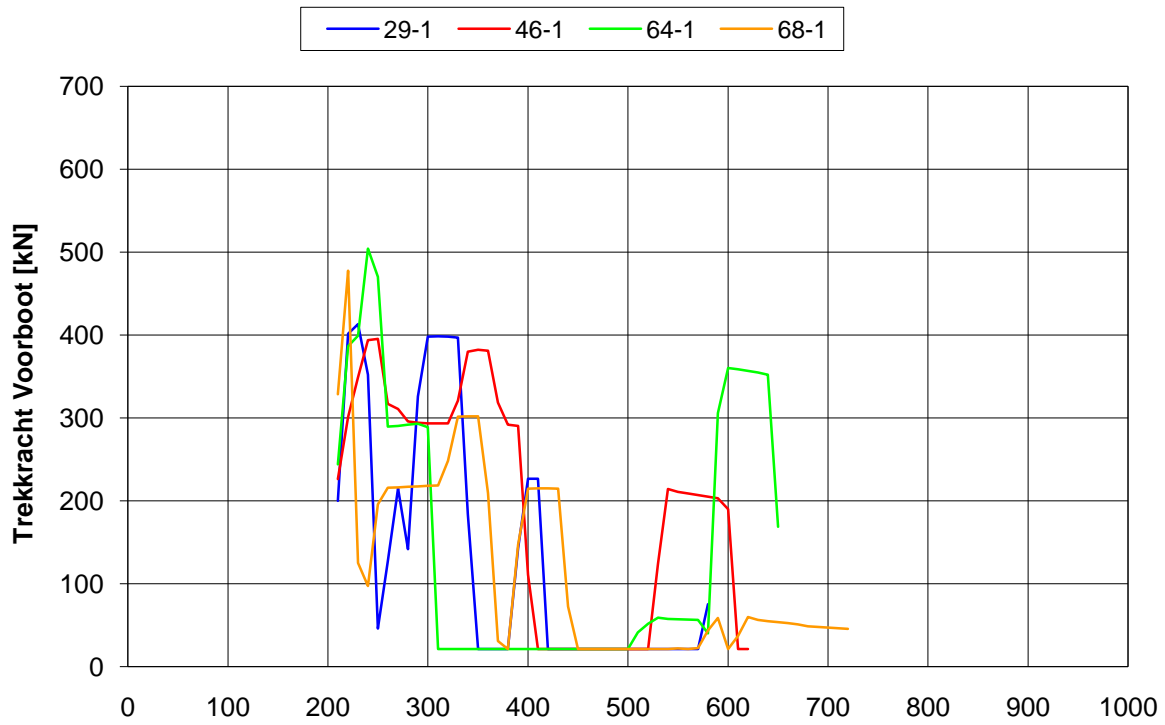
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3

24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

Fig: 6-1.b





Averijhaven, variant VKV, Gelichterde bulkcarrier 300 m

Scenario: 6

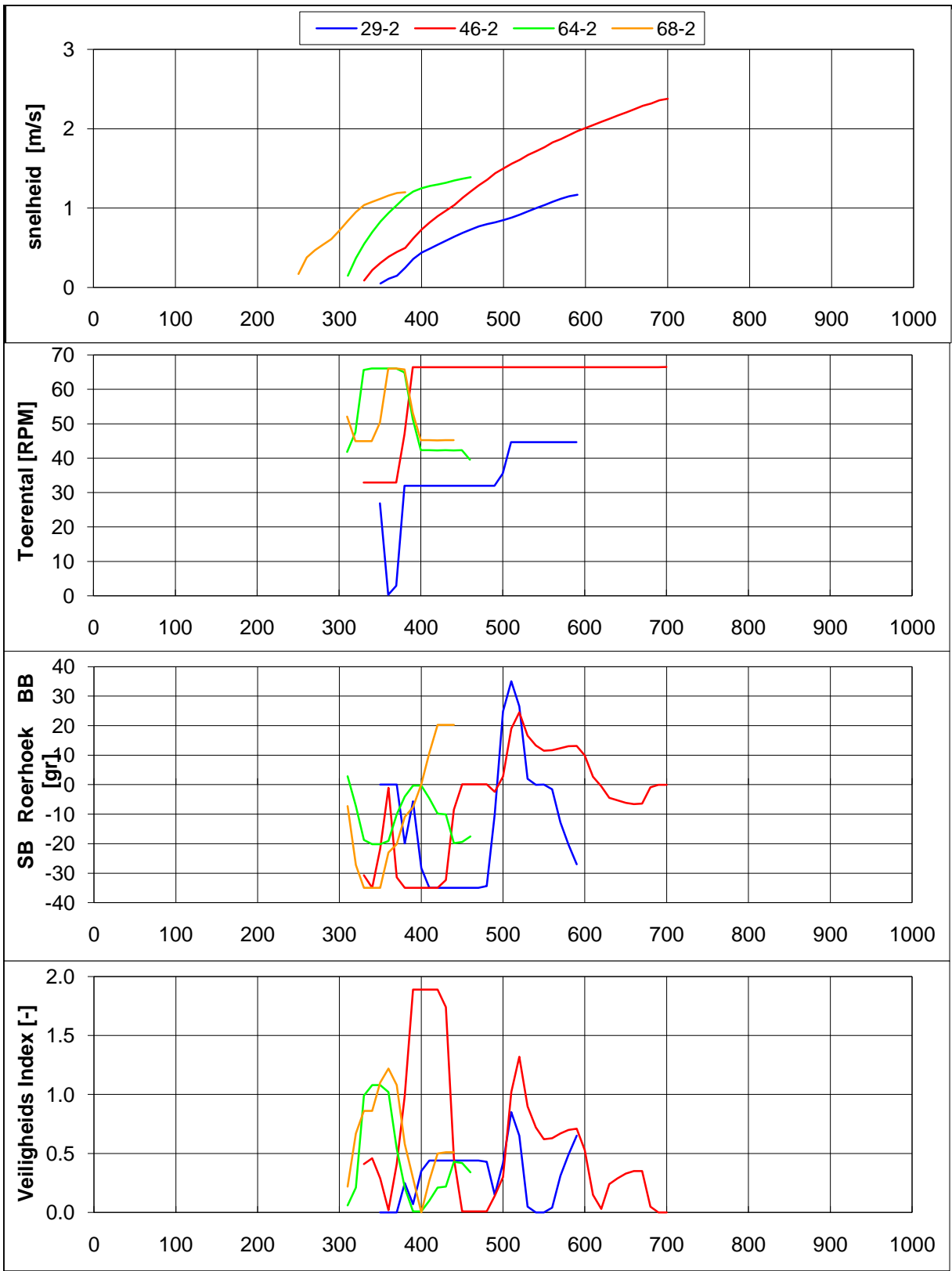
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3

24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

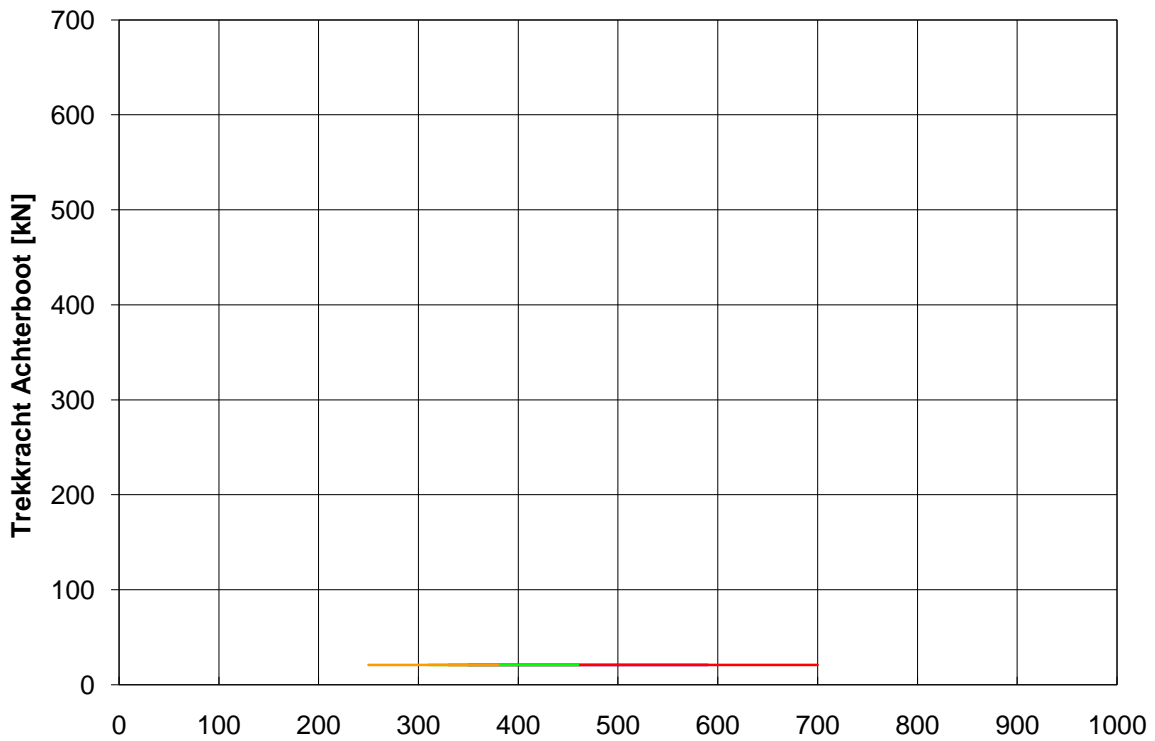
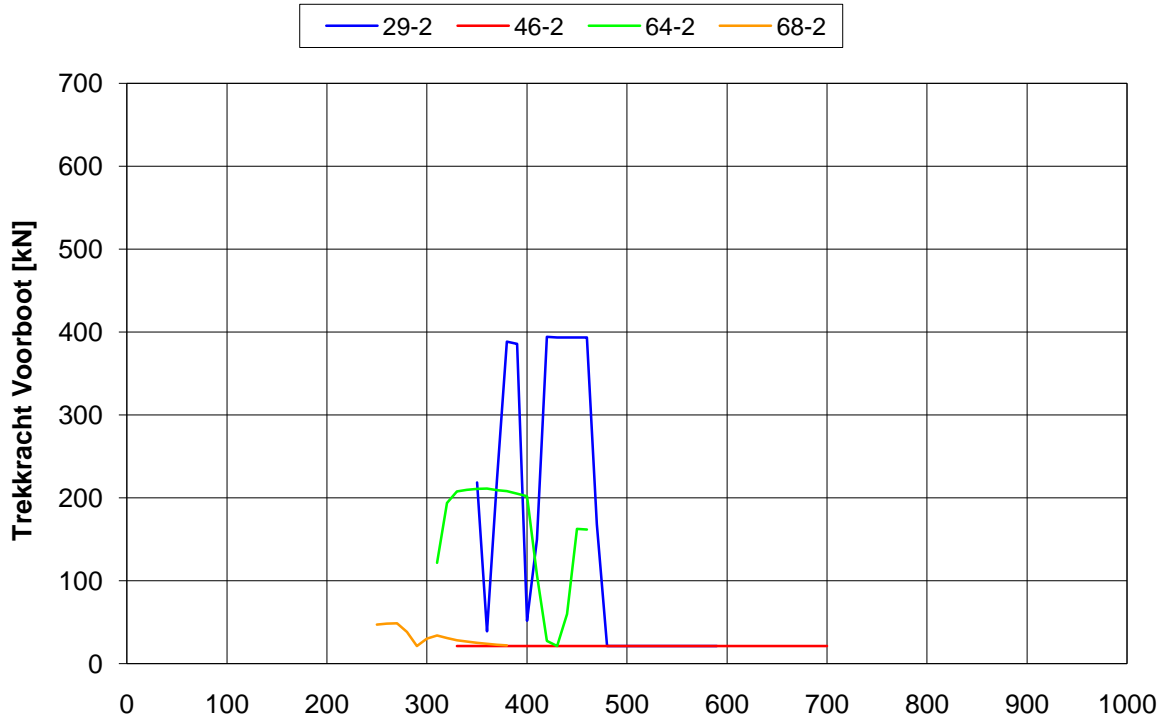
Fig: 6-1.c





Averijhaven, variant VKV, Gelichterde bulkcarrier 300 m		Scenario: 6
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3		24804.600
MARIN's Nautical Centre MSCN		Fig: 6-2.b





Averijhaven, variant VKV, Gelichterde bulkcarrier 300 m

Scenario: 6

Wind: NW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3

24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

Fig: 6-2.c



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 5489




**Condition**

project : projects/24804\_averijhaven

condition : cond\_05\_vkv.cnd

number : 70



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 5489




**Condition**

project : projects/24804\_averijhaven

condition : cond\_05\_vkv.cnd

number : 70

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


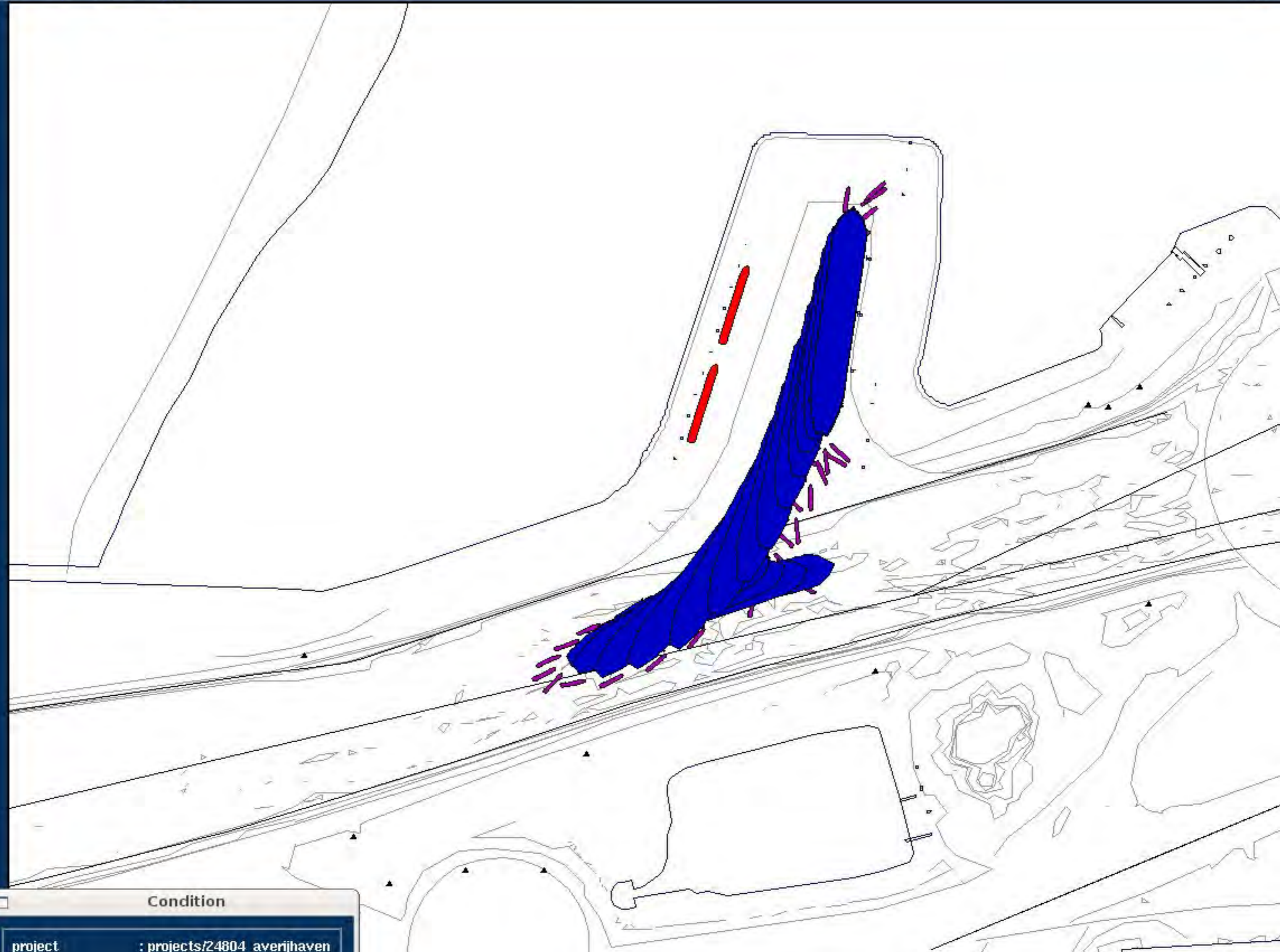
CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 5489

**Condition**

project : projects/24804\_averijhaven

condition : cond\_05\_vkv.cnd

number : 79

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 5489

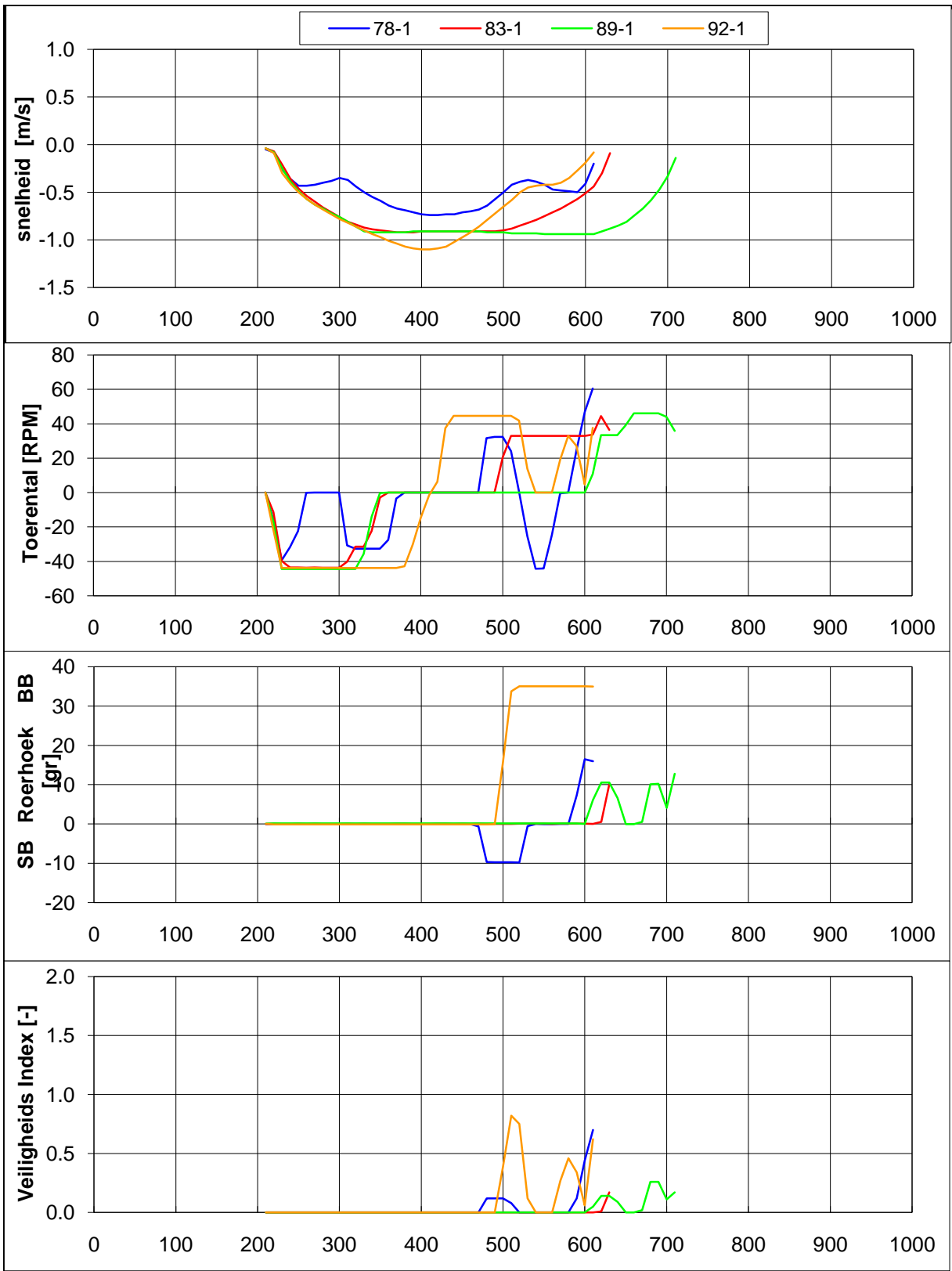



**Condition**

project : projects/24804\_averijhaven

condition : cond\_05\_vkv.cnd

number : 70



Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m

Scenario: 22

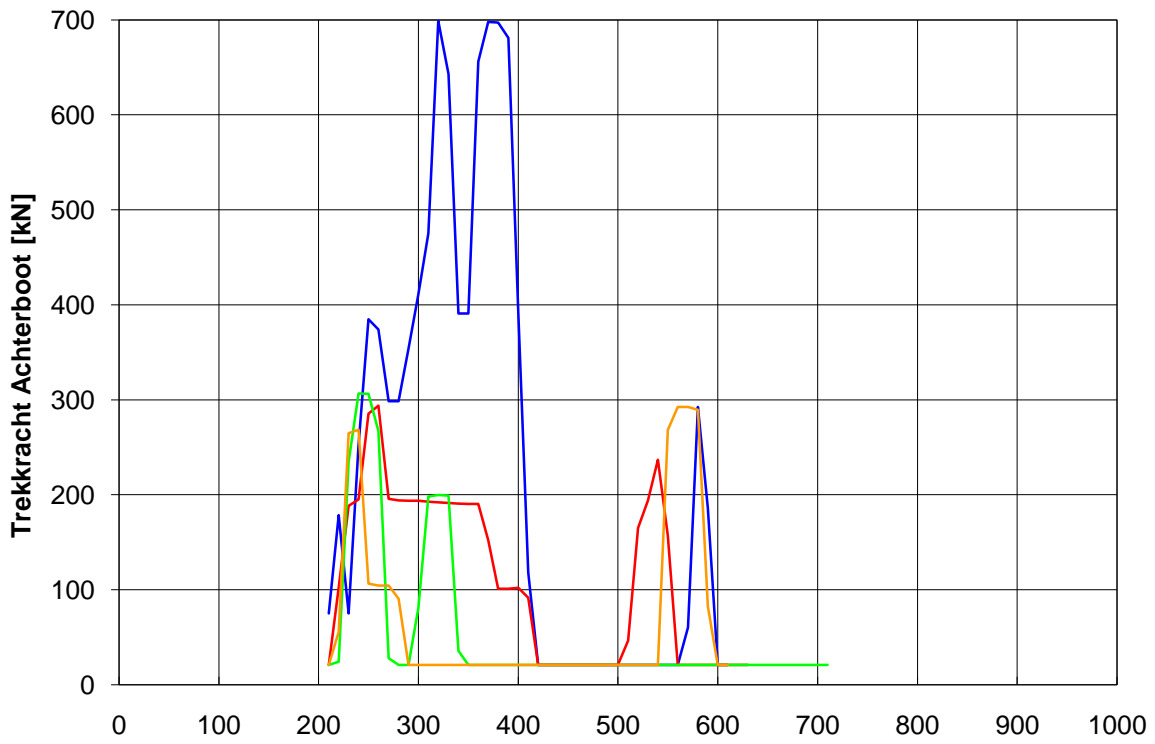
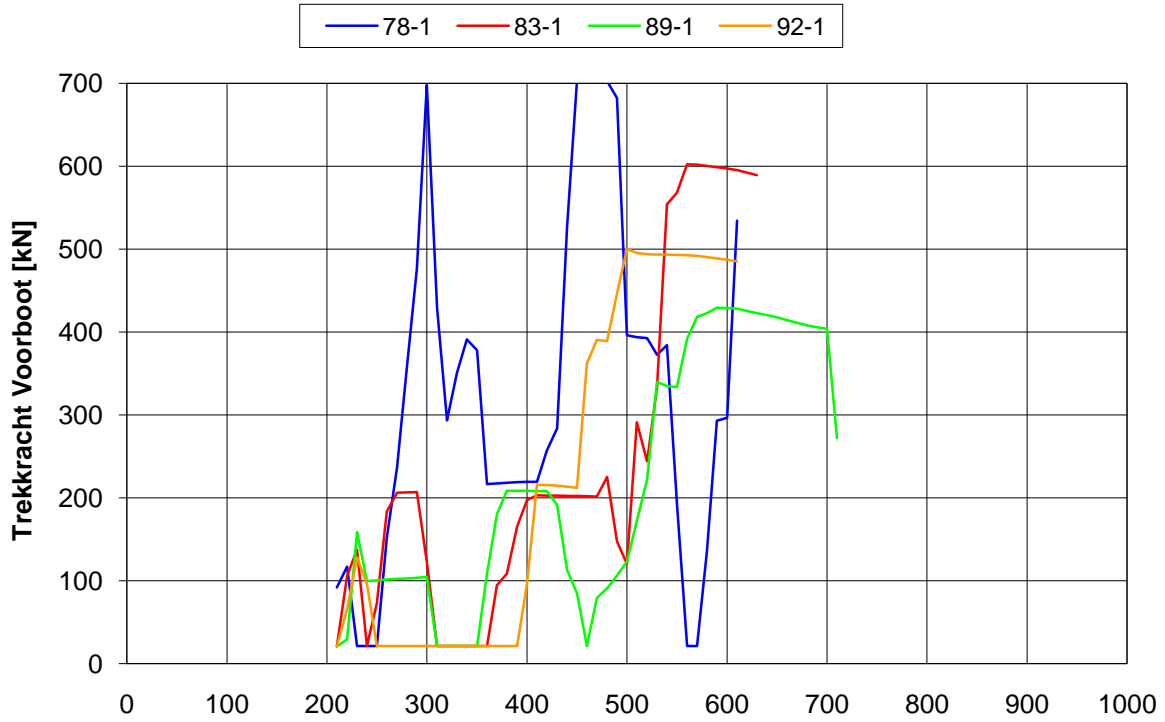
Wind: O, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3

24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

Fig: 22-1.b





Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m

Scenario: 22

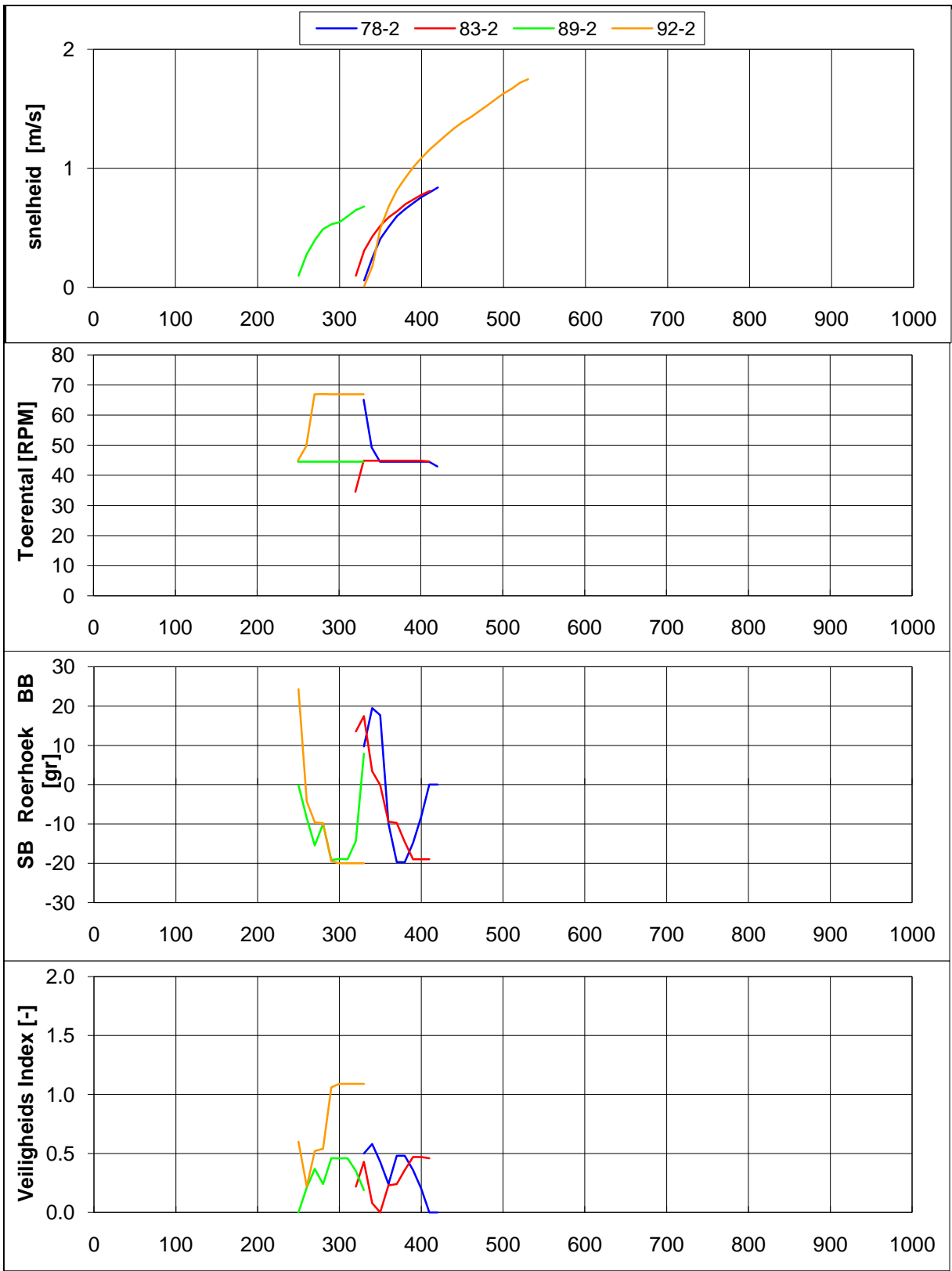
Wind: O, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3

24804.600

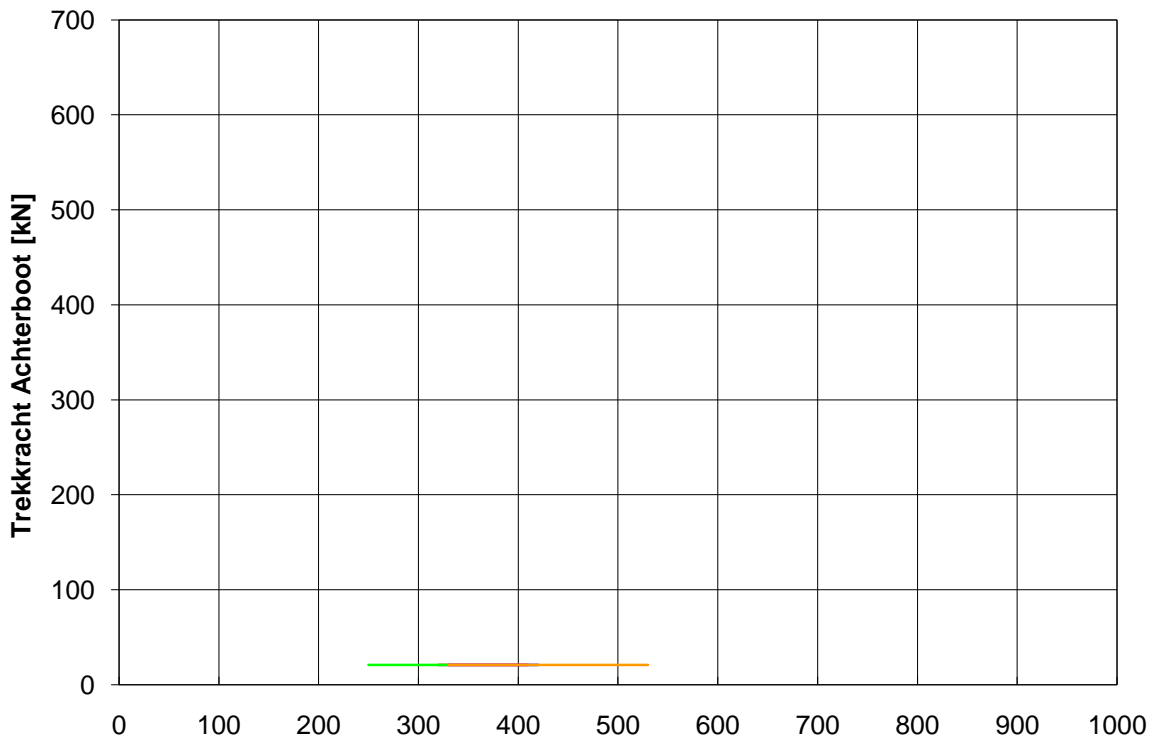
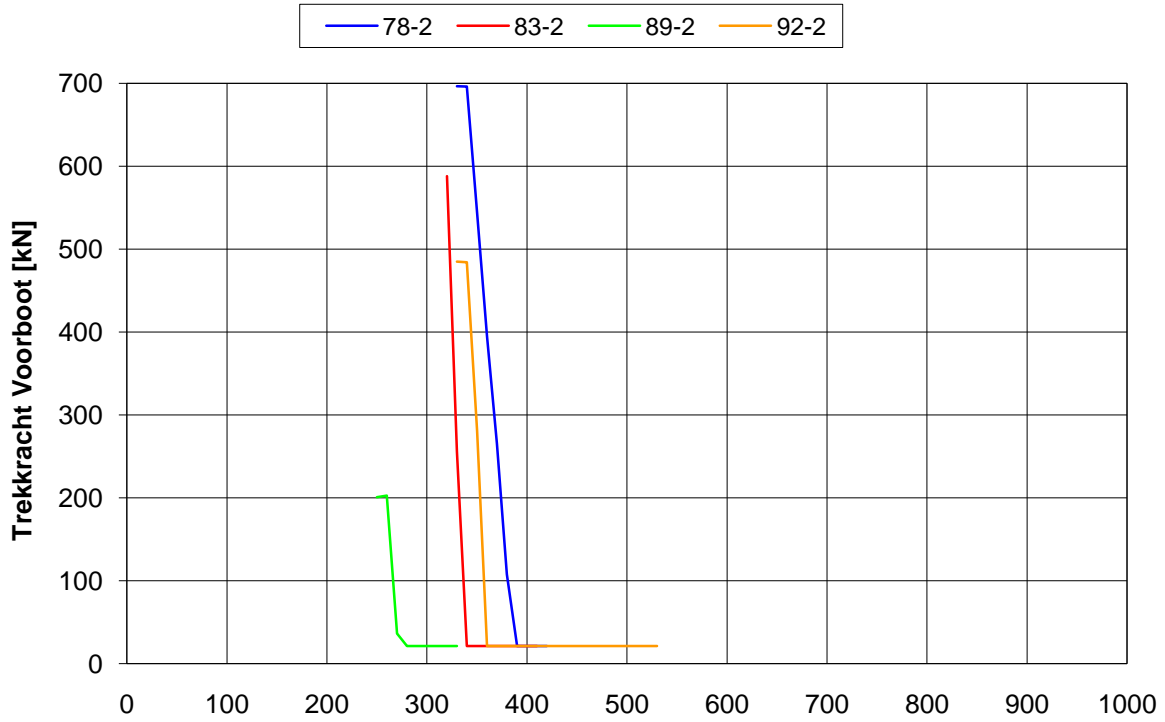
MARIN's Nautical Centre MSCN

Fig: 22-1.c





Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m	Scenario: 22	
Wind: O, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3	24804.600	
MARIN's Nautical Centre MSCN	Fig: 22-2.b	



Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m

Wind: O, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3

MARIN's Nautical Centre MSCN

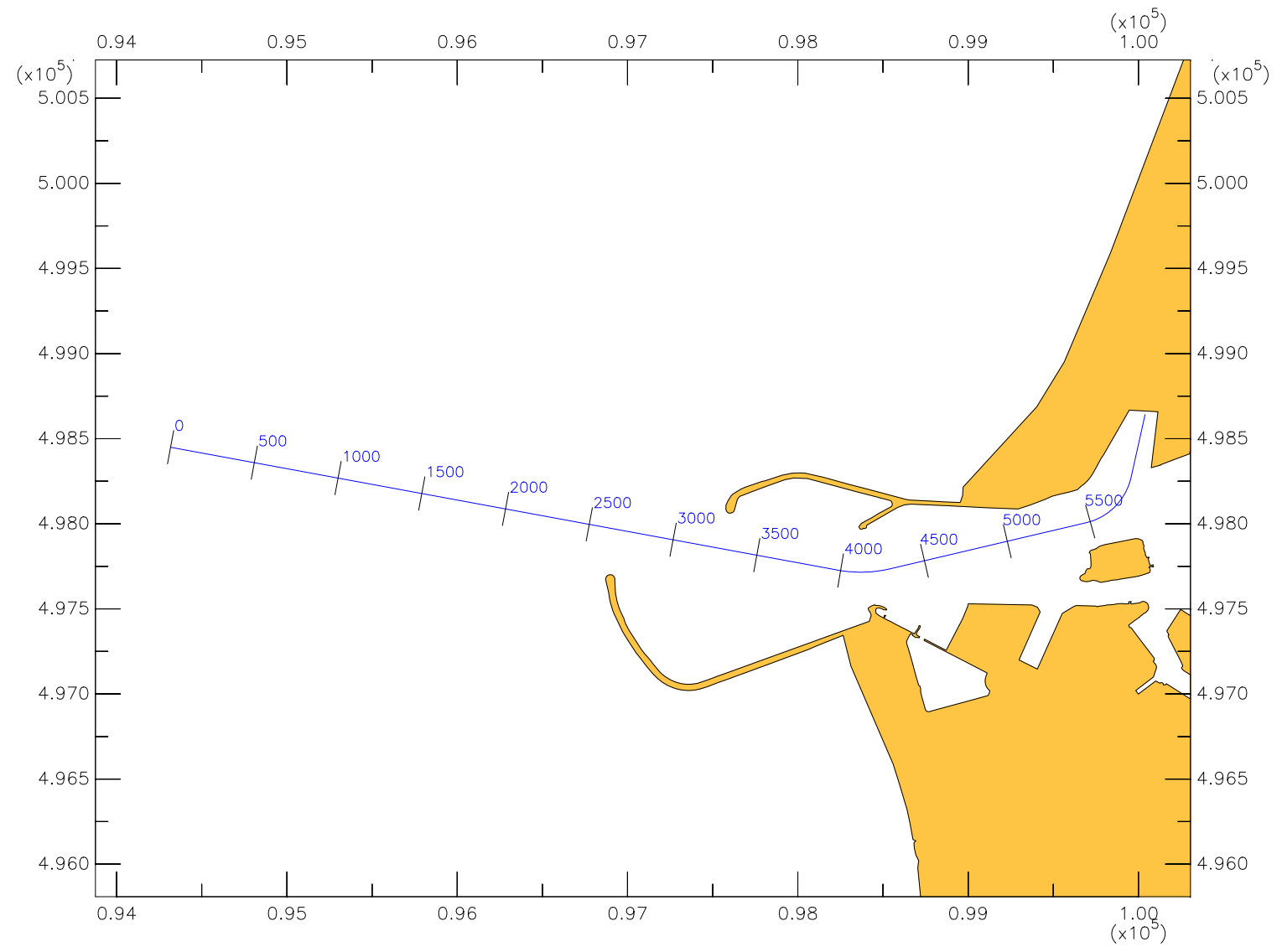
Scenario: 22

24804.600

Fig: 22-2.c



Track Averijhaven invaren





Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

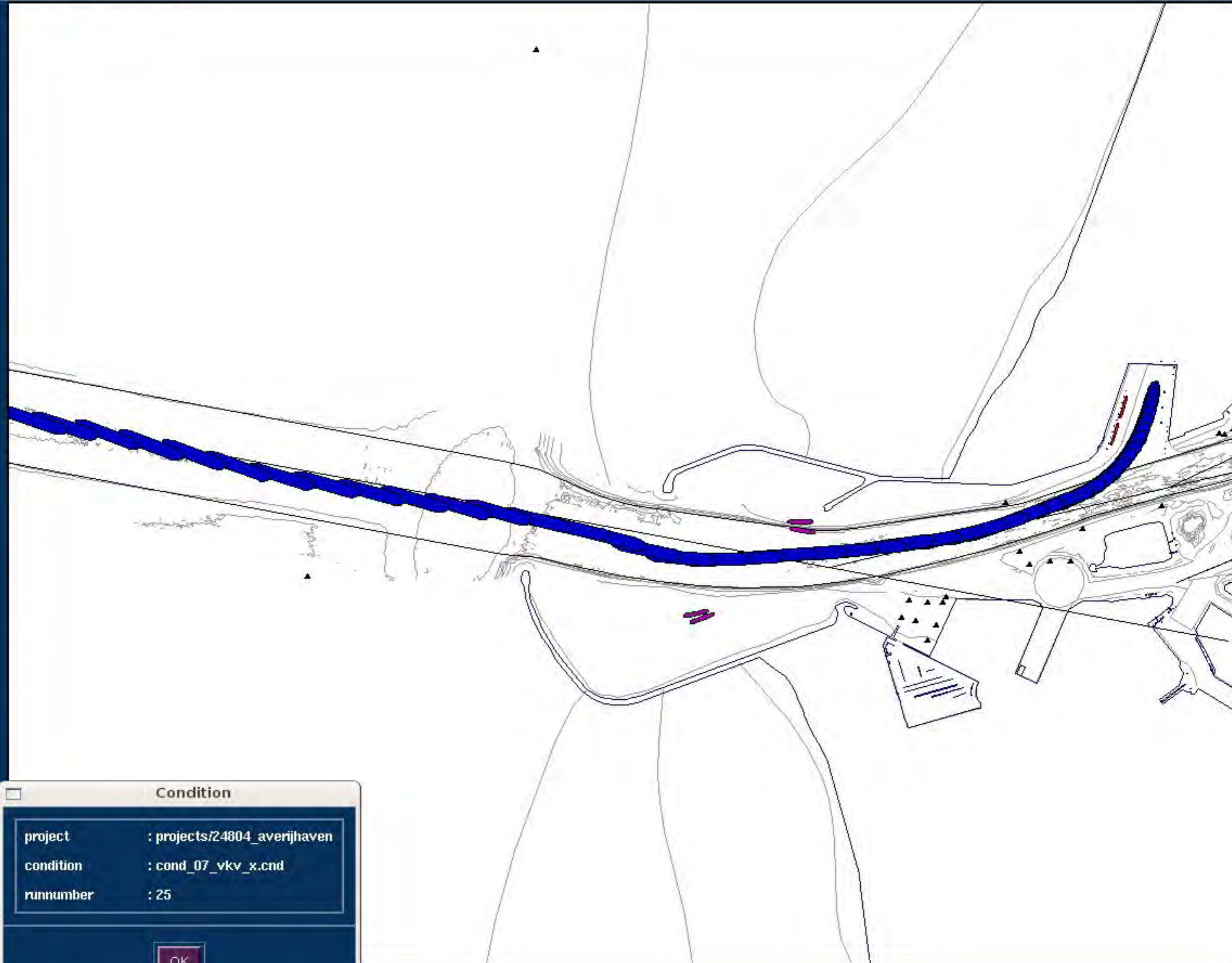
Set Goal

◆ Area

◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 25

OK

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

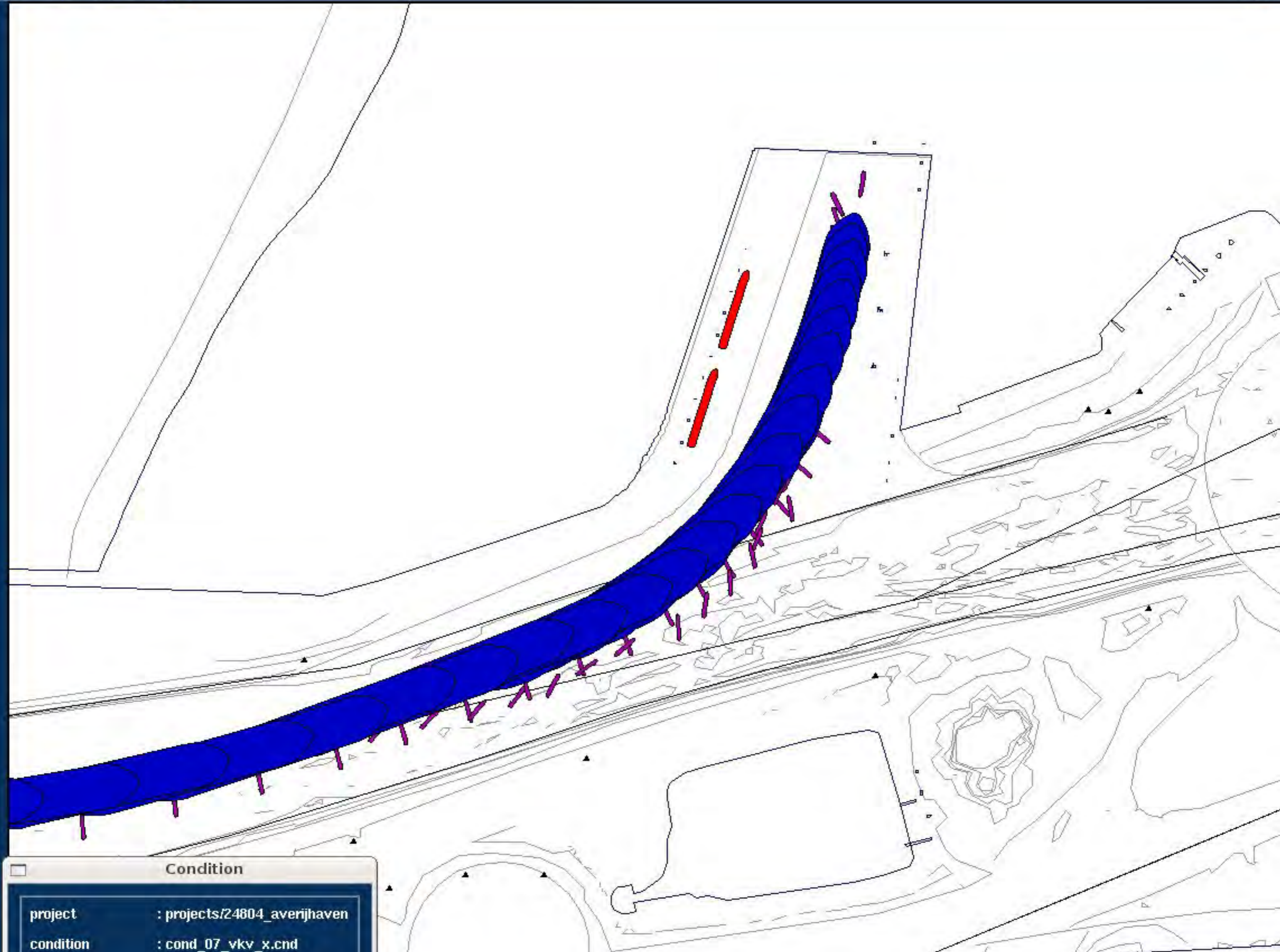

**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

**Scale**

1 : 5489



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 25

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

◆ Area

◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 37

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

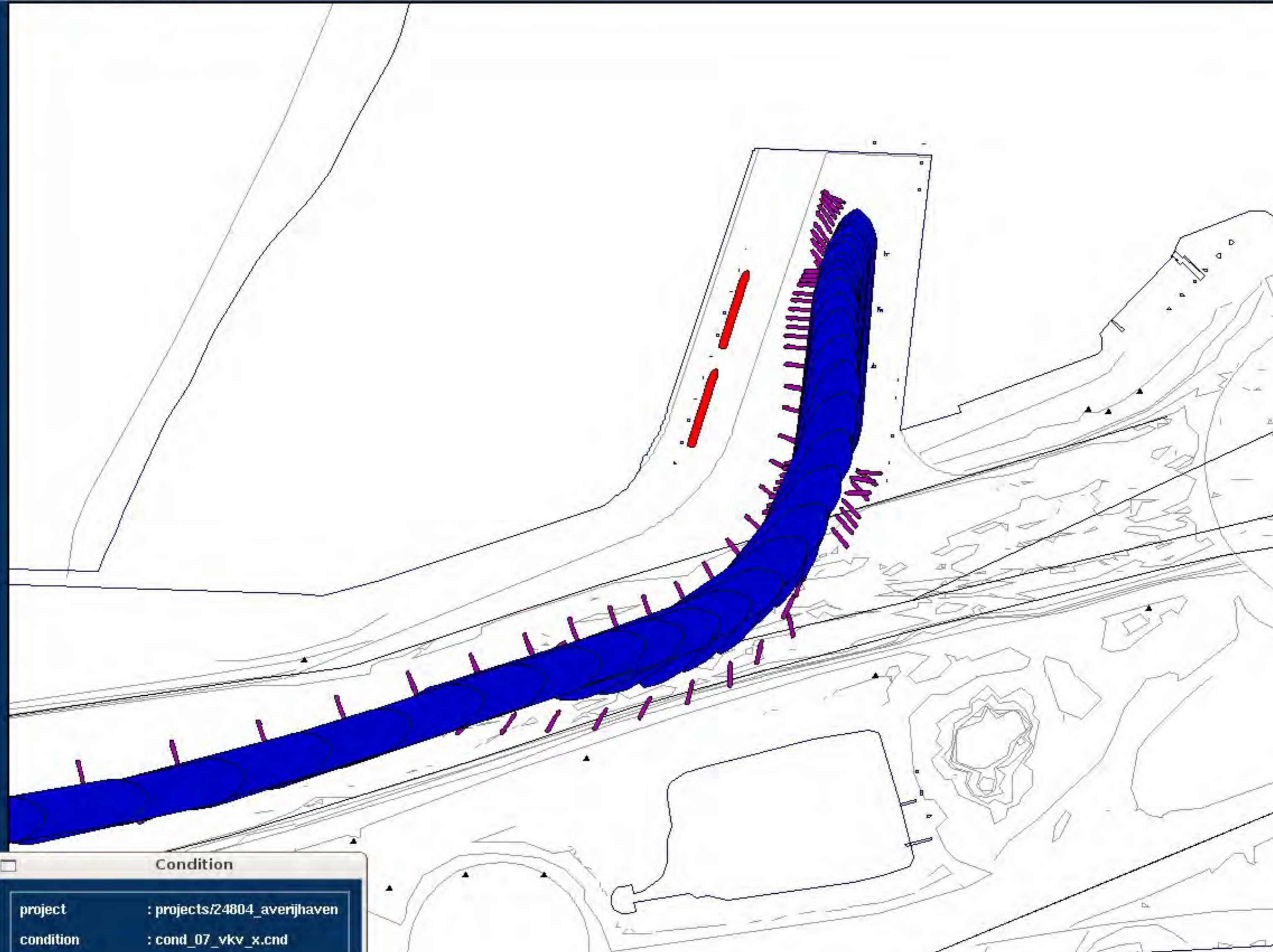
**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

1 : 5489



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 37

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 19486



**MARIN**



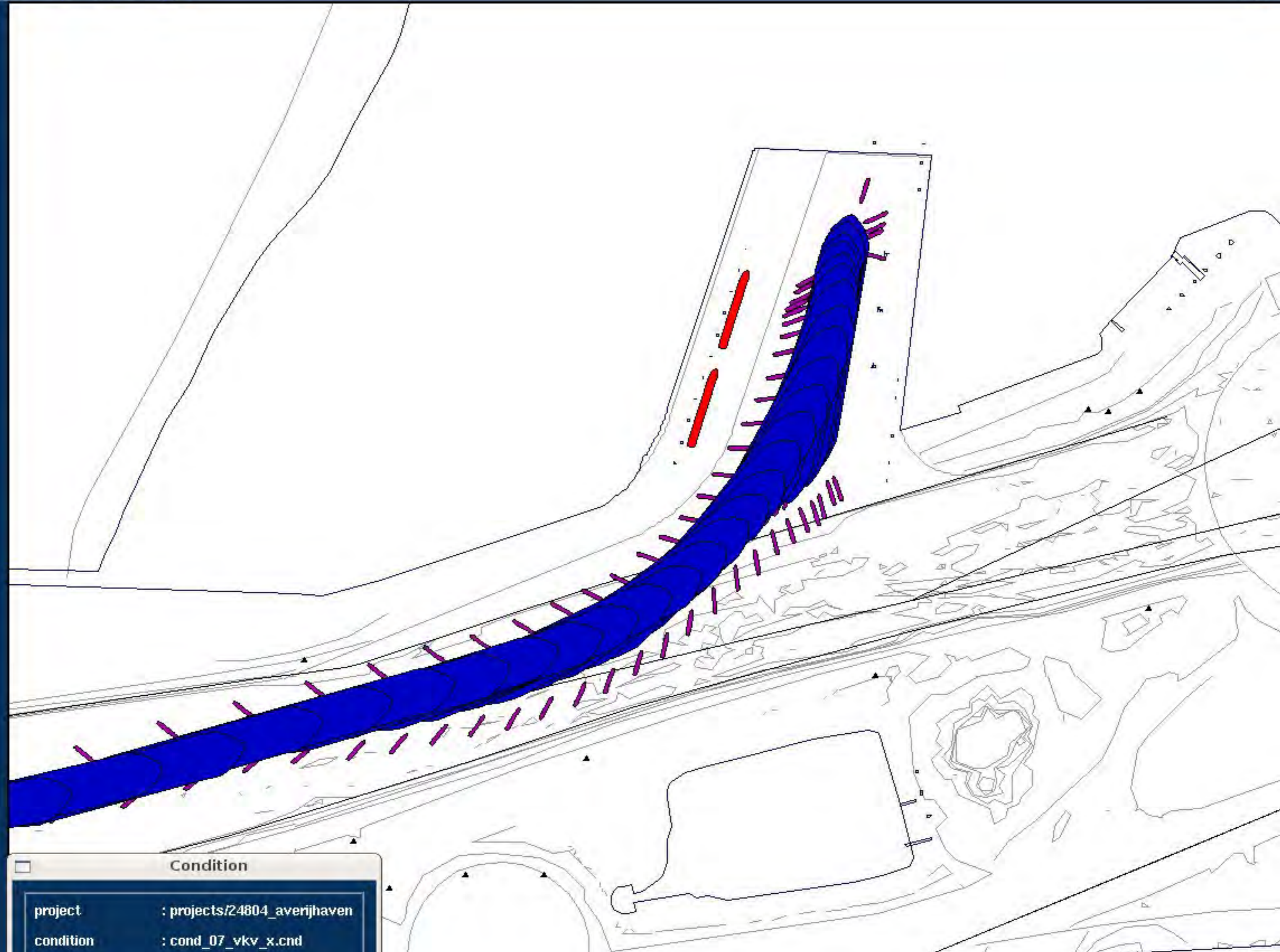
**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 55

- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/Distance
- CPA/TCPA

- Set Goal**
- Area
  - Ship

**Scale**  
1 : 5489



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 55

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

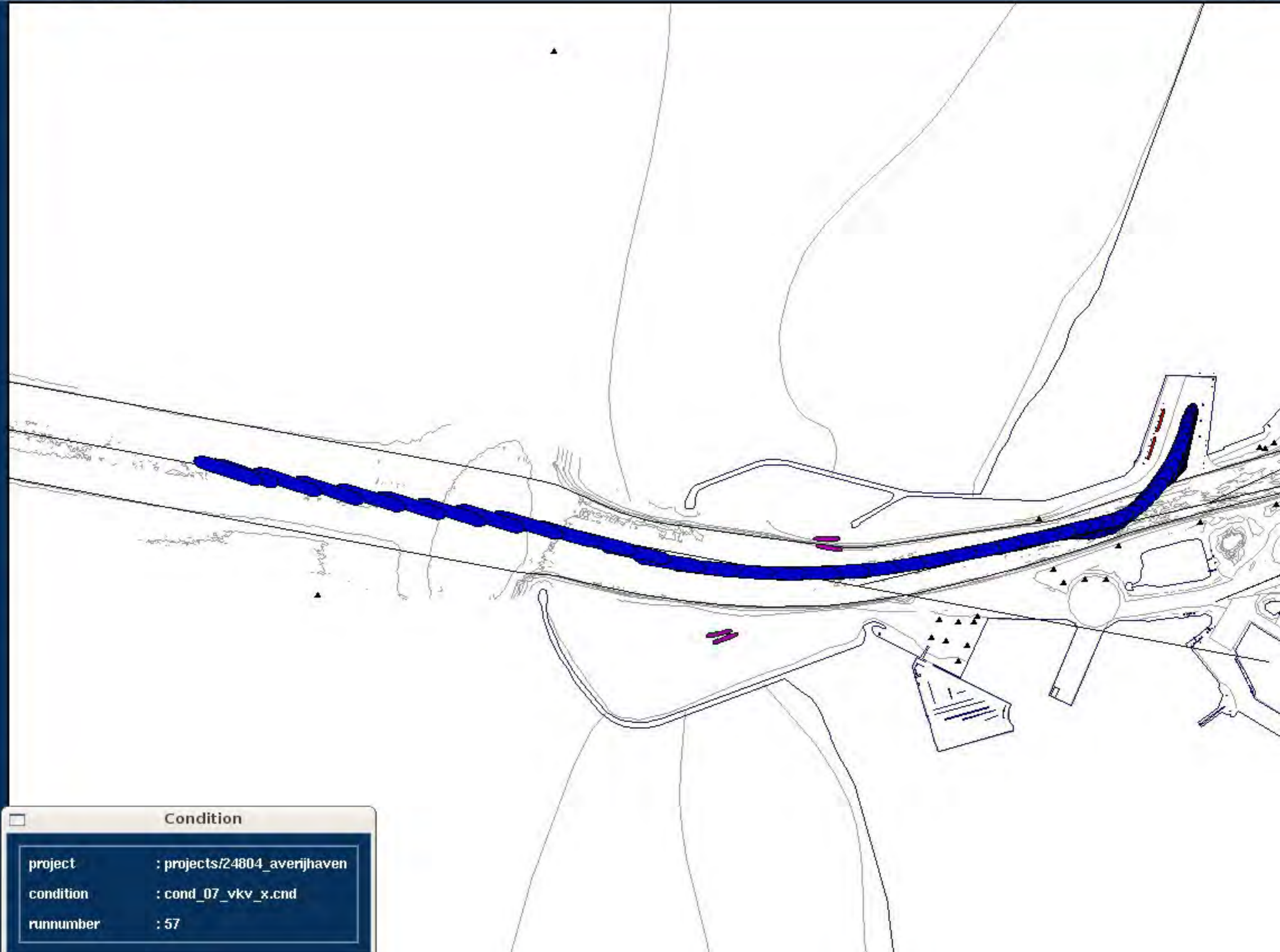
CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 57

OK

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

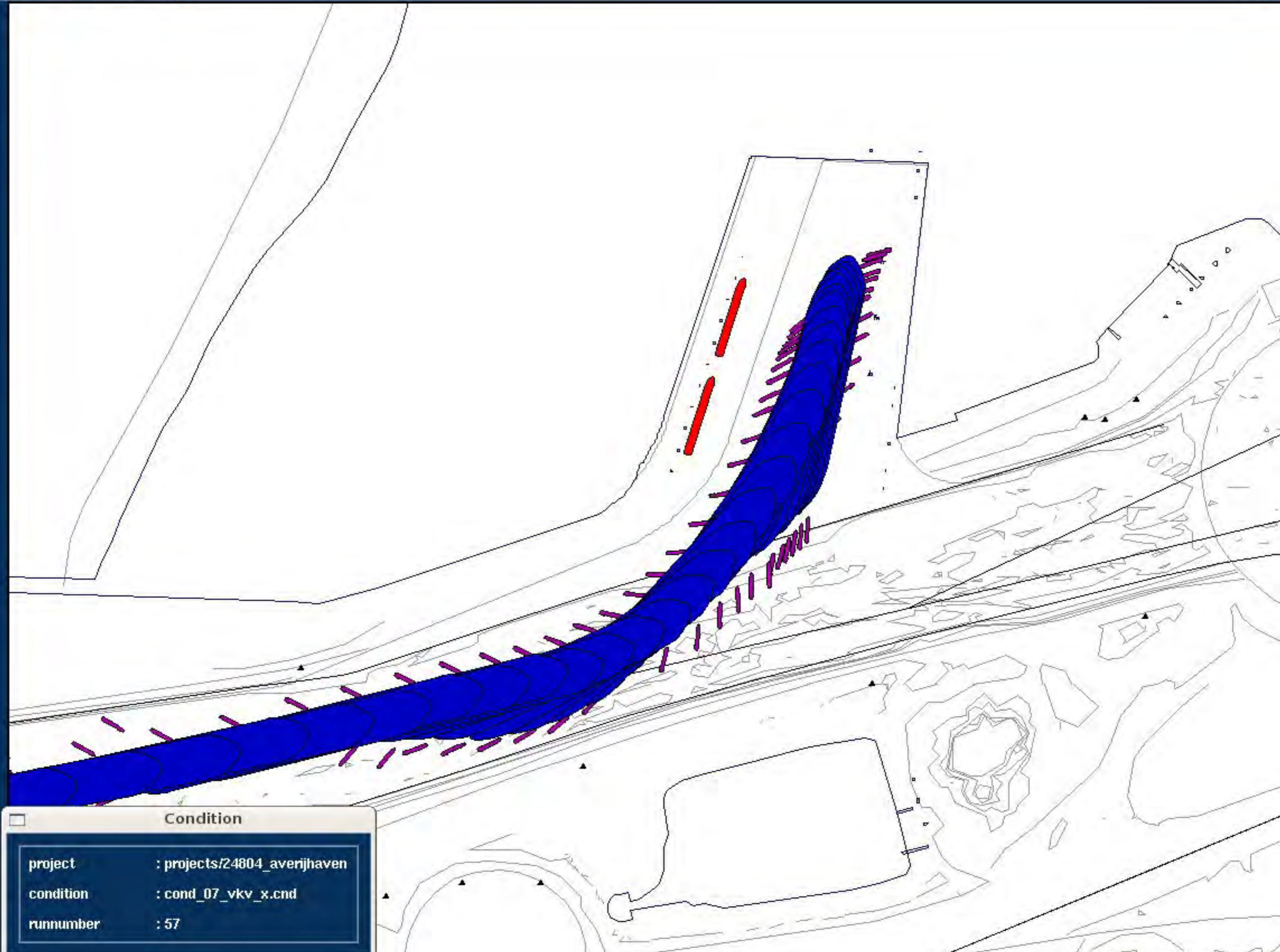

CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◇ Ship

**Scale**

1 : 5489

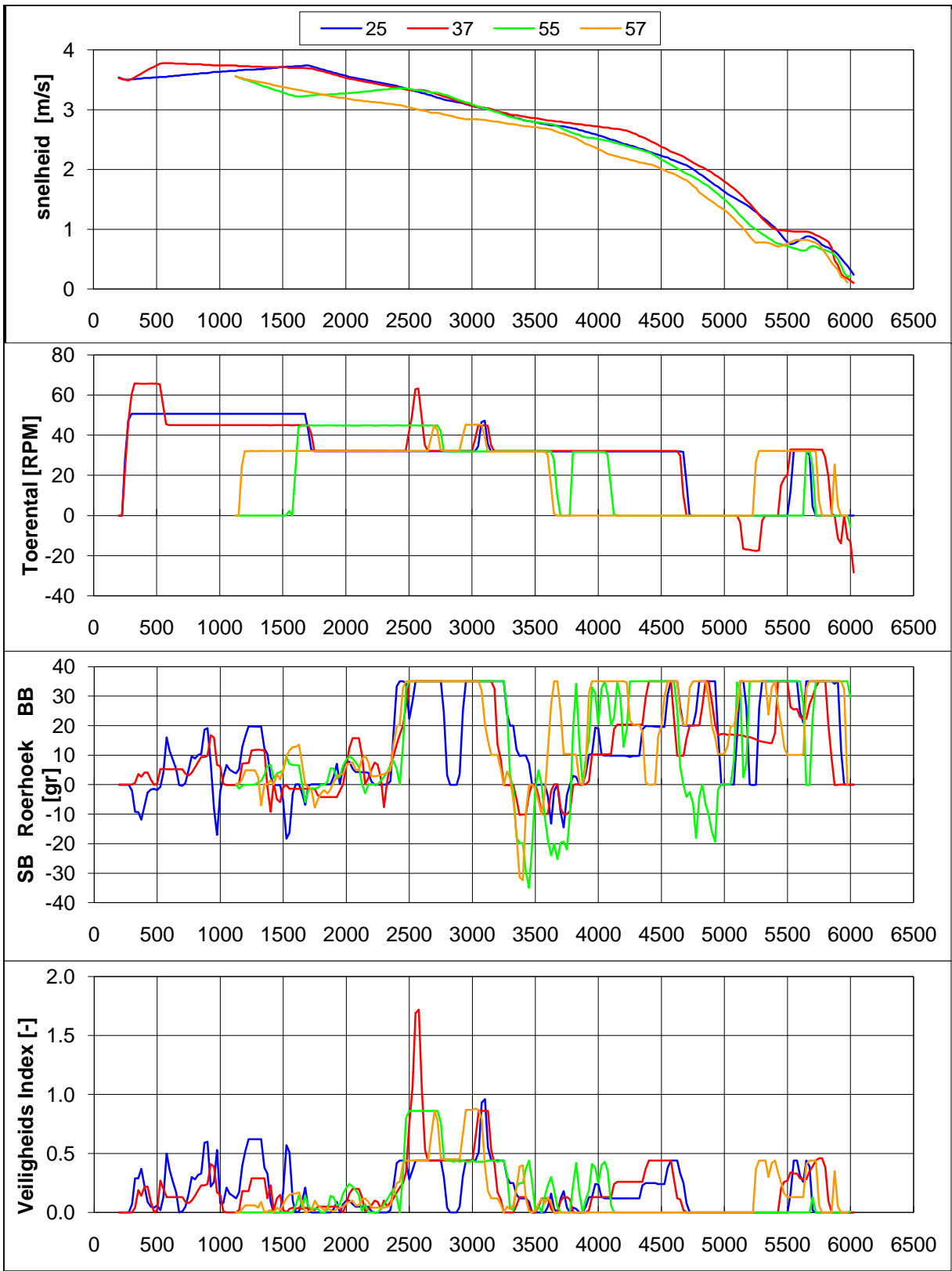


**Condition**

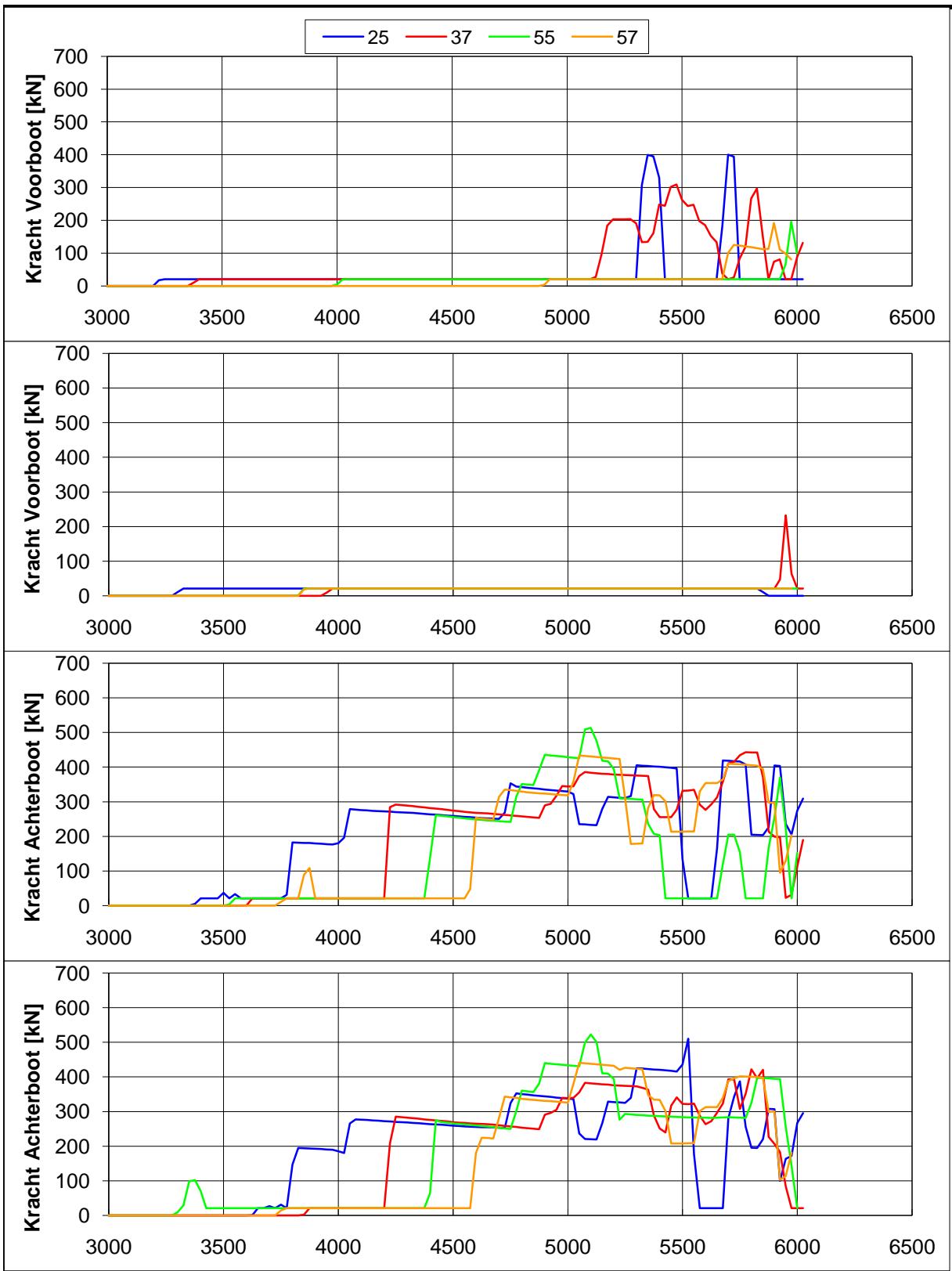
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 57

OK





Averijhaven, variant VKVx, Geladen bulkcarrier 340 m	Scenario: 7	
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 7.b	



Averijhaven, variant VKVx, Geladen bulkcarrier 340 m	Scenario: 7	
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3	24804.600	
MARIN's Nautical Centre MSCN	Fig: 7.c	

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 26

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

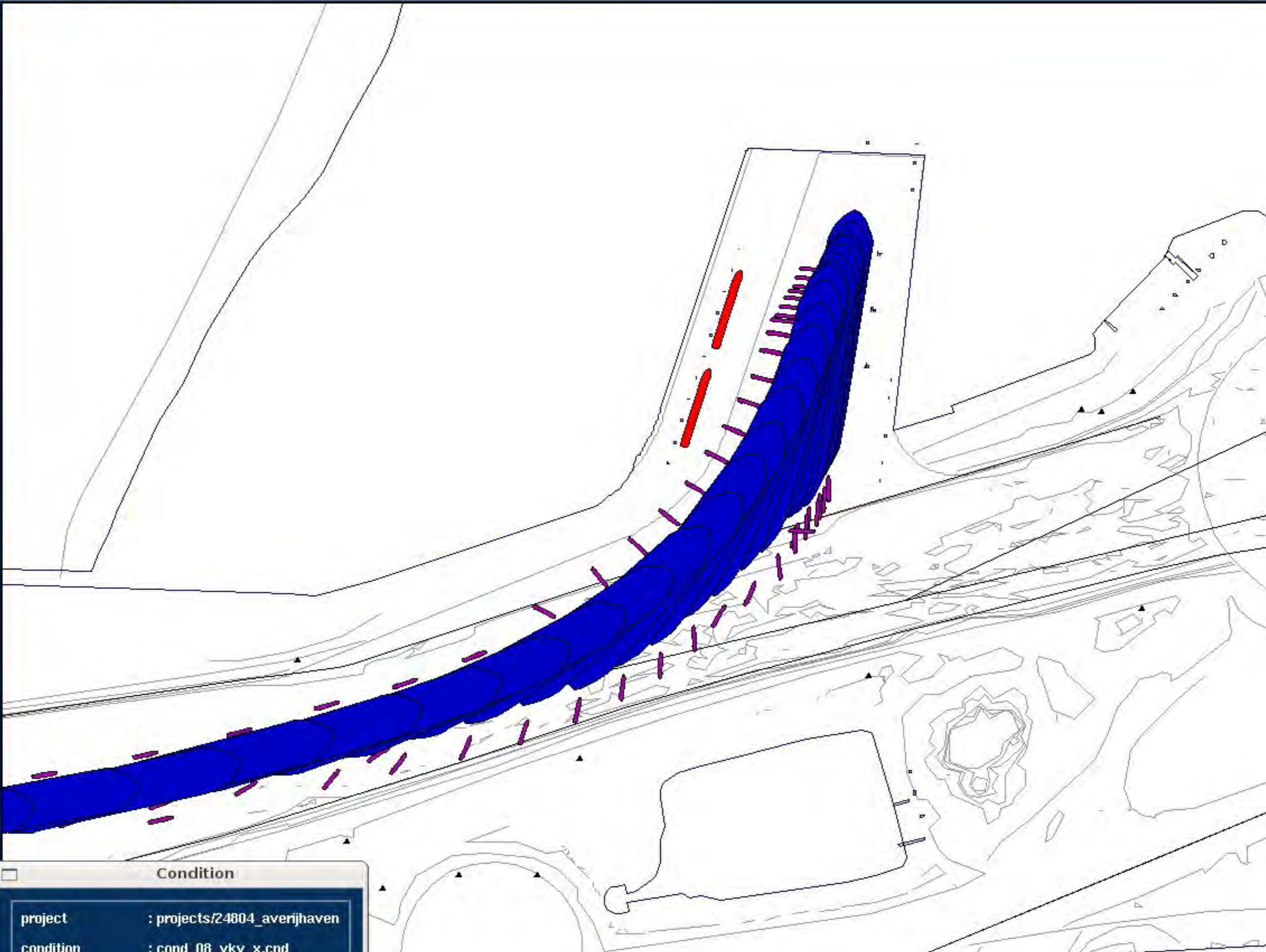

**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

1 : 5489



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 26

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 38

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

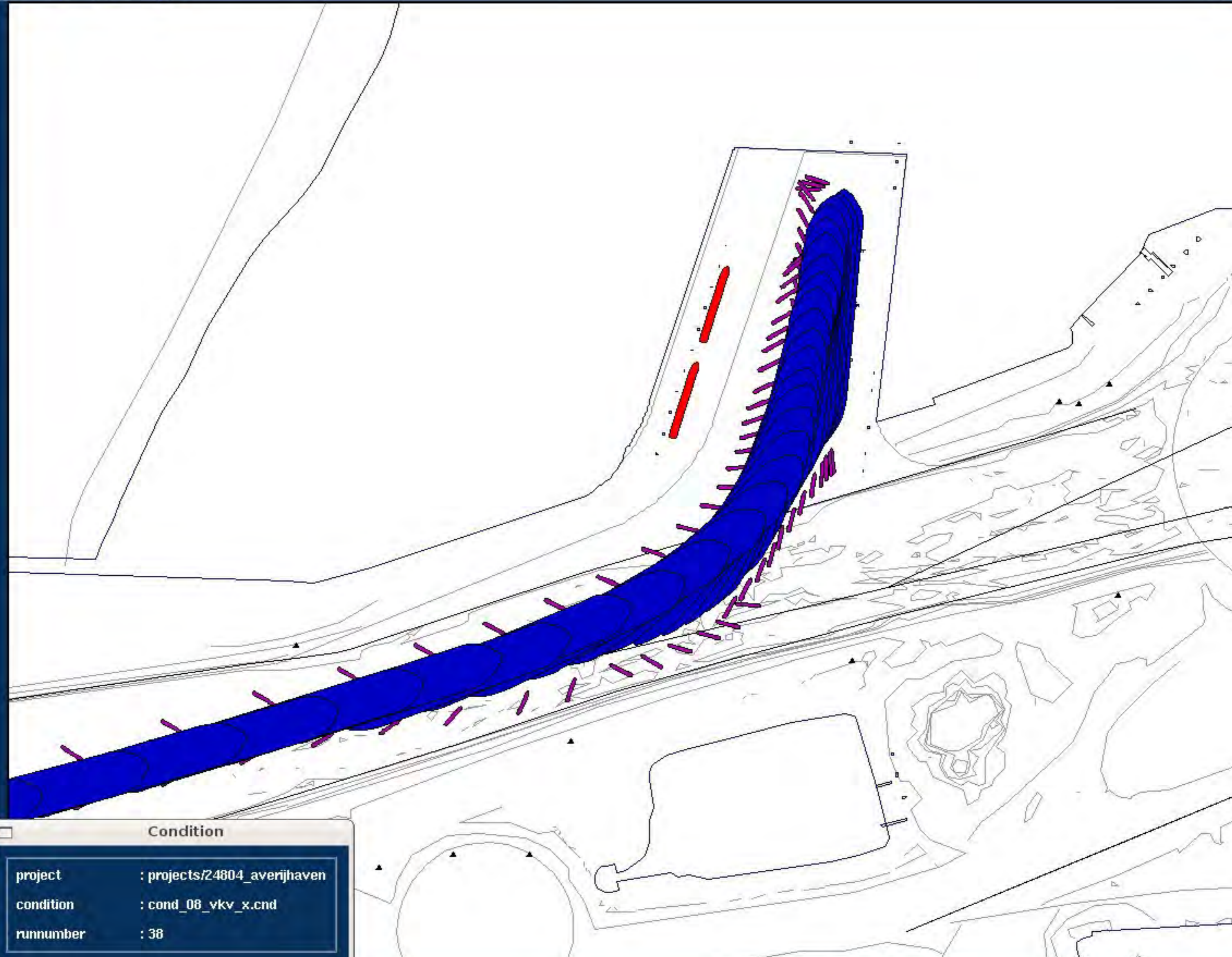

**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

**Scale**

1 : 5489



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 38

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

◆ Area

◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 48

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

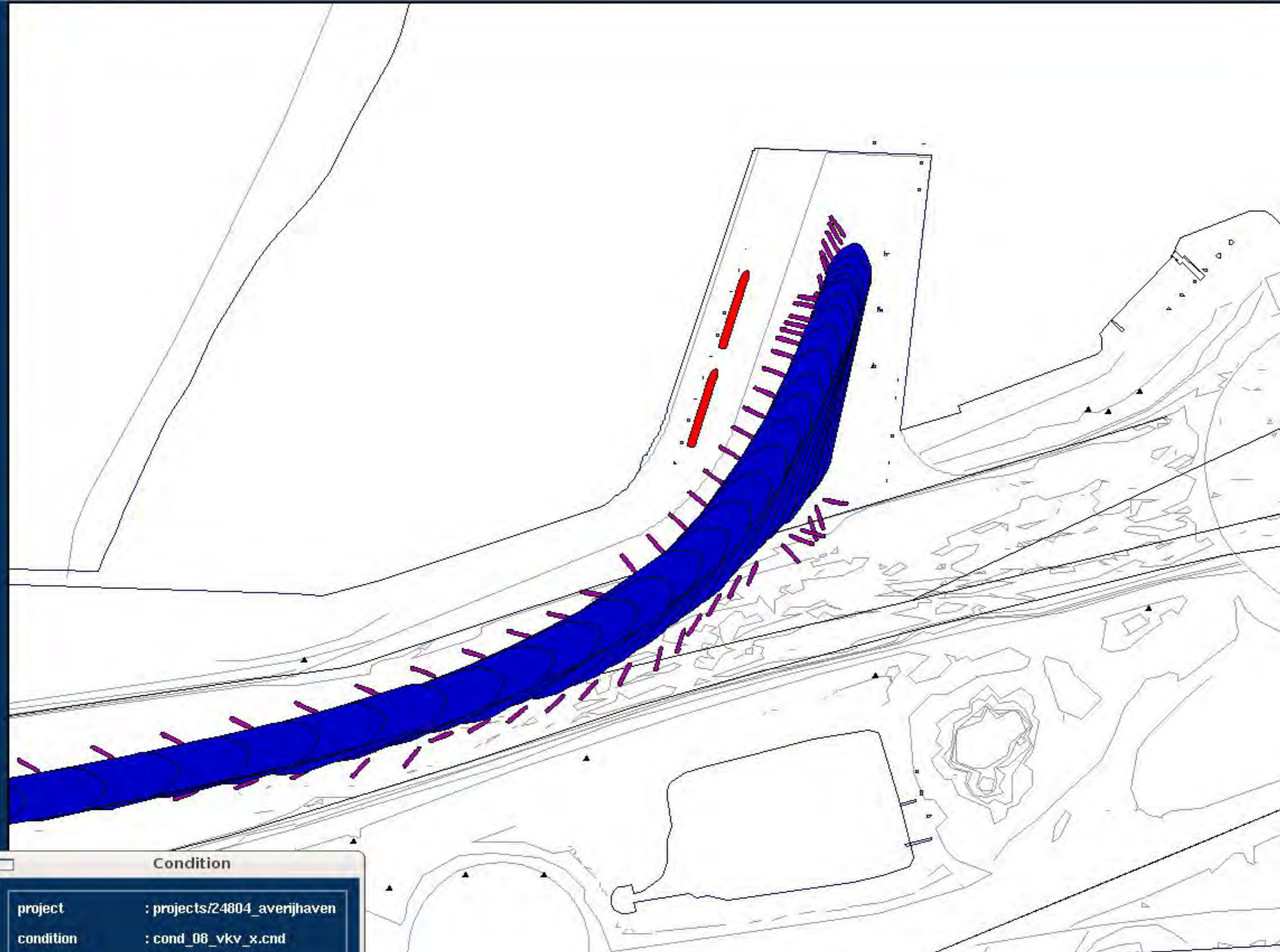
**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

**Scale**

1 : 5489



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 48



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/Distance

CPA/TCPA


**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

1 : 19486



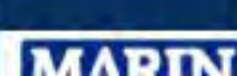
**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 56

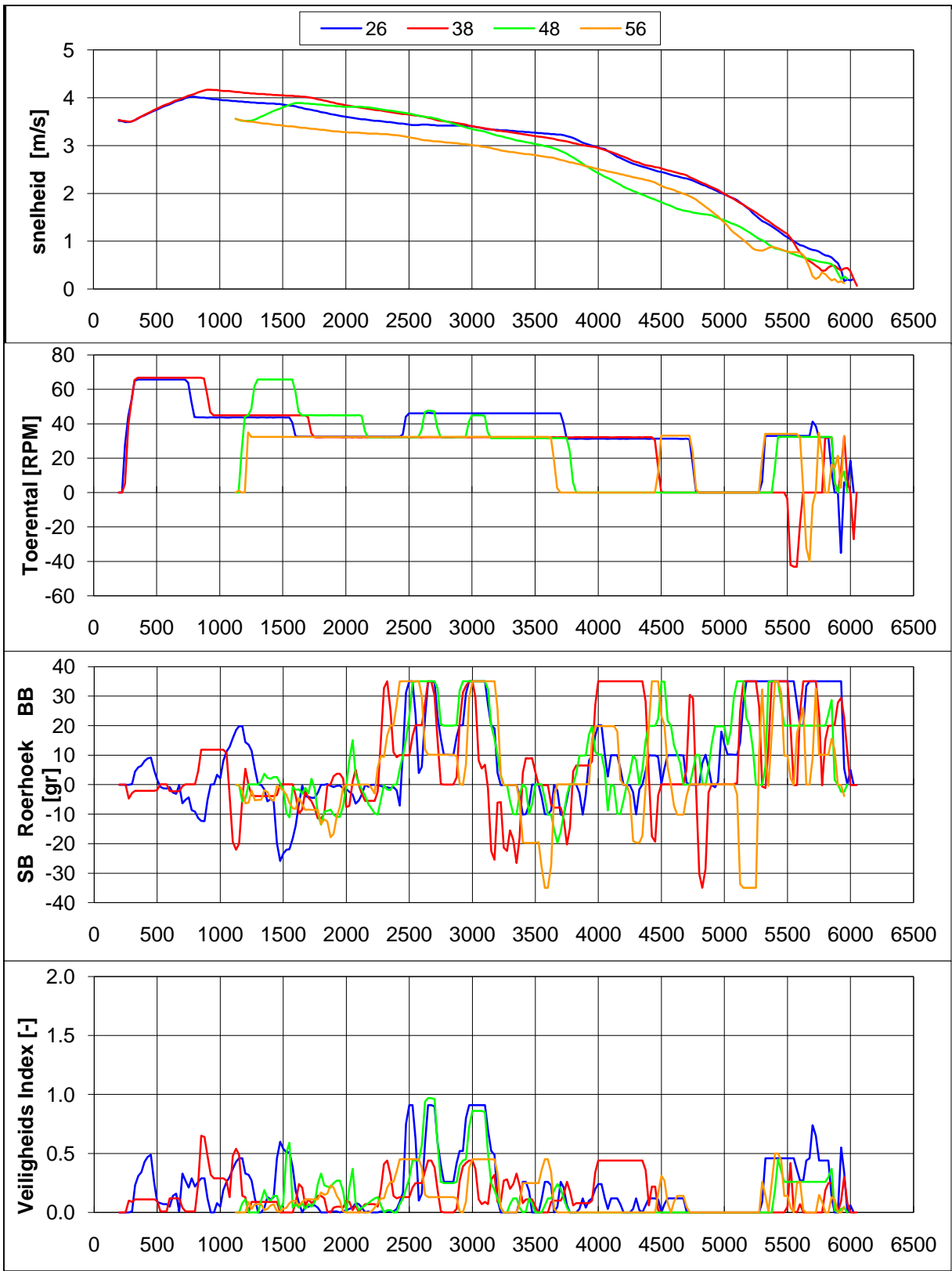
- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/Distance
- CPA/TCPA

- Set Goal
- Area
  - Ship

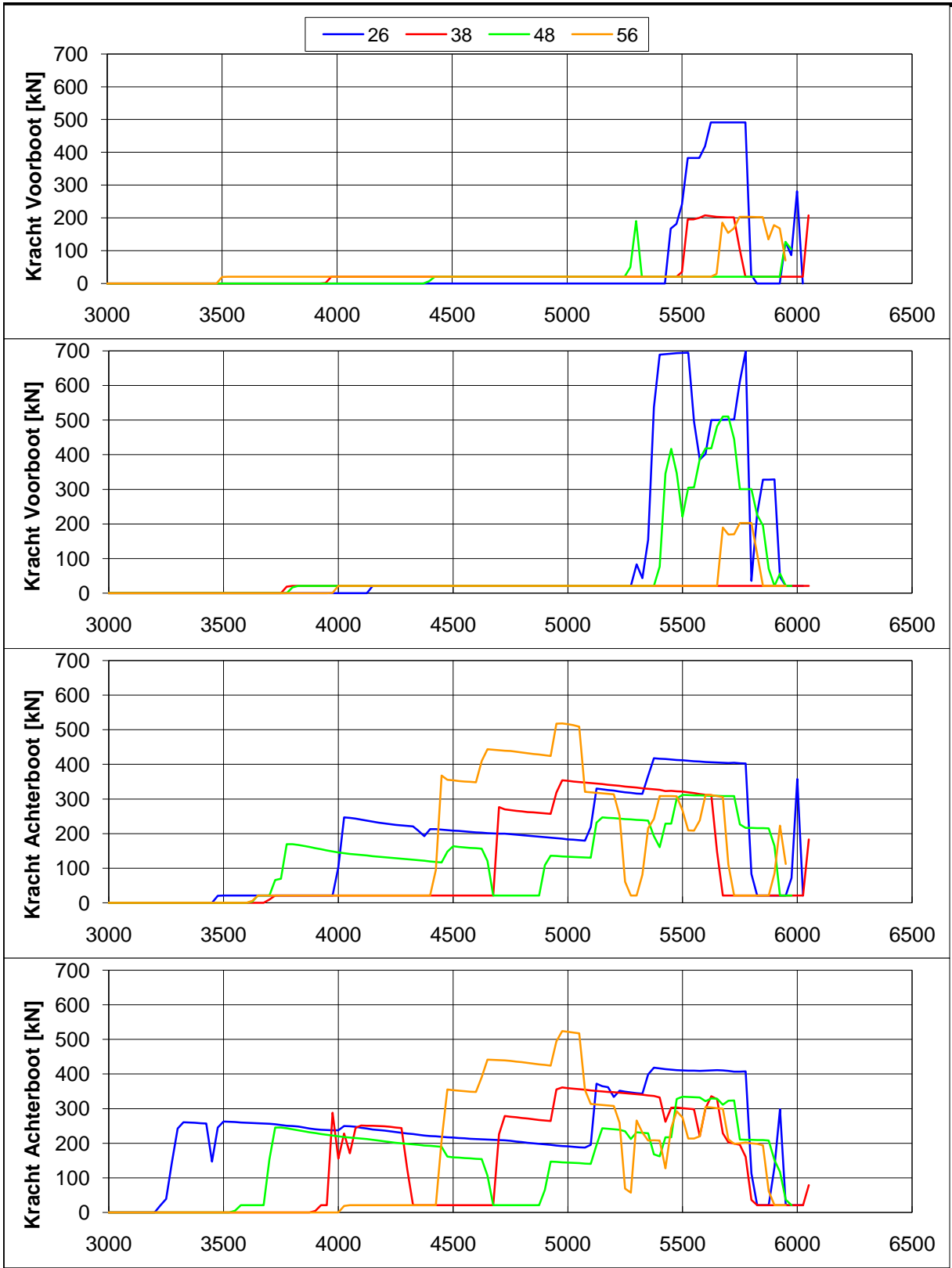
Scale  
1 : 5489



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 56

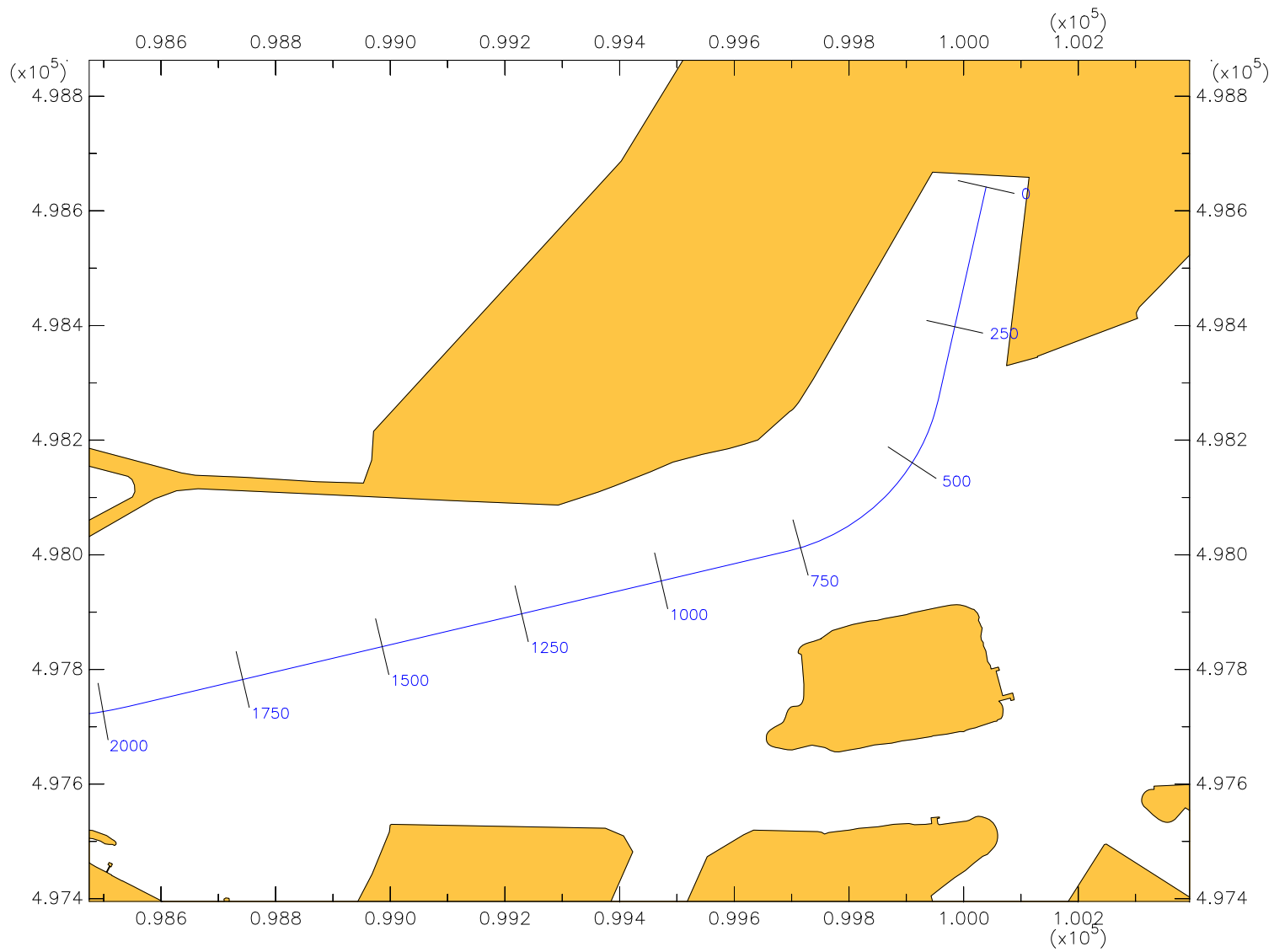


Averijhaven, variant VKVx, Geladen bulkcarrier 340 m	Scenario: 8	
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 8.b	

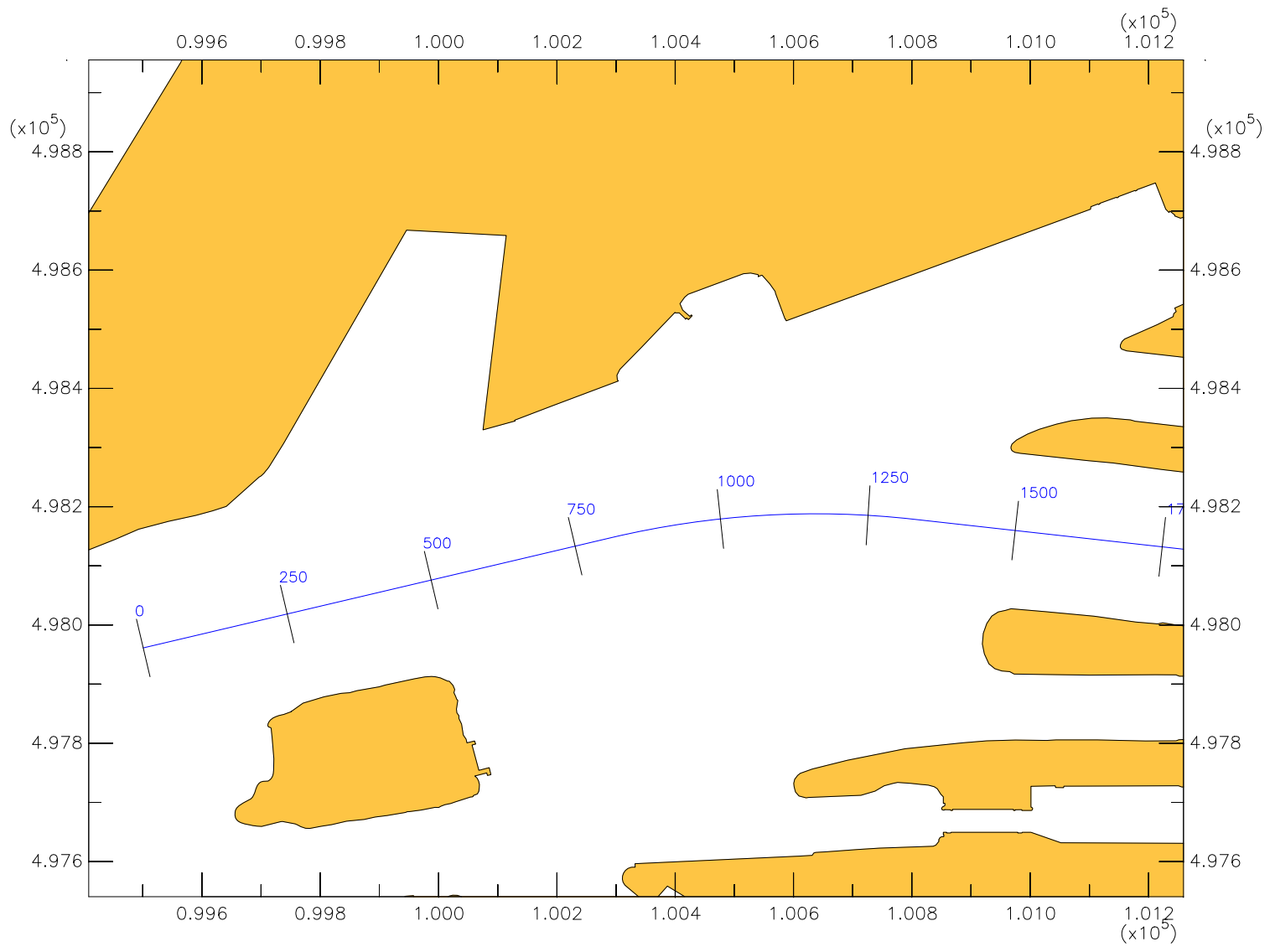


Averijhaven, variant VKVx, Geladen bulkcarrier 340 m	Scenario: 8	
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 8.c	

Track Averijhaven uitvaren naar Sluis eerste deel



Track Averijhaven uitvaren naar Sluis tweede deel



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

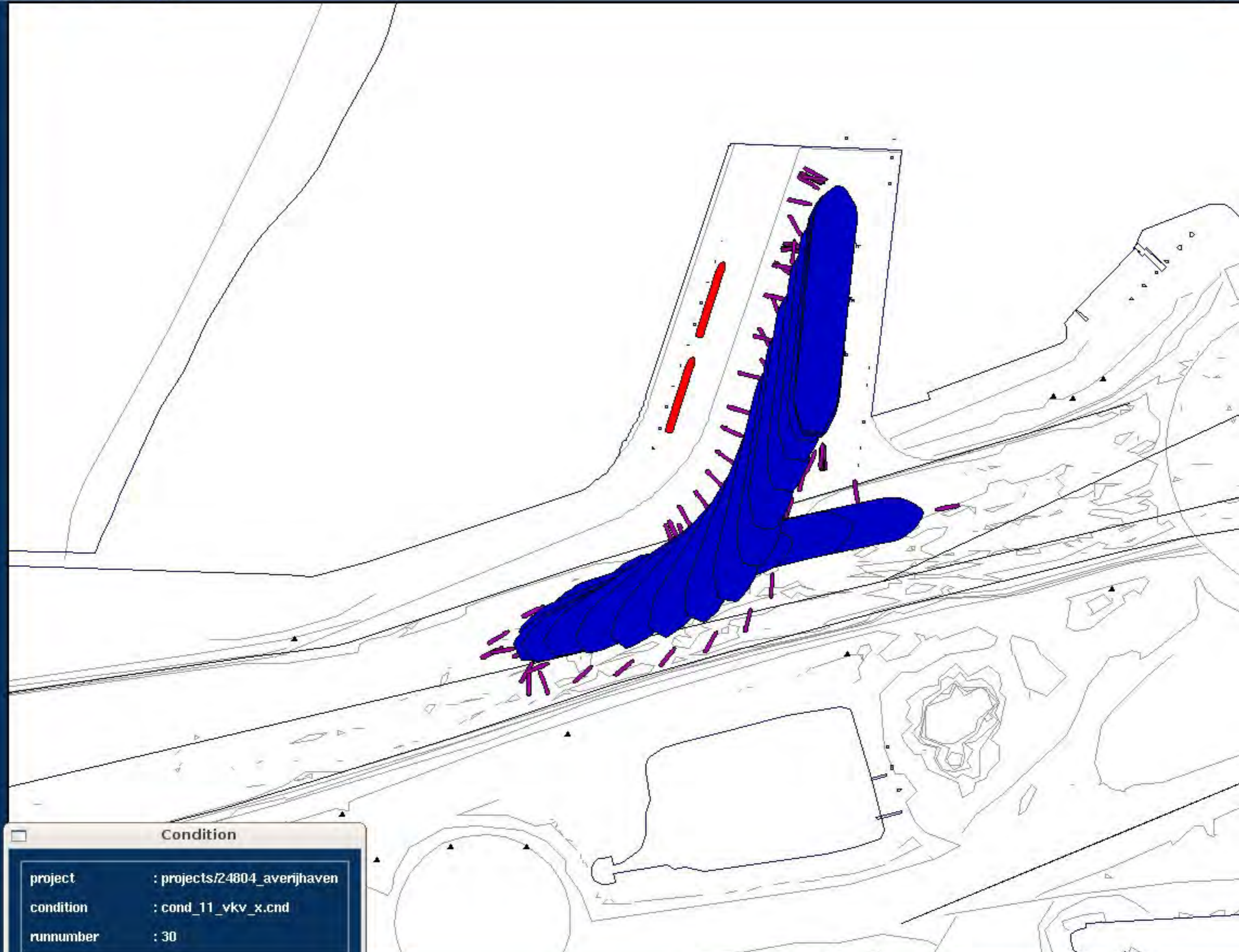
- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 5489



**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_11_vkv_x.cnd
runnumber	: 30

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 5489



**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_11_vkv_x.cnd
runnumber	: 39



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

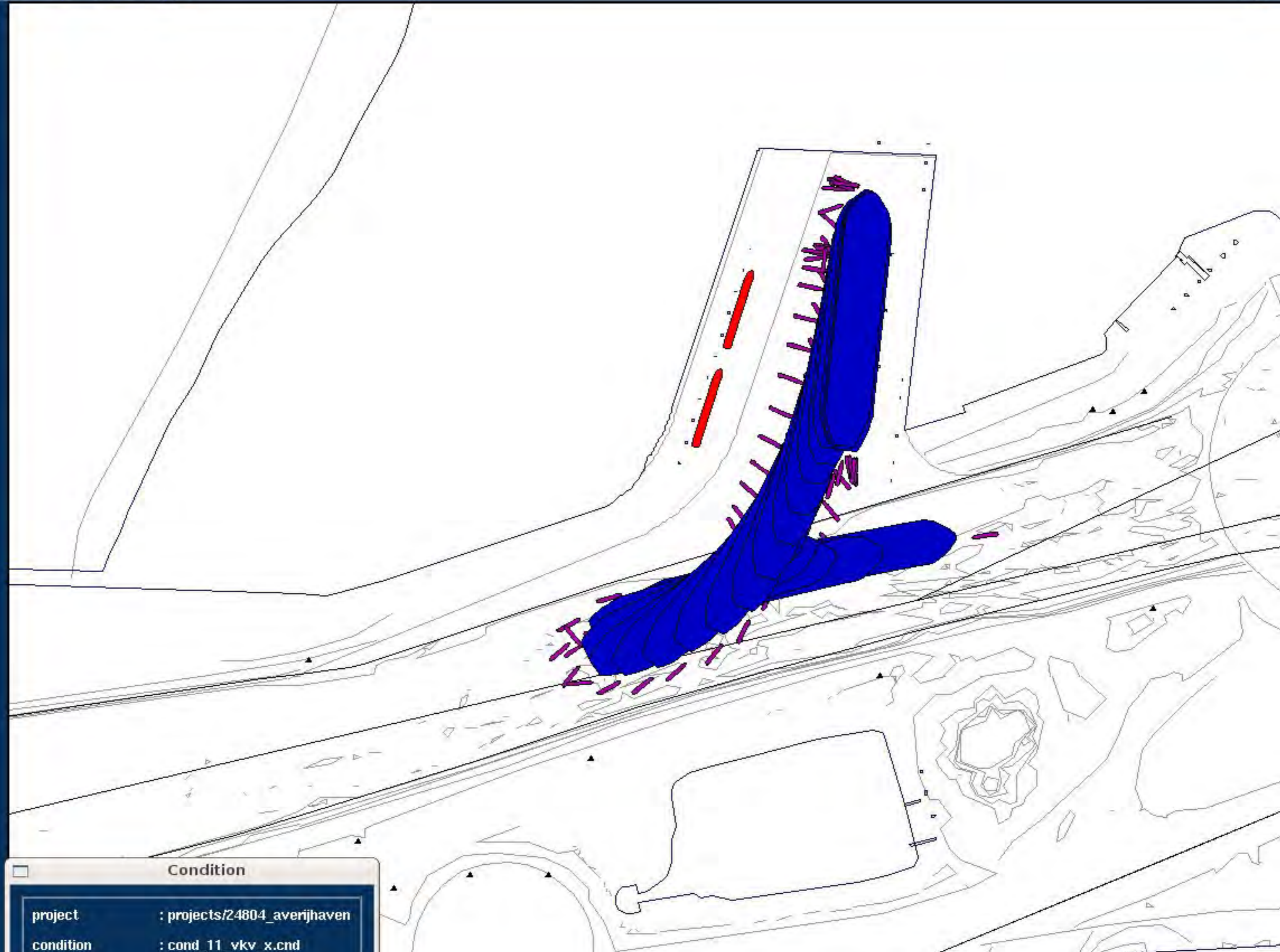

**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

1 : 5489



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_11_vkv_x.cnd
runnumber	: 49

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

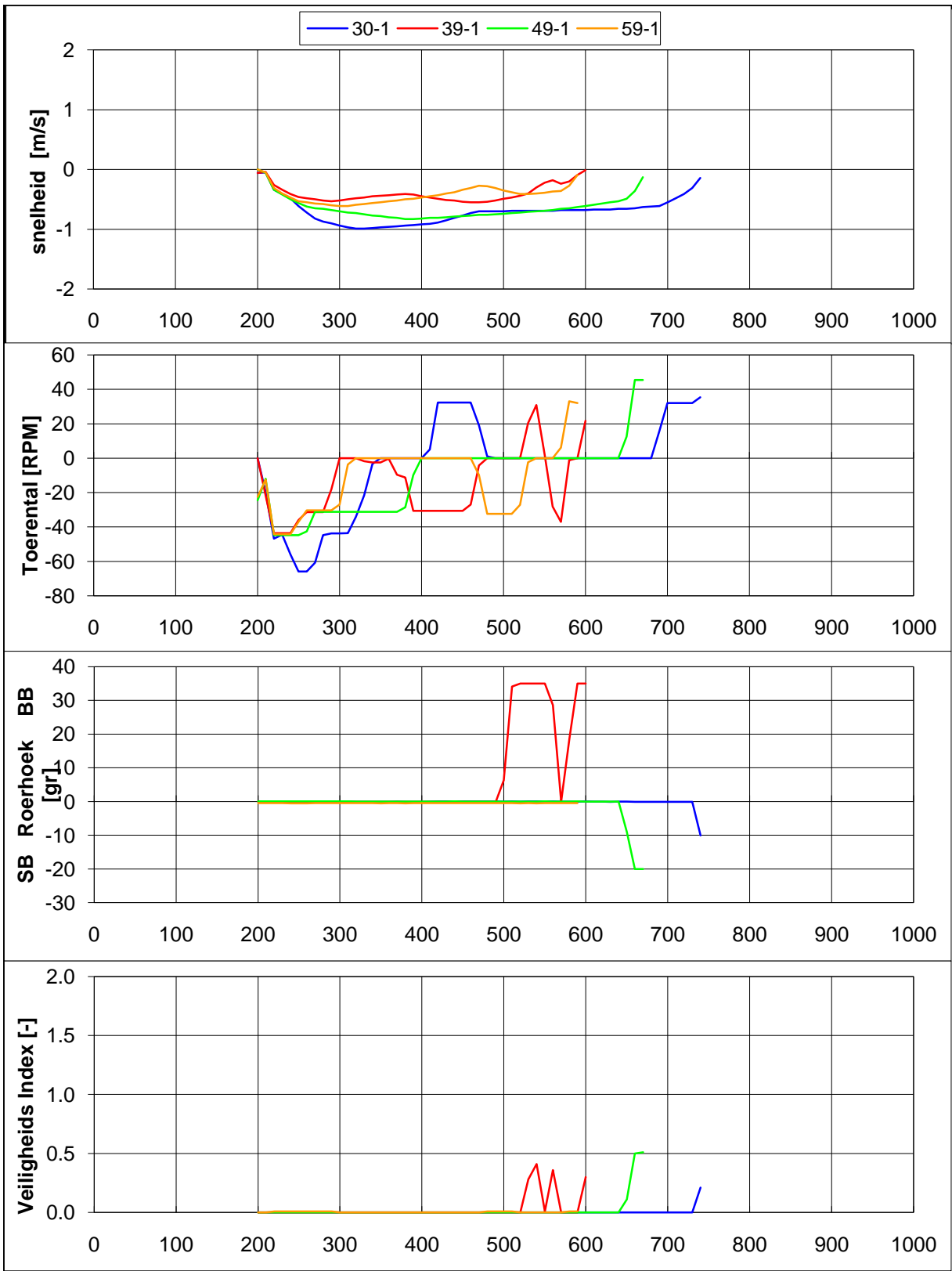
**Scale**

1 : 5489

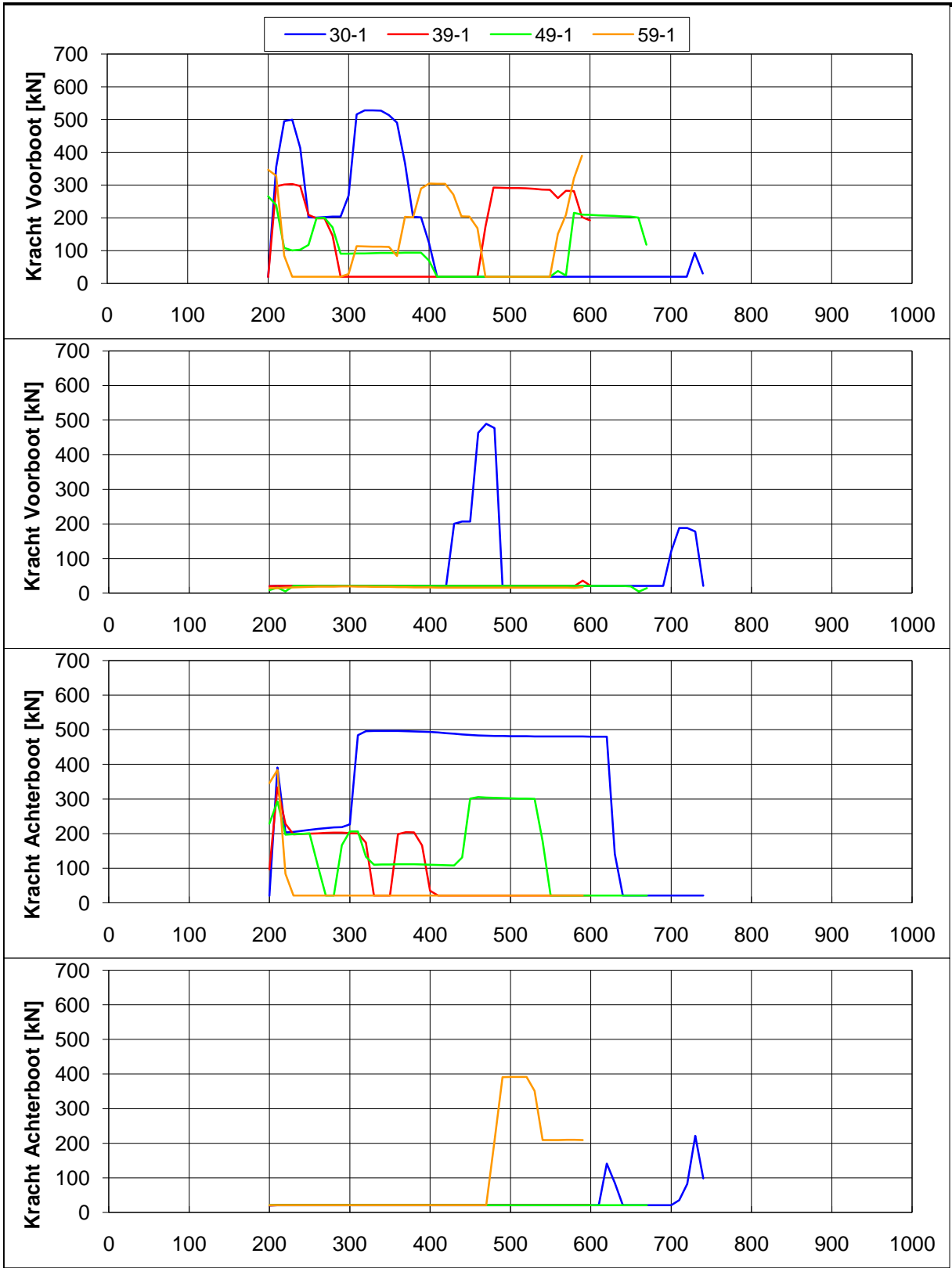


**Condition**

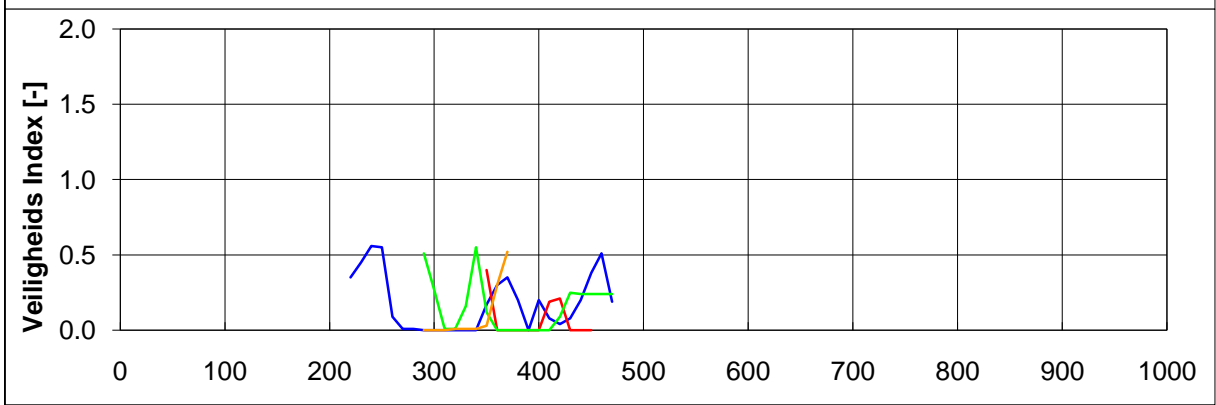
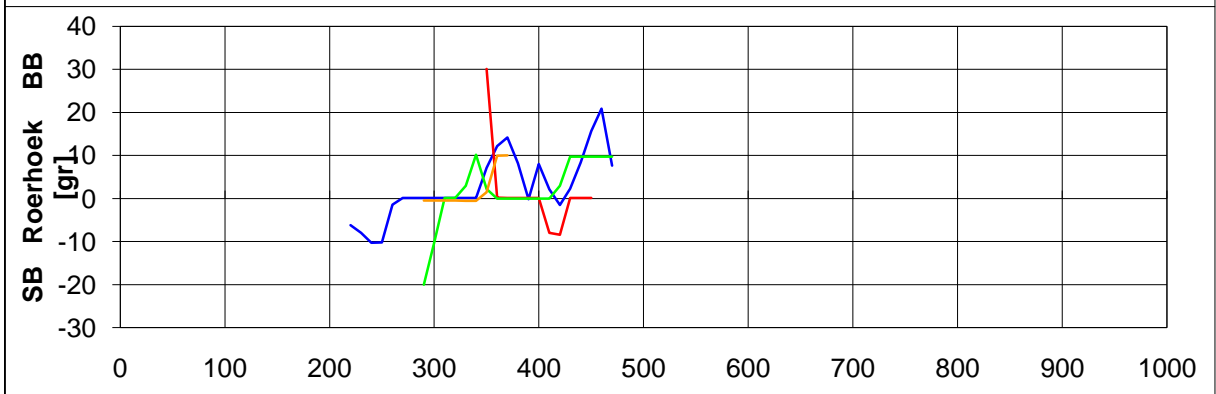
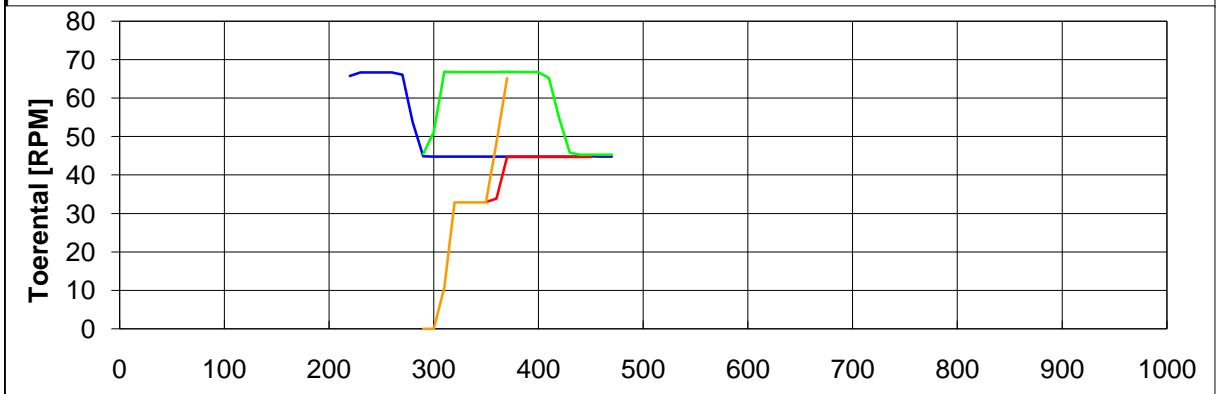
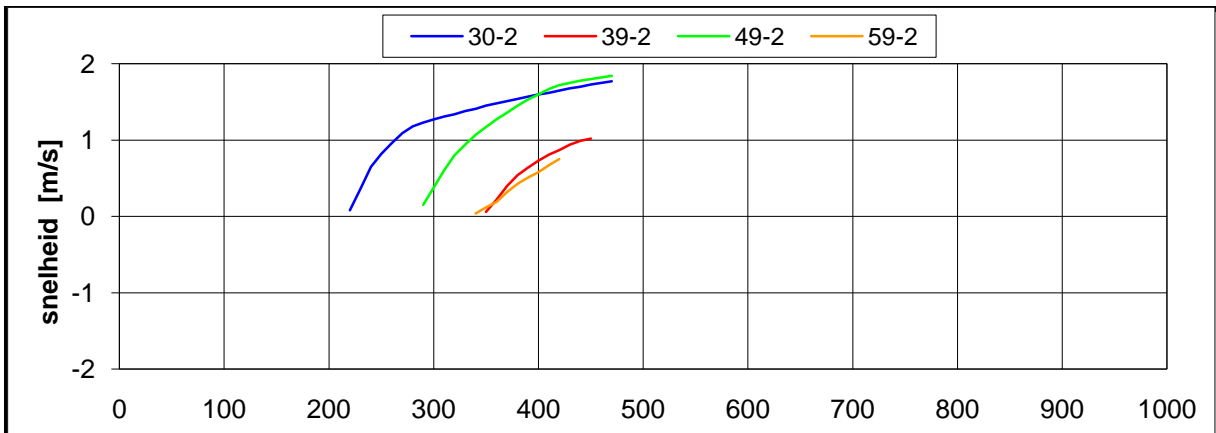
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_11_vkv_x.cnd
runnumber	: 59



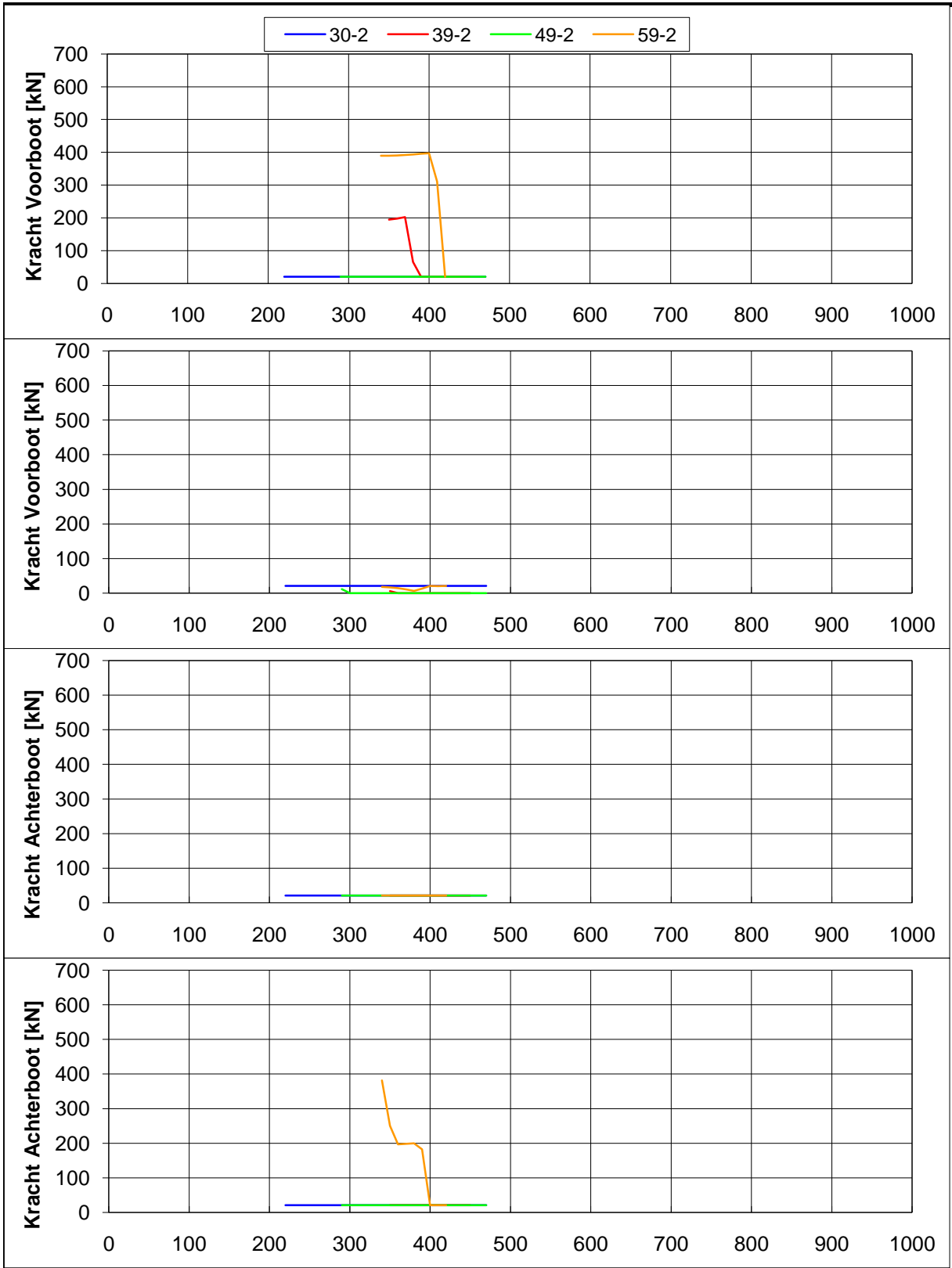
Averijhaven, variant VKVx, Gelichterde bulkcarrier 340 m	Scenario: 11	
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 11-1.b	



Averijhaven, variant VKVx, Gelichterde bulkcarrier 340 m	Scenario: 11	
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3	24804.600	
MARIN's Nautical Centre MSCN	Fig: 11.1.c	



Averijhaven, variant VKVx, Gelichterde bulkcarrier 340 m	Scenario: 11	
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 11-2.b	



Averijhaven, variant VKVx, Gelichterde bulcarrier 340 m	Scenario: 11	
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3	24804.600	
MARIN's Nautical Centre MSCN	Fig: 11-2.c	

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

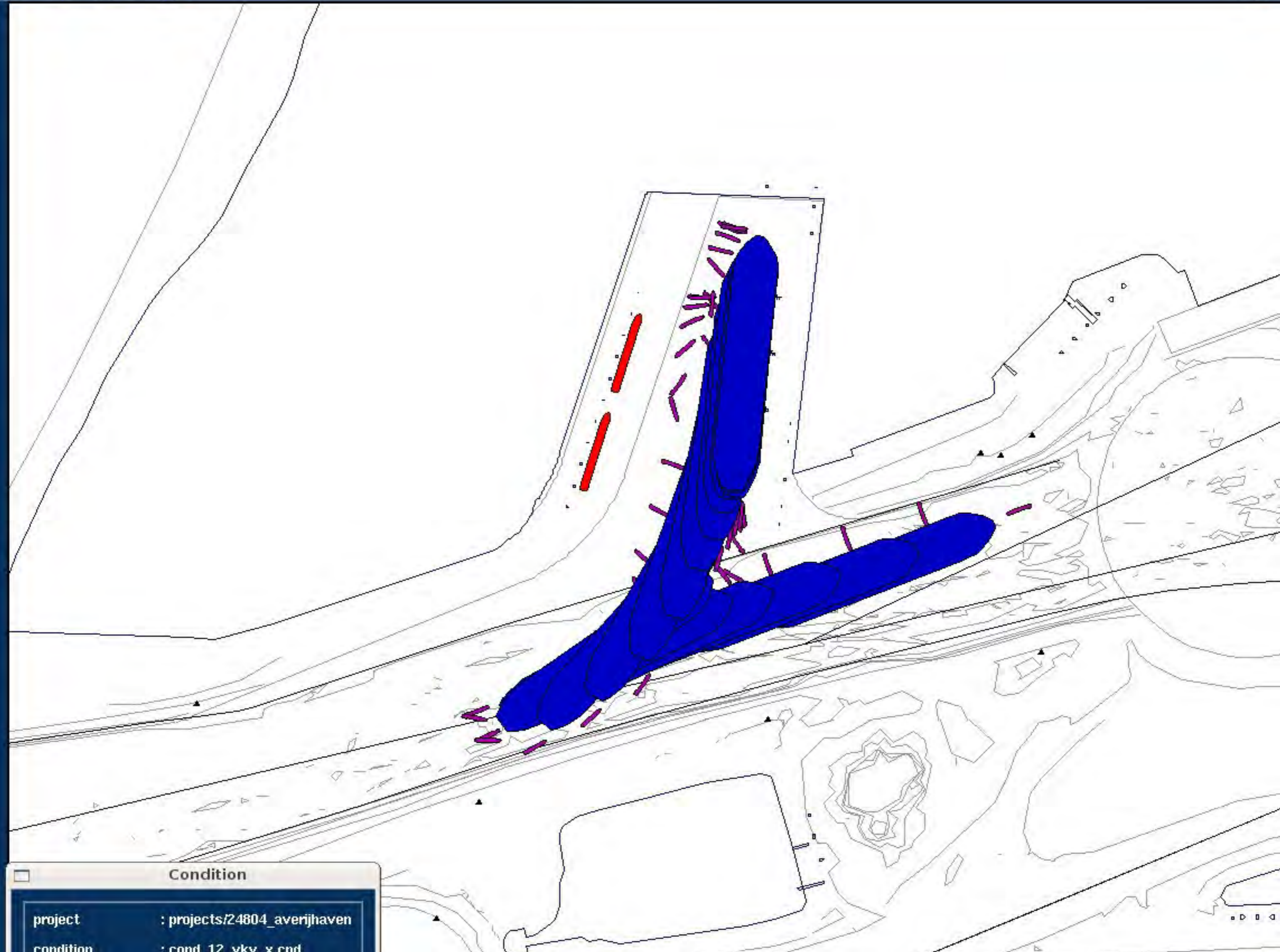

CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 5489



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_12_vkv_x.cnd
runnumber	: 32

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

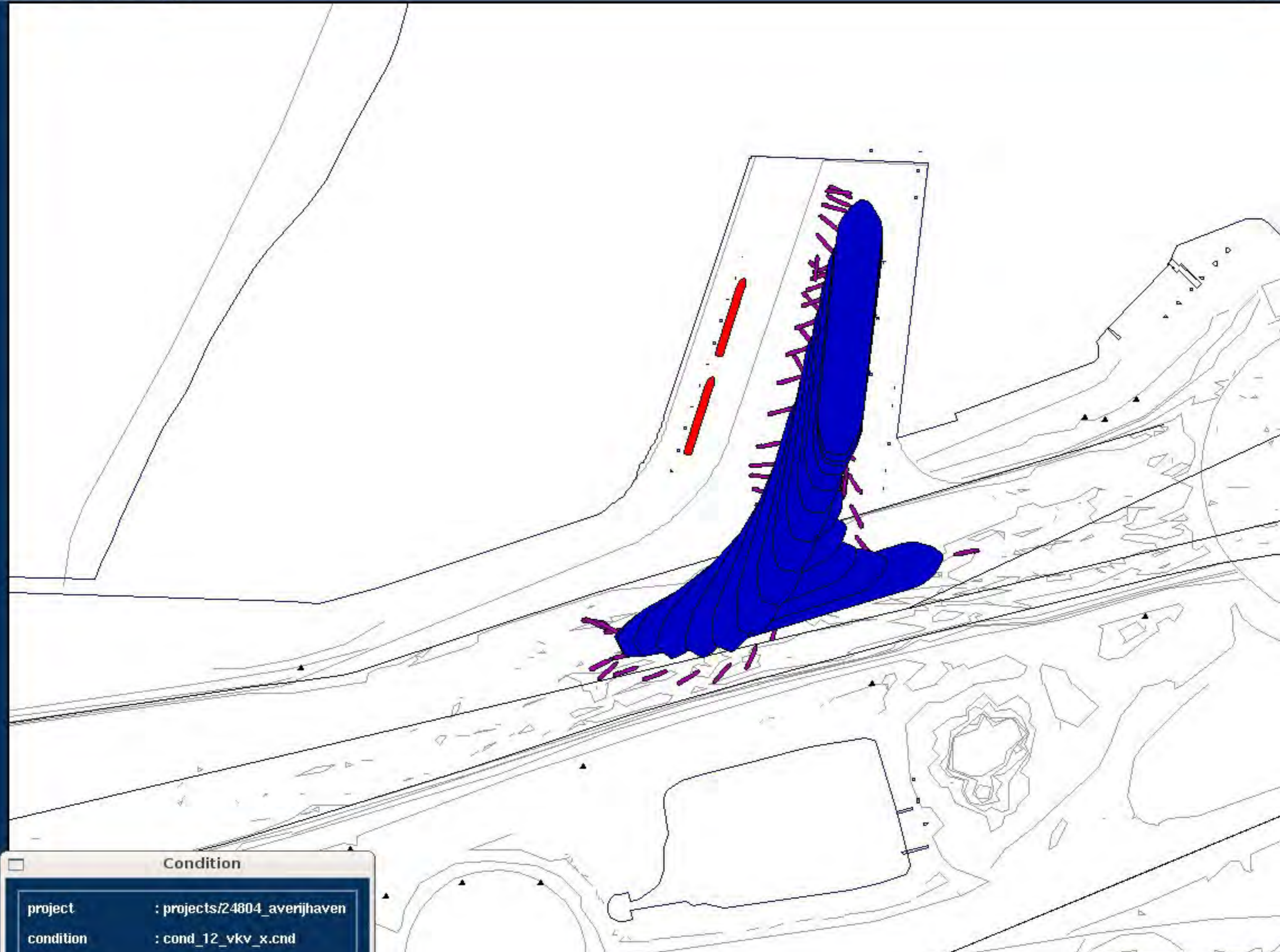
- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 5489



**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_12_vkv_x.cnd
runnumber	: 40



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA


**Set Goal**

◆ Area

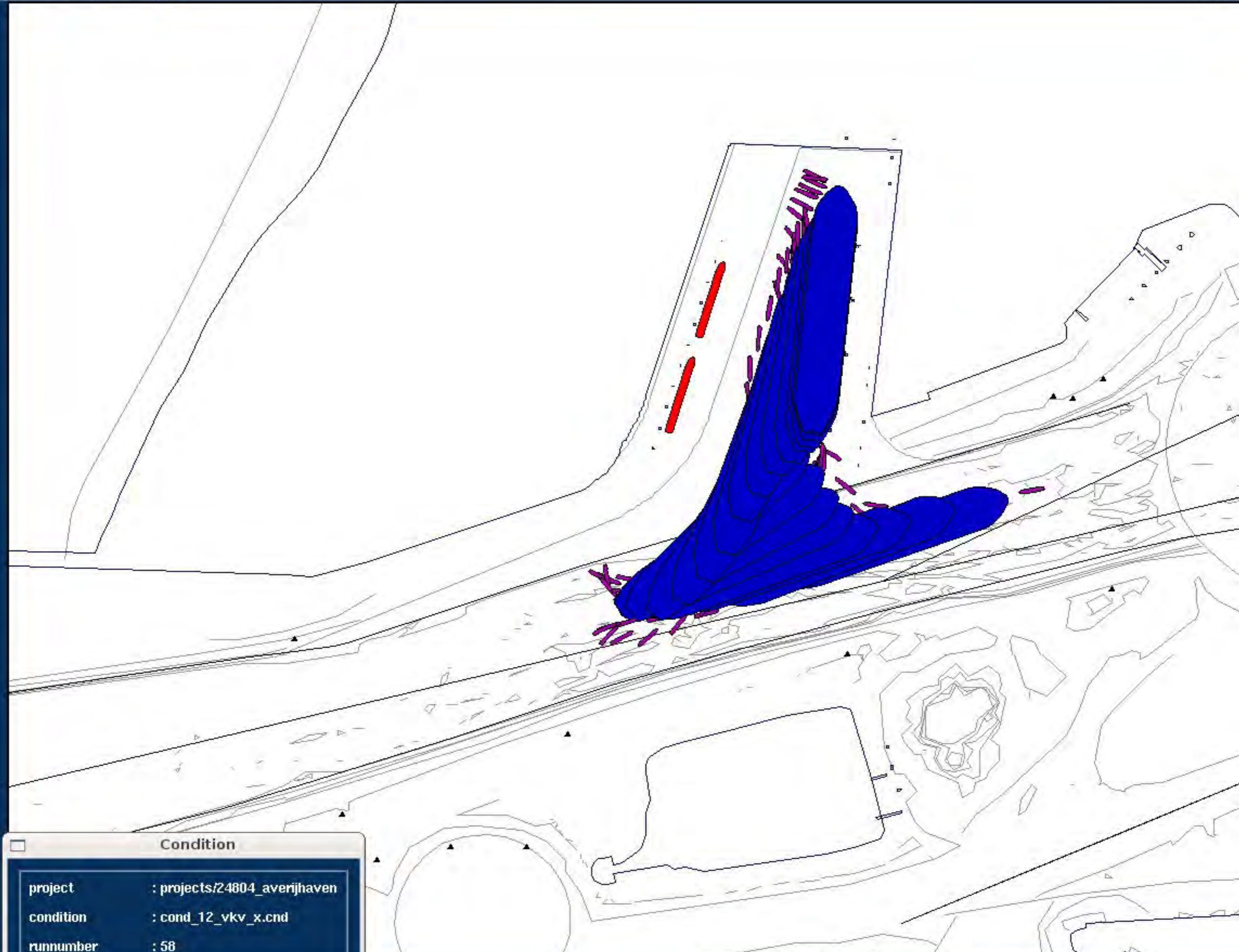
◆ Ship

**Scale**

1 : 5489



**MARIN**



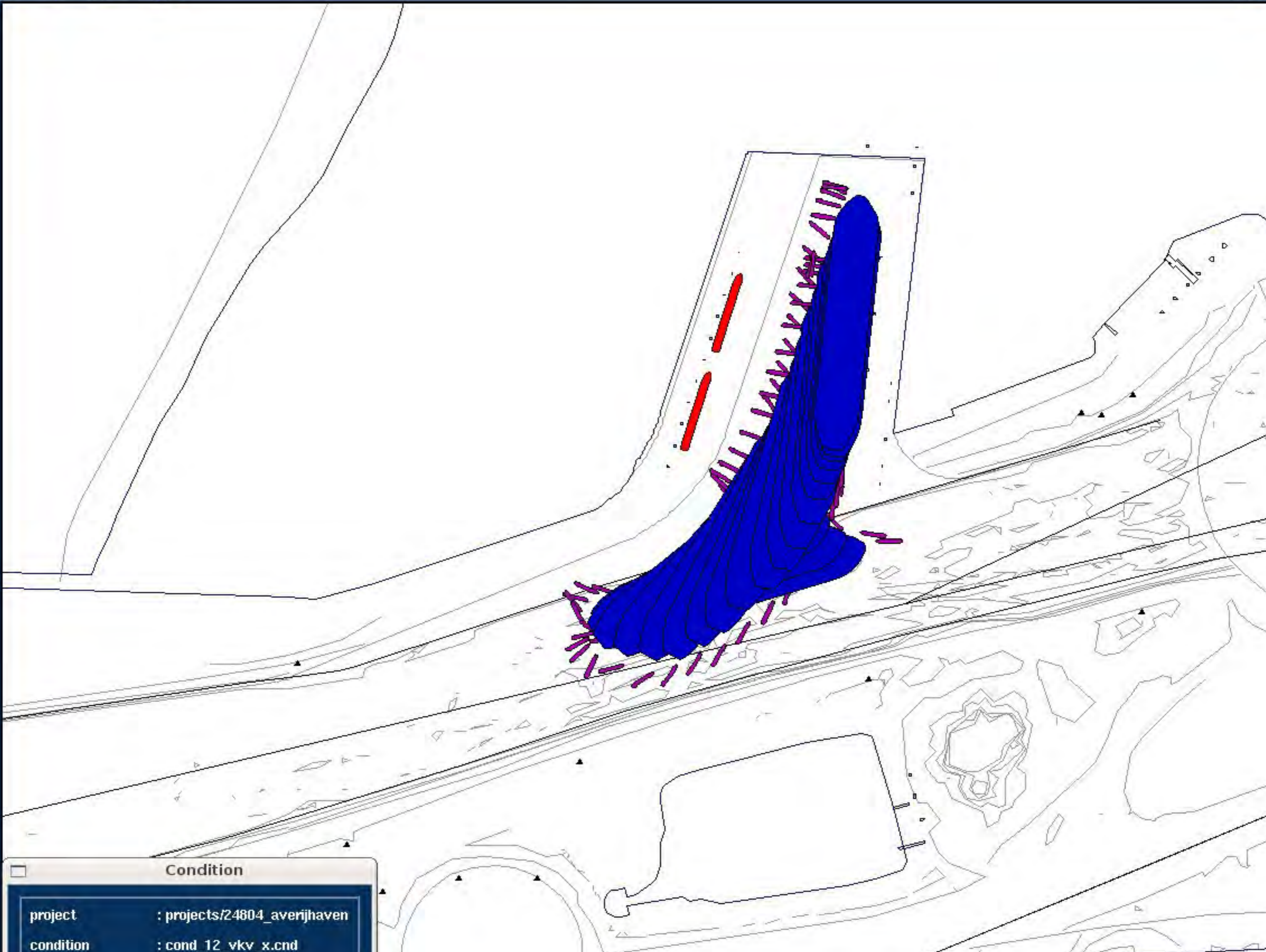
**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_12_vkv_x.cnd
runnumber	: 58

- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/Distance
- CPA/TCPA

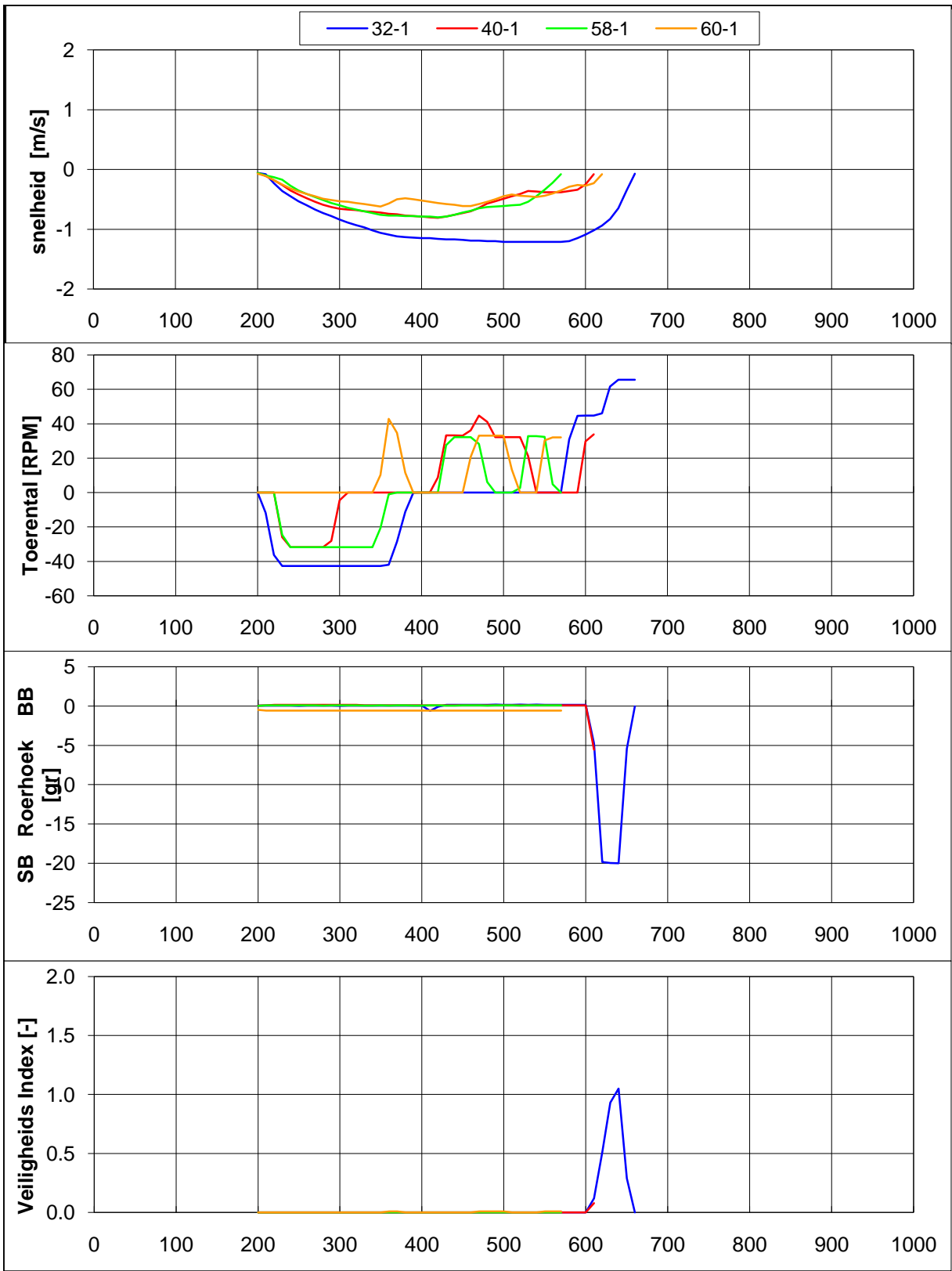
- Set Goal**
- ◆ Area
  - ◆ Ship

**Scale**  
1 : 5489

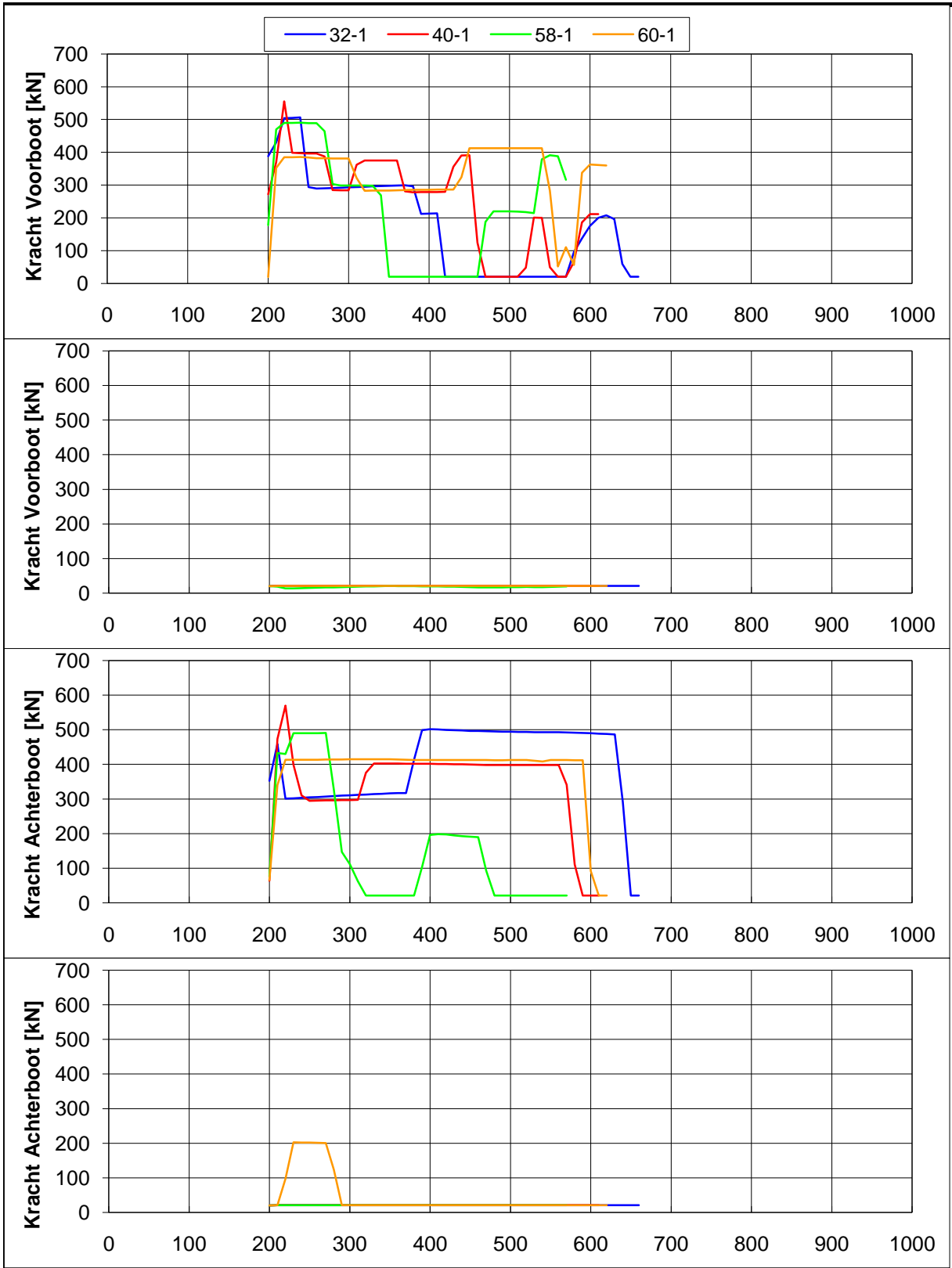


**Condition**

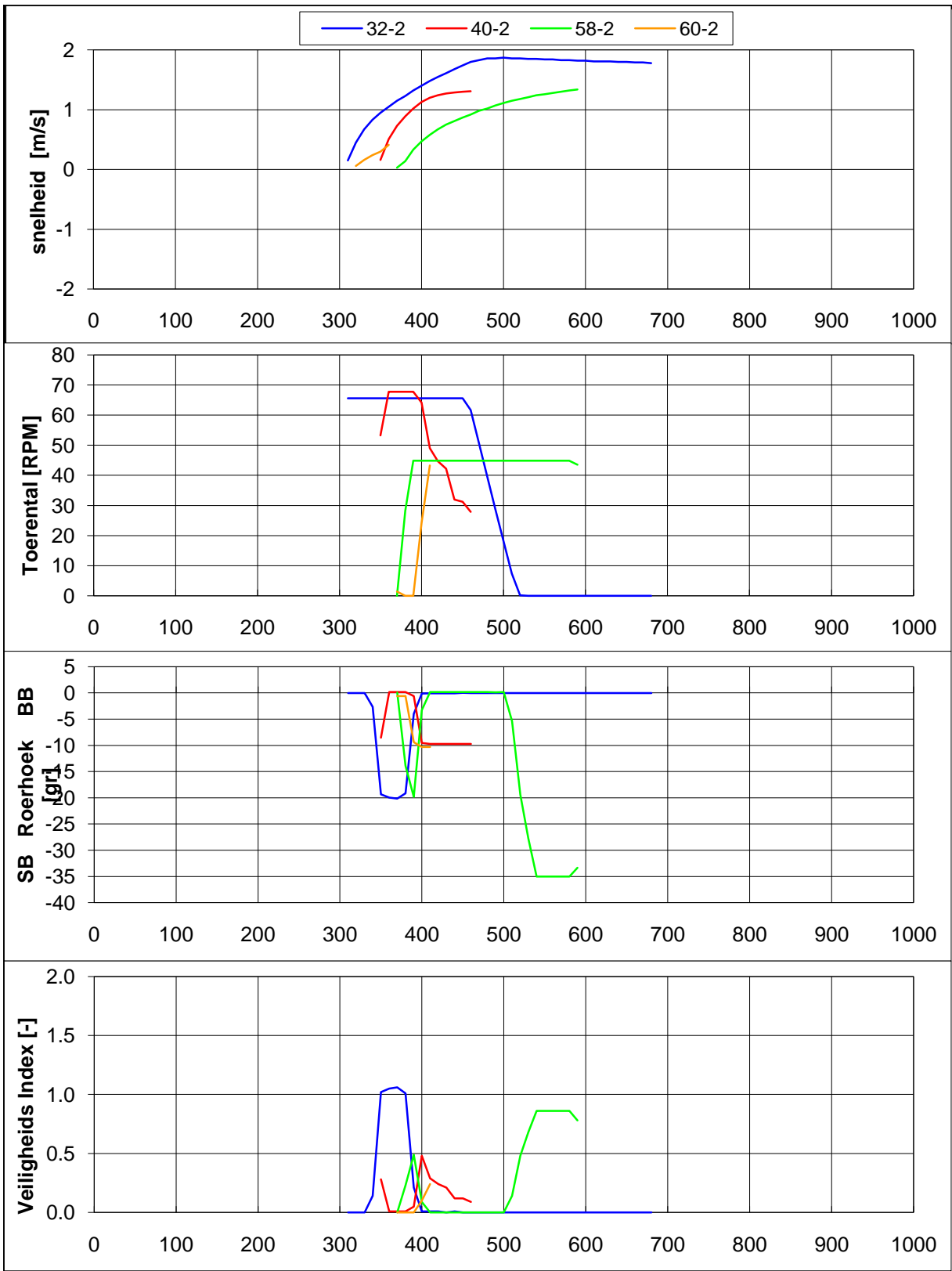
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_12_vkv_x.cnd
runnumber	: 60



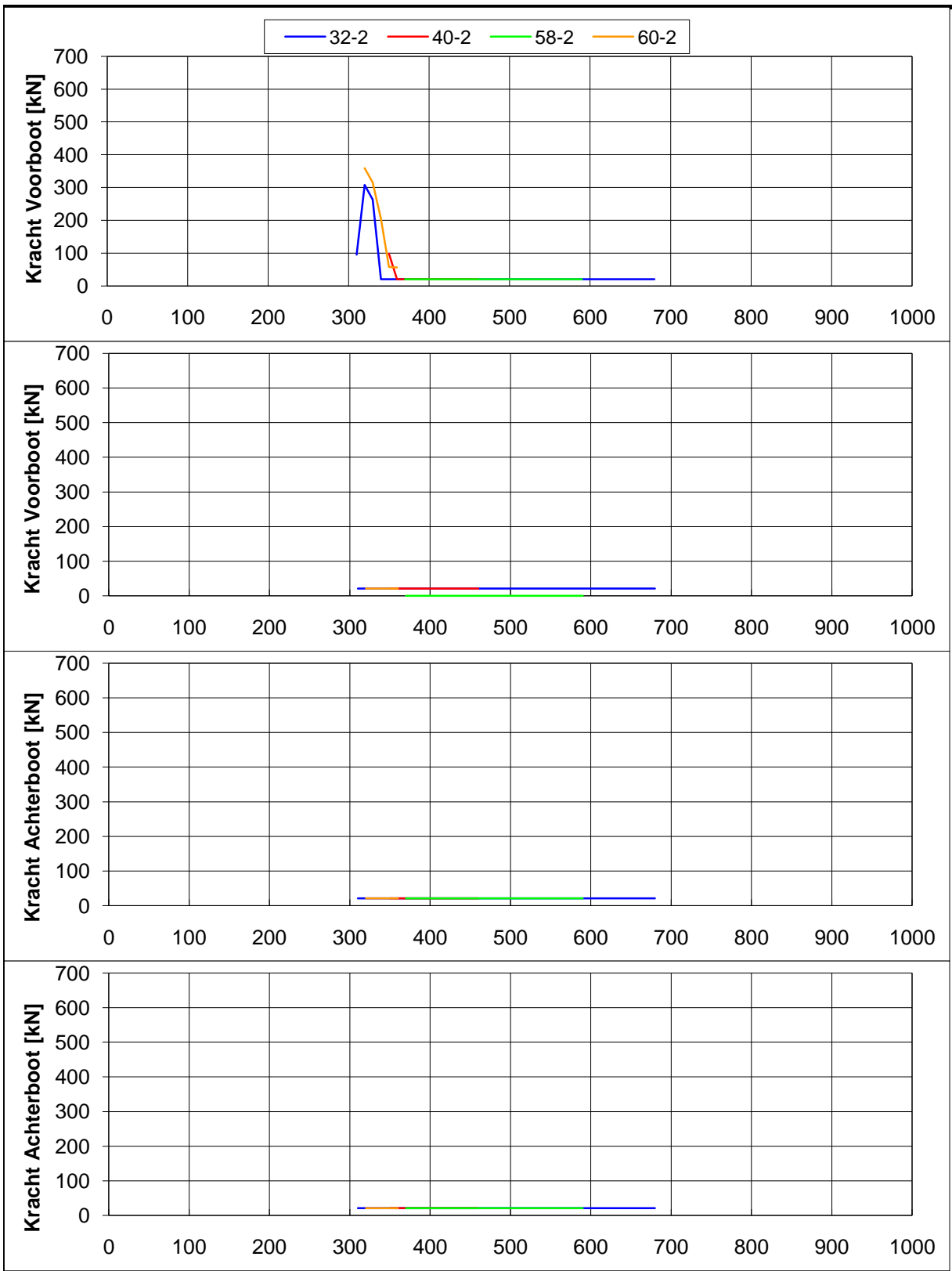
Averijhaven, variant VKVx, Gelichterde bulcarrier 340 m	Scenario: 12	
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 12-1.b	



Averijhaven, variant VKVx, Gelichterde bulkcarrier 340 m	Scenario: 12	
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3	24804.600	
MARIN's Nautical Centre MSCN	Fig: 12-1.c	



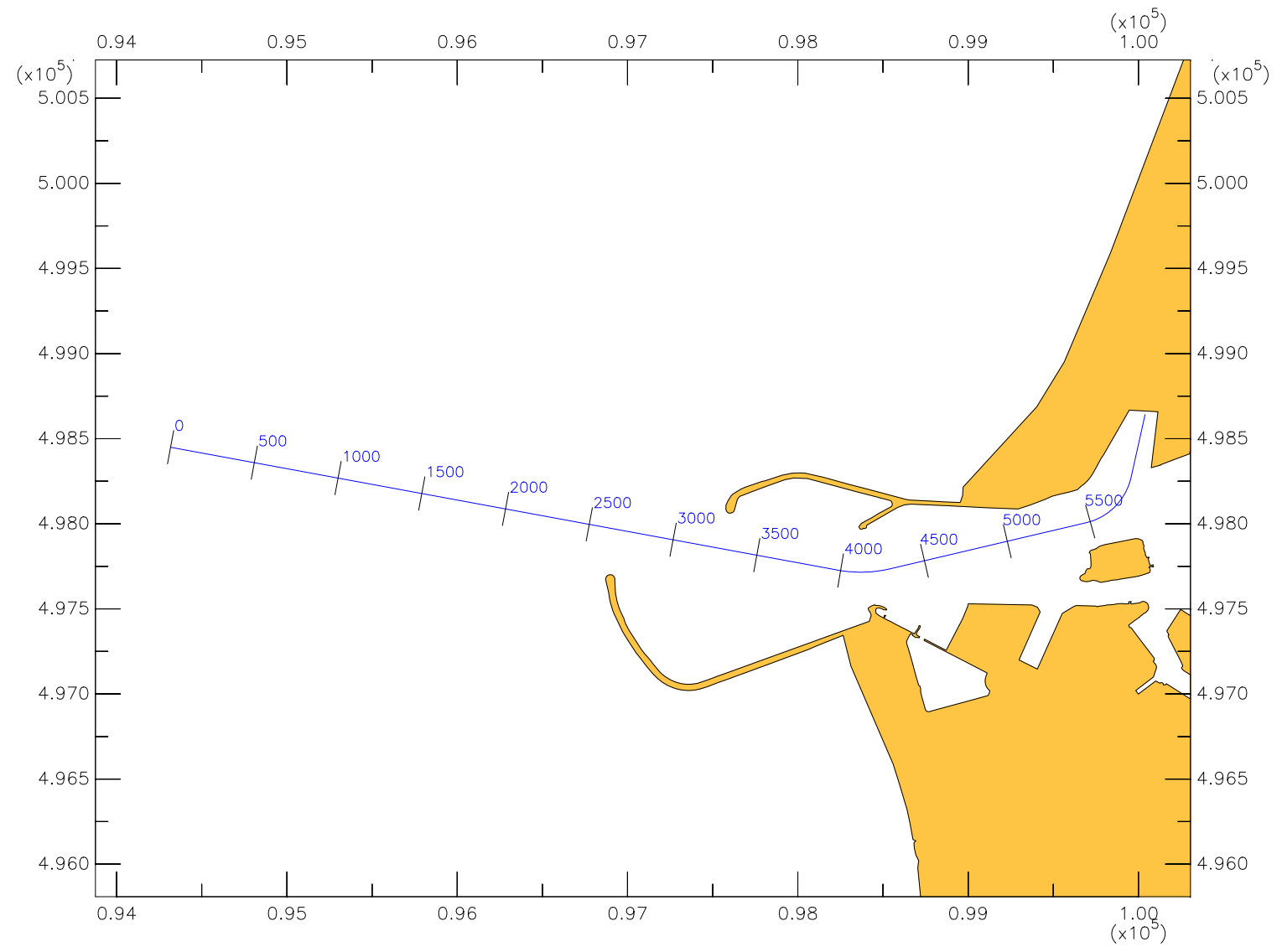
Averijhaven, variant VKVx, Gelichterde bulkcarrier 340 m	Scenario: 12	
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 12-2.b	



Averijhaven, variant VKVx, Gelichterde bulkcarrier 340 m	Scenario: 12	
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP-1.7, Stroom: spuidebiet 500 m3	24804.600	
MARIN's Nautical Centre MSCN	Fig: 12-2.c	

## **BIJLAGE C BAAN EN DATA PLOTS VERSMALDE HAVENMOND**

Track Averijhaven invaren





Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/Distance


CPA/TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 19486



**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd
number	: 23

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

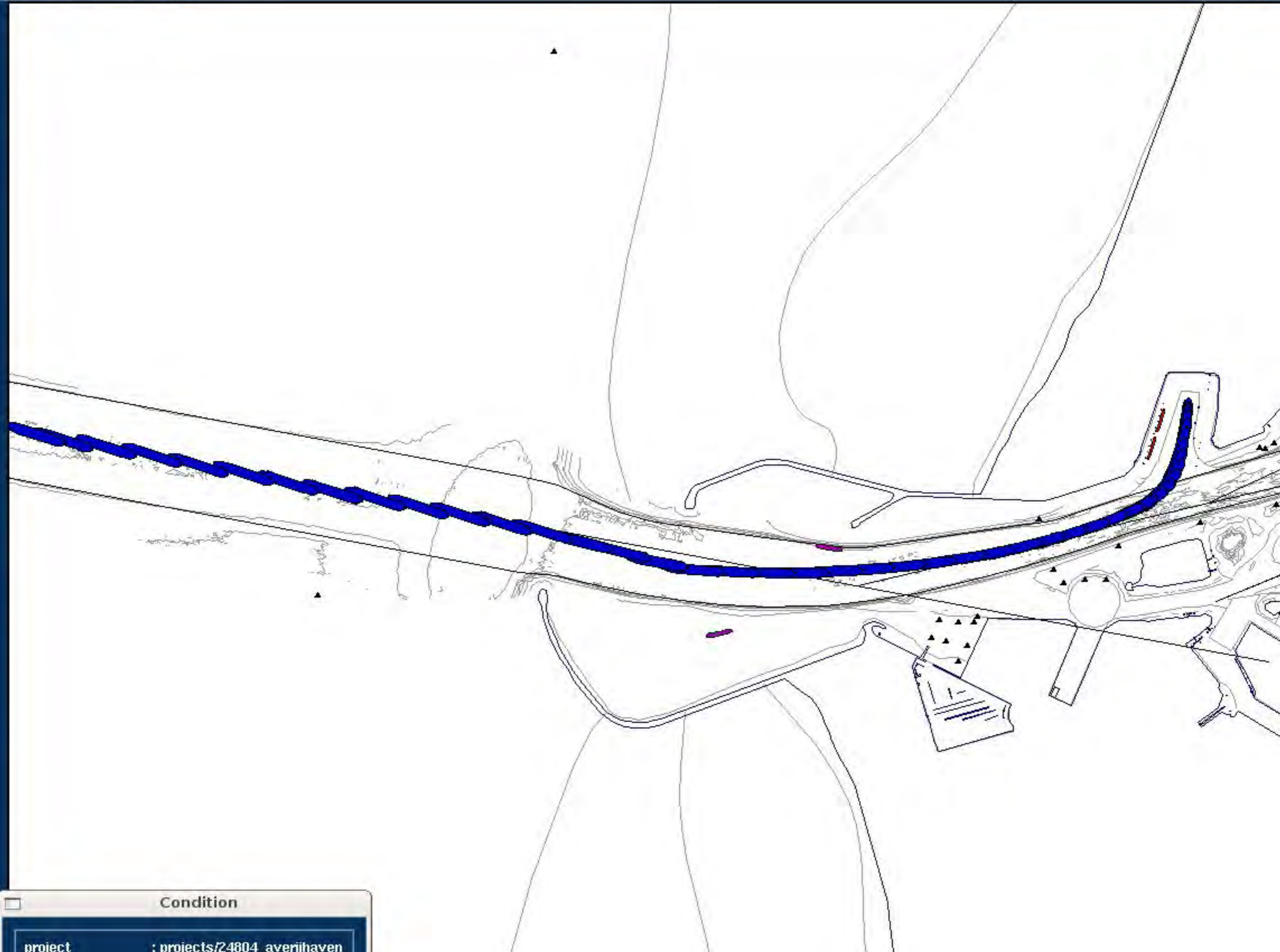
CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd
runnumber	: 51

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

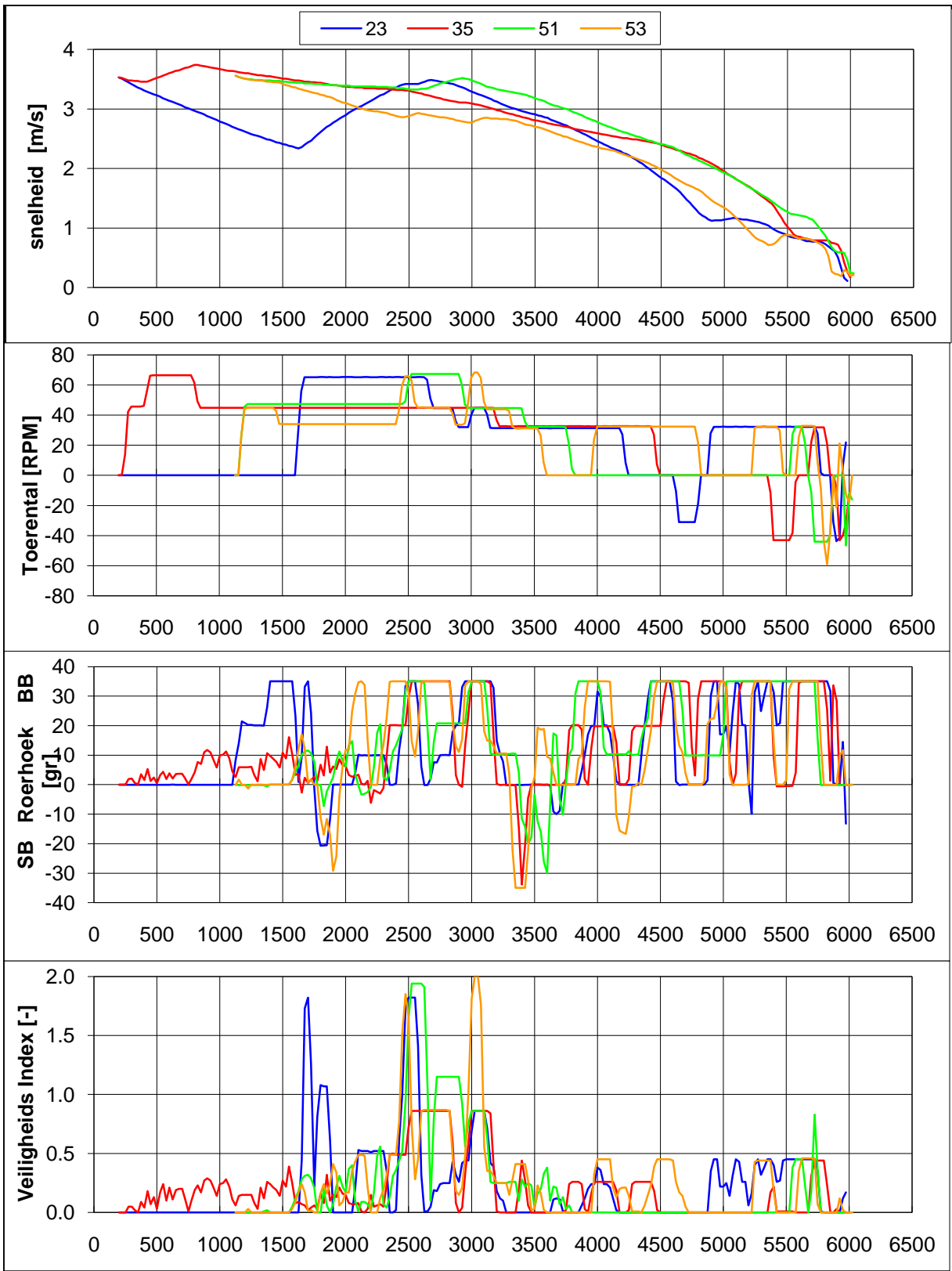
**Scale**

1 : 19486




**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_01_vkv.cnd
runnumber	: 53



<b>Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m</b>	<b>Scenario: 1</b>	
<b>Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3</b>	<b>24804.600</b>	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	<b>Fig: 1.b</b>	

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_02_vkv.cnd

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/Distance

CPA/TCPA

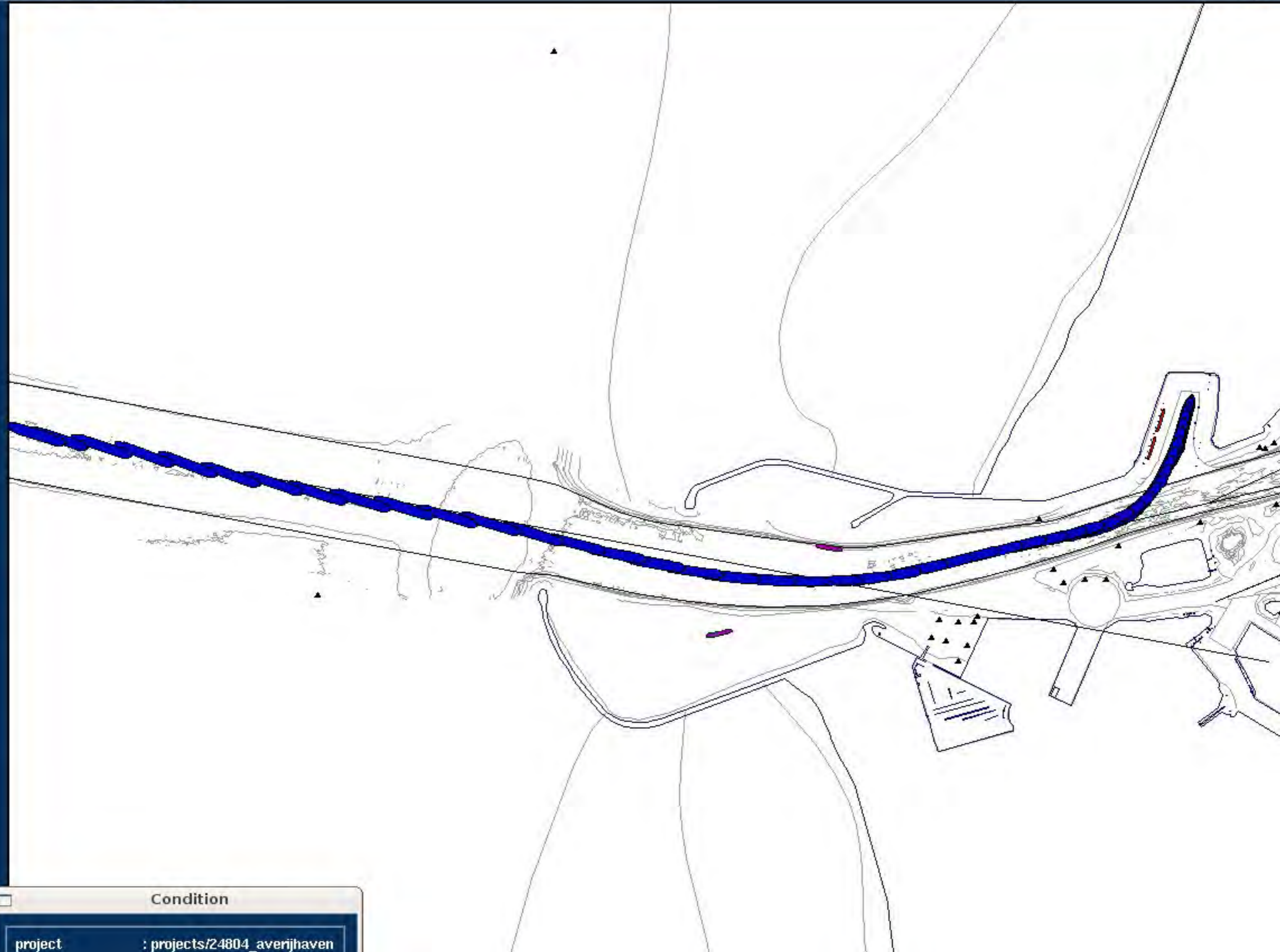

**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

**Scale**

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_02_vkv.cnd
runnumber	: 36

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

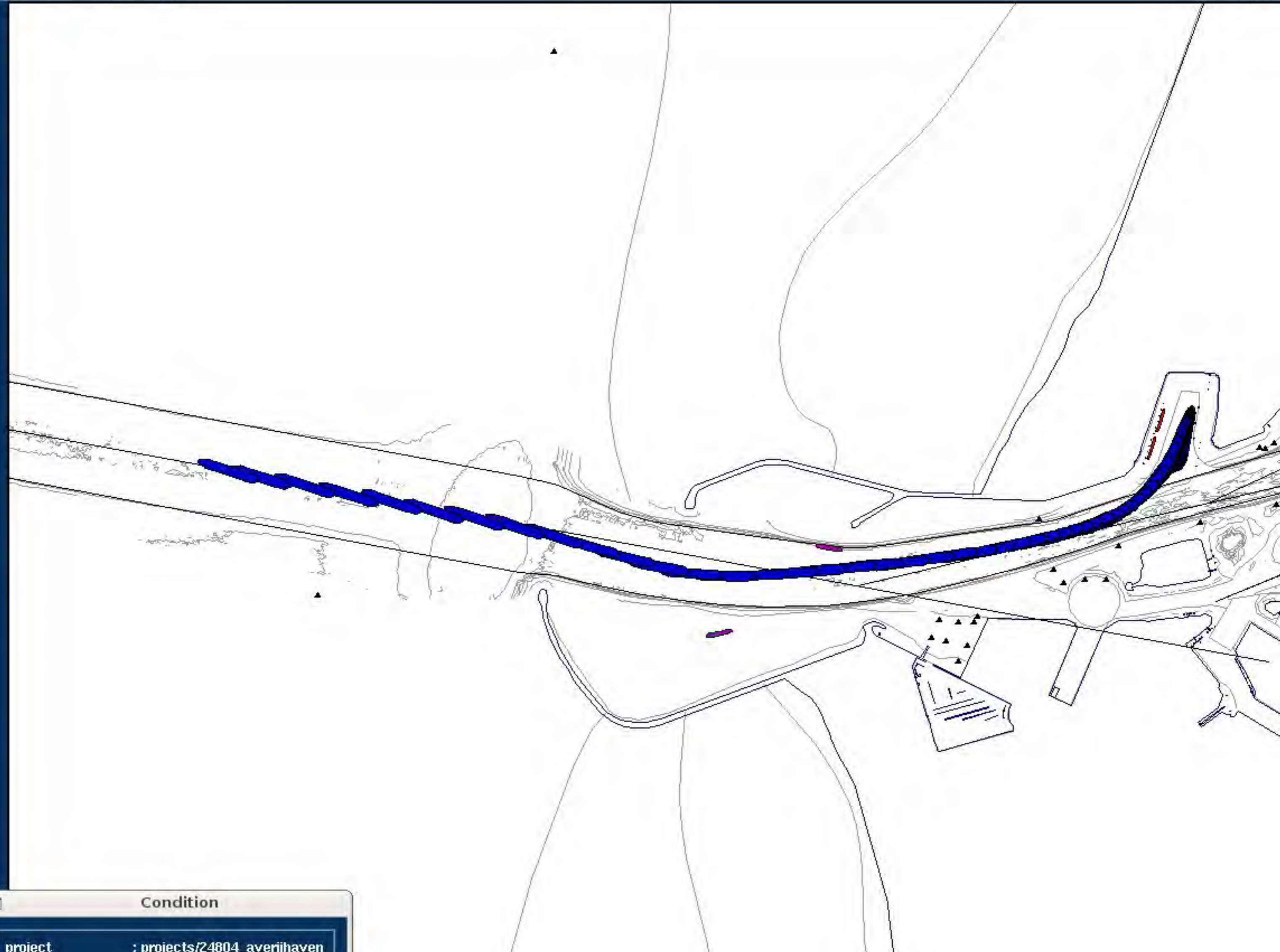
Set Goal

◆ Area

◆ Ship

Scale

1 : 19486



Condition

project : projects/24804\_averijhaven  
condition : cond\_02\_vkv.cnd



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

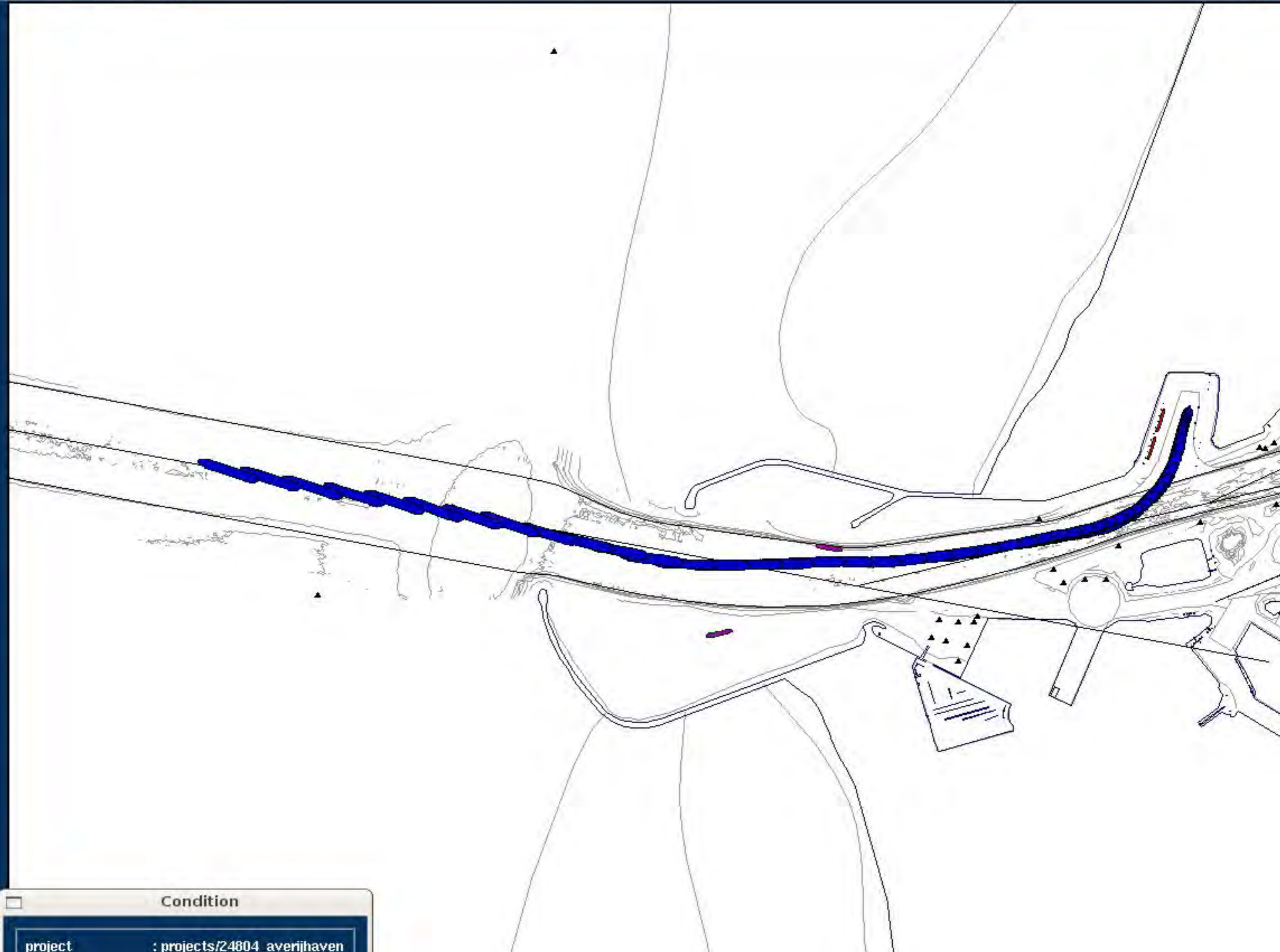
CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

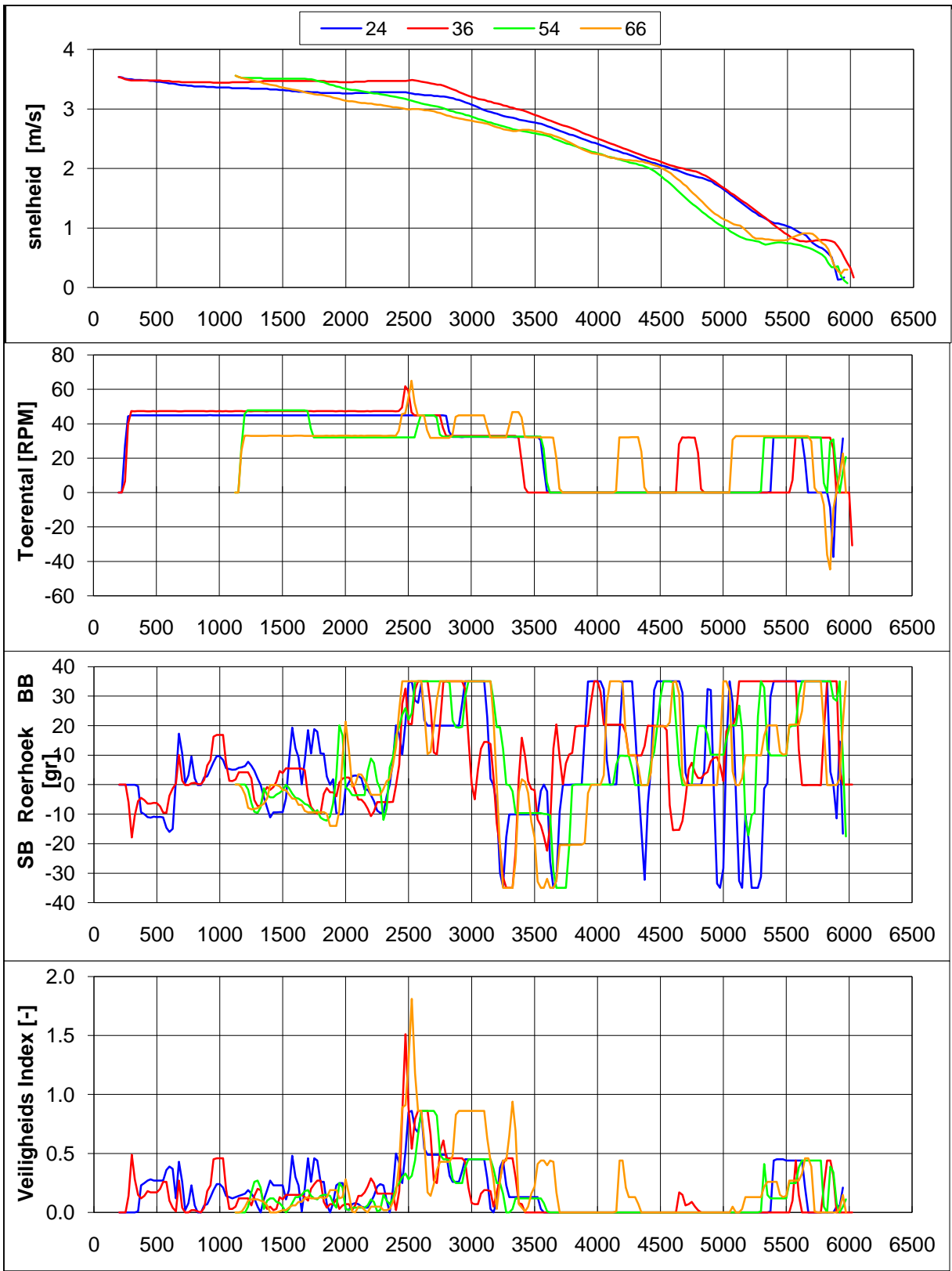
Scale

1 : 19486



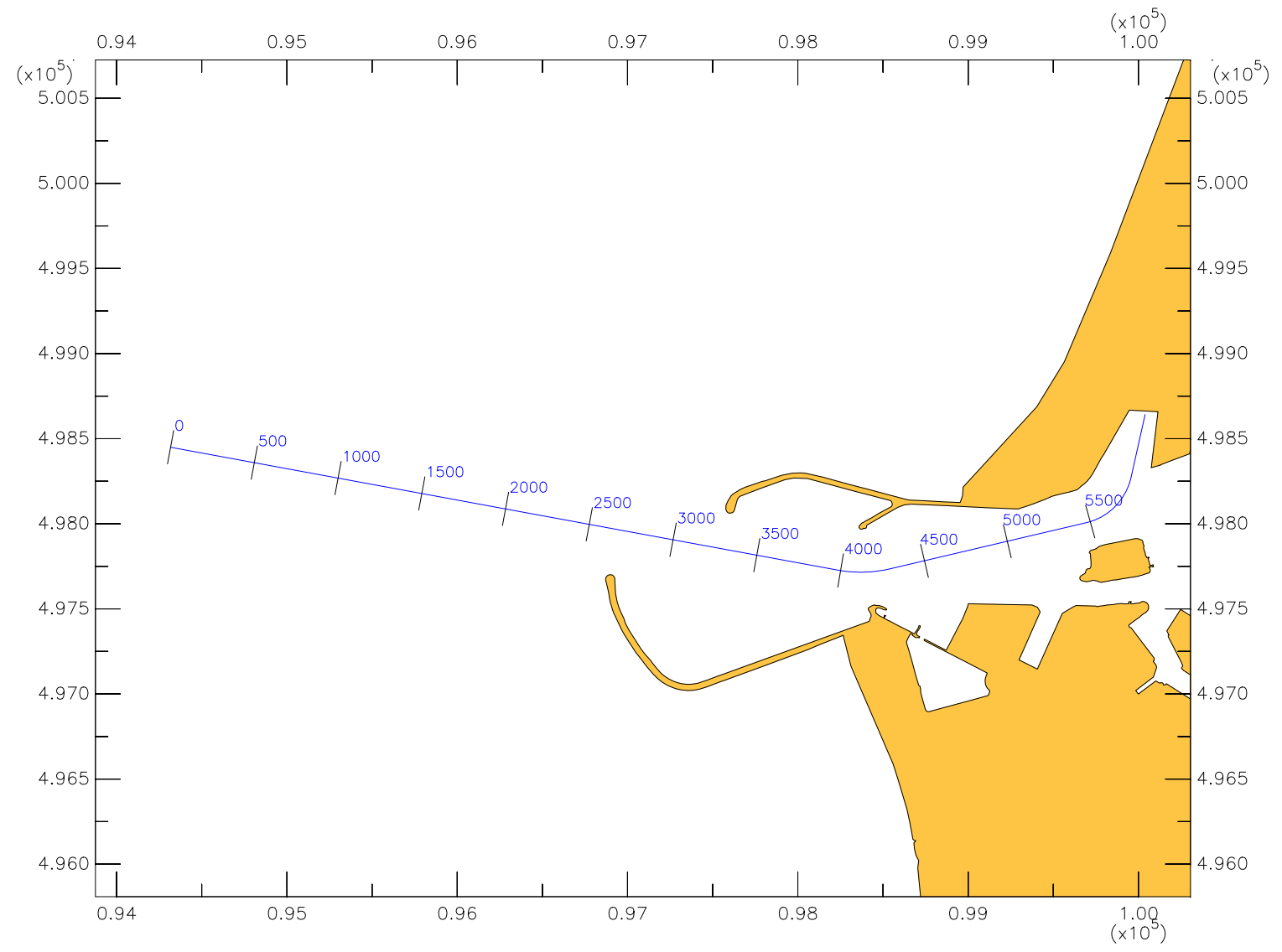
**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_02_vkv.cnd
number	: 66



Averijhaven, variant VKV, Geladen bulkcarrier 300 m	Scenario: 2	
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 2.b	

Track Averijhaven invaren



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

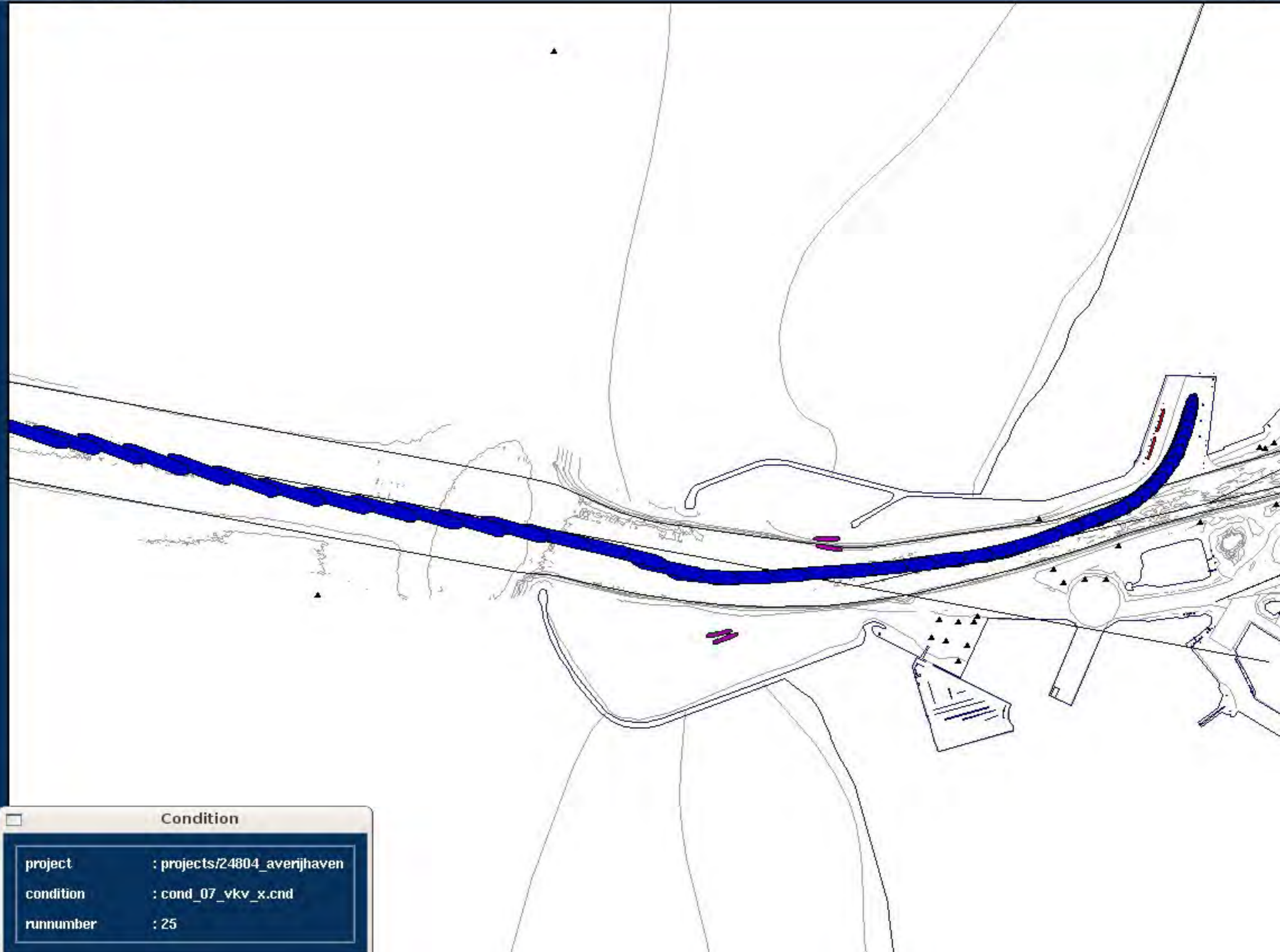
CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 25

OK

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

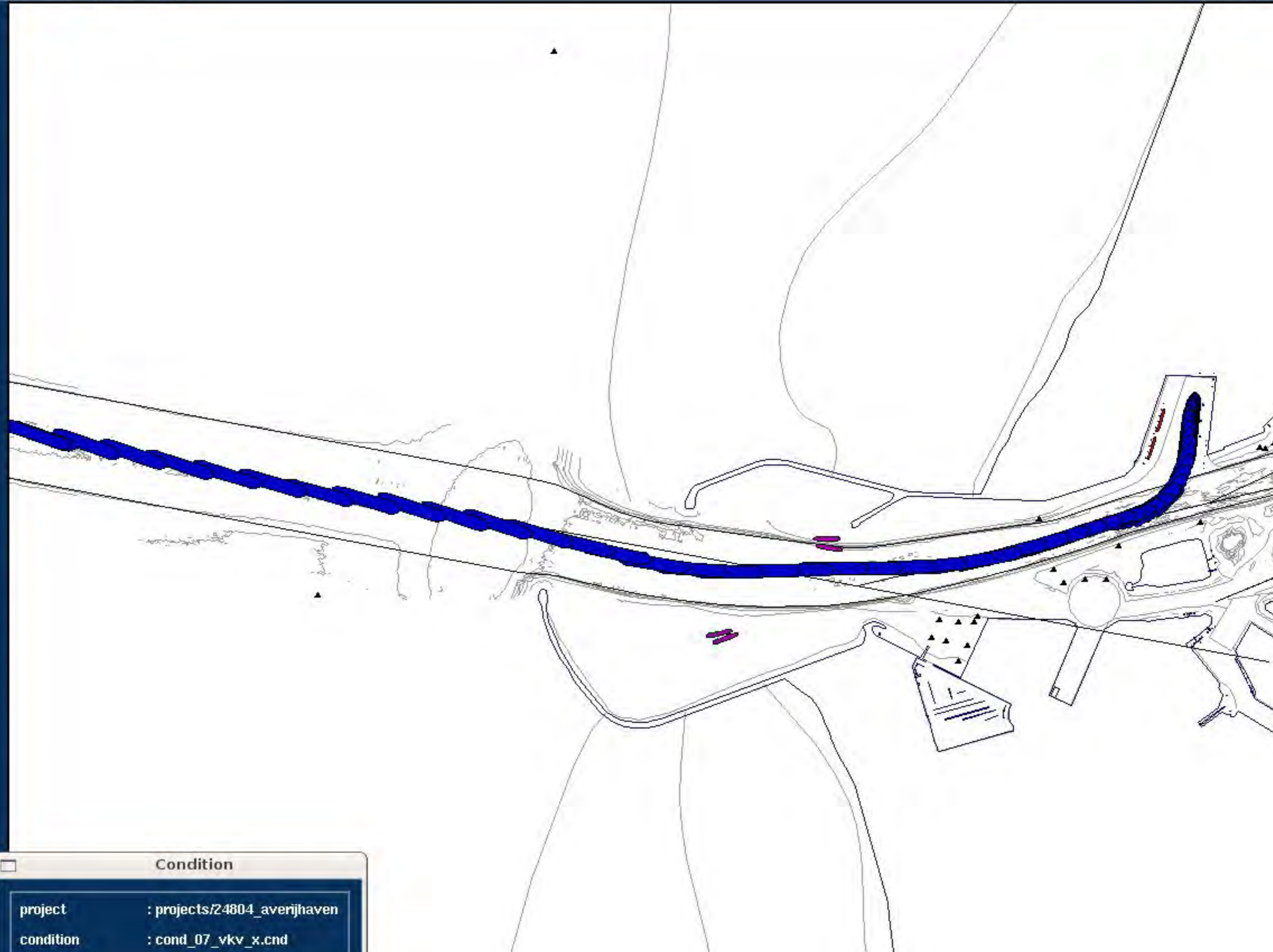
CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 37

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 19486



**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 55

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre



Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

-  Area
-  Ship

Scale

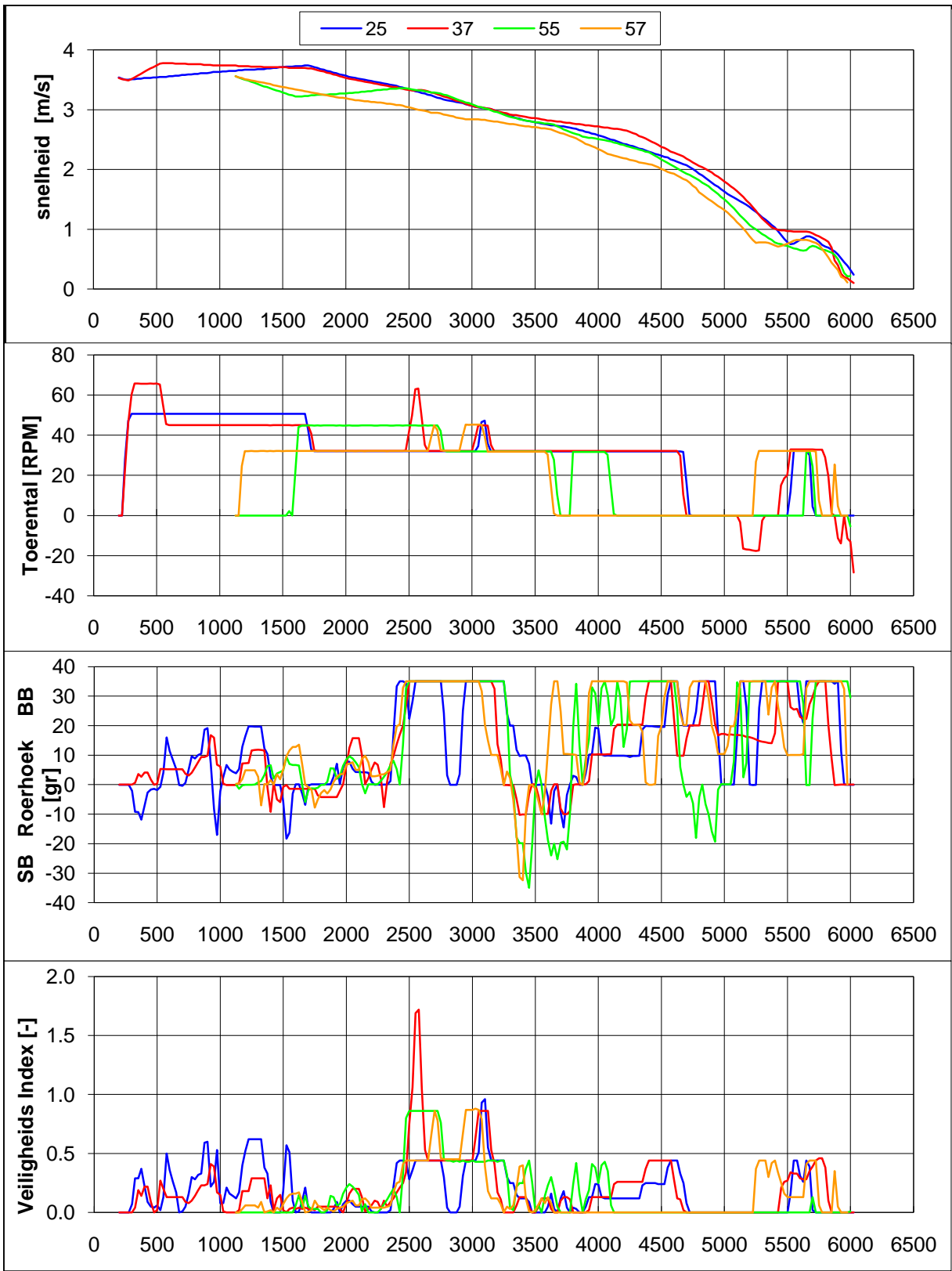
1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_07_vkv_x.cnd
runnumber	: 57

OK



Averijhaven, variant VKVx, Geladen bulkcarrier 340 m	Scenario: 7	
Wind: ZW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 7.b	



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/Distance


CPA/TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 19486



**MARIN**



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 26

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 19486



**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 38

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

◆ Area

◆ Ship

Scale

1 : 19486



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 48

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

Set Goal

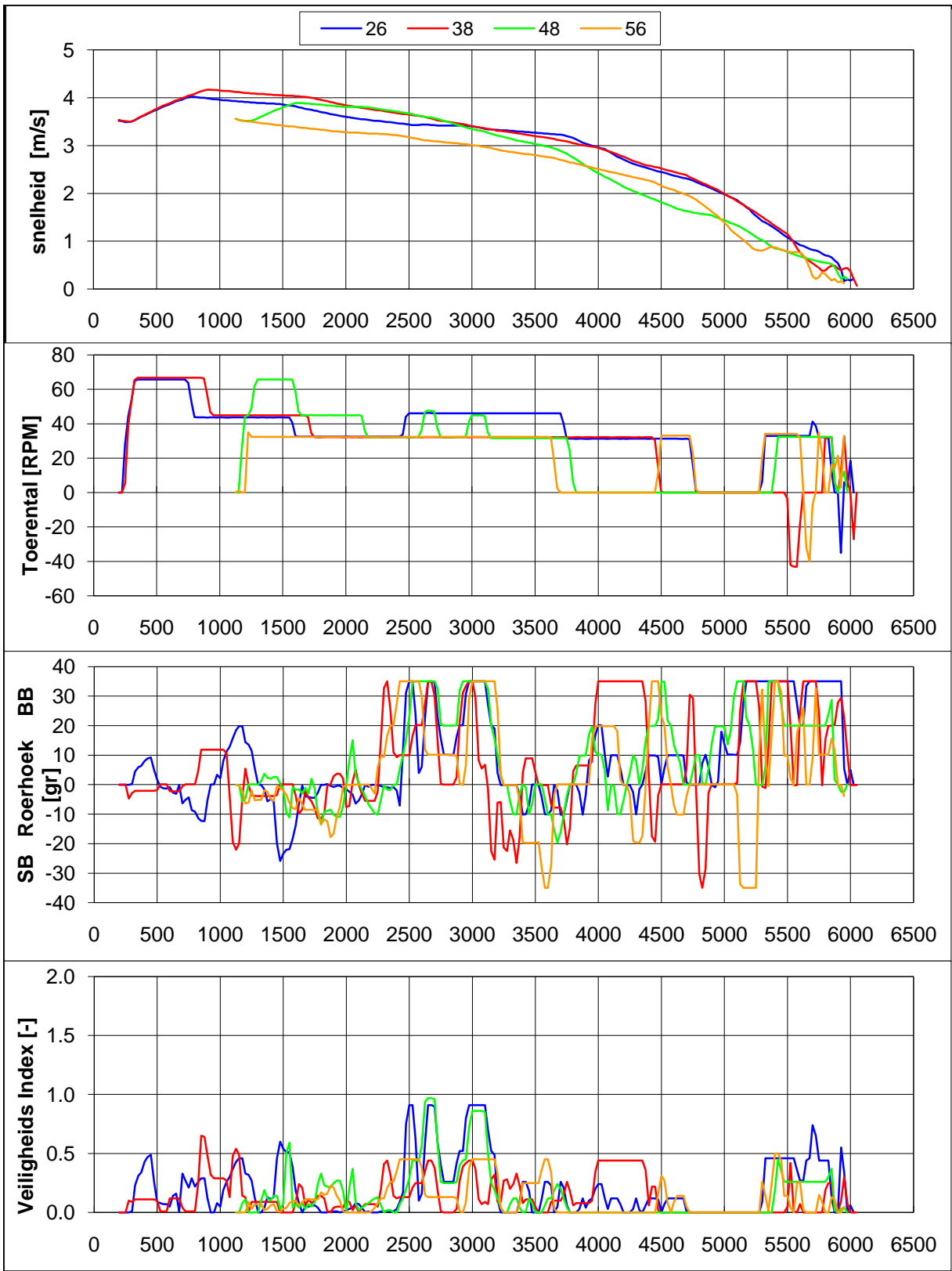
- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 19486



Condition	
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_08_vkv_x.cnd
runnumber	: 56



Averijhaven, variant VKVx, Geladen bulkcarrier 340 m	Scenario: 8	
Wind: NW, 15.4 m/s, NAP+ 0.4, Stroom: pompdebiet 260 m3	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 8.b	

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/Distance

CPA/TCPA

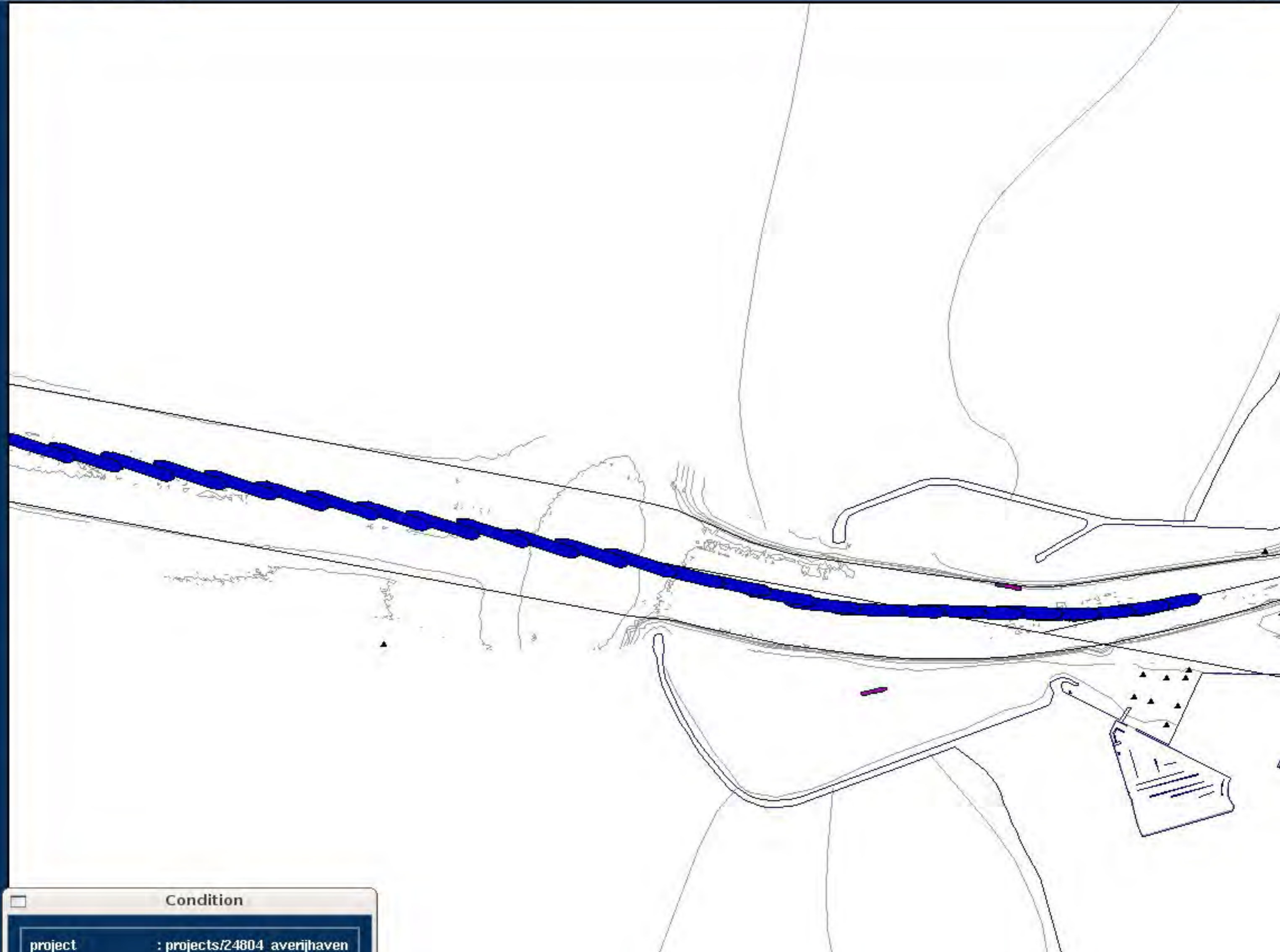

**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

1 : 15936



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_14_smal.cnd
number	: 22

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA


**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

1 : 12772



**MARIN**



**Condition**

project : projects/24804\_averijhaven

condition : cond\_14\_smal.cnd

xxxxxxxx : 14

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

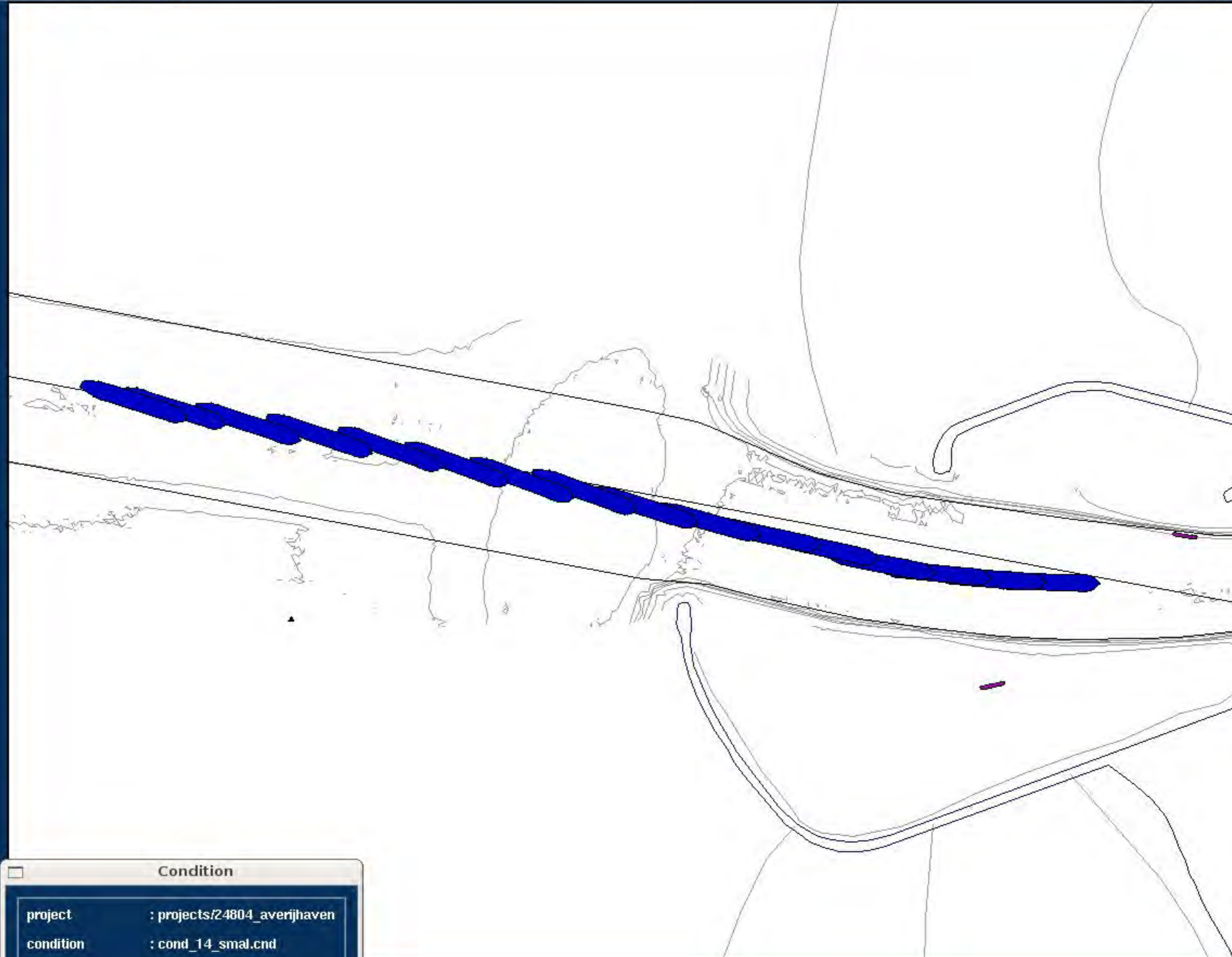

**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

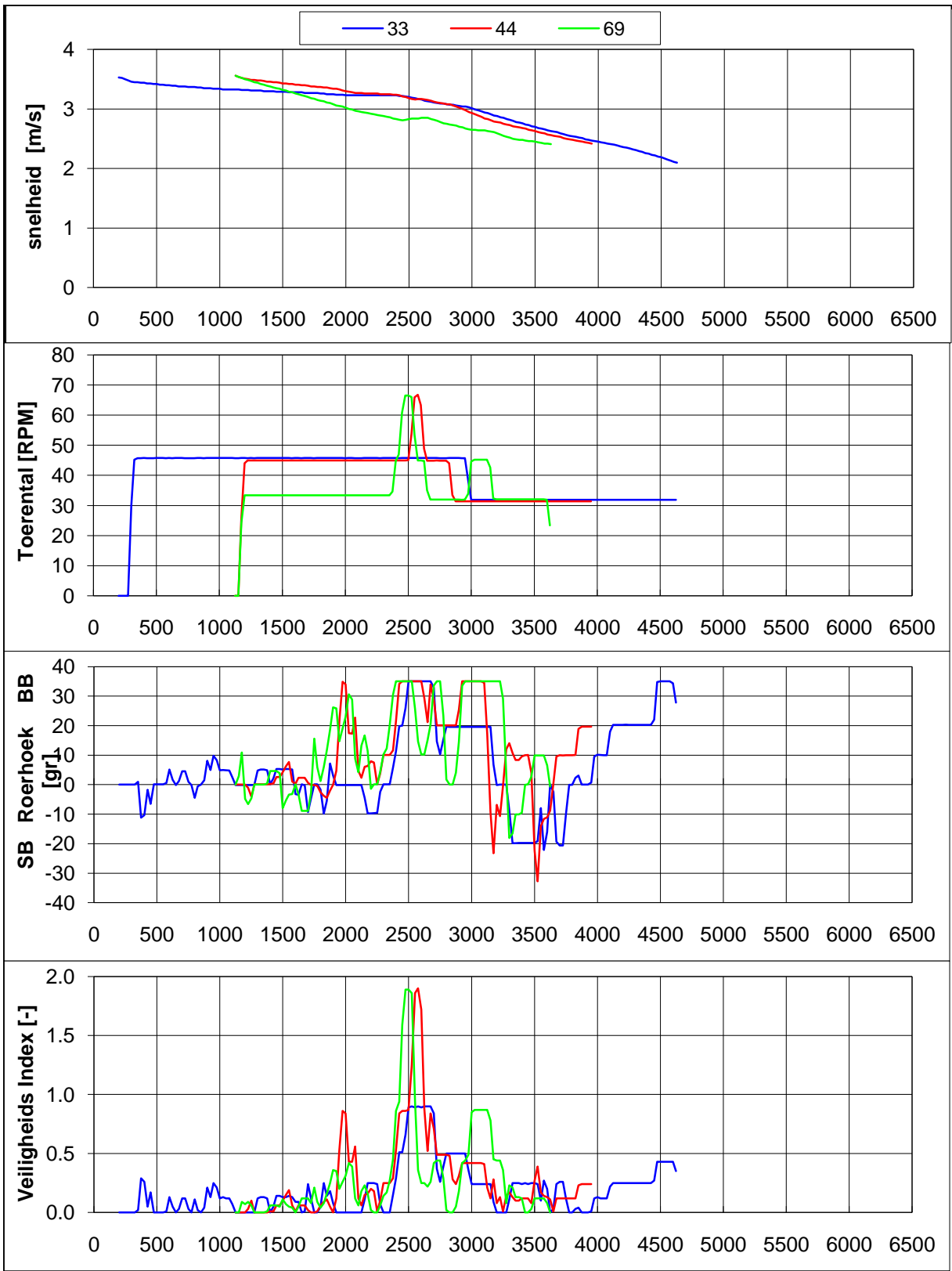
1:10775



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_14_smal.cnd
number	: 60





Averijhaven, variant Versm., Geladen bulkcarrier 300 m

Scenario: 14

Wind: 0, NAP+ 0.4, Stroom: Zuidgaande stroom 1 kn

24804.600

MARIN's Nautical Centre MSCN

Fig: 14.b



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

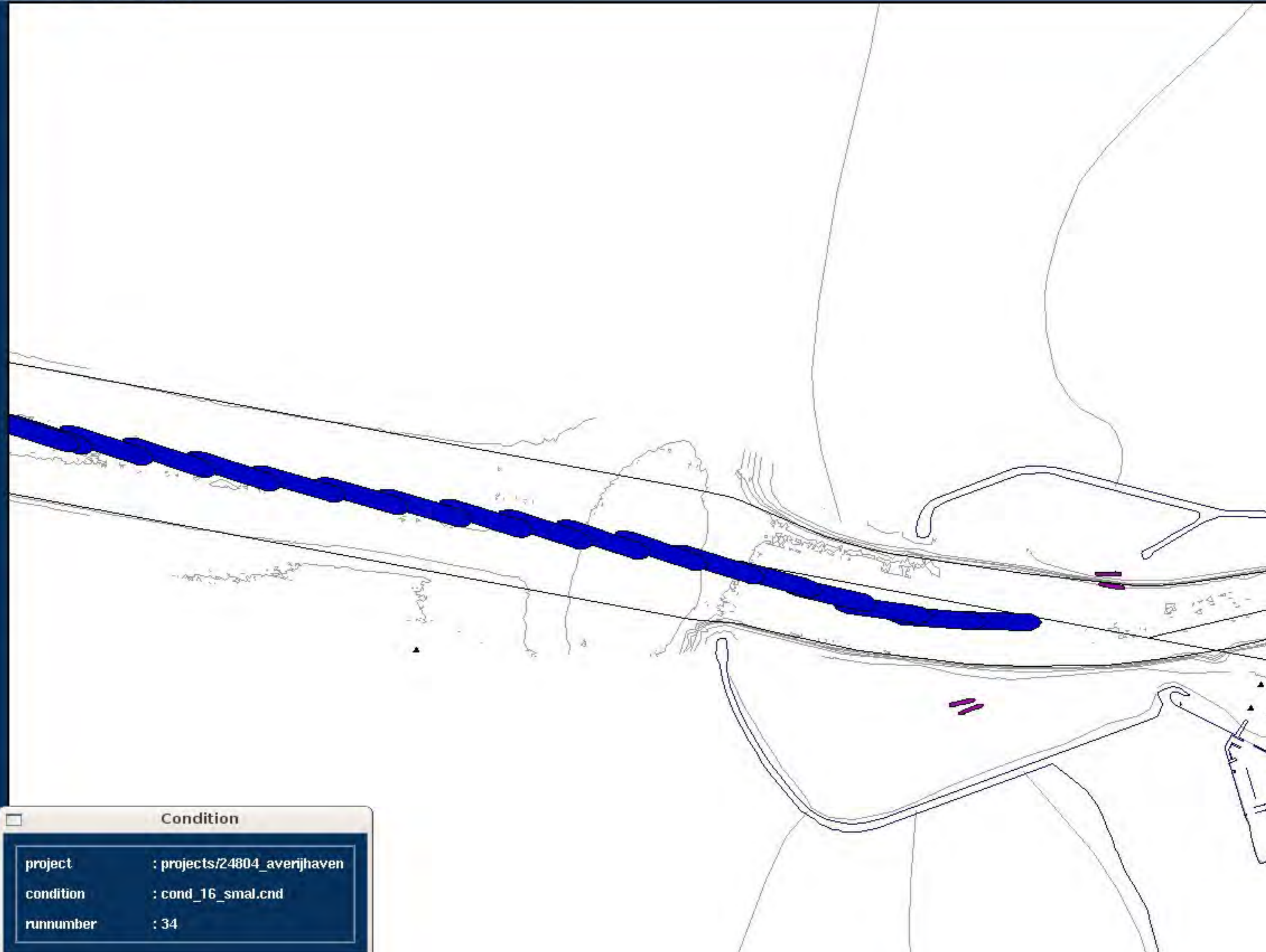
CPA/ TCPA

Set Goal

- ◆ Area
- ◆ Ship

Scale

1 : 14325



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_16_smal.cnd
runnumber	: 34

OK

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

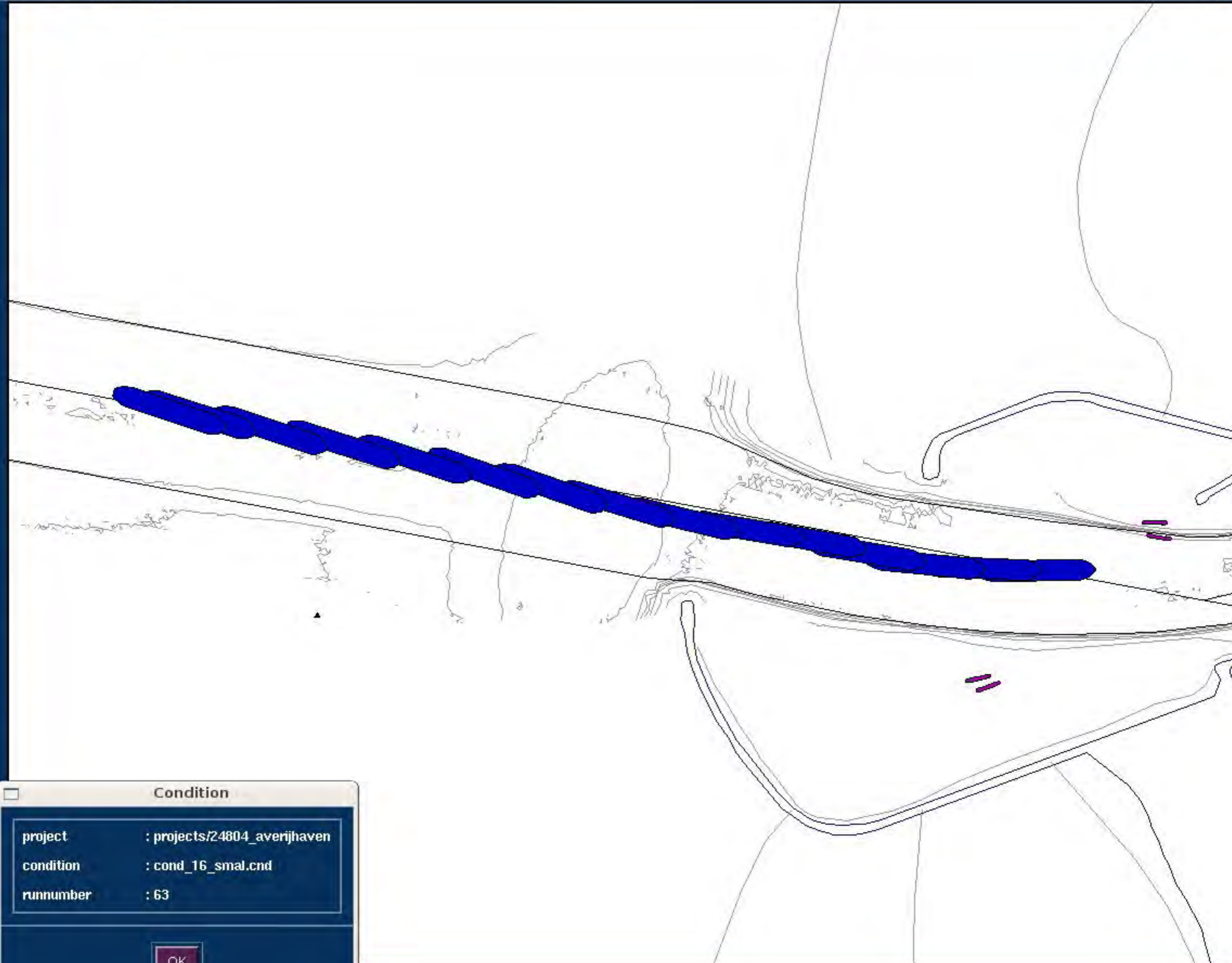
Set Goal

◆ Area

◆ Ship

Scale

1 : 11451



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_16_smal.cnd
runnumber	: 63

OK

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/Distance

CPA/TCPA

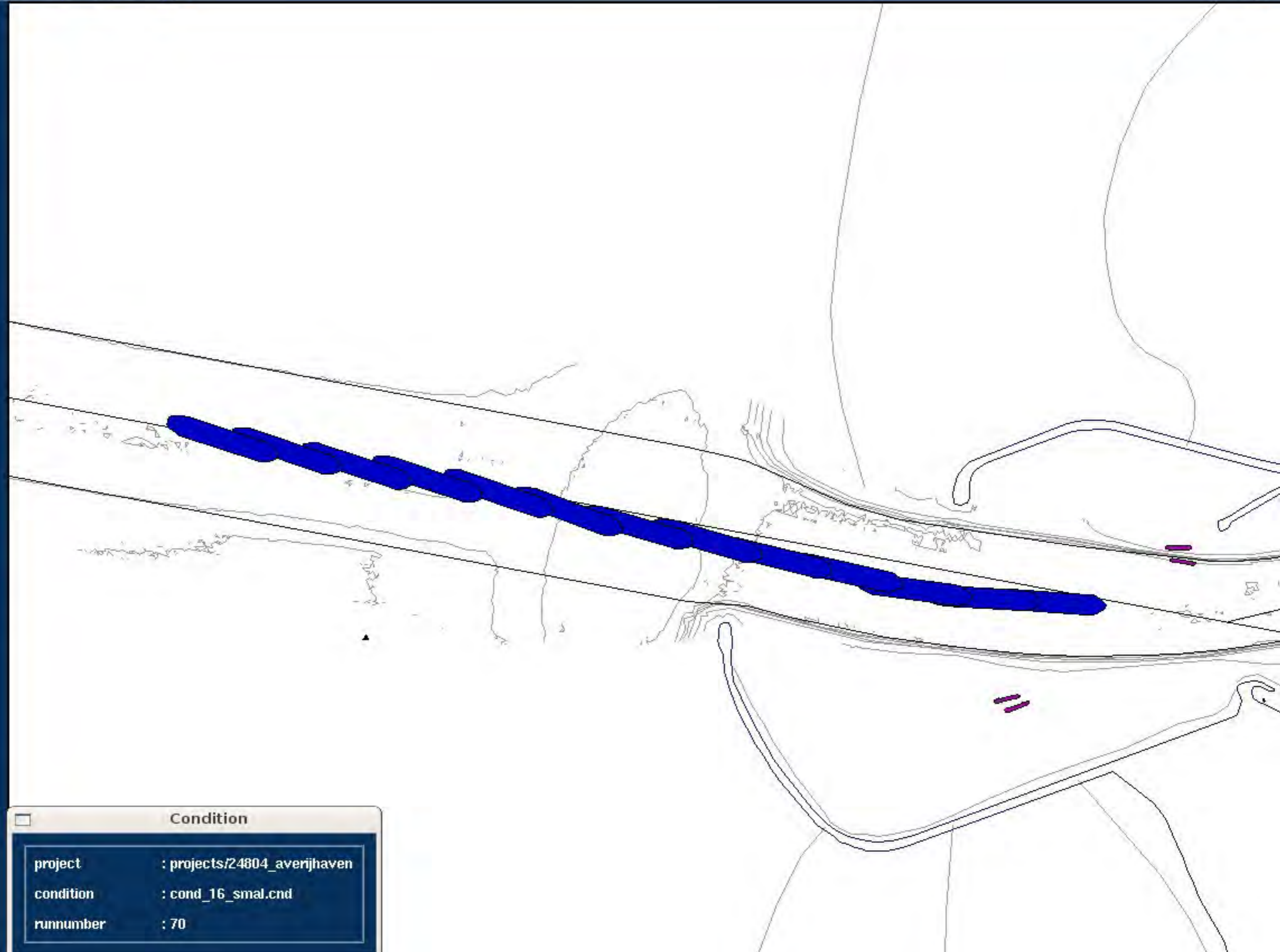

**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

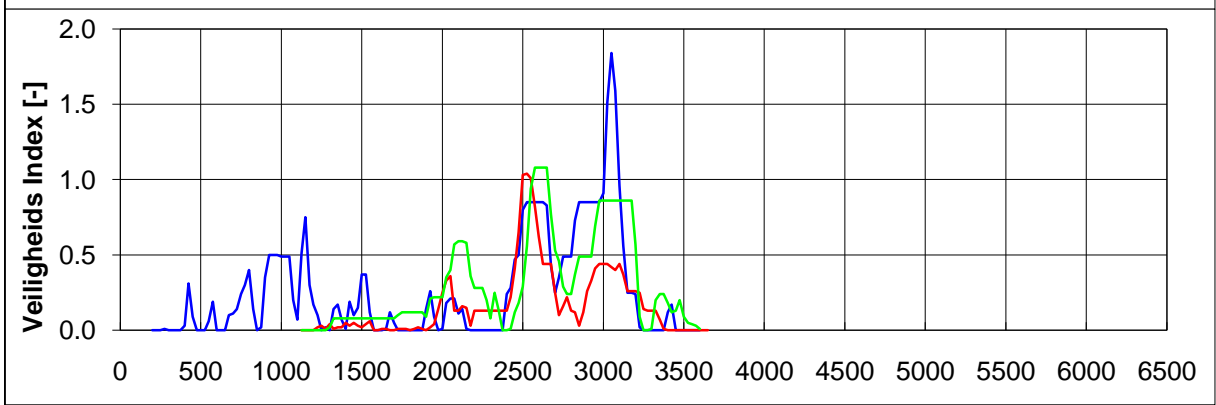
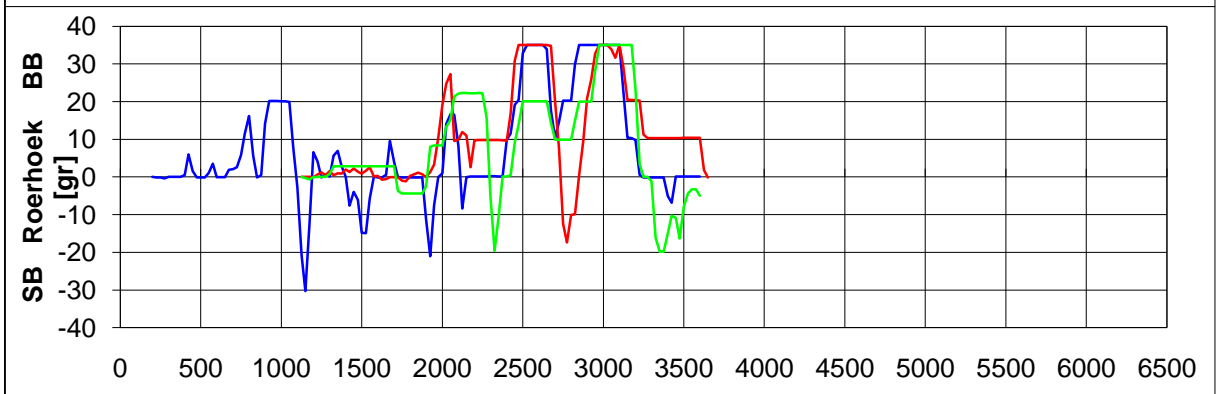
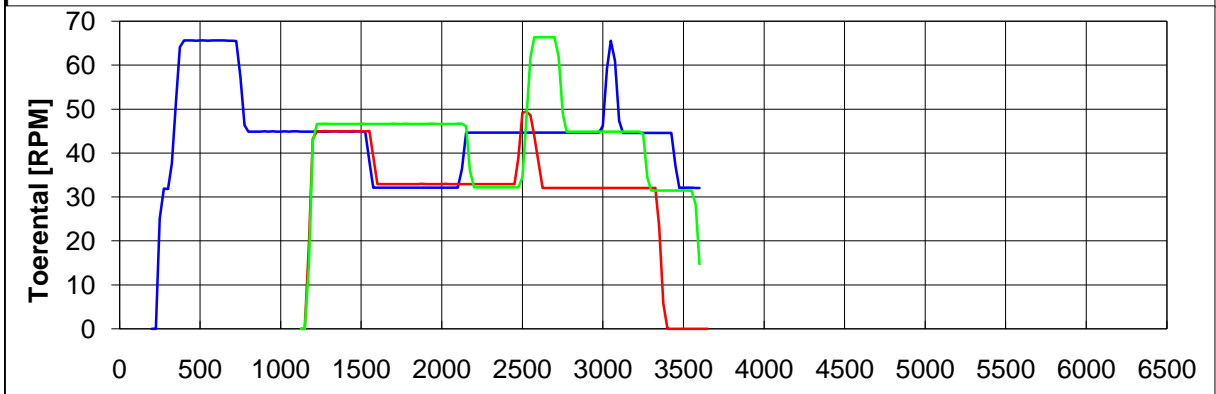
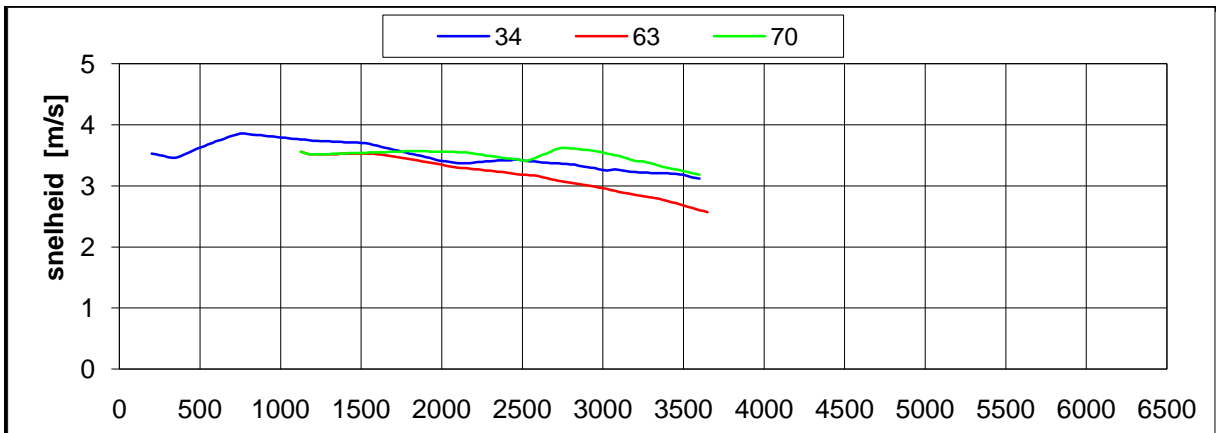
1:12184



**Condition**

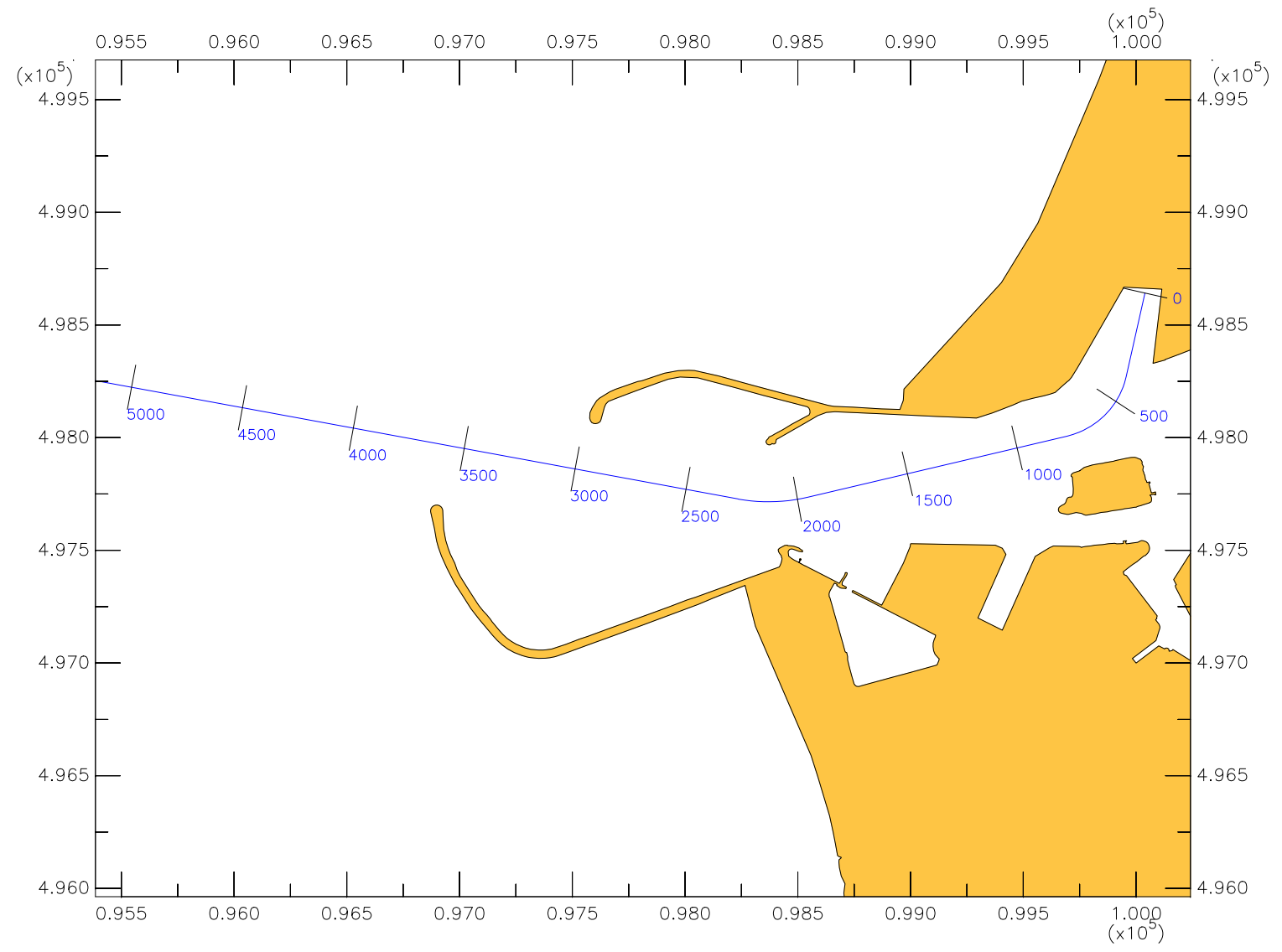
project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_16_smal.cnd
runnumber	: 70

OK



Averijhaven, variant Versm., Geladen bulkcarrier 340 m	Scenario: 16	
Wind: 0, NAP+ 0.4, Stroom: Zuidgaande stroom 1 kn	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 16.b	

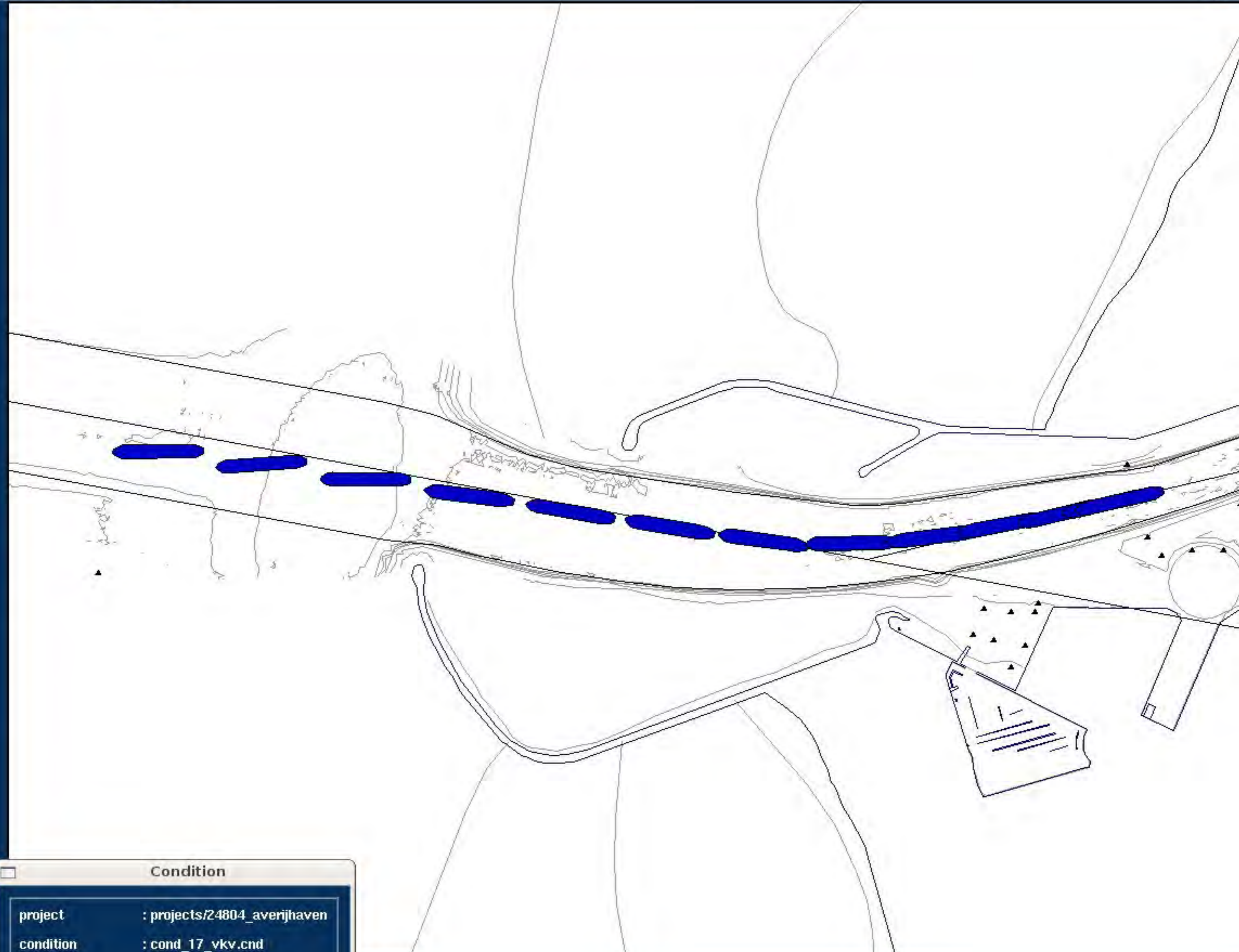
Track Averijhaven uitvaren naar Pieren



- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/Distance
- CPA/TCPA

- Set Goal**
- ◆ Area
  - ◆ Ship

**Scale**  
1:13216



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_17_vkv.cnd
number	: 77

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

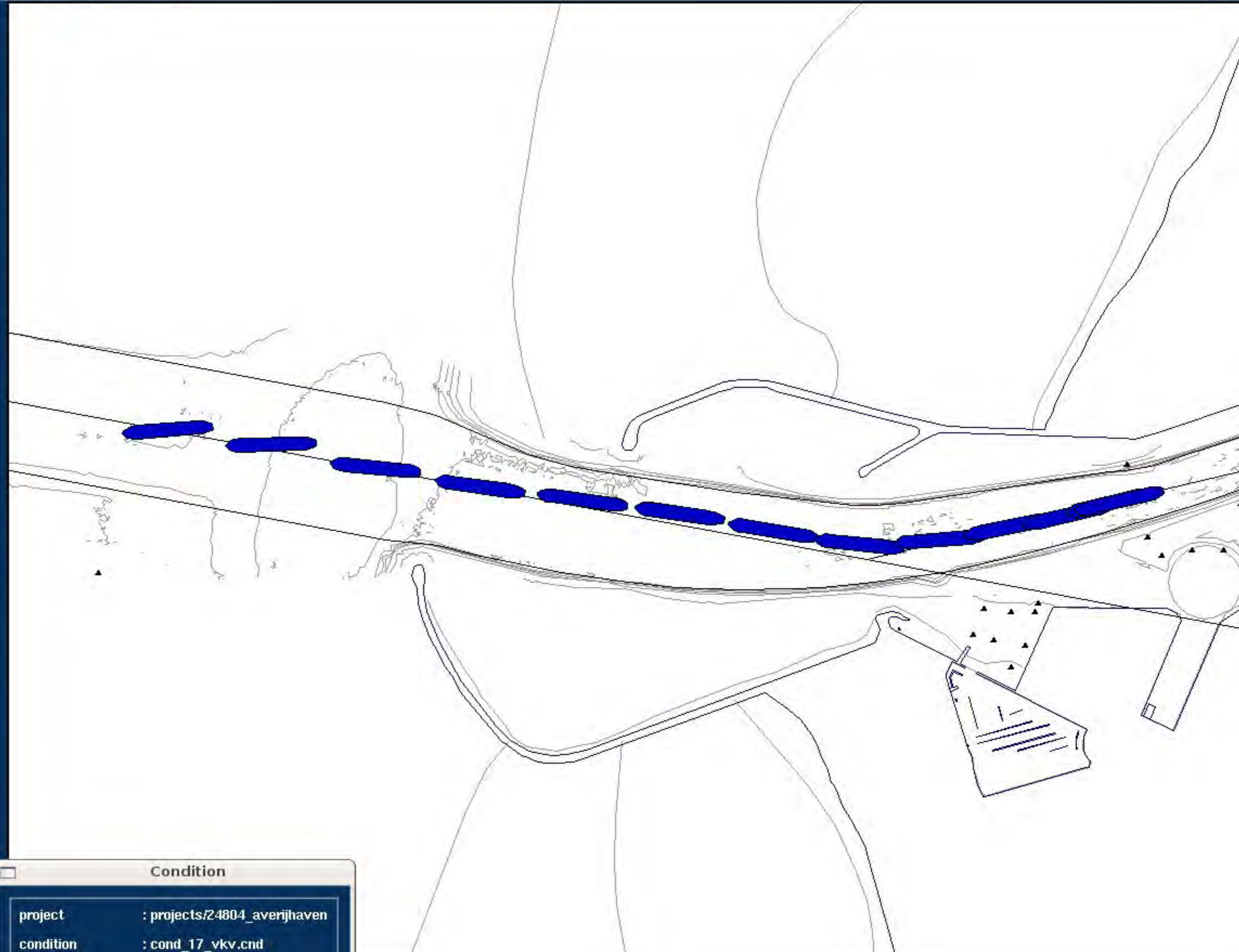
Set Goal

◆ Area

◆ Ship

Scale

1:13216



Condition

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_17_vkv.cnd
number	: 77



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

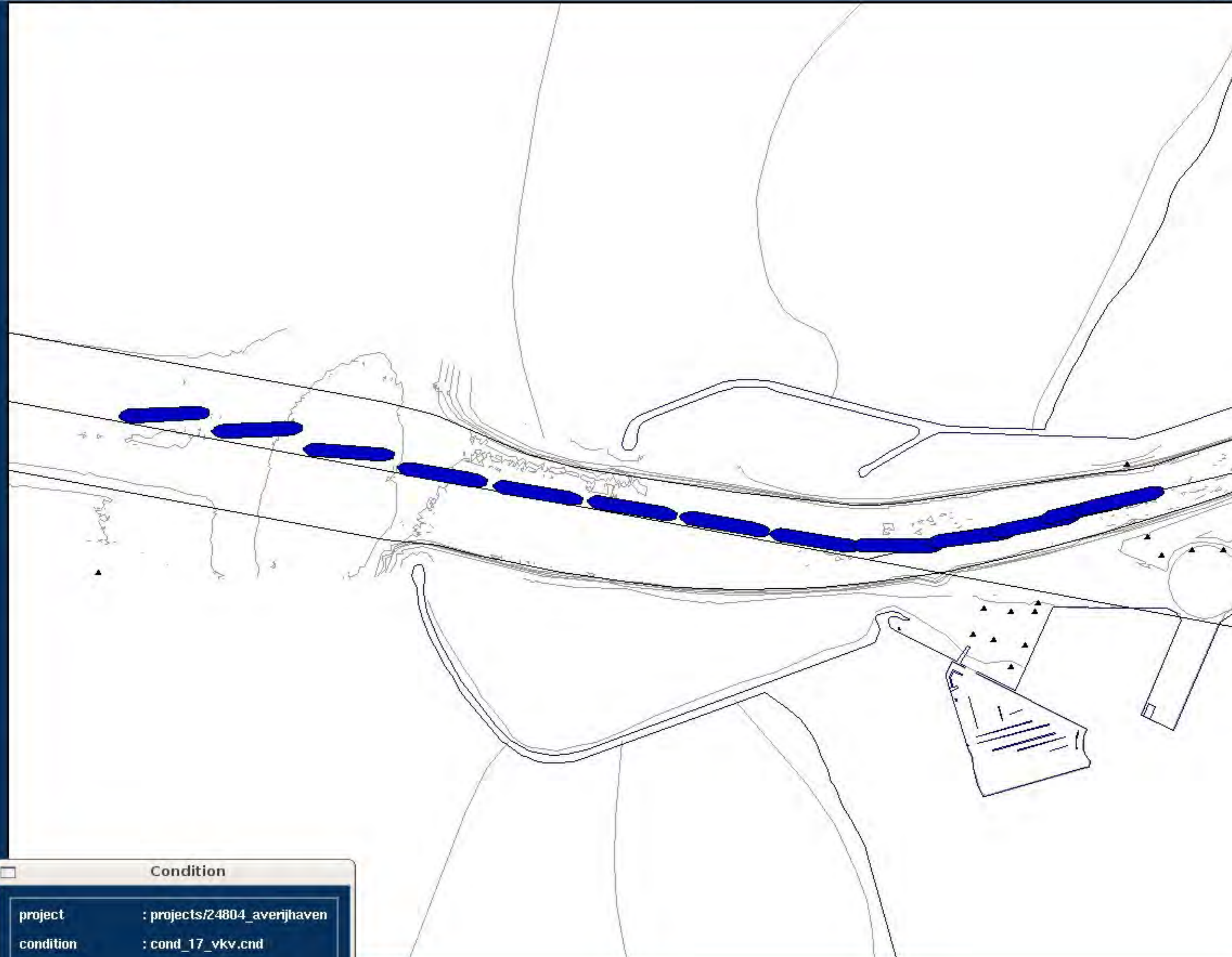
Set Goal

◆ Area

◆ Ship

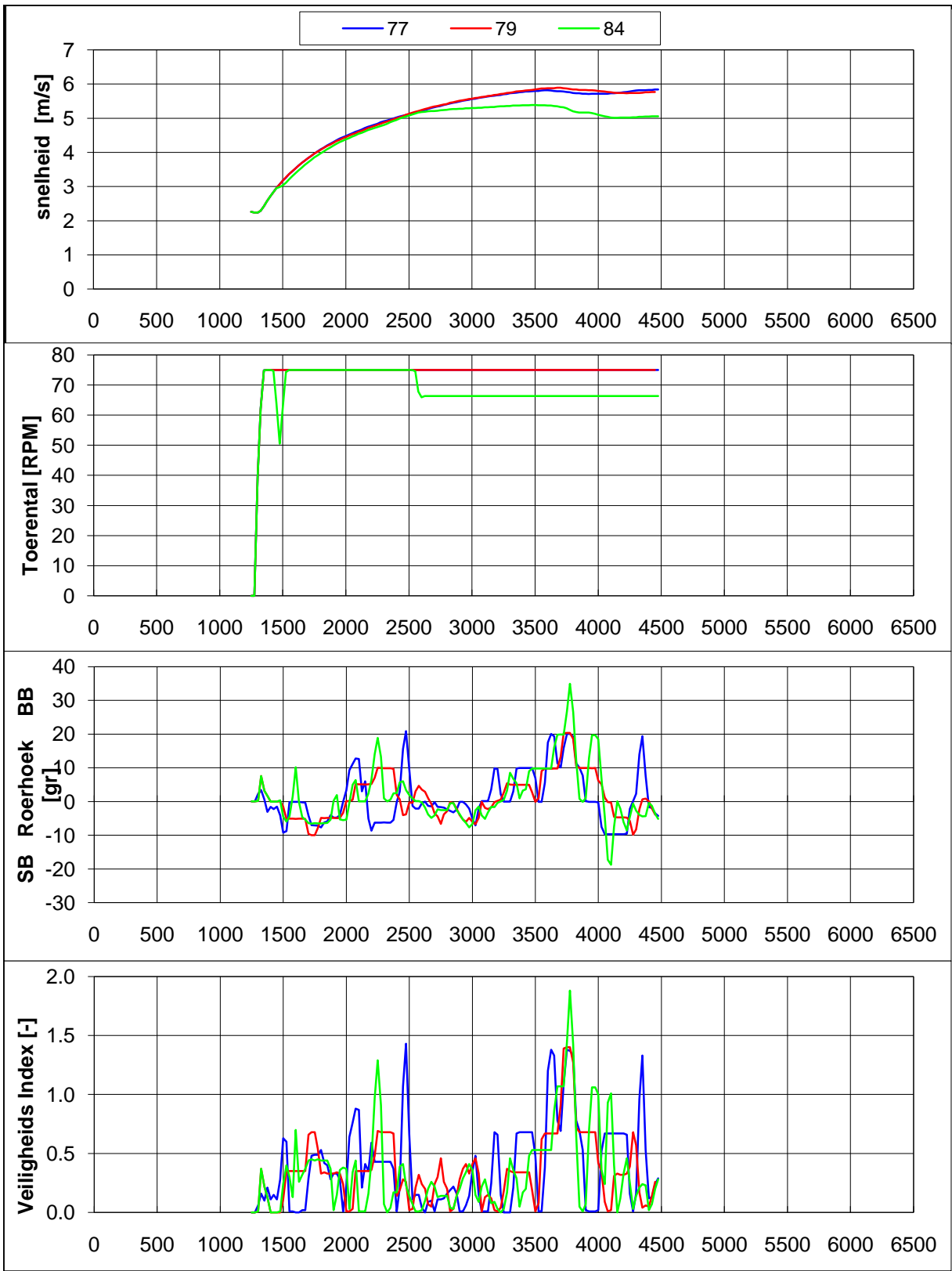
Scale

1:13216



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_17_vkv.cnd
number	: 77

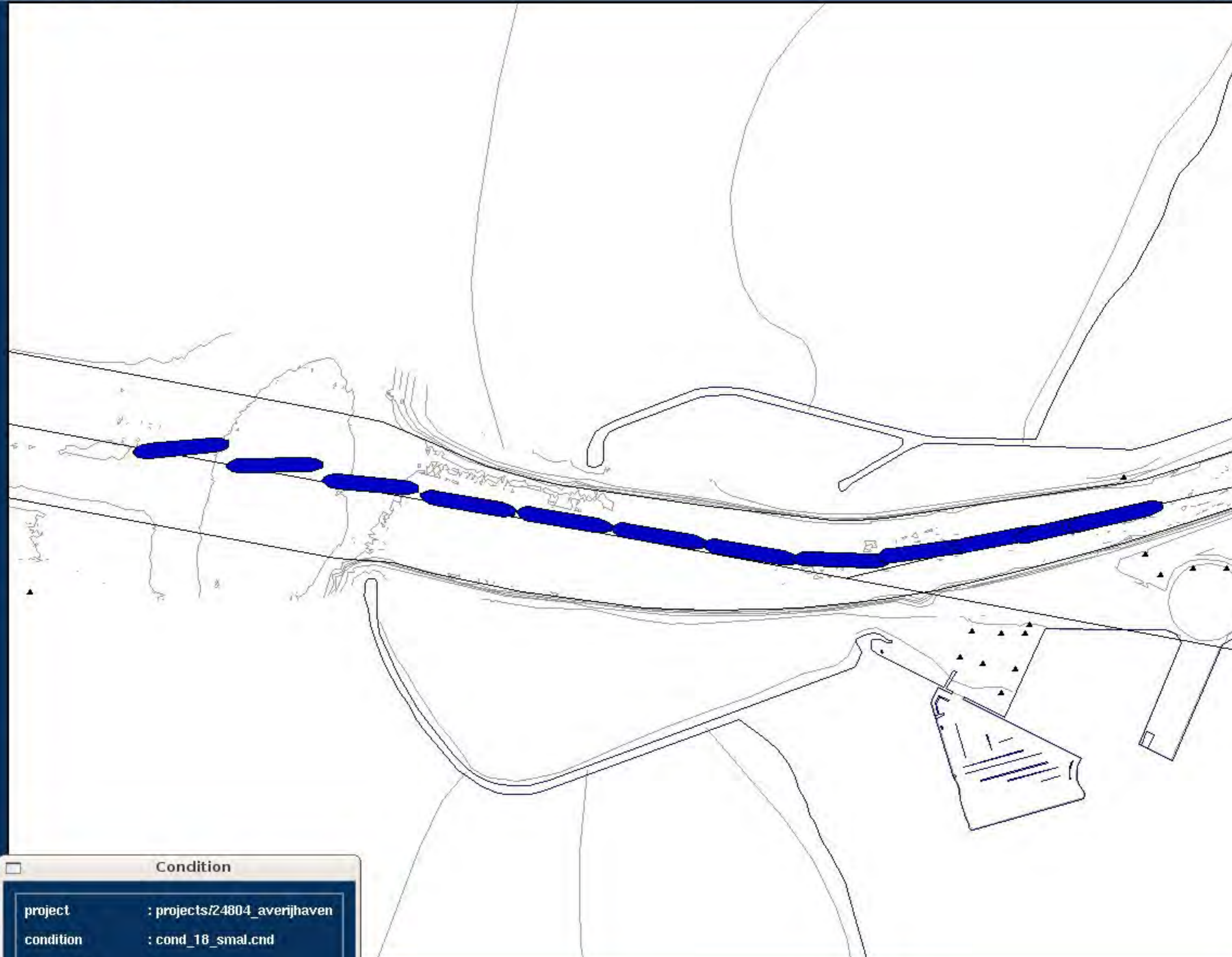


Averijhaven, variant VKV, Geballaste bulkcarrier 300 m	Scenario: 17	
Wind: 0, NAP+ 0.7, Stroom: stroom HW	24804.600	
MARIN's Nautical Centre MSCN	Fig: 17.b	

- Zoom In
- Zoom Out
- Zoom To
- Centre
- Reset
- Refresh
- Bearing/Distance
- CPA/TCPA

- Set Goal**
- ◆ Area
  - ◆ Ship

**Scale**  
1 : 12435



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_18_smal.cnd
runnumber	: 62

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/Distance

CPA/TCPA

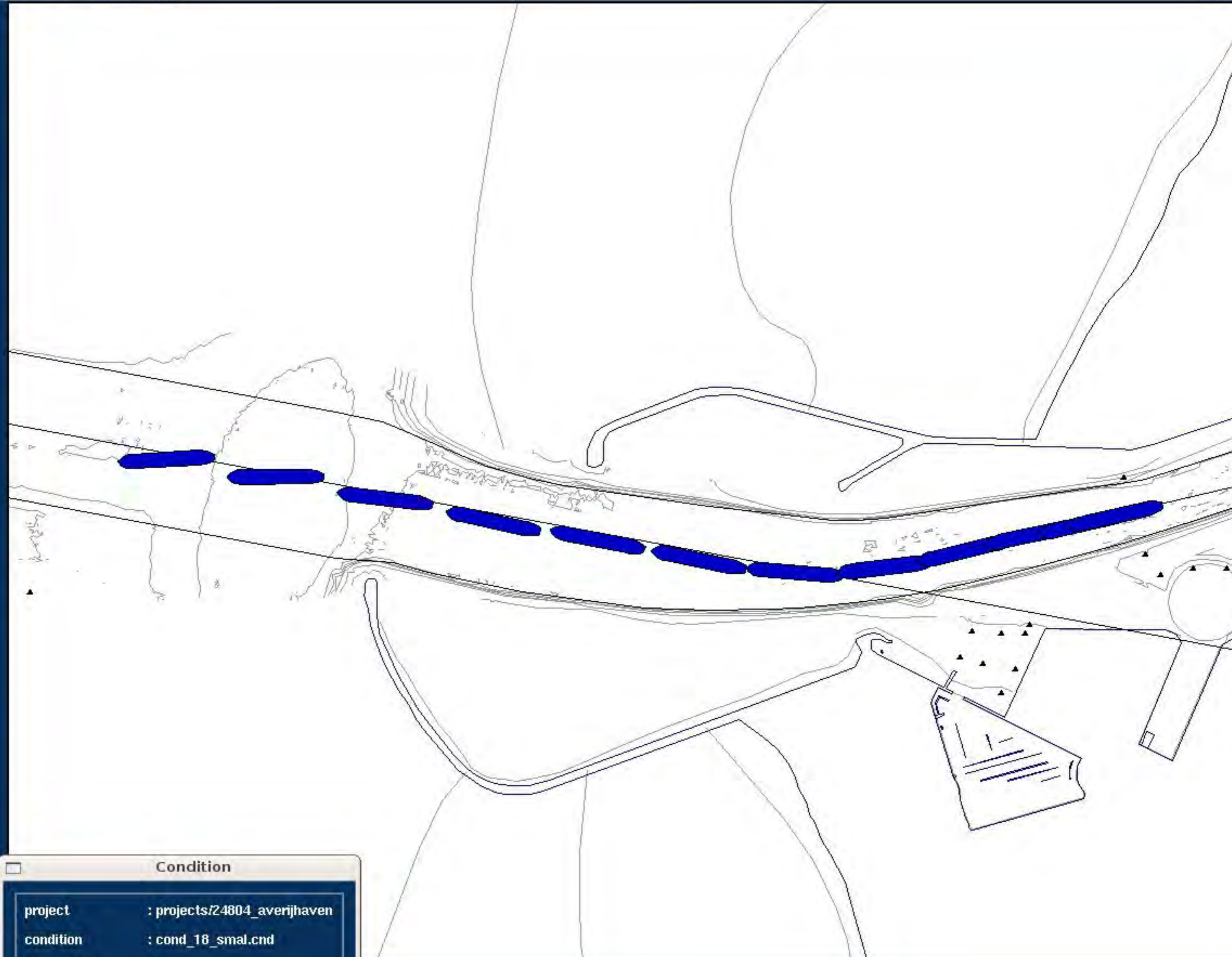

**Set Goal**

◆ Area

◇ Ship

**Scale**

1 : 12435



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_18_smal.cnd
runnumber	: 62

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

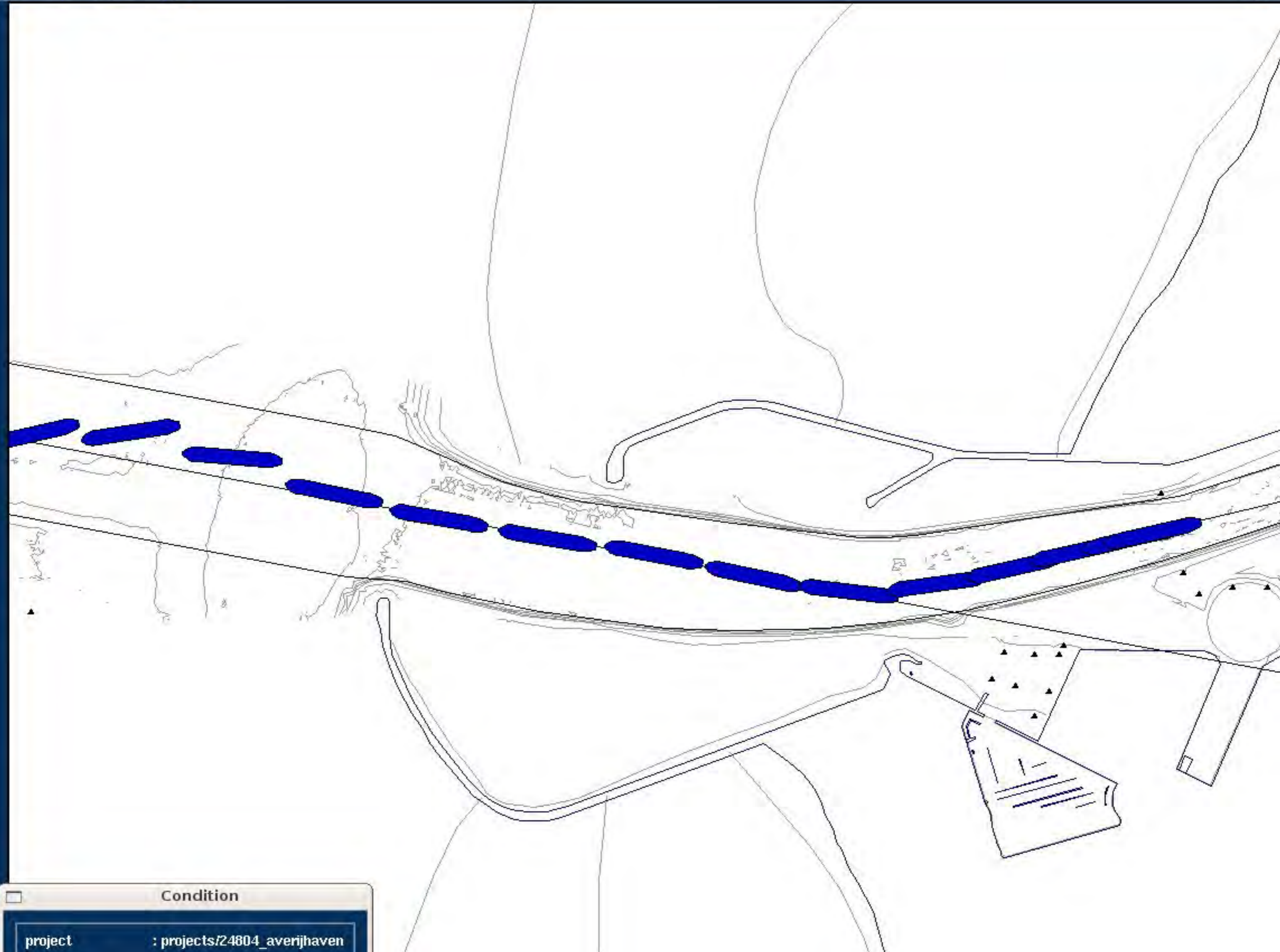

**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

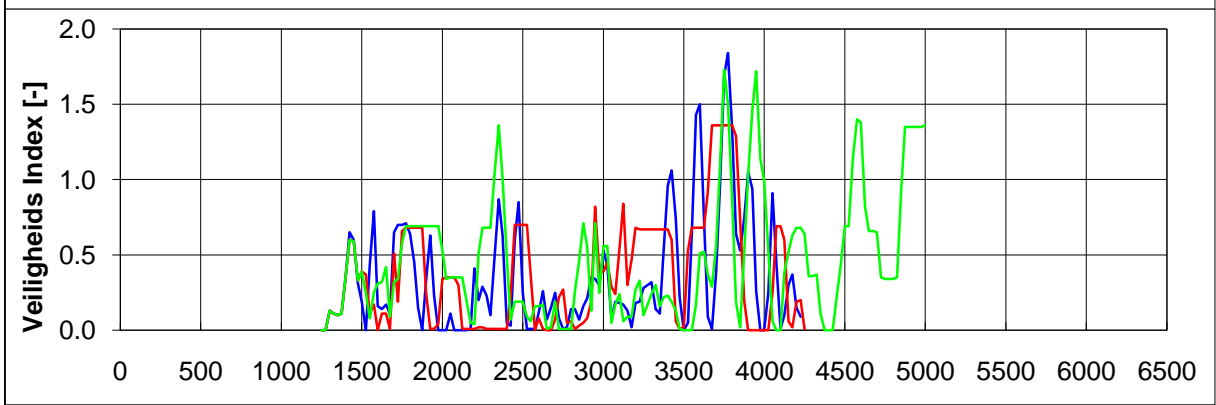
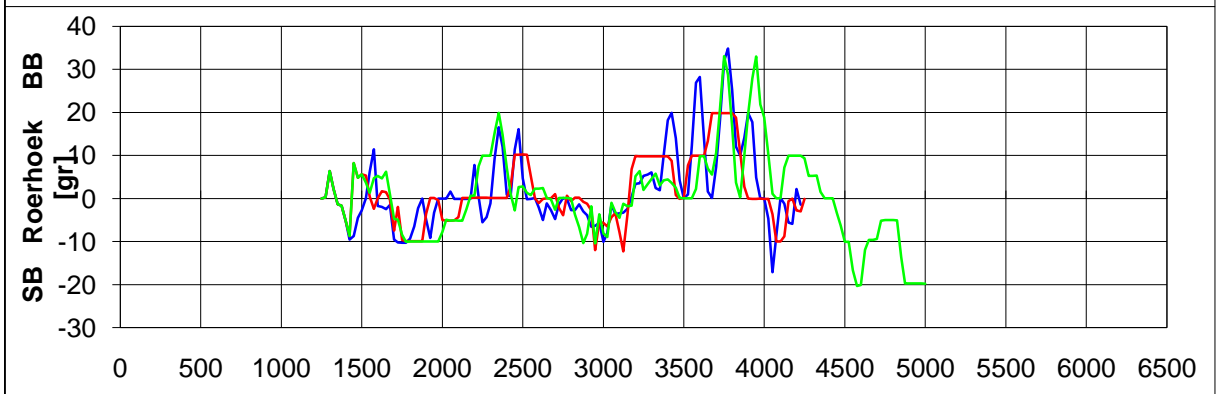
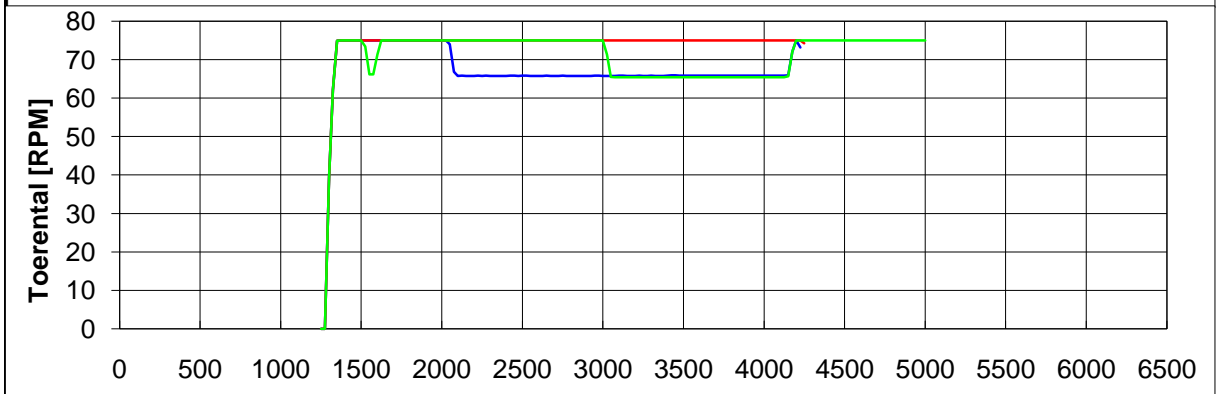
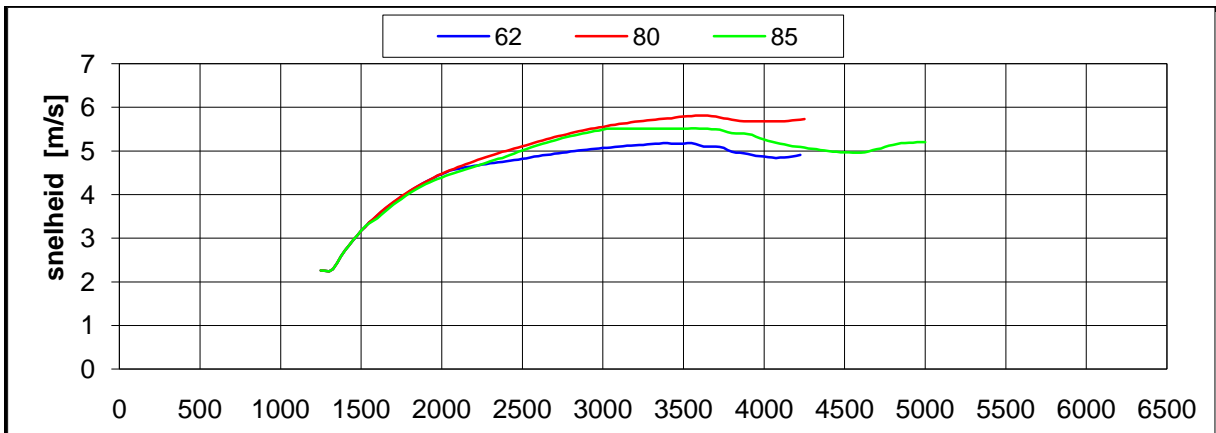
**Scale**

1 : 12435



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_18_smal.cnd
runnumber	: 62



Averijhaven, variant Versm., Geballaste bulkcarrier 300 m	Scenario: 18	
Wind: 0, NAP+ 0.7, Stroom: Zuidgaande stroom 2 kn	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 18.b	

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA


**Set Goal**

◆ Area

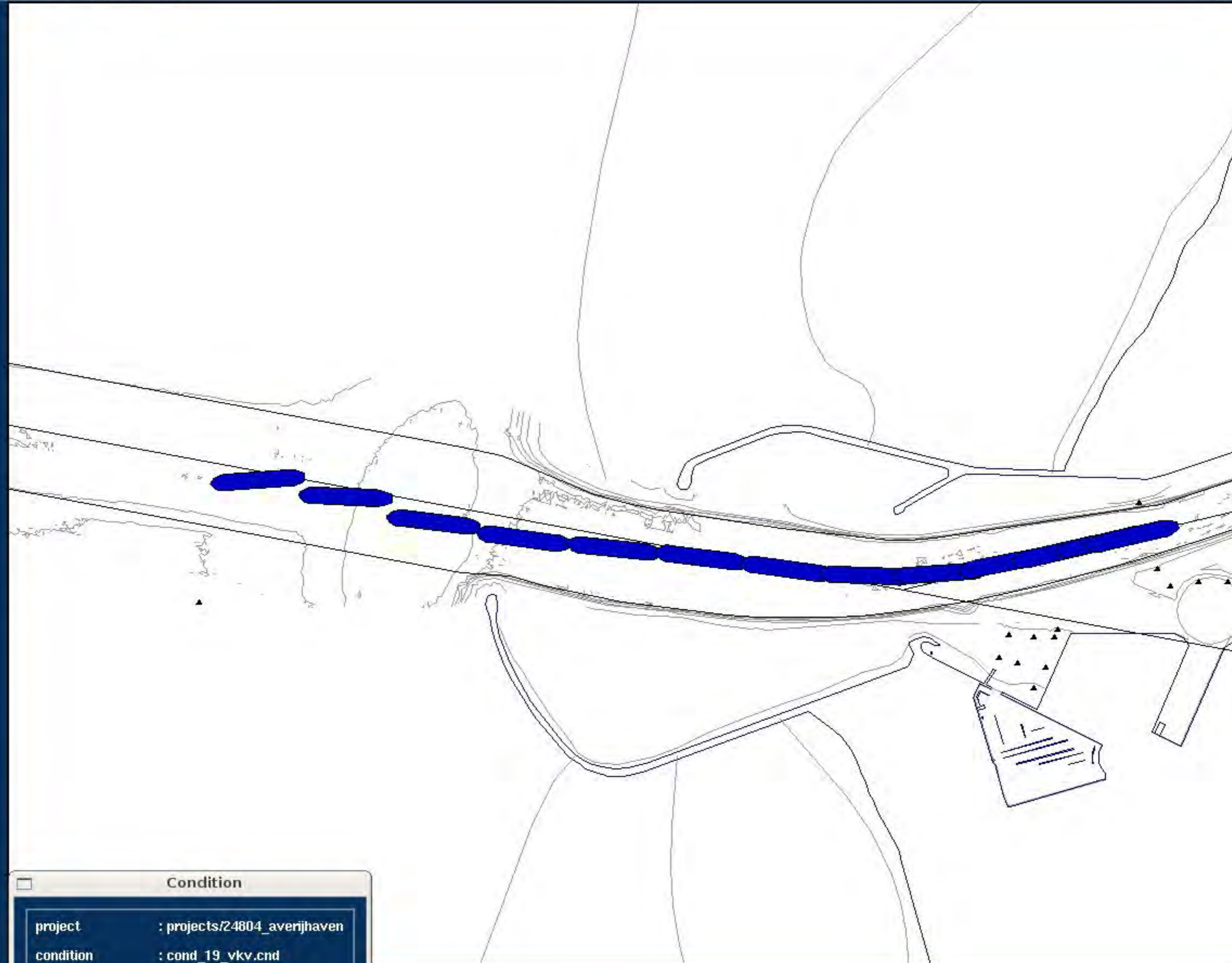
◆ Ship

**Scale**

1 : 14460



**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_19_vkv.cnd

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA

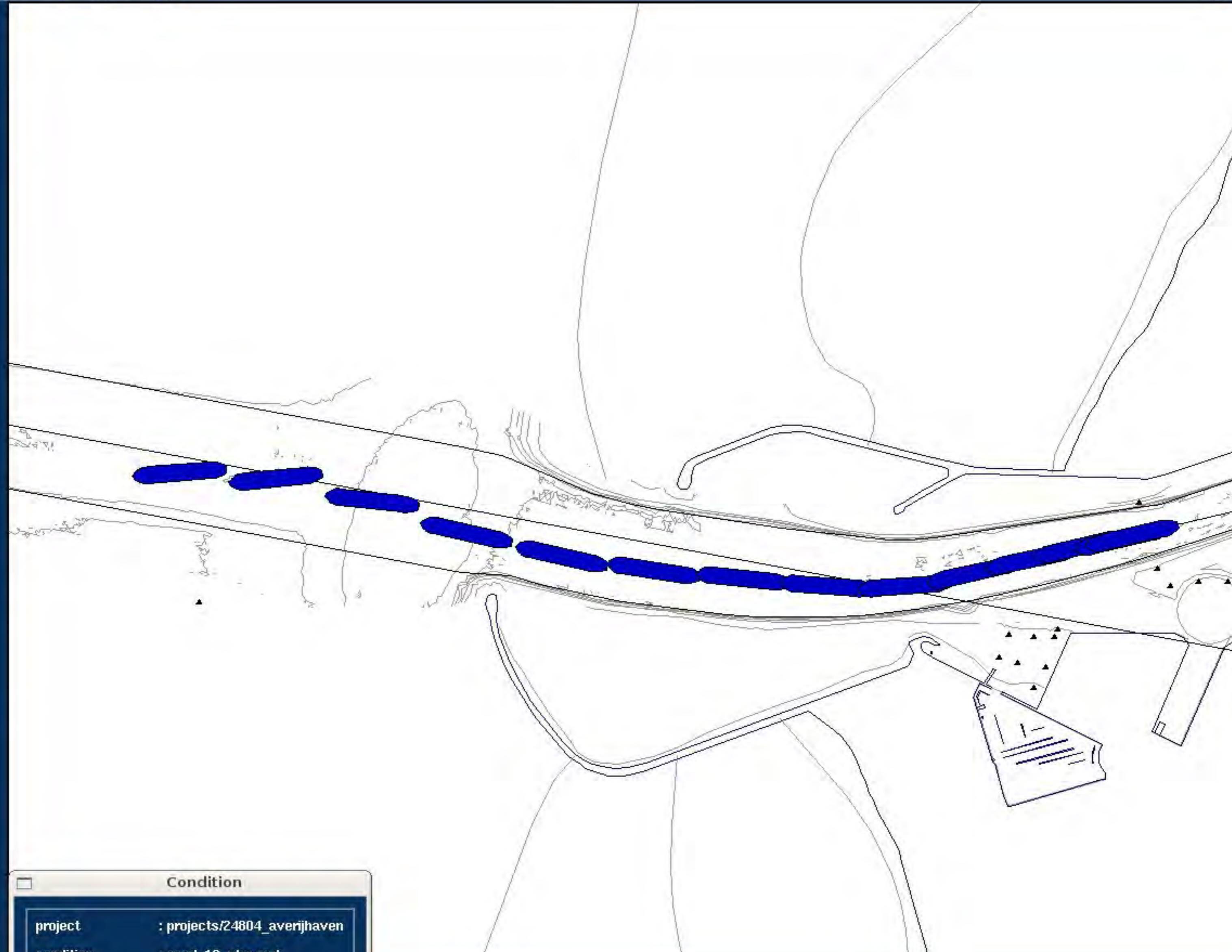

**Set Goal**

◆ Area

◆ Ship

**Scale**

1 : 14460



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_19_vkv.cnd



Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance


CPA/ TCPA

**Set Goal**

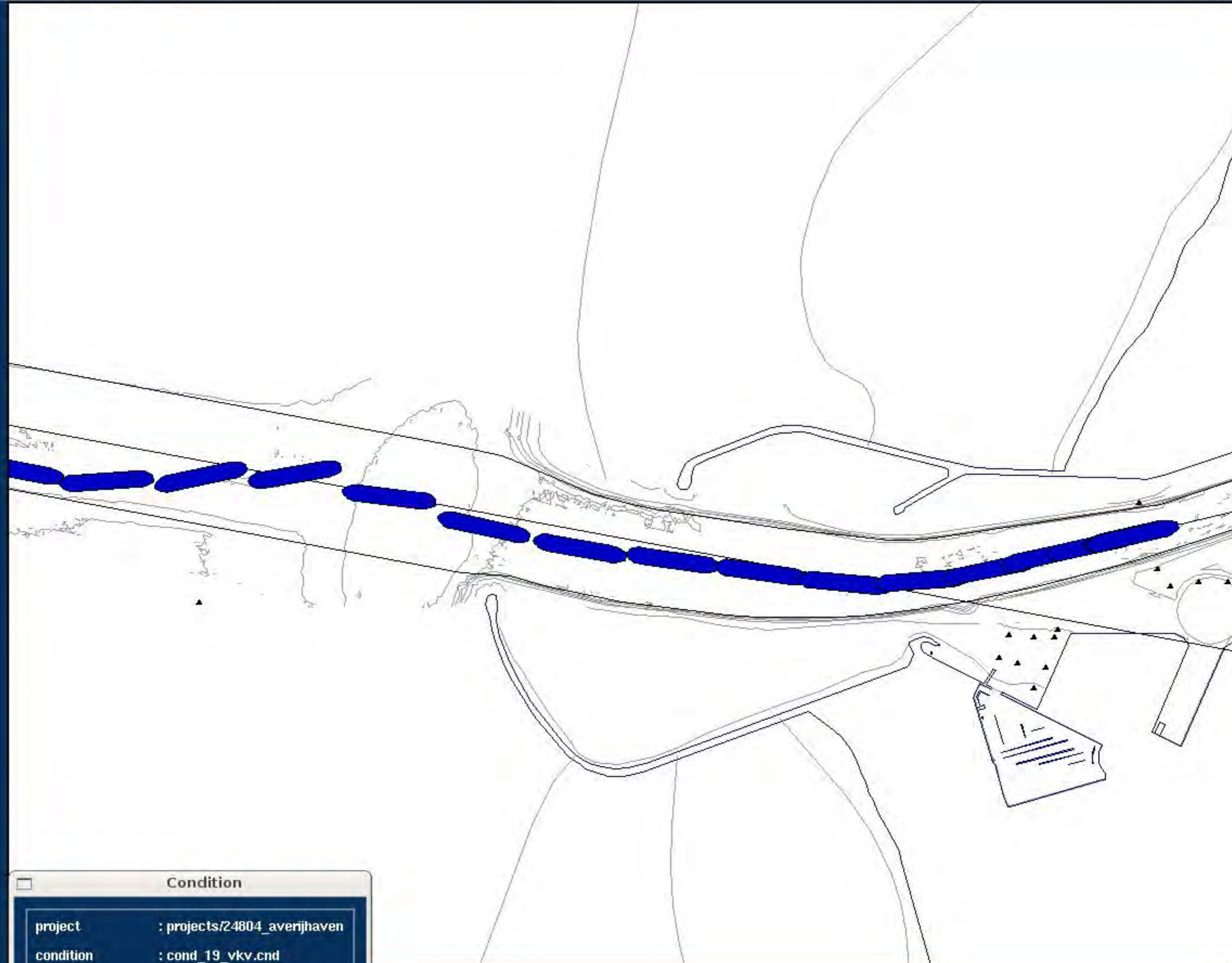
- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 14460

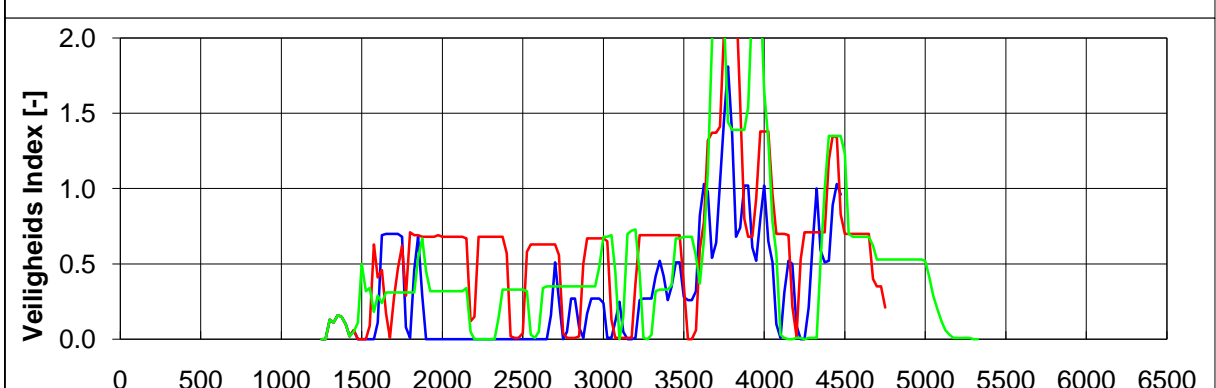
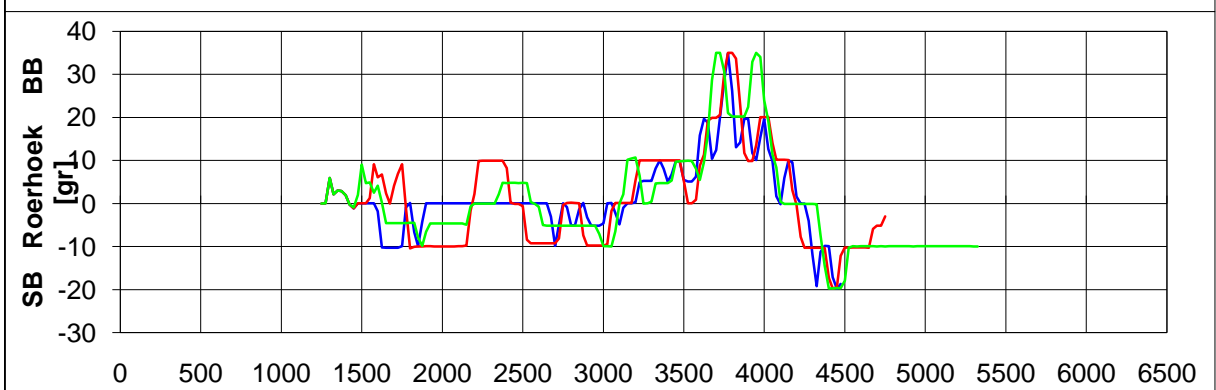
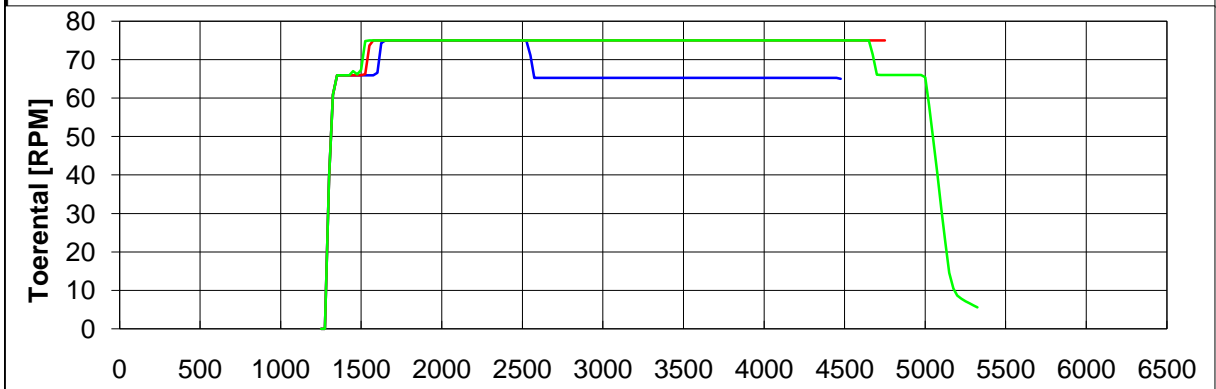
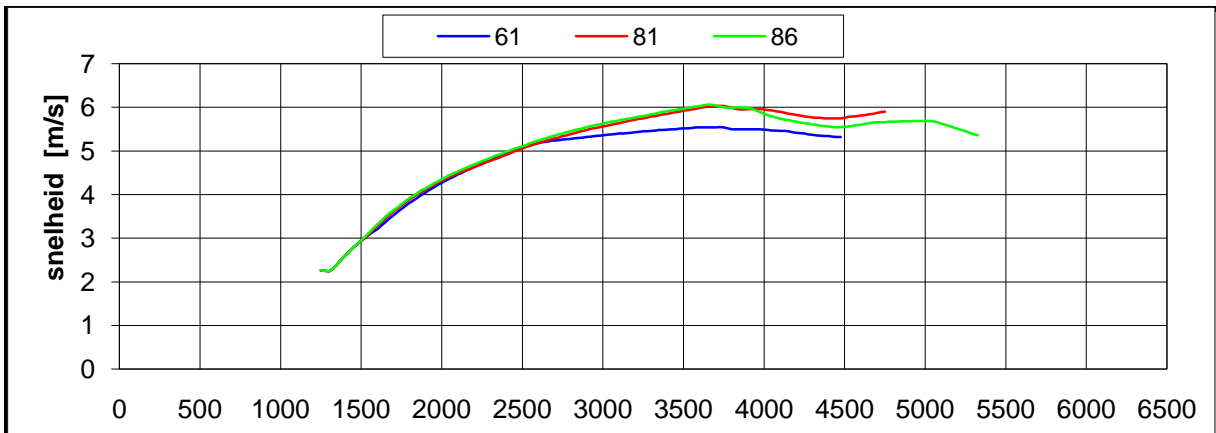


**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_19_vkv.cnd



Averijhaven, variant VKV, Geballaste bulkcarrier 340 m	Scenario: 19	
Wind: 0, NAP+ 0.7, Stroom: stroom HW	24804.600	
MARIN's Nautical Centre MSCN	Fig: 19.b	

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

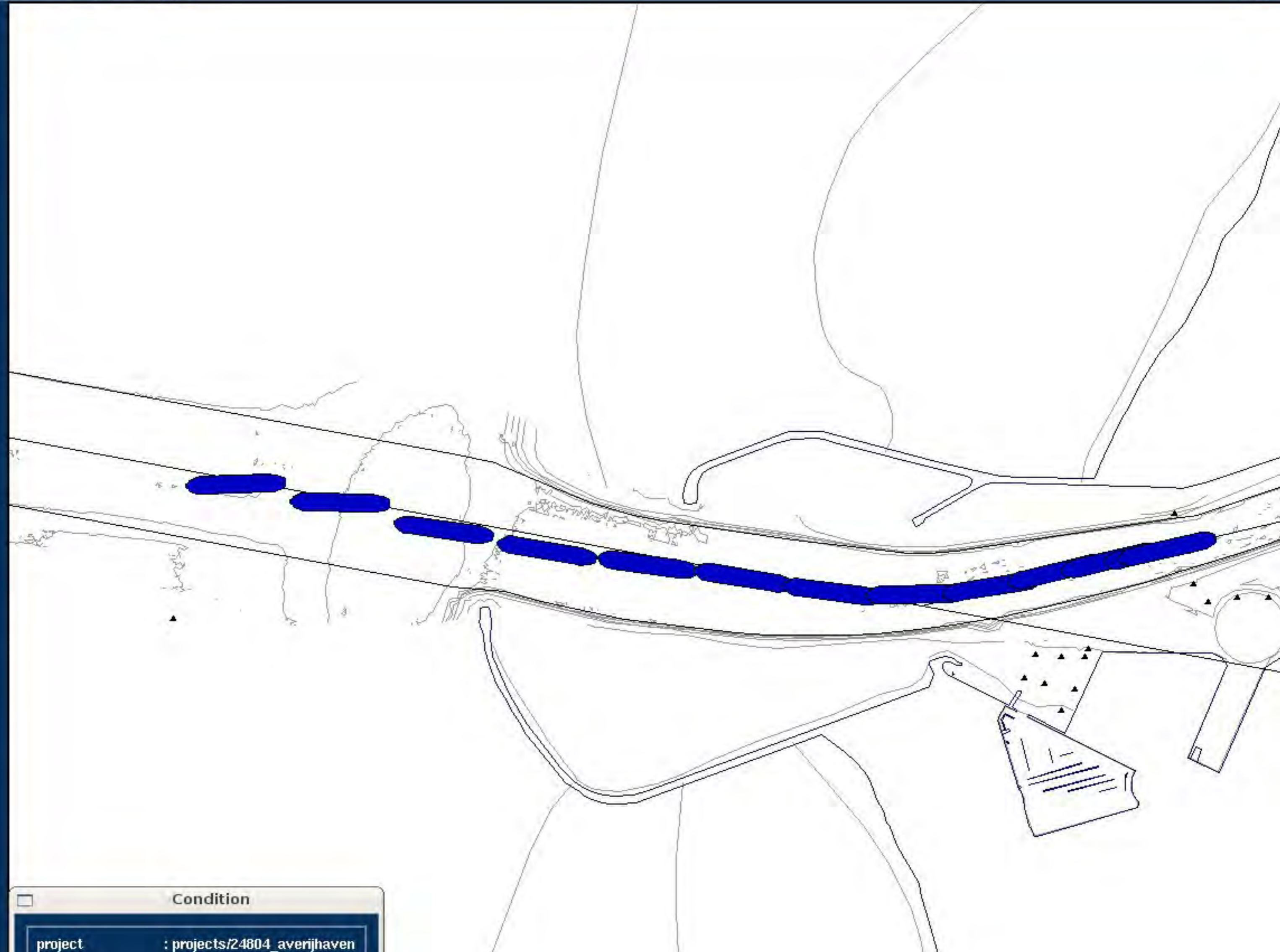

CPA/ TCPA

**Set Goal**

- ◆ Area
- ◆ Ship

**Scale**

1 : 14036



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_20_smal.cnd
number	: 50

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA


**Set Goal**

◆ Area

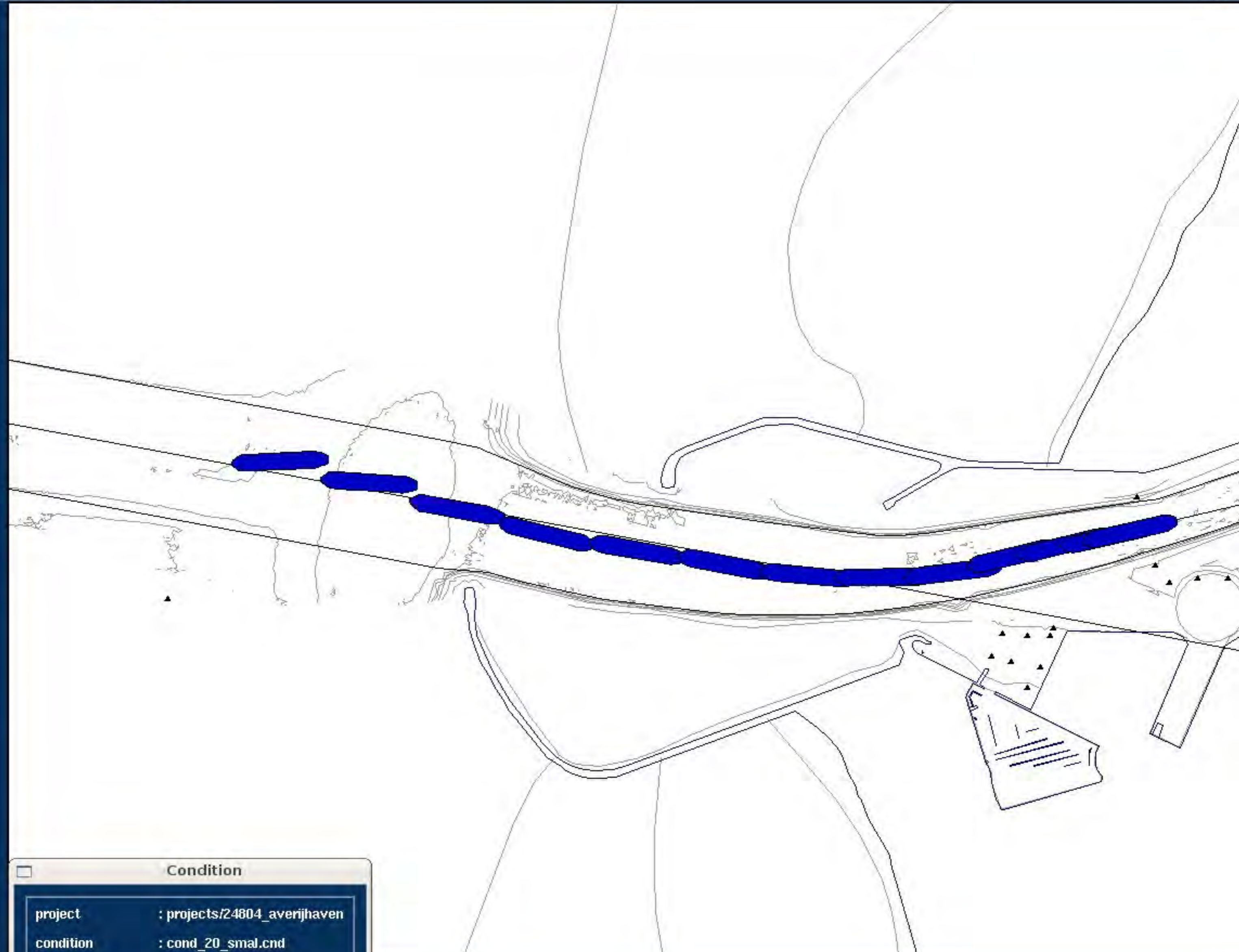
◇ Ship

**Scale**

1 : 14036



**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_20_smal.cnd
number	: 50

Zoom In

Zoom Out

Zoom To

Centre

Reset

Refresh

Bearing/ Distance

CPA/ TCPA


**Set Goal**

◆ Area

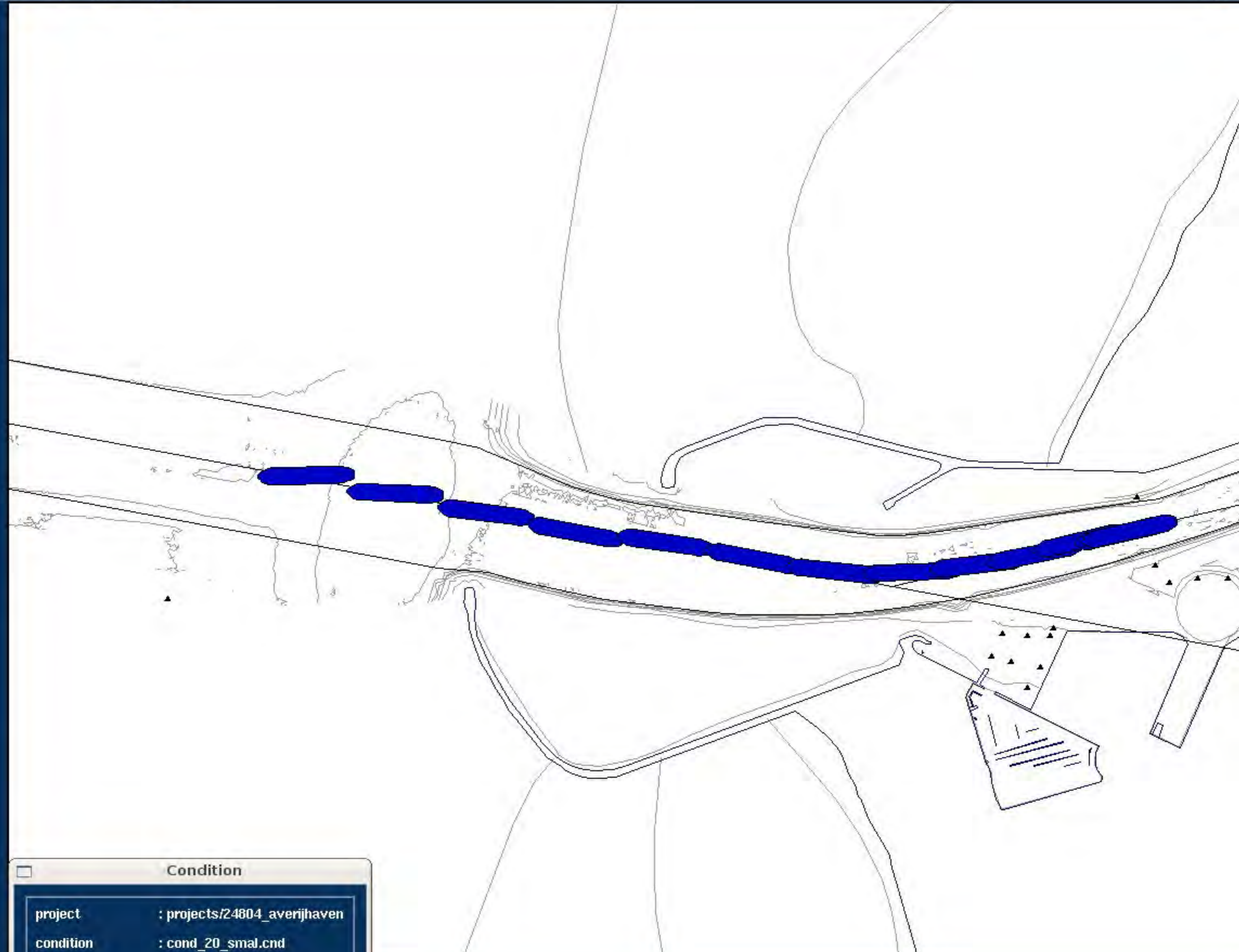
◆ Ship

**Scale**

1 : 14036

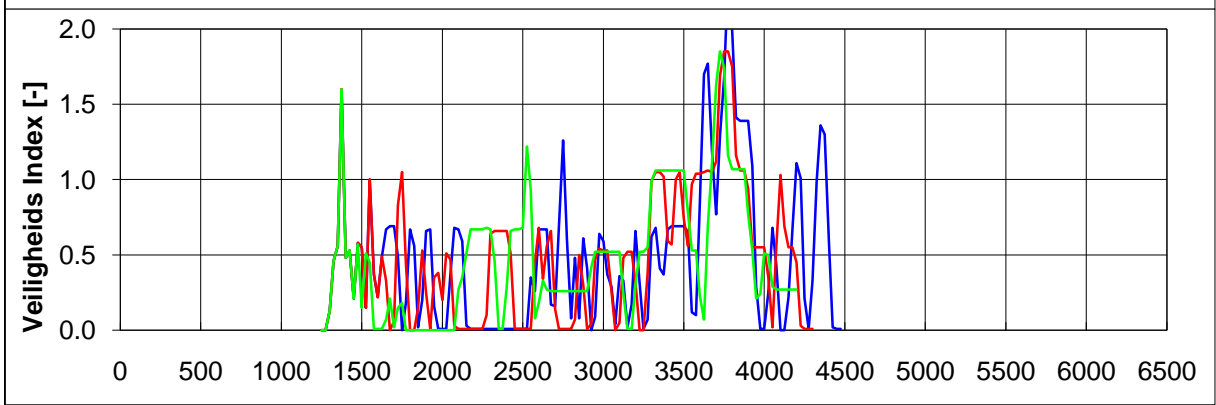
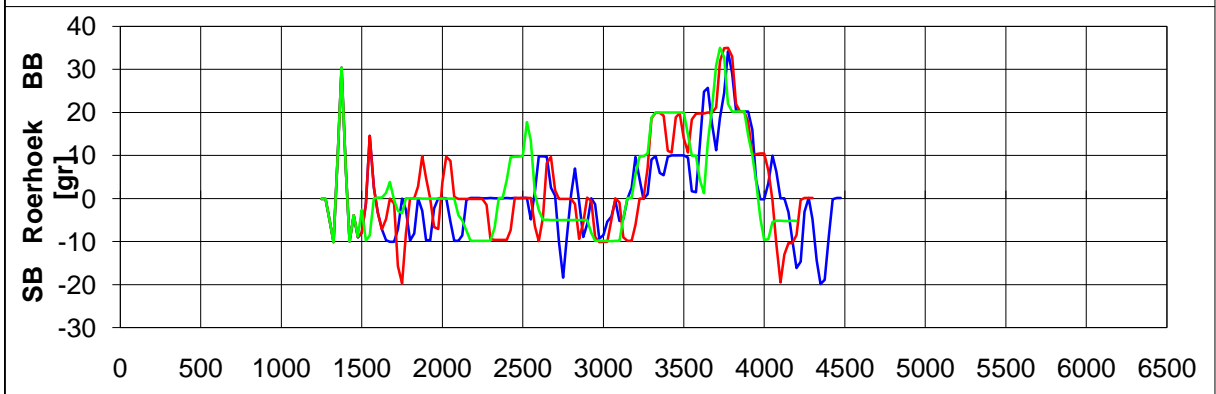
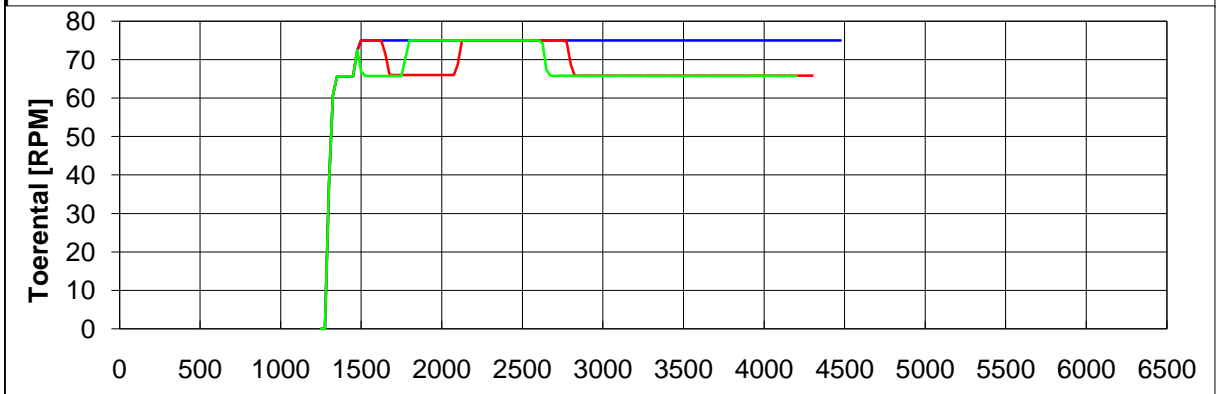
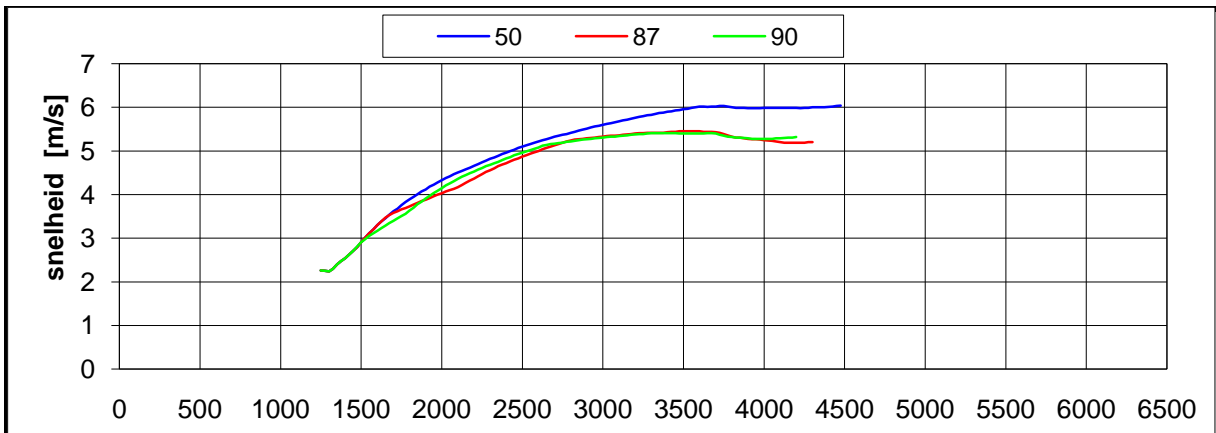


**MARIN**



**Condition**

project	: projects/24804_averijhaven
condition	: cond_20_smal.cnd
subnumber	: 50



Averijhaven, variant Versm., Geballaste bulkcarrier 340 m	Scenario: 20	
Wind: 0, NAP+ 0.7, Stroom: Zuidgaande stroom 2 kn	24804.600	
<b>MARIN's Nautical Centre MSCN</b>	Fig: 20.b	

**BIJLAGE 5      Memo downtime**

DHV B.V.

## **BIJLAGE 6      Hydraulica en morfologie lichten**

**NB. Deze bijlage zal na 16 september worden nageleverd, omdat deze op 16 september nog in concept-versie is.**