



Vlaanderen
is wetenschap

20_011.3
WL rapporten

Nautische optimalisatie CP Nieuwe Sluis Zeebrugge

Deelrapport 3
Passeercondities scheepvaart jachthaven in functie van scheepsgolven

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Nautische optimalisatie CP Nieuwe Sluis Zeebrugge

Deelrapport 3 – Passeercondities scheepvaart jachthaven in functie van scheepsgolven

Verwilligen, J.; Eloit, K.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2022
D/2022/3241/211

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Verwilligen, J.; Eloot, K. (2022). Nautische optimalisatie CP Nieuwe Sluis Zeebrugge: Deelrapport 3 – Passeercondities scheepvaart jachthaven in functie van scheepsgolven. Versie 4.0. WL Rapporten, 20_011_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	afdeling Maritieme Toegang	Ref.:	WL2022R20_011_3
Trefwoorden (3-5):	AIS, vaarsnelheden, simulaties, sleepboten, RoRo-ferris		
Kennisdomeinen:	Havens en vaarwegen > golfopwekking door schepen > Invloed op afgemeerde schepen > Ervaringsgegevens Havens en vaarwegen > Veiligheid > Risico-analyse > In situ metingen		
Tekst (p.):	23	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Verwilligen, J.
------------	-----------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Eloot, K.	Getekend door:Katrien Eloot (Signature) Getekend op:2023-01-03 11:30:52 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Katrien Eloot</i>
Projectleider:	Verwilligen, J.	Getekend door:Jeroen Verwilligen (Signat Getekend op:2023-01-03 11:38:51 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Jeroen Verwilligen</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sign Getekend op:2023-01-03 11:27:45 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Abdelkarim Bellafkih</i>
-----------------	---------------	---



Abstract

In het Complex Project Nieuwe Sluis Zeebrugge dient onder andere de impact van een nieuwe sluis op het ligcomfort en de toegankelijkheid van de jachthaven van Zeebrugge onderzocht te worden.

Hiertoe zal een onderzoek uitgevoerd worden naar de hinder van waterstandsschommelingen in de jachthaven onder invloed van zee-, wind- en scheepsgolven (IMDC, 2022). Voor de bepaling van scheepsgolven zijn aannames vereist over scheepstypes, vaartrajecten en vaarsnelheden.

Voorliggend document combineert historische gegevens (AIS) en resultaten uit vaarsimulaties om een prognose te maken over de vaarsnelheden van verschillende scheepstypes voor de op- en afvaart naar/van een nieuwe sluis op de locatie Visart.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Situering.....	1
2 Vaarsnelheden uit AIS-Analyse.....	3
2.1 Methode	3
2.1.1 Geografische filtering vaargebied Zeebrugge	3
2.1.2 Passagetijden.....	4
2.1.3 Trajecten tussen passages	4
2.1.4 Referentiebanen.....	6
2.1.5 Scheepsfilters.....	6
2.2 Resultaten.....	7
2.2.1 Sleepboten van en naar Vandammesluis	7
2.2.2 Sleepboten van en naar sleepboothaven Visart.....	10
2.2.3 Vaarsnelheden sleepboten.....	10
2.2.4 Gemiddeld schip (car-carrier) naar Vandammesluis	12
2.2.5 Car-carrier van het type Mark V	16
2.2.6 Car-carrier NSZ.....	18
2.2.7 Estuair binnenschip	19
3 Samenvatting en conclusie	21
4 Referenties	23

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Ontwerpschepen voor berekening scheepsgolven uit IMDC (2022)	1
Tabel 2 – AIS-vaarsnelheden in op- en afvaart voor verschillende scheepstypes op drie sluisafstanden	16

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzichtsplan Zeebrugge met indicatief ontwerp Visart voor Nieuwe Sluis Zeebrugge.....	2
Figuur 2 – Geografische filter AIS-gegevens Zeebrugge.....	3
Figuur 3 – Visualisatie passagelijnen toegepast in de studie (rood) met bijhorende benaming	4
Figuur 4 – Weergave van alle scheepvaart (5542 trajecten) gedefinieerd als opvaart naar Vandammesluis voor volledige periode.....	5
Figuur 5 – Weergave van alle scheepvaart gedefinieerd als opvaart naar Vandammesluis in December 2019	5
Figuur 6 – Weergave referentiebanen en baanafstanden voor trajecten onderzocht in de studie	6
Figuur 7 – AIS-snelheden van sleepboten tussen passagelijnen ZeebruggeOudeKop en Vandammesluis	8
Figuur 8 – Illustratie vaartraject door snelvarende sleepboot (id 2617) naar Vandammesluis (plotinterval 60 s)	9
Figuur 9 – Illustratie vaartraject door snelvarende sleepboot (id 2165) uit Vandammesluis (plotinterval 60 s)	9
Figuur 10 – AIS-snelheden van sleepboten tussen passagelijnen OchzAf en JachthavenOp.....	11
Figuur 11 – Illustratie vaartraject door snelvarende sleepboot (id 10567) uit sleepboothaven Visart (plotinterval 60 s)	12
Figuur 12 – AIS-snelheden van gemiddelde schepen tussen passagelijnen OudeKop en VandammesluisAf	14
Figuur 13 – Illustratie vaartraject door snelvarende car carrier (id 3479) uit Vandammesluis (plotinterval 60 s)	15
Figuur 14 – Benadering percentiel waarden AIS-snelheden Mark V door toepassing factor 0.9 op AIS-snelheden Gemiddeld Schip	16
Figuur 15 – AIS-snelheden van Mark-V car-carriers tussen passagelijnen OudeKop en VandammesluisAf...	17
Figuur 16 – Vaarsnelheid uitvarend ontwerpschip NSZ tijdens vaarsimulaties	19
Figuur 17 – Vaarsnelheid uitvarend ontwerpschip NSZ tijdens vaarsimulaties (Verwilligen & Eloot, 2022) vergeleken met gecorrigeerde (77%) 90%-percentiel AIS-snelheden voor sluisuitvaart Vandammesluis door een gemiddeld schip.....	19
Figuur 18 – AIS-snelheden van Estuaire binnenschepen tussen passagelijnen OudeKop en VandammesluisAf	20

1 Situering

Op vraag van de afdeling Maritieme Toegang (aMT) onderzoekt het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) de nautische optimalisatie van de voorkeurslocatie 'Visart' vastgelegd door de Vlaamse Regering voor Complex Project Nieuwe Sluis Zeebrugge (CP NSZ) (Vlaamse Overheid, 2019).

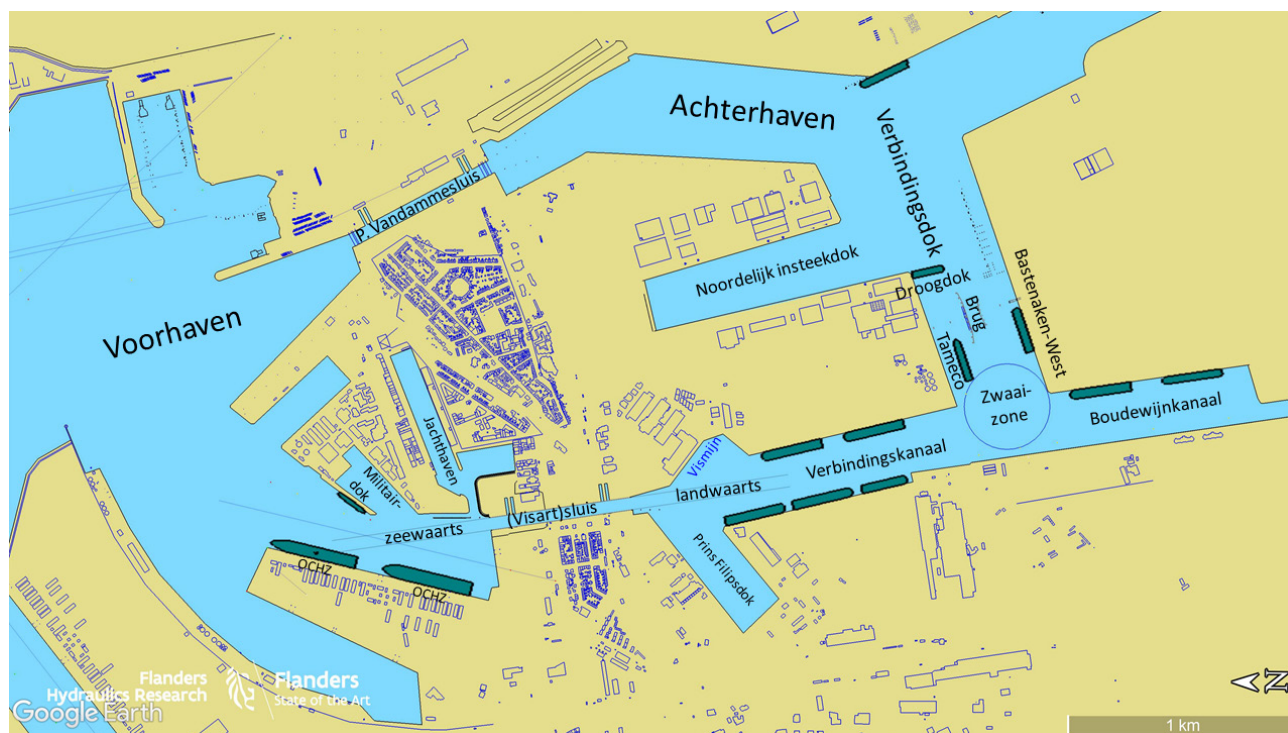
In de marge van dit simulatieonderzoek wordt WL ook gevraagd om advies te geven in verband met enkele andere nautische aspecten van het project. Eén daarvan betreft de hinder van passerende scheepvaart op de jachthaven afwaarts de sluis (zie Figuur 1).

In IMDC (2022) wordt een plan van aanpak aangeboden voor de berekening van golfhinder voor de jachthaven op basis van een SWASH-model. Behalve de invloed van zeegolven en windgolven zal in deze beoordeling ook de invloed van scheepsgolven onderzocht worden. De golftrein veroorzaakt door scheepspassages wordt door IMDC met een afzonderlijk model (XBeach) doorgerekend. Hierbij worden de ontwerpschepen gedefinieerd zoals weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 – Ontwerpschepen voor berekening scheepsgolven uit IMDC (2022)

Type schip	Dimensies		
	L [m]	B [m]	T [m]
RoRo car-carrier (gemiddeld)	200	32	9.3
Estuair binnenschip	110	17.1	4.5
Sleepboot	28	13	6
RoRo car-carrier (Mark V)	265	32.2	11
RoRo car-carrier (NSZ)	265	40	11

In voorliggend rapport heeft WL een statistische analyse uitgevoerd van de vaarsnelheden toegepast door bovenvermelde scheepstypes. De analyse is gebaseerd op AIS-gegevens voor in- en uitvaarten naar de Vandammesluis en voor de huidige passeersnelheden van sleepboten ter hoogte van de Visart-locatie. Voor het grootste studieschip werden de resultaten van vaarsimulaties uit Verwilligen & Eloot (2022) gebruikt.



Figuur 1 – Overzichtsplan Zeebrugge met indicatief ontwerp Visart voor Nieuwe Sluis Zeebrugge (Verwilligen & Eloit, 2022)

2 Vaarsnelheden uit AIS-Analyse

Een AIS-analyse werd uitgevoerd om de vaarsnelheden van verschillende scheepstypes te evalueren bij het naderen en verlaten van de Vandammesluis. Bovendien werden de vaarsnelheden geanalyseerd van sleepboten op de locatie Visart.

2.1 Methode

De AIS-gegevens voor de periode 01/10/2018 tot 01/01/2020 werden bekomen uit de Schelde Radar Keten (SRK) en werden verwerkt tot relevante gegevens op basis van de verwerkingssoftware van het WL.

Onderstaande processing werd toegepast:

1. filtering van de data binnen het vaargebied Zeebrugge;
2. berekening van passerende vaart op voorgedefinieerde passagelijnen;
3. filtering van trajecten tussen passagelijnen;
4. analyse vaarsnelheid scheepvaartverkeer per scheepstype.

2.1.1 Geografische filtering vaargebied Zeebrugge

In eerste instantie werden de AIS-gegevens gefilterd naar het havengebied van Zeebrugge. Hiervoor werd de geografische filter uit Figuur 2 toegepast.



Figuur 2 – Geografische filter AIS-gegevens Zeebrugge

2.1.2 Passagetijden

Voor alle AIS-trajecten bekomen uit de geografische filtering werd voor een selectie aan passagelijnen de passages verzameld. De passagelijnen waarvoor de scheepskruisingen onderzocht werden worden weergegeven in Figuur 3. Voor de voorliggende opdracht werden enkel de in rood weergegeven benoemde lijnen toegepast.



Figuur 3 – Visualisatie passagelijnen toegepast in de studie (rood) met bijhorende benaming

2.1.3 Trajecten tussen passages

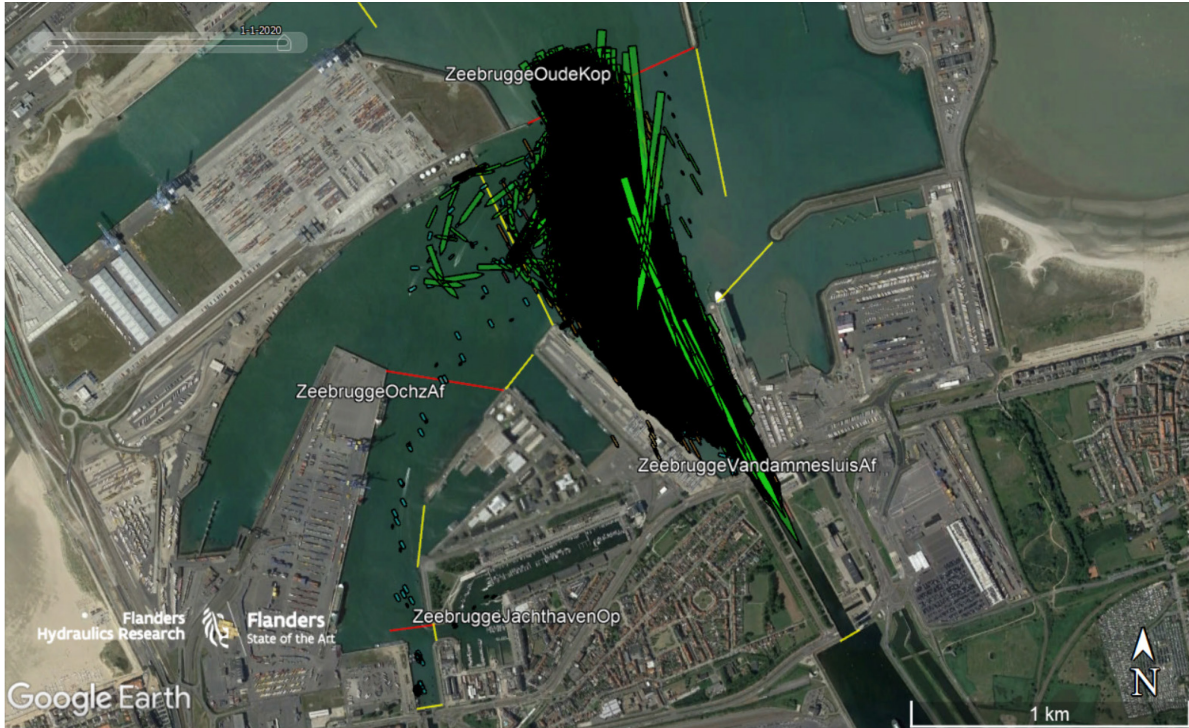
De trajecten welke binnen deze opdracht onderzocht werden zijn enerzijds op- en afvaarten naar de Vandammesluis en anderzijds op- en afvarende sleepboten naar de sleepboothaven te Visart. Om de scheepvaart op deze trajecten in beeld te brengen werd gebruik gemaakt van schepen die binnen 30 minuten onderstaande passagelijnen kruisten:

- Opvaart naar Vandammesluis
 - ZeebruggeOudeKop naar ZeebruggeVandammesluisAf
- Afvaart uit Vandammesluis
 - ZeebruggeVandammesluisAf naar ZeebruggeOudeKop
- Opvaart naar sleepboothaven Visart
 - ZeebruggeOchzAf naar ZeebruggeJachthavenOp
- Afvaart van sleepboothaven Visart
 - ZeebruggeJachthavenOp naar ZeebruggeOchzAf

Als voorbeelden worden voor de volledige periode (zie Figuur 4) en voor een representatieve maand (zie Figuur 5) alle scheepvaart weergegeven die minder dan 30 minuten na de passage van ZeebruggeOudeKop ook ZeebruggeVandammesluisAf passeerde (opvaart naar Vandammesluis). Het betroffen 5542 trajecten voor de volledige periode. Het overgrote merendeel van deze trajecten verliep rechtstreeks tussen de twee passagelijnen. Toch kan opgemerkt dat voor kleinere scheepstypes het traject in belangrijke mate kan afwijken van de verwachte vaarlijn naar de sluis. De schepen met afwijkende trajecten worden meegenomen in de analyse en de vaarsnelheden van de schepen over de grond worden langsheen het vaartraject bepaald.

De afwijkende ligging van de vaartrajecten hebben geen impact op de statistische waarden die aangeleverd worden in dit rapport.

Bij de berekening van schepstrajecten tussen passagelijnen werden de positiegegevens van de schepen bovendien gerefereerd naar het midden van het schip.



Figuur 4 – Weergave van alle scheepvaart (5542 trajecten) gedefinieerd als opvaart naar Vandammesluis voor volledige periode



Figuur 5 – Weergave van alle scheepvaart gedefinieerd als opvaart naar Vandammesluis in December 2019

2.1.4 Referentiebanen

Om de vaarsnelheden te kunnen uitdrukken in functie van de afstand tot het sluishoofd, werden er twee referentietrajecten gedefinieerd ten opzichte waarvan de resultaten weergegeven zullen worden. De referentietrajecten en de bijhorende baanafstanden worden grafisch weergegeven in Figuur 6 en werden gedefinieerd overeenkomstig de verwachte aanlooptrajecten van en naar respectievelijk de Vandammesluis en de Visartsluis uit CP NSZ. Voor het traject naar de Nieuwe Sluis Zeebrugge stemt de referentiebaan overeen met de symmetrieas van de Visartsluis enerzijds en de lichtenlijn van de voorhaven (zoals voorgesteld in Verwilligen & Eloot (2022)) verbonden door een boogstraal (990 m). Voor de Vandammesluis wordt een rechte aanloop parallel aan de oostelijke kaai van de toegangseul toegepast.

De baanafstanden langsheen de referentiebanen werden gerefereerd ten opzichte van de afwaartse frontmuur van de sluis (Vandammesluis respectievelijk de zuidelijke variant van NSZ).



Figuur 6 – Weergave referentiebanen en baanafstanden voor trajecten onderzocht in de studie

2.1.5 Scheepsfilters

De scheepsklassen waarvoor de vaarsnelheden geanalyseerd dienen te worden, worden weergegeven in Tabel 1. Om de AIS-gegevens te beperken tot deze scheepsklassen werden onderstaande filters toegepast:

1. Sleepboten:
 - a. AIS-scheepstype = 52 (Tug)
 - b. Lengte \geq 25 m
2. Estuair binnenschip:
 - a. Lengte = 110 m
 - b. Breedte = 17 m
3. Car-carrier gemiddeld
 - a. Lengte [170 m; 230 m]
4. Car-carrier Mark V
 - a. Lengte $>$ 230 m

Er werd gecontroleerd of de ingestelde filters daadwerkelijk overeenstemden met de bedoelde scheepsklassen. Met uitzondering van de gemiddelde car-carrier bleek dit inderdaad het geval. Voor de car-carrier met gemiddelde afmetingen is er immers de complexiteit dat de AIS-gegevens geen onderscheid maken tussen verschillende sloopstypes (met uitzondering van tankers) en er bijgevolg geen onderscheid gemaakt kan worden tussen car-carriers en bijvoorbeeld bulkvaart. Het valt dus niet uit te sluiten dat in de sloopfilter voor *Car-carrier gemiddeld* ook andere sloopstypes opgenomen werden¹. Dit wordt aanvaardbaar geacht aangezien voorliggende analyse focust op de bovengrens van de vaarsnelheden, en er aangenomen kan worden dat deze door car-carriers gerealiseerd wordt.

2.2 Resultaten

2.2.1 Sloopboten van en naar Vandammesluis

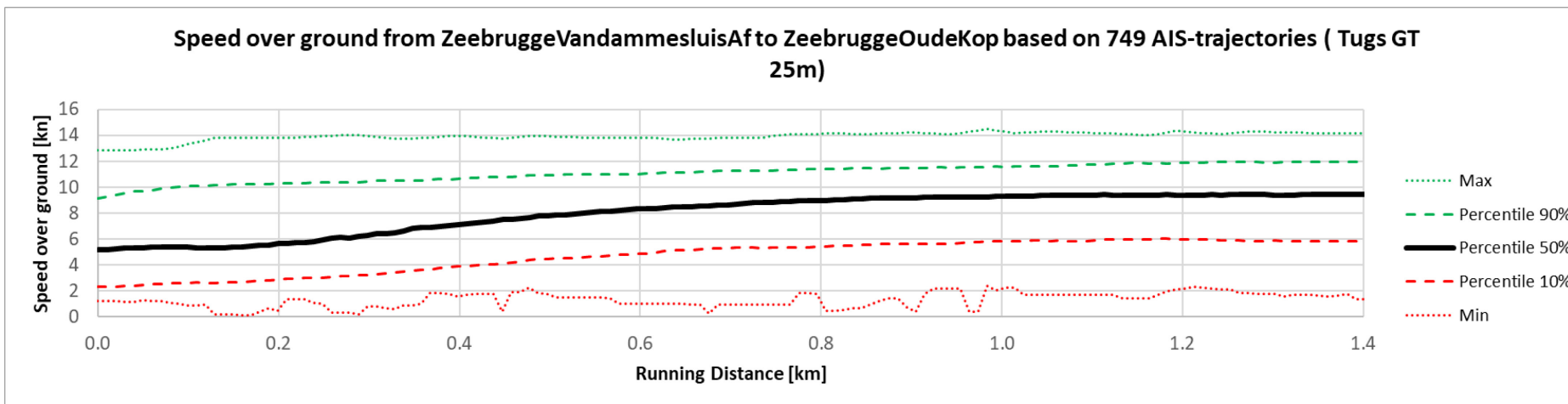
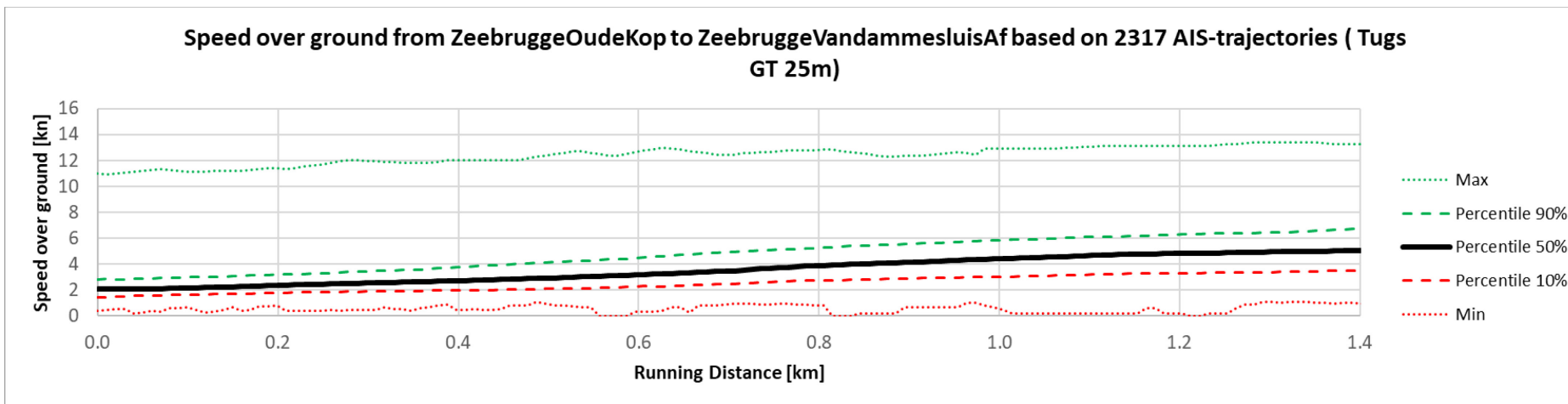
In eerste instantie worden de snelheden van sloopboten van en naar de Vandammesluis bekeken. De vaarsnelheid van sloopboten wordt vanzelfsprekend in belangrijke mate bepaald doordat zij al dan niet een zeeschip assisteren bij het sluismanoeuvre. In dat geval volgen de sloopboten de (relatief lage) snelheid van het zeeschip. Een vrijvarende sloopboot daarentegen zal hogere snelheden hanteren.

De resultaten van vaarsnelheden toegepast door sloopboten tussen de passagelijnen OudeKop en VandammesluisAf worden weergegeven in Figuur 7. Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit niet het totale aantal sluisaanlopen door sloopboten bevat. De sluis kan immers ook via andere routes dan via OudeKop genaderd of verlaten worden.

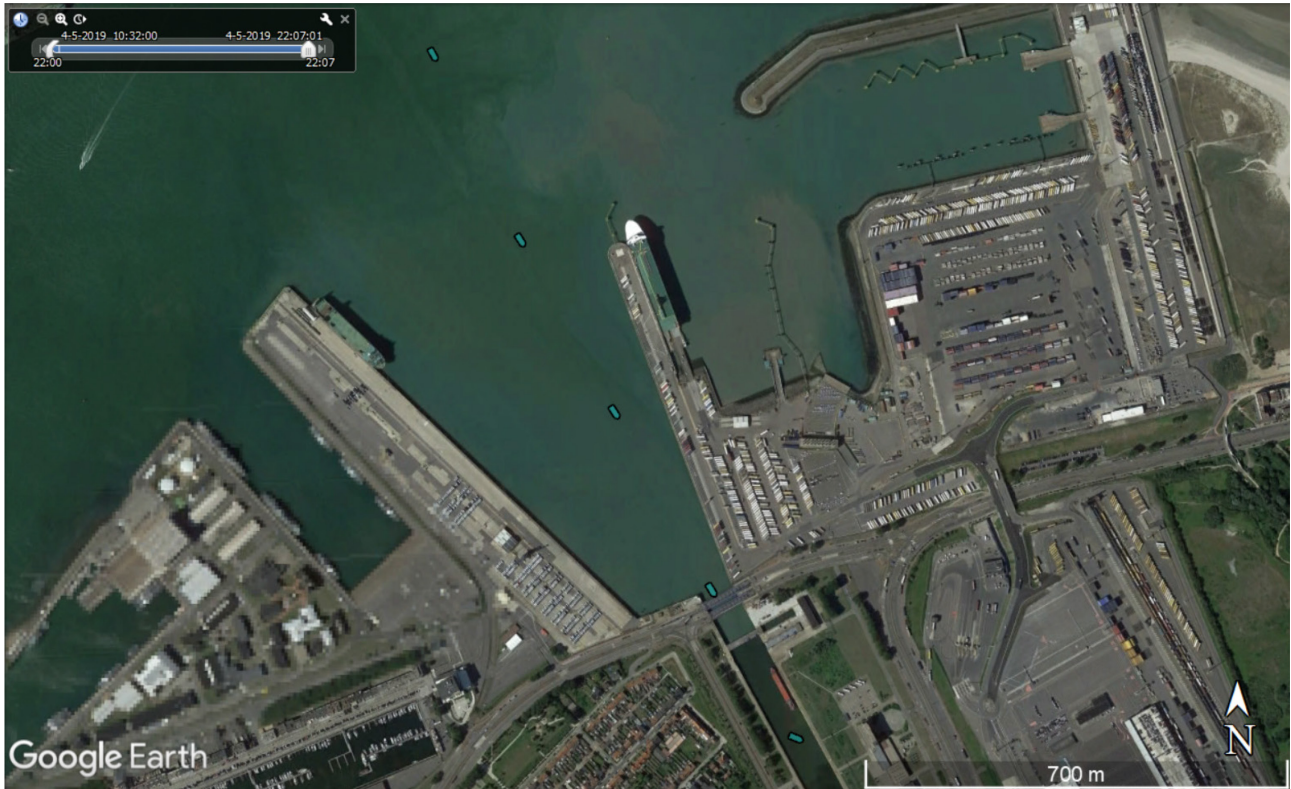
Een opvallend verschil kan waargenomen worden voor de resultaten bij sluisinvaart en sluisuitvaart. Het overgrote deel van de opvaart (tot 90% op een totale dataset van 2317 passages) vertoont lage vaarsnelheden welke overeenstemmen met de snelheden van de zeeschepen die de sloopboten begeleiden. Wanneer een sloopboot de sluis nadert vanuit de positie OudeKop, dan zal deze in het merendeel van de gevallen immers een zeeschip assisteren. In een beperkt aantal gevallen wordt het opvarende traject afgelegd door een vrijvarende sloopboot waarbij de vaarsnelheid over het volledige traject 12 kn (tot maximaal 13.5 kn) kan bedragen.

Sloopboten die het omgekeerde traject afleggen vertonen een veel grotere spreiding. Hierbij heeft 10% van de sloopboten een vaarsnelheid hoger dan 10 kn wanneer deze zich op 100 m van de sluis bevinden. Bovendien nemen de snelheden nog verder toe naarmate de sloopboten verder van de sluis weg varen. Zo hebben op een afstand van de sluis gelijk aan 1.2 km, 10% van de sloopboten een vaarsnelheid gelijk aan 12 kn of meer. De maxima vertonen gelijkaardige waarden als voor de opvaart (een kleine verhoging doordat er een groter aandeel aan vrijvarende sloopboten aanwezig is bij afvaart), waarbij voor afvaart een maximale vaarsnelheid gelijk aan 14 kn blijkt voor de sloopboten.

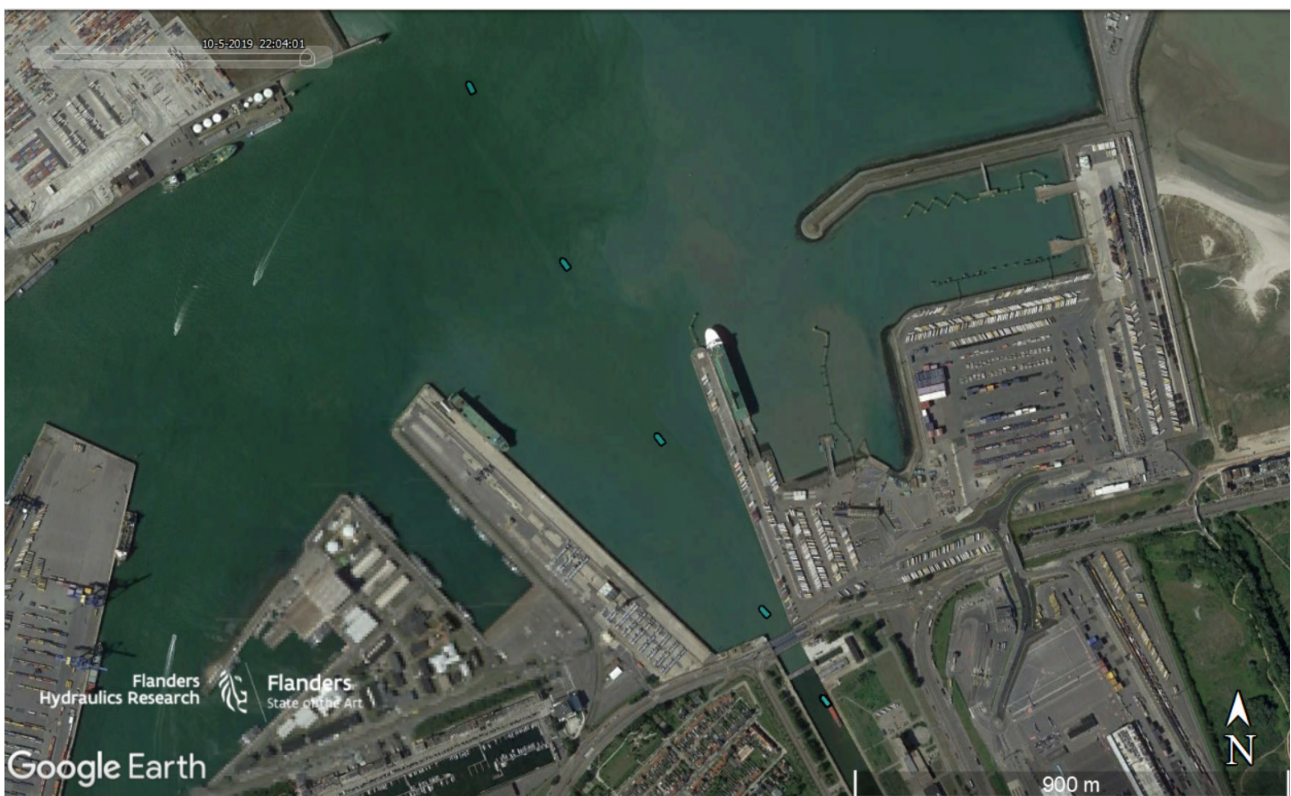
¹ De mogelijkheid bestaat om de AIS-gegevens te verrijken met gegevens uit andere databases zoals de sloopdatabank IVS (Informatie Verstrekking Systeem) van de GNA (Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit). Door de beperkte meerwaarde voor voorliggende analyse werd deze inspanning niet gedaan.



Figuur 7 – AIS-snelheden van sleepboten tussen passagelijnen ZeebruggeOudeKop en Vandammesluis



Figuur 8 – Illustratie vaartraject door snelvarende sleepboot (id 2617) naar Vandammesluis (plotinterval 60 s)



Figuur 9 – Illustratie vaartraject door snelvarende sleepboot (id 2165) uit Vandammesluis (plotinterval 60 s)

2.2.2 Sleepboten van en naar sleepboothaven Visart

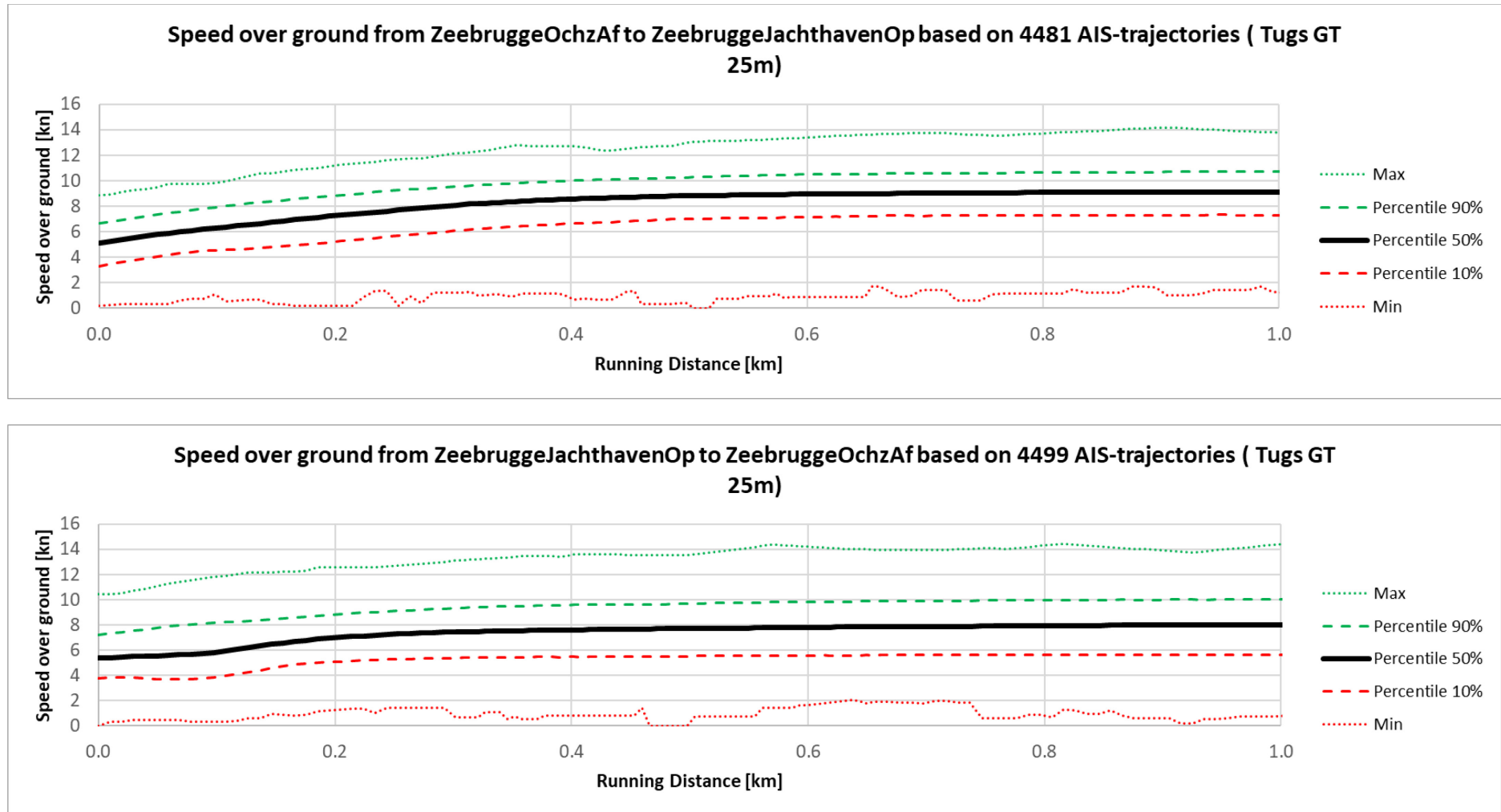
Doordat de sleepboothaven zich ter hoogte van de locatie Visart bevindt, passeren er ook op vandaag reeds regelmatig sleepboten langsheen de jachthaven. Er kan aangenomen worden dat deze sleepboten op vandaag allemaal vrijvaren. In Figuur 10 worden de vaarsnelheden van de sleepboten op dit traject weergegeven. In de onderzochte periode werden er 4481 opvaarten en 4499 afvaarten geïdentificeerd. De snelheden gehanteerd voor op- of afvaart naar de sleepboothaven zijn gelijkaardig met gemiddeld iets hogere snelheden gehanteerd door de opvaart. Ook hier blijkt dat de maximale vaarsnelheden tot 14 kn kunnen bedragen. Toch blijkt meer dan 90% van de sleepboten de vaarsnelheid te beperken tot maximaal 10.5 kn.

De huidige maximale vaarsnelheden ter hoogte van de huidige monding van de jachthaven (baanafstand 0.03 km) bedragen tot 10.5 kn. Een afvarend vaartraject waarvoor deze snelheid toegepast werd, wordt weergegeven in Figuur 11.

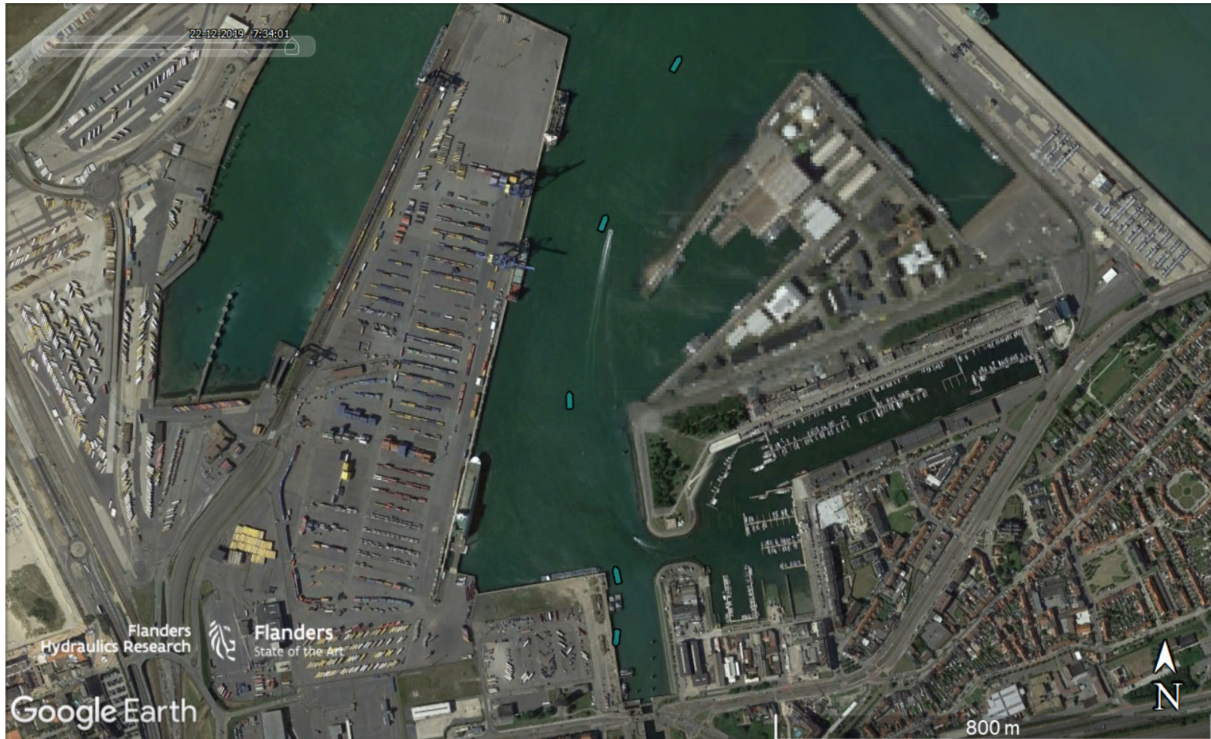
2.2.3 Vaarsnelheden sleepboten

Samenvattend kan gesteld worden dat de vaarsnelheid van sleepboten een grote variatie vertoont, maar dat op de verschillende onderzochte trajecten er verschillende voorbeelden terug te vinden zijn waarbij de sleepboten aan een vaarsnelheid gelijk aan 14 kn varen. Toch blijven dergelijke hoge vaarsnelheden eerder uitzonderlijk (maar zonder snelheidsbeperkingen dus niet onmogelijk). Wanneer uitgegaan wordt van de 10% snelste sleepboottrajecten, dan blijken deze ter hoogte van Visart maximaal aan 10.5 kn te varen (in afvaart tot 10.0 kn). Opvallend hierbij is dat uitvarende sleepboten uit de Vandammesluis, ondanks dat een deel van deze sleepboten niet vrijvarend is, toch hogere vaarsnelheden hanteren. Voor dit traject is de snelheid die door de 10% snelste sleepboten (dit zijn wel allen vrijvarende sleepboten) gehanteerd werd gelijk aan 11 tot 12 kn wanneer de sleepboot zich op 600 m of meer van de sluis bevindt. De lagere vaarsnelheden ter hoogte van het militair dok doen vermoeden dat de sleepboten op het traject Visart de snelheid beperken om de hinder voor de andere vaarweggebruikers te beperken.

Voor de berekening van scheepsgolven door sleepboten uit de Visartsluis kan een maximale vaarsnelheid gelijk aan 14 kn gehanteerd worden. Uit de resultaten voor de Vandammesluis, blijkt dat deze snelheid tot op korte afstand van de sluis gerealiseerd kan worden. Er wordt echter aangeraden om de scheepsgolven door sleepboten ook bij een lagere snelheid te evalueren. Rekening houdend met de resultaten naar beide bestemmingen wordt hiervoor een vaarsnelheid gelijk aan 11 kn voorgesteld.



Figuur 10 – AIS-snelheden van sleepboten tussen passagelijnen OchzAf en JachthavenOp



Figuur 11 – Illustratie vaartraject door snelvarende sleepboot (id 10567) uit sleepboothaven Visart (plotinterval 60 s)

2.2.4 Gemiddeld schip (car-carrier) naar Vandammesluis

Een gemiddeld schip wordt in deze studie gedefinieerd als een schip met lengte tussen 170 m en 230 m. Er kan aangenomen worden dat het merendeel van deze schepen van en naar de Vandammesluis ook de passagelijns OudeKop zal passeren en dat aldus de resultaten uit de AIS-analyse de volledige vloot aan sluisinvaarten (1124) en sluisuitvaarten (1141) bestrijkt.

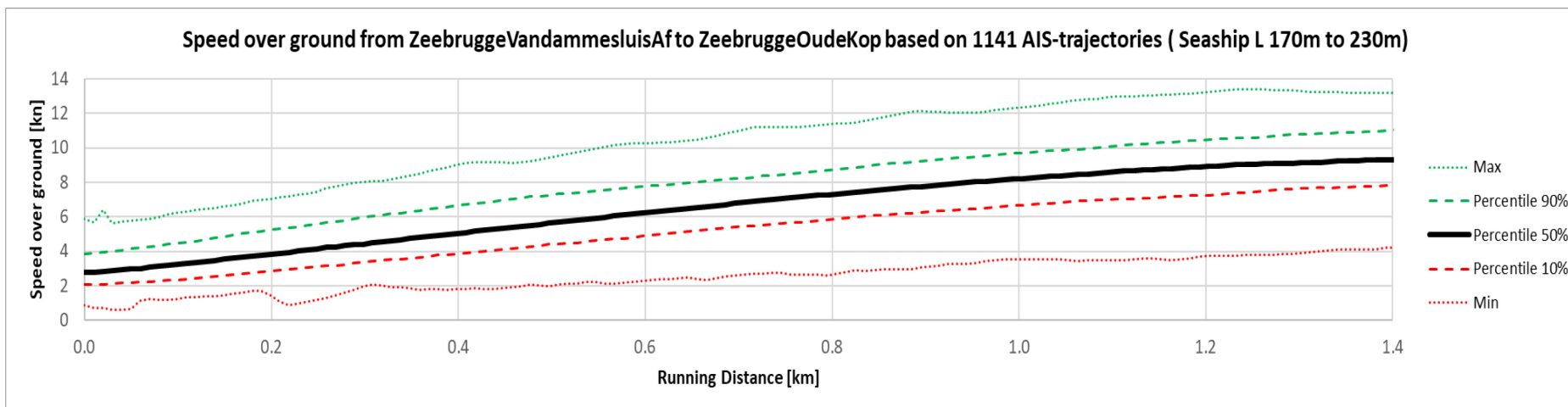
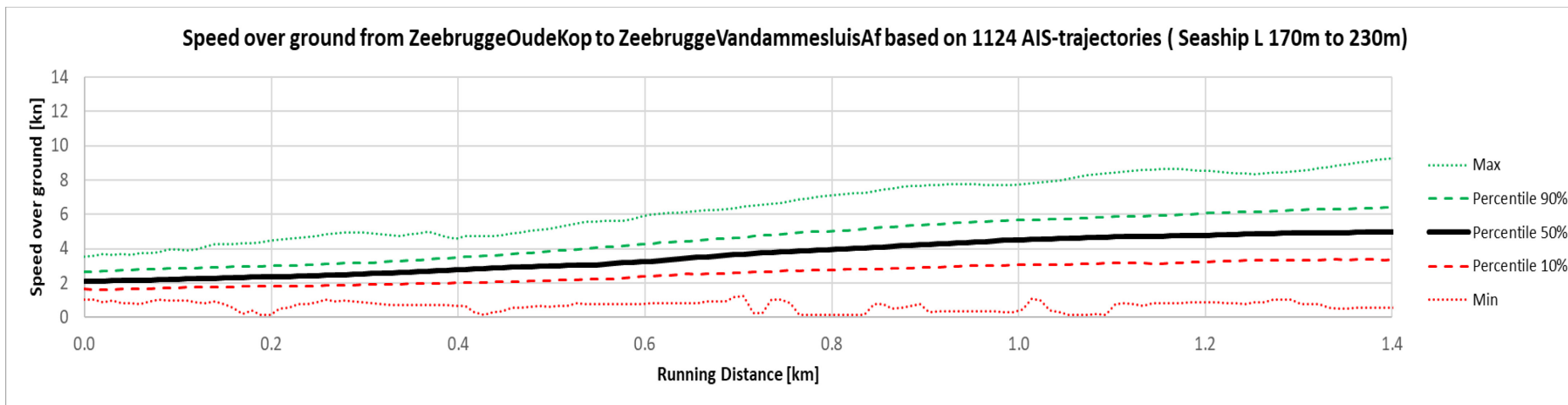
De resultaten worden weergegeven in Figuur 12. Opnieuw kan een relatief groot verschil in vaarsnelheden waargenomen worden voor de sluisinvaarten en de sluisuitvaarten. Tijdens de sluisnadering wordt het schip gepositioneerd naar de sluis aan een relatief lage snelheid en wordt de snelheid stelselmatig opgebouwd om met aanvaardbare snelheid de sluis in te varen. Bij sluisuitvaart zijn er weinig snelheidsbeperkingen op het ogenblik dat het schip de sluis verlaat (enkele de eventuele aanwezigheid van een achterste sleepboot kan in dit geval een begrenzing vormen voor de snelheidsopbouw). Bijgevolg zal een afvarend schip een relatief vlotte snelheidsopbouw realiseren. Voor zowel op- als afvaart, en in tegenstelling tot de resultaten voor sleepboten, blijken de vaarsnelheden nu wel in belangrijke mate beïnvloed door de afstand tot de sluis.

Voor sluisinvaart geldt dat in de laatste 1.0 km tot de sluis (de afstand relevant voor de toegangseul tot de jachthaven in NSZ) meer dan 90% van de schepen een vaarsnelheid lager dan 6 kn zal hanteren. De maximale snelheid die door een schip toegepast wordt, bedraagt op dit deel van het traject minder dan 8 kn. Deze snelheden nemen verder af tot respectievelijk 2.5 en 3.5 kn bij het bereiken van de sluis. Er kan aangenomen worden dat voor de aanloop naar NSZ gelijkaardige tot lagere vaarsnelheden (door de bocht in de aanloop naar de vaargeul) zullen gelden. De resultaten voor de Vandammesluis kunnen dus toegepast worden op de Visartsluis (met verschillende terugkeerperiodes).

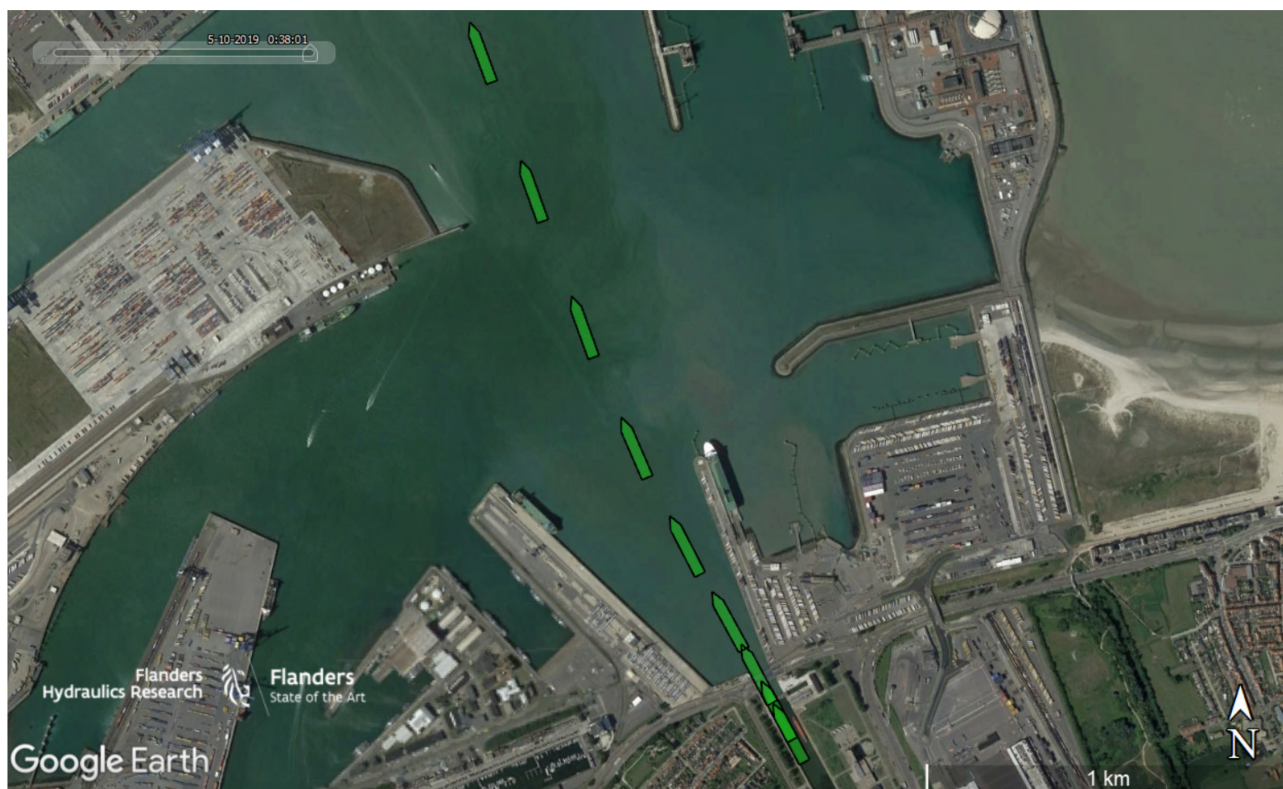
In afvaart treden merkelijk hogere vaarsnelheden op. De 90%-percentiel van de uitvaarsnelheden bedraagt 4 kn ter hoogte van de sluis en neemt stelselmatig toe tot 10 kn op 1 km afwaarts de kolk. Er blijkt bovendien een belangrijke spreiding aanwezig op de snelheden van afvarende schepen uit de sluis. Uitzonderlijk (1 op 1000) blijken op 1.0 km van de sluis vaarsnelheden tot 12.3 kn opgebouwd te worden. In Figuur 13 wordt het

traject van het snelst varende schip (op 1 km van de sluis) weergegeven, het betrof een autoschip met lengte 181 m en breedte 32 m.

Zowel voor op- als afvaart kan aangenomen worden dat de spreiding van vaarsnelheden in functie van de afstand tot de sluis zoals weergegeven in Figuur 12 ook een realistische aanname betreft voor de gemiddelde car-carrier naar NSZ.



Figuur 12 – AIS-snelheden van gemiddelde schepen tussen passagelijnen OudeKop en VandammesluisAf



Figuur 13 – Illustratie vaartraject door snelvarende car carrier (id 3479) uit Vandammesluis (plotinterval 60 s)

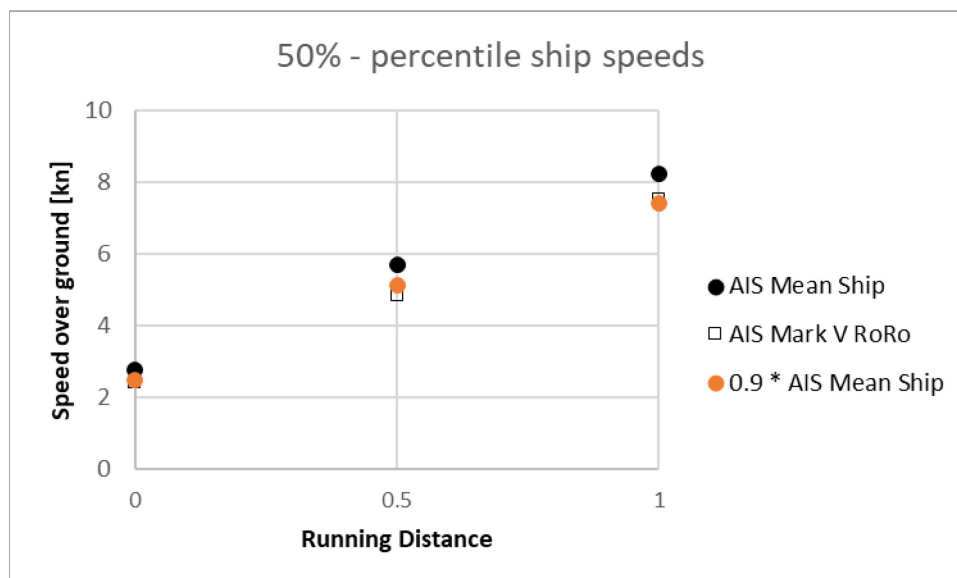
2.2.5 Car-carrier van het type Mark V

Door de AIS-schepen te filteren naar scheeps lengtes groter dan 250 m, worden er zowel in opvaart als afvaart 15 sluispassages bekomen voor car-carriers van het type Mark V (265m x 32m). Deze eerder beperkte dataset laat geen uitgebreide statistische analyse naar terugkeerperiodes toe. Wel kunnen er percentielwaarden (10%; 50% en 90%) berekend worden.

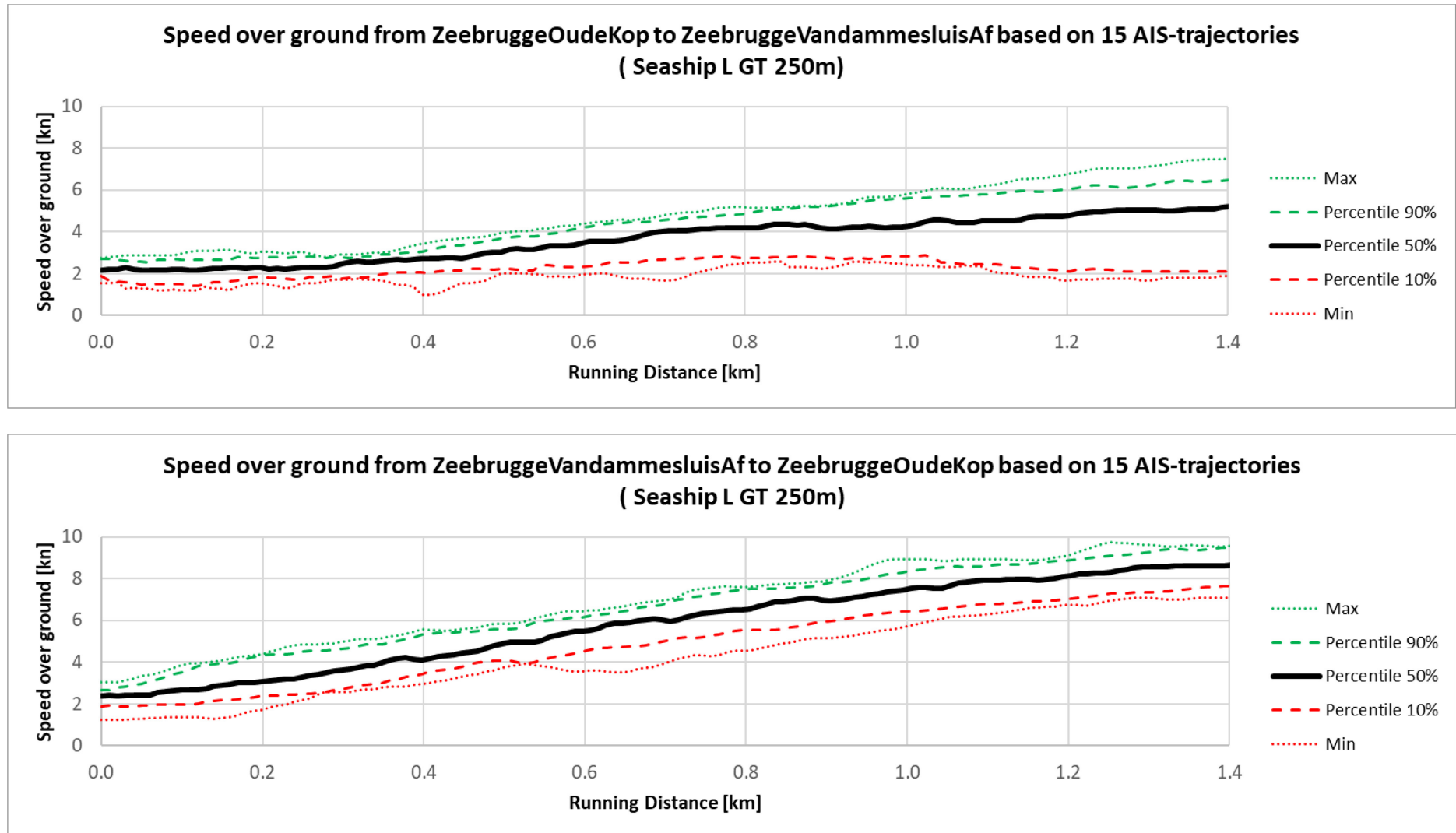
De resultaten van de AIS-analyse worden weergegeven in Figuur 15. Net als voor de gemiddelde zeevaart, blijkt er een belangrijk verschil in vaarsnelheden tussen de opvaart (sluisinvaart) en de afvaart (sluisuitvaart). In Tabel 2 wordt een vergelijking gemaakt tussen de verschillende vaartrajecten, scheepstypes en percentielwaarden. Op basis van deze tabel wordt aangeraden om voor de opvaart dezelfde snelheidsprofielen te hanteren voor de Mark V schepen als voor de gemiddelde schepen uit §2.2.4. Voor de afvaart wordt op basis van de 50%-percentiel een correctiefactor gelijk aan 90% voorgesteld ten opzichte van de statistische waarden uit §2.2.4 (zie Figuur 14).

Tabel 2 – AIS-vaarsnelheden in op- en afvaart voor verschillende scheepstypes op drie sluisafstanden

	Afstand tot sluis [km]	Opvaart			Afvaart		
		Percentiel			Percentiel		
		10%	50%	90%	10%	50%	90%
Gemiddeld schip	0	1.65	2.09	2.64	2.07	2.76	3.86
	0.5	2.19	3.01	3.88	4.45	5.71	7.33
	1	3.05	4.53	5.66	6.68	8.23	9.72
Mark V Car Carrier	0	1.87	2.16	2.71	1.9	2.4	2.64
	0.5	2.21	3.04	3.67	4.09	4.85	5.57
	1	2.83	4.23	5.59	6.44	7.51	8.35



Figuur 14 – Benadering percentiel waarden AIS-snelheden Mark V door toepassing factor 0.9 op AIS-snelheden Gemiddeld Schip



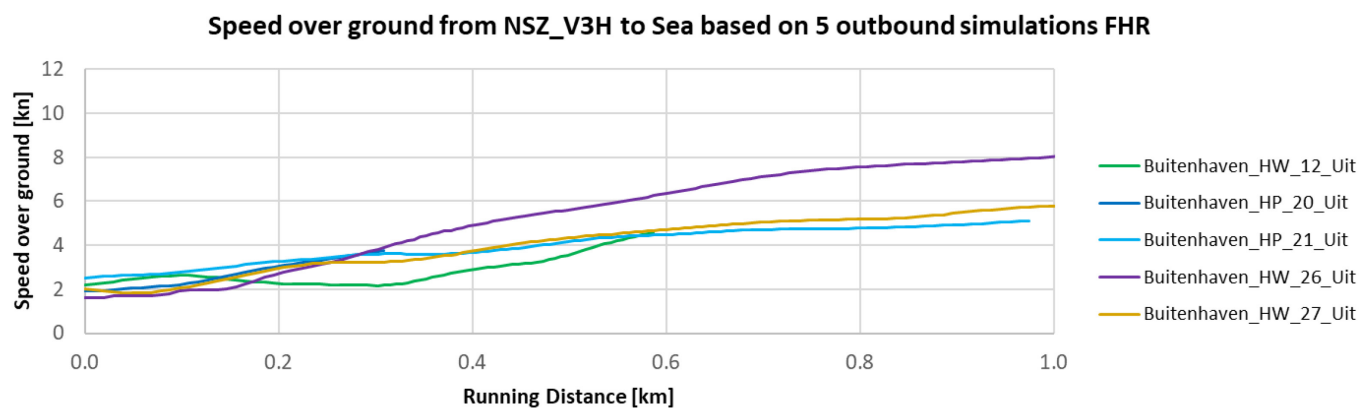
Figuur 15 – AIS-snelheden van Mark-V car-carriers tussen passagelijnen OudeKop en VandammesluisAf

2.2.6 Car-carrier NSZ

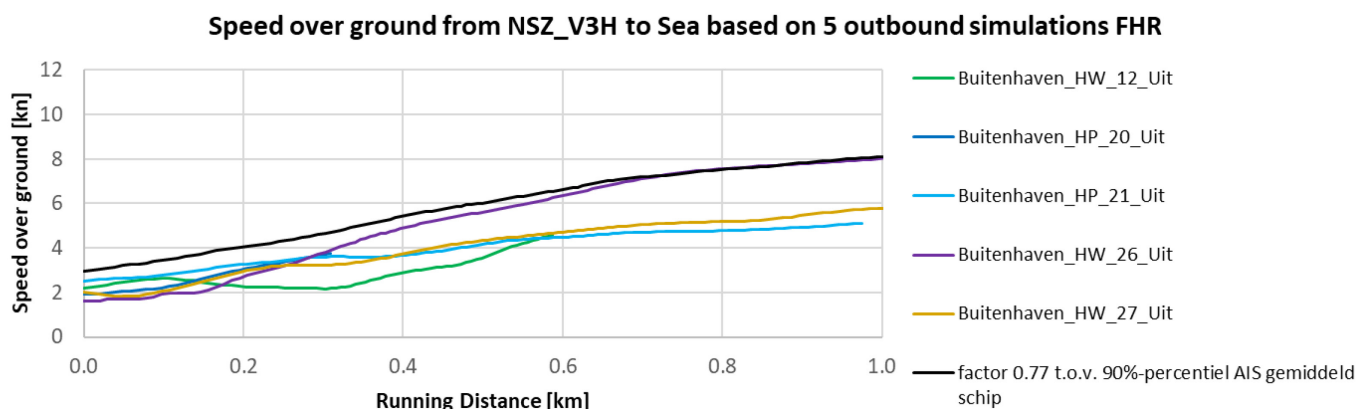
Aangezien de car-carrier van het type NSZ (265 m x 40 m) voornamelijk een fictief ontwerpschip betreft kan voor deze schepen niet teruggevallen worden op een AIS-analyse. In Verwilligen & Eloot (2022) werden er echter vijf sluisuitvaarten gesimuleerd met het ontwerpschip van CP NSZ welke eveneens verwerkt kunnen worden ten opzichte van de referentiebaan naar de Visartsluis (zie Figuur 16). Hierbij blijkt één van de sluisuitvaarten (simulatie 26) gepaard te gaan met een opvallend hoge snelheid. Dit was te wijten aan een ongunstige uitgangspositie bij het verlaten van de sluis, waarbij er getracht werd om de positie te herstellen zonder gebruik te maken van de sleepboten. Na uitvoering van de simulatie werd opgemerkt dat de sleepboten bij sluisuitvaart door het ontwerpschip van CP NSZ langer vastgehouden dienen te worden opdat de vaarsnelheden in de toegangsgoed onder controle gehouden kunnen worden. Er werd na afloop van deze simulatie gesteld dat voor het ontwerpschip van CP NSZ de vaarsnelheden in de toegangsgoed in normale omstandigheden beperkt zouden blijven tot 6 kn.

Het aantal beschikbare simulaties laat geen statistische analyse toe. Men zou kunnen aannemen dat de snelheden op 0.7 km van de sluis zoals gehanteerd in simulatie 26 gepaard gaan met een uitzonderlijk hoog snelheidsprofiel voor het ontwerpschip voor CP NSZ. Om dit hoge snelheidsprofiel door te trekken tot aan de sluis wordt op de 90%-percentiel van de AIS-vaarsnelheden voor een gemiddeld schip een factor 0.77 toegepast (zie Figuur 17). Er wordt aangeraden om het zwarte snelheidsprofiel uit Figuur 17 toe te passen als hoog snelheidsprofiel voor het ontwerpschip van CP NSZ. Tijdens de simulatievaarten (Verwilligen & Eloot, 2022) werd opgemerkt dat, indien dit noodzakelijk blijkt voor de omgeving, dan vanuit nautisch oogpunt een snelheidslimiet gelijk aan 6 kn realistisch geacht werd voor het ontwerpschip van CP NSZ. Het hoge snelheidsverloop wordt aangenomen overeen te stemmen met sluisuitvaarten zonder beperkingen opgelegd door de omgeving.

Om de impact van een mogelijke snelheidsbeperkingen in rekening te brengen wordt bovendien aangeraden om ook de impact van een beperkt snelheidsprofiel door te rekenen. Hierbij wordt de vaarsnelheid in de voorhaven beperkt tot 6 kn. Dit wordt gerealiseerd door in het hoge snelheidsprofiel de snelheden te beperken tot 6 kn.



Figuur 16 – Vaarsnelheid uitvarend ontwerpschip NSZ tijdens vaarsimulaties (Verwilligen & Eloot, 2022)

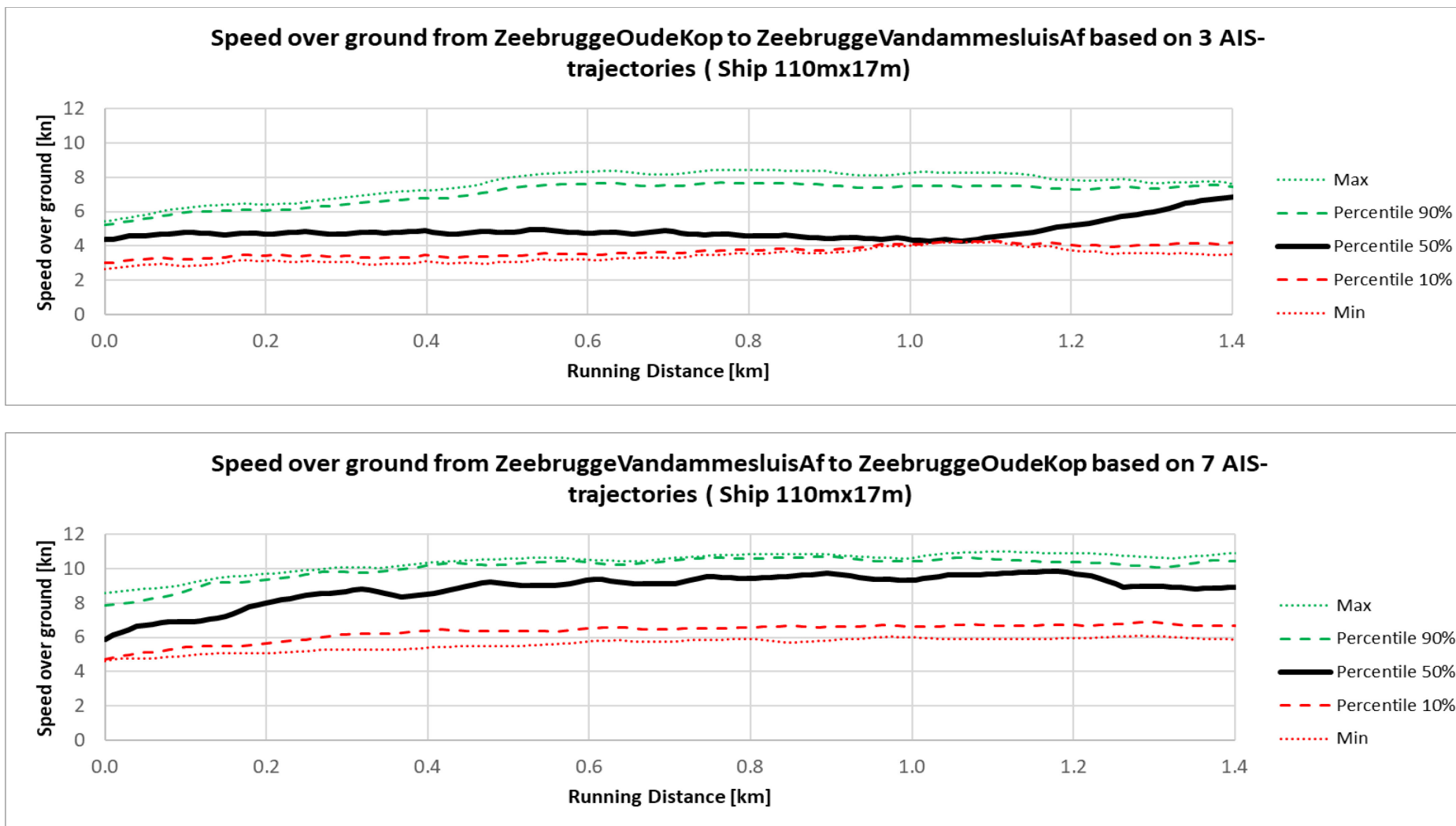


Figuur 17 – Vaarsnelheid uitvarend ontwerpschip NSZ tijdens vaarsimulaties (Verwilligen & Eloot, 2022) vergeleken met gecorrigeerde (77%) 90%-percentiel AIS-snelheden voor sluisuitvaart Vandammesluis door een gemiddeld schip.

2.2.7 Estuair binnenschip

Hoewel estuaire binnenschepen frequent de haven van Zeebrugge aanlopen, gaan deze reizen slechts uitzonderlijk gepaard met een versassing door de Vandammesluis. In combinatie met een passage van de lijn OudeKop werden er slechts drie sluisinvaarten en zeven sluisuitvaarten geregistreerd. Doordat eerder al bleek dat sluisuitvaarten gepaard gaan met belangrijk hogere vaarsnelheden en dus maatgevend zijn voor het optreden van scheepsgolven in de omgeving worden hier enkel de resultaten voor de zeven afvaarten besproken.

Uit Figuur 18 blijkt dat de vaarsnelheid van binnenschepen reeds op korte afstand van de sluis een relatief hoge waarde kan bereiken. Voor de 7 afvaarten uit de Vandammesluis blijkt binnen het onderzocht gebied een maximale vaarsnelheid gelijk aan 11 kn gehanteerd te worden. Op basis van de beperkte resultaten wordt een snelheidsprofiel voorgesteld van 9 kn bij het uitvaren van de sluis tot 11 kn op een afstand 400 m van de sluis.



Figuur 18 – AIS-snelheden van Estuaire binnenschepen tussen passagelijnen OudeKop en VandammesluisAf

3 Samenvatting en conclusie

Op basis van een AIS-analyse voor de periode 01/10/2018 tot 01/01/2020 (15 maanden) werd informatie verzameld voor de vaarsnelheden bij sluismanoeuvres naar de Pierre Vandammesluis door verschillende ontwerpschepen die toegepast zullen worden in een numeriek model voor scheepsgolven (IMDC, 2022). In deze analyse wordt aangenomen dat de vaarsnelheden naar de Pierre Vandammesluis een goede maatstaf zijn voor de vaarsnelheden naar de Nieuwe Sluis Zeebrugge (NSZ). Dit is een beperkt conservatieve waarde aangezien de sluismanoeuvres naar NSZ bemoeilijkt worden door een bochtmanoeuvre in de toegangseul, waardoor er beperkt lagere vaarsnelheden verwacht kunnen worden.

Aangezien de vaarsnelheden geëvalueerd dienden te worden ten opzichte van de afstand tot de sluis werd de scheepvaart van en naar de Pierre Vandammesluis geïdentificeerd als scheepvaart die tussen de sluis en de passagelijne OudeKop voer. Deze aanname is geldig voor zeevaart. Voor sleepboten en binnenschepen bleek echter dat de trajecten uit de sluis ook vaak gepaard gaan met andere trajecten/bestemmingen naar de haven. Voor deze schepen bevat de geanalyseerde dataset niet alle sluismanoeuvres.

Bijkomend werden ook de vaarsnelheden onderzocht van sleepboten op de locatie Visart. Op heden bevindt zich op de voorkeursligging van NSZ de sleepboothaven. Bijgevolg passeren er op vandaag reeds regelmatig sleepboten langsheen de toegang tot de jachthaven en het militair dok (er werden in totaal bijna 9000 trajecten van sleepboten (>25 m) van of naar Visart geïdentificeerd). De vaarsnelheden op dit traject werden gerapporteerd ten opzichte van de afstand tot het benedenhoofd van de zuidelijke Visartvariant van NSZ. De huidige monding van de jachthaven bevindt zich 30 m zuidelijker.

Tot slot werden voor het ontwerpschip voor CP NSZ ook vaarsnelheden gerapporteerd uit de vaarsimulaties uit Verwilligen & Eloot (2022).

Om de AIS-gegevens te herleiden naar de ontwerpschepen uit IMDC (2022) werd een filtering toegepast zoals beschreven in §2.1.5. Hierbij dient opgemerkt dat de scheepsklasse gemiddelde car-carrier niet enkel schepen van het type car-carrier bevatte, maar alle schepen die een gelijkaardige scheepslengte (± 30 m) hadden.

Voor de sleepboten bleek een belangrijke spreiding op de vaarsnelheden waarneembaar. Wanneer gefocust wordt op de maximale vaarsnelheden dan blijken er slechts beperkte verschillen waarneembaar tussen de vaarsnelheden toegepast bij sluisinvaart en sluisuitvaart. Zowel voor de bestemming Vandammesluis als voor de bestemming Visart bleek in de onderzochte periode (15 maanden) een vaarsnelheid tot 14 kn gerealiseerd te worden. Dergelijke hoge vaarsnelheden zijn echter uitzonderlijk. Wanneer op de vaarsnelheden voor afvarende sleepboten de 90% percentiel beschouwd wordt, dan blijken de bijhorende snelheden uit de Vandammesluis hoger te liggen dan uit de Visartsluis. Dit doet vermoeden dat de sleepboten bij het varen langsheen de jachthaven en het militair dok de snelheid beperken om hinder te vermijden. Er wordt aangeraden om de scheepsgolven door sleepboten te evalueren bij twee snelheden en voor zowel op- als afvaart (totaal vier scenario's). De snelheden kunnen overeenstemmen met een uitzonderlijke (stel terugkeerperiode 1 jaar) snelheid (14 kn) en met een snelheid overeenkomstig een realistische snelheidsbeperking (11 kn).

Voor gemiddelde zeeschepen naar de Vandammesluis werd een erg ruime set aan sluismanoeuvres bekomen (ca. 1100 vaarttrajecten in beide richtingen). Deze ruime dataset laat toe om statistische gegevens te verzamelen waarvan in het rapport enkel de maxima, minima, mediaan, 10%-percentiel en de 90%-percentiel aangeboden worden. Voor zeeschepen treden de grootste vaarsnelheden op bij de sluisuitvaart. Bovendien vertonen de vaarsnelheden bij sluisuitvaart een geleidelijke opbouw van aan de sluis en een erg grote onderlinge variatie. Zo varieert de vaarsnelheid door sluisuitvaart op 500 m van de sluis tussen 2.1 kn (minimum) en 9.5 kn (maximum) waarbij op basis van een voorbeeld aangetoond werd dat de grootste snelheden inderdaad door de bedoelde car-carriers toegepast werden. De afvarende dataset voor

gemiddelde zeeschepen laat toe om voor verschillende terugkeerperiodes een maximale vaarsnelheid te definiëren. Het komt de Werkgroep Jachthaven en Toeganggeul van NSZ toe om de gewenste terugkeerperiode/frequentie te bepalen waarvoor de berekeningen uitgevoerd dienen te worden.

Voor car-carriers van het type Mark V is er slechts een beperktere dataset (15 sluisuitvaarten) beschikbaar. Op basis van de gegevens wordt voorgesteld om de snelheden voor dit scheepstype te definiëren op basis van een vermenigvuldigingsfactor 0.9 ten opzichte de resultaten voor afvarende gemiddelde schepen.

Voor car-carriers van het type NSZ zijn er geen AIS-gegevens beschikbaar aangezien dit schip op vandaag nog niet naar Zeebrugge komt. Op basis van Verwilligen & Eloot (2022) wordt een hoog snelheidsprofiel (0.77 maal het 90% snelheidsprofiel van de AIS-gegevens voor het gemiddeld schip) en een beperkt snelheidsprofiel (het hoge snelheidsprofiel maar beperkt tot 6 kn) gedefinieerd. Er wordt aangeraden om minimaal het hoog snelheidsprofiel door te rekenen. Indien een beperking van de vaarsnelheid tot 6 kn relevant is voor de hinder in de jachthaven, dan kan ook het beperkte snelheidsprofiel doorgerekend worden voor het ontwerpschip van CP NSZ.

Uit de AIS-analyse kon slechts een beperkte dataset voor afvarende estuaire binnenschepen uit de Pierre Vandammesluis (7) gehaald worden. Deze gegevens laten geen statistische analyse toe, maar tonen wel de relatief hoge vaarsnelheden die door deze schepen toegepast worden op relatief korte afstand tot de sluis. Er wordt voorgesteld om voor deze schepen de grootste vaarsnelheden te hanteren die aangeboden worden op basis van de 7 afvaarten.

4 Referenties

IMDC. (2022). Optimalisatie haventoeegang jachthaven - Aannames en methodologie, versie 3.0

Verwilligen, J.; Eloit, K. (2022). Nautische optimalisatie CP Nieuwe Sluis Zeebrugge - Deelrapport 4 – Simulatiestudie Zuidelijke Verschuiving 2021-2022. versie 2.0. *WL Rapporten, 20_011_4*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Vlaamse Overheid. (2019). Besluit van de Vlaamse Regering houdende de definitieve vaststelling van het voorkeursbesluit betreffende het complexe project 'Verbetering van de nautische toegankelijkheid tot de haven van Zeebrugge'. Belgisch Staatsblad

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be