

Vlaanderen
is wetenschap

21_077_1
WL rapporten

Nautisch onderzoek toegankelijkheid Schaar van Valkenisse

Nautische beoordeling 2012-2022

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Nautisch onderzoek toegankelijkheid Schaar van Valkenisse

Nautische beoordeling 2012-2022

Verwilligen, J.; Eloot, K.

Waterbouwkundig Laboratorium
Vlaanderen is wetenschap

Cover figuur © Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium

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 2025
D/2025/3241/131

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Verwilligen, J.; Eloot, K. (2025). Nautisch onderzoek toegankelijkheid Schaar van Valkenisse: Nautische beoordeling 2012-2022. Versie 4.0. WL Rapporten, 21_077_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Vlaams Nederlandse Scheldecommissie (VNSC)	Ref.:	WL2025R21_077_1
Trefwoorden (3-5):	AIS, toegankelijkheid, binnenvaart, nevengeul, zeevaart, Schaar Van Valkenisse, Westerschelde		
Kennisdomeinen:	Havens en vaarwegen > Veiligheid > Risico-analyse > Numerieke berekeningen		
Tekst (p.):	224	Bijlagen (p.):	13
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Verwilligen, J.

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Eloot, K.	Getekend door:Eloot Katrien Eliane Getekend op:2025-04-09 15:06:46 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed Eloot Katrien Vlaamse overheid
Projectleider:	Verwilligen, J.	Getekend door:Jeroen Verwilligen (Signat Getekend op:2025-04-09 15:20:41 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed Verwilligen Jeroen Vlaamse overheid

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sign Getekend op:2025-04-09 15:06:15 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed Bellafkih Abdelkarim Vlaamse overheid

Abstract

Door een sterke morfologische dynamiek en een voortschrijdende verondieping van de opwaartse aansluiting op het hoofdvaarwater, kent de nevengeul Schaar van Valkenisse sinds 2018 een belangrijke verminderende nautische toegankelijkheid die in mei 2023 resulteerde in de sluiting van de nevengeul voor binnenvaart.

Het *Waterbouwkundig Laboratorium* (WL) voerde een nautische beoordeling uit voor het vaargebied tussen Bath en Hansweert waarbij verschillende toegankelijkheidsniveaus van de nevengeul Schaar van Valkenisse onderzocht werden. Deze toegankelijkheidsniveaus werden gedefinieerd in overeenstemming met de historische condities van het studiegebied tijdens de periode 2012 en 2022 en rekening houdend met verschillende morfologische condities of operationele beheersmaatregelen.

De beoordeling werd gebaseerd op een analyse van AIS-gegevens in combinatie met de geldende omgevingscondities (signalisatie, bathymetrie, stroming en tij). Bovendien werd een analyse uitgevoerd van de gerapporteerde incidenten in het studiegebied en de relatie tot de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse.

De uitgevoerde analyse diende als basis voor de beoordeling van het globale veiligheidsniveau van het studiegebied voor verschillende toegankelijkheidsniveaus van de Schaar van Valkenisse. Hoewel de nevengeulen als belangrijkste functie hebben om de kleine vaart te scheiden van de zeevaart, bleek deze meerwaarde niet steeds op te wegen tegen de nadelen verbonden aan het gebruik van de nevengeul waarvan de kruisingen van het hoofdvaarwater door opvarende binnenvaart uit de Schaar van Valkenisse als het belangrijkste risico geïdentificeerd werden. De beoordeling van het globale veiligheidsniveau werd afgetoetst met de stakeholders op een workshop georganiseerd op het Waterbouwkundig Laboratorium in september 2024.

Langs het volledige traject van de Westerschelde werd een analyse uitgevoerd van de gemiddelde passeerafstand bij ontmoetingen tussen zeevaart. Op basis hiervan werd de bocht van Bath (en meer bepaald het gebied tussen boeien 75 en 75A) geïdentificeerd als het belangrijkste knelpunt langs de Westerschelde (mede op basis van de kleine bochtstraal die gepaard gaat met deze zone). De toegankelijkheid van de Schaar van de Noord (als nevengeul voor de Bocht van Bath) werd dan ook geïdentificeerd als een voorwaarde voor de nautische veiligheid op de Westerschelde.

Binnen de uitgevoerde studie werd bovendien door de *afdeling Schepen en Mariene Technologie* (*Universiteit Gent*) een methodologie ontwikkeld voor geautomatiseerde routebepaling doorheen het vaargebied. Deze methodologie toonde aan dat voor het jaar 2022 het potentiële gebruik van de Schaar van Valkenisse door afvarende binnenvaart hoger was dan het effectieve gebruik van de nevengeul.

Inhoudstafel

Abstract III
Inhoudstafel V
Lijst van de tabellen IX
Lijst van de figuren X
1 Situering 1
1.1 Schaar van Valkenisse 1
1.2 Morfologie 1
1.3 Nautische gevolgen 3
1.4 Opdrachtverlening WL/UGent 3
1.5 Rapportinhoud 4
2 AIS-analyse 5
2.1 Datalevering SRK 5
2.2 Verwerking 6
2.2.1 AIS-messages 7
2.2.2 Scheepsinformatie 7
2.2.3 Dynamische scheepsgegevens 7
2.2.4 Ontvangen AIS-posities per rastervak 8
2.2.5 Heatmaps 9
2.2.6 Trajecten tussen Hansweert en Bath 15
2.2.7 Trajecten tussen Baalhoek en Ballastplaat 16
2.2.8 Koppeling schepen met externe databases 17
2.2.9 Evolutie van vaarparameters langs referentie-as 21
2.2.10 Boogstralen langs de referentie-as van de hoofdvaargeul 23
2.2.11 Positie van de schepen in de vaarweg 26
2.2.12 Vlootverdeling over dwarstransect HVW 28
2.2.13 Ontmoetingen tussen schepen 30
2.2.14 Waterstanden 30
2.2.15 Stroming 31
2.2.16 Vaarsnelheden 32
2.2.17 Bodemdieptes, waterdieptes en kielspelingen 32
2.3 Resultaten heatmaps 33
3 Analyse signalisatie 37

3.1 Brongegevens ... 37
3.2 Selectie van relevante kaarten ... 37
3.3 Exporteren van boeigegevens ... 39
3.4 Structuren van boeigegevens per kaart ... 39
3.5 Identificatie van verleggingen/updates ... 40
3.6 Animatie van boeicondities in KMZ ... 41
3.7 Overzicht van updates ... 43
4 Bathymetrie ... 47
4.1 Basismesh ... 47
4.2 Peilingen studiegebied ... 50
4.2.1 Verwerkingen peilingen tot basismesh ... 50
4.2.2 Historische bodemconditie ... 50
4.3 Morfologische evoluties in het projectgebied ... 51
4.3.1 Morfologische evoluties in het projectgebied ... 51
4.3.2 Beschikbare vaarwegdiepte en vaarwegbreedte nevengeul ... 54
4.3.3 Statistische waarden van de dieptes langs AIS-trajecten ... 66
5 Analyse globaal scheepvaartverkeer ... 72
5.1 Totale scheepsaanbod in het studiegebied ... 72
5.2 Gebruik van de Schaar van Valkenisse ... 74
5.3 Maandelijks gebruik van de Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord ... 79
5.4 Breedte vaarwegpad Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord ... 81
5.5 Gebruik van fietspaden ... 83
5.5.1 Fietspad Walsoorden ... 83
5.5.2 Fietspad Valkenisse ... 87
5.5.3 Fietspad Baalhoek ... 88
5.6 Ontmoetingen in de hoofdvaargeul ... 89
5.6.1 Aantal ontmoetingen te Valkenisse ... 90
5.6.2 Aantal ontmoetingen te Bath ... 94
5.6.3 Gemiddelde passeerafstand van schepen te Valkenisse ... 96
5.6.4 Gemiddelde passeerafstand van schepen te Bath ... 103
5.6.5 Ontmoetingen zeevaart Westerschelde ... 106
6 Analyse van incidenten ... 118
6.1 Selectie van relevante incidenten ... 119
6.2 Analyse van de geselecteerde incidenten ... 121
6.3 Aanvaringen ... 121
6.3.1 Aanvaringen tussen zeevaart en zeevaart ... 123

6.3.2 Aanvaringen tussen zeevaart en binnenvaart 125
6.3.3 Aanvaringen zonder zeevaart 127
6.3.4 Samenvatting 128
6.4 Near-misses 128
6.4.1 Bocht van Walsoorden 131
6.4.2 Hoofdvaargeul tussen Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord 134
6.5 Hinder 138
6.6 Strandingen 142
6.7 Golfslag 152
6.7.1 Golfslag te haven Walsoorden 154
6.7.2 Evolutie van incidenten golfslag te Valkenisse 167
6.7.3 Hinderlijke golfslag voor binnenvaart door zeevaart 174
6.8 Aanvaring van boeien 184
7 Risicobepaling condities (Workshop 09/2024) 186
7.1 Workshop 13/09/2024 186
7.2 Risicobepaling cases 187
7.2.1 Kruisend verkeer door opvaart uit SvV 187
7.2.2 Kruisend verkeer door afvaart uit SvN 189
7.2.3 Interactie tussen opvarende binnenvaart en zeevaart te Walsoorden 189
7.2.4 Interactie tussen afvarende binnenvaart en zeevaart te Walsoorden 192
7.2.5 Interactie tussen binnenvaart en zeevaart in HVW Valkenisse 193
7.2.6 Interactie tussen pleziervaart en zeevaart in HVW Valkenisse 194
7.2.7 Strandingen binnen de betonde vaargeul Schaar van Valkenisse 194
7.2.8 Strandingen van binnenvaart buiten de betonde vaargeul en boeiaanvaringen 195
7.2.9 Strandingen van pleziervaart buiten de betonde vaargeul en boeiaanvaringen 195
7.2.10 Hinderlijke golfslag voor binnenvaart door zeevaart 196
7.2.11 Incidenten studiegebied zonder verband toegankelijkheid Schaar van Valkenisse 197
7.3 Globaal risico historische condities en beheersmaatregelen 197
8 Geautomatiseerde routebepaling 201
8.1 Methodologie 201
8.1.1 Fast Marching Algorithm 203
8.1.2 Instellingen gewichtsmatrices 203
8.1.3 Dubinspad generatie 207
8.1.4 Controleberekening 208
8.1.5 Iteraties 209
8.2 Minimale vaarwegbreedte en diepte per scheepstype 209

8.2.1 Minimale waterdiepte 209
8.2.2 Minimale vaarwegbreedte voor binnenvaart 210
8.2.3 Minimale vaarwegbreedte voor zeevaart 211
8.3 Resultaten maart 2022 213
8.3.1 Afvarende AIS-trajecten 03/2022 213
8.3.2 Afvarende routebepaling op basis van bathymetrie 214
8.3.3 Afvarende routebepaling rekening houdend met vaarwegmarkering 215
8.3.4 Conclusies maart 2022 218
8.4 Toepassingsmogelijkheden 219
9 Samenvatting en conclusie 220
Referenties 223
Bijlage 1 Kwaliteitscontrole bij de berekening van passages B1
Kwaliteitscontrole op passages B1
Filtering voor unieke tijdsregistraties B1
Filtering voor unieke opeenvolgende positieregistraties B1
Filtering kleine update periode B1
Kwaliteitscontrole snelheid langs traject B1
Filtering op basis van volgorde van posities B1
Filtering op basis van latency B2
Filtering op basis van gestroomlijnd traject B3
Kwaliteitscontrole tijd tussen twee registraties B5
Kwaliteitscontrole afstand tussen twee registraties B5
Bijlage 2 Heatmapresultaten per jaar (2010-2022) B6
Bijlage 3 Digitale bijlages bij rapport B13

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Relevante rivierbochten in ruimere studiegebied rond Schaar van Valkenisse 25

Tabel 2 – Aantal updates van ENC-kaarten in aangeleverde dataset voor periode 06/2008 – 09/2023..... 39

Tabel 3 – Updates voor boeien te Schaar van Valkenisse op basis van U4-kaarten 45

Tabel 4 – Updates voor boeien te Schaar van Valkenisse op basis van U5-kaarten 46

Tabel 5 – Definitie kleurcode voor dieptelijnen visualisatie bathymetrie 51

Tabel 6 – Overzicht van instellingen voor de berekening van ontmoetingen voor trajecten via hoofdvaarwater Westerschelde 107

Tabel 7 – Metadata van near-misses ter hoogte van Bocht van Walsoorden 133

Tabel 8 – Metadata van near-misses ter hoogte van de hoofdvaargeul tussen Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord 136

Tabel 9 – Metadata van hinderincidenten 141

Tabel 10 – Overzicht van de strandingen in de Schaar van Valkenisse 145

Tabel 11 – Metadata van passages van zeeschepen te haven Walsoorden die aanleiding gaven tot een melding van hinderlijke golfslag in de haven 158

Tabel 12 – Metadata van interacties tussen zeeschip en binnenschip met melding van golfslag in het vaargebied Valkenisse (baanafstand 1 km tot 13.5 km) 171

Tabel 13 – Metadata van hinderlijke golfslag door zeeschepen gerapporteerd door binnenschepen 181

Tabel 14 – Zeven veiligheidsniveaus die toegepast werden voor de beoordeling van incidenten op het globale veiligheidsniveau van het studiegebied 186

Tabel 15 – Weergave van de historische risicomatrix voor 2012-2022 met berekening van het globale nautische risico 199

Tabel 16 – Weergave van de risicomatrix voor alternatieve scenario's met toepassing van beheersmaatregelen 200

Tabel 17 – Interpolatietabel voor vaarwegcoëfficiënt voor bochtverbreding (c_2) voor binnenvaart 211

Tabel 18 – Interpolatietabel voor de bijkomende vaarwegbreedte ten gevolge van langsscheepse stroming 212

Tabel 19 – Interpolatietabel voor de bijkomende vaarwegbreedte ten gevolge van wind, oevers en ontmoetingen 212

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Studiegebied Schaar van Valkenisse met dieptelijnen 2019 bij -14.5 m LAT (wit); -3.5 m LAT (geel) en -2.0 m LAT (oranje) 1

Figuur 2 – Morfologische veranderingen ter hoogte van drempel Schaar van Valkenisse op basis van dieptelijn -3.5 m LAT (paars) (Van Dijk *et al.*, 2022) 2

Figuur 3 – Beschikbare nevengeul Schaar van Valkenisse voor afvaart tussen december 2021 en februari 2023 (ebschaar, Bass 2021 -137) 2

Figuur 4 – AIS-ontvangststations in beheer van Schelde Radar Keten (Bron: Schelde Radar Keten) 6

Figuur 5 - Geografische filtering van AIS-posities toegepast voor deze studie 8

Figuur 6 – Rastergrenzen waarbinnen het aantal ontvangen AIS-posities bijgehouden werd op een 50mx50m-grid 9

Figuur 7 – Heatmap 01/01/2010 tot 31/12/2022 voor het volledige heatmapraster 10

Figuur 8 – Heatmap 01/01/2010 tot 31/12/2022 voor de Westerschelde 11

Figuur 9 – Heatmap 01/01/2010 tot 31/12/2022 voor de Westerschelde 12

Figuur 10 – Heatmap 01/01/2010 tot 31/12/2022 (detail opwaartse aansluiting Schaar van Valkenisse) 13

Figuur 11 – KMZ-weergave van contourlijnen verkeersintensiteit voor periode 2010 – 2022 14

Figuur 14 – Histogram van het aantal op- en afvarende AIS-trajecten tussen Bath en Hansweert en de bijhorende validiteit 15

Figuur 15 – Weergave van op- en afvarende AIS-trajecten tussen Hansweert en Bath voor 01/01/2012 tot 31/01/2012 16

Figuur 16 – Weergave van op- en afvarende AIS-trajecten tussen Baalhoek en Ballastplaat voor 01/01/2012 tot 31/01/2012 17

Figuur 17 – Bron van de scheepsgegevens bij vaartrajecten tussen Bath en Hansweert (rood: AIS; geel: IVS PV; groen: IVS sluizen) 21

Figuur 18 – Weergave van de midvaarwatercurve van de Westerschelde tussen Hansweert en Bath met km-aanduiding 22

Figuur 19 – Weergave van de referentie-as voor schepen via Schaar van Valkenisse tussen Hansweert en Bath met km-aanduiding zoals toegepast voor afvaart in maart 2022 22

Figuur 20 – Vaarsnelheid van de schepen via de hoofdvaargeul (boven) en de nevengeul (onder) ten opzichte van hun respectievelijke referentie-assen voor afvaart in maart 2022 23

Figuur 21 – Afstand van de schepen via de nevengeul tot de referentie-as bekomen voor afvaart in maart 2022 23

Figuur 22 – Midvaarwatercurve in ruimere studiegebied met kilometeraanduiding 24

Figuur 23 – Weergave van de belangrijkste bochten in het ruimere studiegebied met aanduiding van de boogstraal 24

Figuur 24 – Weergave van de gemiddelde vaarposities (percentielen 10%, 50% en 90%) voor afvaart in maart 2022 voor de schepen via SvV (boven), de binnenvaart via HVW (midden) en de zeevaart via HVW (onder) 27

Figuur 25 – Weergave van dwarstransecten voor baanafstanden per km tussen 4 km en 16 km die gebruikt werden om de dwarspositie van de verschillende verkeersstromen te beoordelen..... 28

Figuur 26 – Verdeling van de vloot over dwarsposities voor verschillende vlootverdelingen. Van boven naar onder: volledige vloot, op- vs. afvaart, op- vs. afvaart met negatief teken voor opvaart, op- vs. afvaart en zee- vs. binnenvaart met negatief teken voor opvaart en met gestapelde verdeling, op- vs. afvaart en zee- vs. binnenvaart afzonderlijke distributie. 29

Figuur 27 – Weergave van de positie van het referentiepunt waarop de stroming geëvalueerd wordt en ten opzichte waarvan de passagetijdstip van het AIS-traject bepaald werd 31

Figuur 28 – Contourlijnen verkeersintensiteit 10/(50mx50m)/31d voor 2010 (geel) en 2022 (rood)..... 35

Figuur 29 – Contourlijnen verkeersintensiteit 10/(50mx50m)/31d voor 2010 (geel), 2013 (groen) en 2015 (blauw)..... 35

Figuur 30 – Contourlijnen verkeersintensiteit 10/(50mx50m)/31d voor 2015 (blauw), 2018 (paars) en 2021 (oranje) 36

Figuur 31 – Contourlijnen verkeersintensiteit 10/(50mx50m)/31d voor 2021 (oranje) en 2022 (rood)..... 36

Figuur 32 – Weergave van de relevante ENC kaarten voor het studiegebied (U4) 38

Figuur 33 – Weergave van de relevante ENC kaarten voor het studiegebied (U5) 38

Figuur 34 – Weergave van KMZ-bestand met boeiposities voor U4-kaarten voor datum 01/01/2010 41

Figuur 35 – Weergave van KMZ-bestand met boeiposities voor U4-kaarten voor datum 01/01/2018 42

Figuur 36 – Weergave van KMZ-bestand met boeiposities voor U4-kaarten voor datum 01/01/2023 42

Figuur 37 – Polygoon (rood) als begrenzing van de basismesh en manueel gedefinieerd detailgebied monding 2022 (geel)..... 48

Figuur 38 – Globaal beeld van de basismesh toegepast voor de bathymetrie 48

Figuur 39 – Geografisch overzicht van de resolutie van de basismesh (10m: wit; 20 m: groen; 50 m: geel; 100 m: oranje; 200 m: donker-oranje) 49

Figuur 40 – Illustratie van de celgrootte per knooppunt (radius van magenta cirkel) berekend op basis van het gewogen (op basis van de oppervlakte van de driehoeken) gemiddelde van de lengte van de zwaartelijn van de aanliggende driehoeken (blauwe en rood) voor een knooppunt op de rand van de basismesh (links) en centraal in de basismesh (rechts). 49

Figuur 41 – Visualisatie bodemprofiel voor 01/02/2010 op basis van zes dieptelijnen 52

Figuur 42 – Visualisatie bodemprofiel drempel Schaar van Valkenisse bij begin van kalenderjaar 2011-2023 54

Figuur 43 – Weergave van de evaluatiegebieden voor de bathymetrische gegevens langsheen de gemiddelde vaartrajecten. Links: evaluatiegebied Schaar van Valkenisse ten opzichte van de gemiddelde vaartrajecten voor afvaart via SvV (oranje) Rechts: evaluatiegebied Schaar van de Noord ten opzichte van de gemiddelde vaartrajecten voor opvaarten via SvN (licht groen) 56

Figuur 44 – Illustratie van de bathymetrische parameters die gegenereerd werden op basis van een gemiddeld vaartraject. Voor augustus 2022 gold: kleinste diepte: -2.44 m LAT; smalste breedte op -2.0 m LAT: 165 m en smalste pad op -2.0 m LAT: 157 m. 56

Figuur 45 – Evolutie van de minimale diepte langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van Valkenisse 59

Figuur 46 – Evolutie van de minimale diepte langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van de Noord 59

Figuur 47 – Evolutie van de smalste breedte op verschillende dieptes langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van Valkenisse 60

Figuur 48 – Evolutie van de smalste breedte op verschillende dieptes langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van de Noord 60

Figuur 49 – Evolutie van het smalste pad op verschillende dieptes langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van Valkenisse 61

Figuur 50 – Evolutie van het smalste pad op verschillende dieptes langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van de Noord 61

Figuur 51 – Illustratie van een zeer lokale ondiepte (> -3.5 m LAT) die aanleiding geeft tot een kleinere padbreedte voor afvaart in november 2018 (het rode kruis toont aan op welke locatie de oeverafstand bepaald werd. 62

Figuur 52 – Weergave van de locatie van het meest ondiepe punt (cirkel) langsheen het gemiddelde afvaarttraject (blauw) en de smalste breedte, en de kleinste oeverafstanden bij diepte -3.5 m LAT geëvalueerd voor augustus 2018 62

Figuur 53 – Weergave van de locatie van het meest ondiepe punt (cirkels) langsheen het gemiddelde afvaarttraject (blauw) in juli 2019 63

Figuur 54 – Weergave van de smalste breedte op diepte -2 m LAT in de maand mei 2020 te Schaar van Waarde 63

Figuur 55 – Versmalling van de breedte en de oeverafstanden op diepte -2 m LAT (rode lijnstukken) in juli 2020 64

Figuur 56 – Bathymetrische conditie in november 2021 waarbij de vaarwegbreedte op diepte -2 m LAT ca. 220 m bedraagt 64

Figuur 57 – Bathymetrische conditie in januari 2022 waarbij de vaarwegbreedte op diepte -2 m LAT ca. 155 m bedraagt 65

Figuur 58 – Illustratie van beschikbare breedte en pad op diepte -3.5 m LAT ten opzichte van gemiddeld afvaartraject via Schaar van de Noord in april 2022 65

Figuur 59 – Lokale ondiepte tot -2 m LAT in Schaar van de Noord eind 2016 66

Figuur 60 – Hittekaart met de percentielwaarden voor de vloot via Schaar van Valkenisse en de bijhorende minimale waterdiepte die door deze schepen ervaren werd langsheen het vaartraject tussen Hansweert en Bath 68

Figuur 61 – Hittekaart met de percentielwaarden voor de vloot via Schaar van Valkenisse en de bijhorende minimale waterdiepte die door deze schepen ervaren werd langsheen het vaartraject in de onmiddellijke omgeving van SvV 68

Figuur 62 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2014 69

Figuur 63 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2016 69

Figuur 64 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2018 70

Figuur 65 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2020 70

Figuur 66 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2021 71

Figuur 67 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2022 71

Figuur 68 – Totaal aantal AIS-trajecten (op- en afvaart) tussen Bath en Hansweert voor de jaren 2012-2022 73

Figuur 69 – Totaal aantal AIS-trajecten (per scheepstype) tussen Bath en Hansweert voor de jaren 2012-2022 (boven: gestapeld, onder: afzonderlijk per scheepstype) 74

Figuur 70 – Histogram van het gebruik van de verschillende vaargeulen in het projectgebied 75

Figuur 71 – Histogram van het gebruik van de verschillende vaargeulen door binnenvaart in het projectgebied 76

Figuur 72 – Histogram van het gebruik van de verschillende vaargeulen door pleziervaart in het projectgebied 76

Figuur 73 – Histogram van het gebruik van de verschillende vaargeulen door opvarende binnenvaart in het projectgebied 77

Figuur 74 – Histogram van het gebruik van de verschillende vaargeulen door afvarende binnenvaart in het projectgebied 77

Figuur 75 – Histogram van het gebruik van de Schaar van Valkenisse voor op- en afvaart 78

Figuur 76 – Histogram van het aantal schepen per scheepstype via de nevengeul Schaar van Valkenisse in op- (links) en afvaart (rechts) 78

Figuur 77 – Histogram van het aantal schepen per scheepstype via het hooofdvaarwater in op- (links) en afvaart (rechts) 78

Figuur 78 – Evolutie van het gebruik van Schaar van Valkenisse door op- en afvaart 80

Figuur 79 – Evolutie van het gebruik van Schaar van de Noord door op- en afvaart 80

Figuur 80 – Evolutie van de vaarwegbreedte voor op- en afvaart via Schaar van Valkenisse 82

Figuur 81 – Evolutie van de vaarwegbreedte voor op- en afvaart via Schaar van de Noord 82

Figuur 82 – Illustratie van smalle vaarwegbreedte toegepast door 80% van de afvarende scheepvaart door Schaar van Valkenisse in december 2022. Oranje: gemiddeld vaartraject (50%-percentiel). Bruin: 10% en 90% percentiel van de vaartrajecten 83

Figuur 83 – Positie van boeien F48B, F50 en F52 zoals toegevoegd aan de omgeving in december 2021 ten opzichte van de bathymetrie in maart 2022 84

Figuur 84 – Versmalling fietspad Walsoorden in mei 2022 door verplaatsing boeien ZG12 en F48B ten opzichte van de bathymetrie in mei 2022 en weergave van de gele boeienlijn zoals beschikbaar sinds december 2021 85

Figuur 85 – Dwarsposities van op- en afvarende zee- en binnenvaart te baanafstand 6 km voor de jaren 2021 en 2022 met indicatieve aanduiding van de positie van de groene, rode en gele boeienlijn 85

Figuur 86 – Dwarsposities van op- en afvarende zee- en binnenvaart te baanafstand 7 km voor de jaren 2021 en 2022 met indicatieve aanduiding van de positie van de groene, rode en gele boeienlijn 86

Figuur 87 – Verdeling van de afvarende binnenvaart over de hoofdvaargeul en het fietspad voor de maanden van 2022 te baanafstand 6 km (boven) en 7 km (onder) 86

Figuur 88 – Positie van boeien F48B, F50, F52, F54 en F56 zoals toegevoegd aan de omgeving in december 2021 ten opzichte van de bathymetrie in maart 2022 87

Figuur 89 – Verdeling van de afvarende binnenvaart over de hoofdvaargeul en het fietspad voor de maanden van 2022 te baanafstand 8 km (boven), 9 km (midden) en 10 km (onder) 88

Figuur 90 – Positie van boeien F65, F65A en F67 zoals toegevoegd aan de omgeving in maart 2022 ten opzichte van de bathymetrie in maart 2022 89

Figuur 91 – Verdeling van de opvarende binnenvaart over de hoofdvaargeul en het fietspad in de groene kant voor de maanden van 2022 te baanafstand 13 km 89

Figuur 92 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse 91

Figuur 93 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand door schepen via de hoofvaargeul tussen Walsoorden en Baalhoek voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart 91

Figuur 94 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse tussen zeevaart en binnenvaart 92

Figuur 95 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse tussen zeevaart onderling 92

Figuur 96 – Weergave van het aantal ontmoetingen per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse voor verschillende scheepscombinaties voor de totale periode 2012-2022 93

Figuur 97 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse tussen bovenmaatse zeevaart 93

Figuur 98 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand tussen bovenmaatse schepen via de hoofvaargeul tussen Walsoorden en Baalhoek 94

Figuur 99 – Weergave van het aantal ontmoetingen per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse voor interacties tussen bovenmaatse zeevaart voor de totale periode 2012-2022 94

Figuur 100 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath 95

Figuur 101 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand door schepen via de hoofvaargeul te Bath voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart 95

Figuur 102 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath tussen zeevaart onderling 96

Figuur 103 – Weergave van het aantal ontmoetingen per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath voor verschillende scheepscombinaties voor de totale periode 2012-2022 96

Figuur 104 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse voor alle scheepvaart 98

Figuur 105 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse voor ontmoetingen tussen binnenvaart en zeevaart 98

Figuur 106 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling 99

Figuur 107 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand door schepen via de hoofvaargeul tussen Walsoorden en Baalhoek voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart 99

Figuur 108 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per sectie van 200 m door schepen via de hoofvaargeul tussen Walsoorden en Baalhoek voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart 100

Figuur 109 – Verplaatsing van de boeien 58 en 60 naar een meer noordelijke positie begin 2013 101

Figuur 110 – Verplaatsing van de boeien 56 en 58 naar een meer noordelijke positie in zomer 2013 101

Figuur 111 – Verruiming van de rode boeienlijn (48A, 48, 46 en 44 in oostelijke richting en 48B in noordelijke richting) te Walsoorden in maart 2019 102

Figuur 112 – Installatie van een fietspad langs de rode boeienlijn in december 2021 102

Figuur 113 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath voor alle scheepvaart 104

Figuur 114 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath voor ontmoetingen tussen binnenvaart en zeevaart 104

Figuur 115 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling 105

Figuur 116 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand door schepen via de hoofvaargeul te Bath voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart 105

Figuur 117 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per sectie van 200 m door schepen via de hoofvaargeul te Bath voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart 105

Figuur 118 – Illustratie baanafstanden langsheen midvaarwatercurve (elke 5 km), passagelijnen voor analyse Westerschelde en uitsluitingsgebieden voor ontmoetingen te Walsoorden, Hansweert, Terneuzen-Braakman en Vlissingen-Sloehaven 107

Figuur 119 – Oostelijke verplaatsing van de boeien ZG-SvW en ZG4 in september 2018 109

Figuur 120 – Oostelijke verplaatsing van de vaargeul van het zuidergat in maart 2019 109

Figuur 121 – Weergave van het aantal ontmoetingen per baanafstand door zeeschepen via de hoofvaargeul te Hansweert 110

Figuur 122 – Weergave van het aantal ontmoetingen per baanafstand door bovenmaatse zeeschepen via de hoofvaargeul te Hansweert 110

Figuur 123 – Weergave van het aantal ontmoetingen per baanafstand door zeeschepen via de hoofvaargeul te Borssele 112

Figuur 124 – Weergave van het aantal ontmoetingen per baanafstand door bovenmaatse zeeschepen via de hoofvaargeul te Borssele 112

Figuur 125 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand door zeeschepen via de hoofvaargeul te Borssele 112

Figuur 126 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Hansweert tussen zeevaart onderling 114

Figuur 127 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Hansweert voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling 114

Figuur 128 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Terneuzen tussen zeevaart onderling 115

Figuur 129 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Terneuzen voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling 115

Figuur 130 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Borssele tussen zeevaart onderling 116

Figuur 131 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Borssele voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling 116

Figuur 132 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Vlissingen tussen zeevaart onderling 117

Figuur 133 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Vlissingen voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling 117

Figuur 134 – Historisch overzicht van het aantal geselecteerde incidenten met relatie tot Valkenisse per incidenttype per jaar 119

Figuur 135 – Geografische spreiding van de geselecteerde incidenten per incidenttype (symbool) ingekleurd volgens de betrokken scheepstypes..... 120

Figuur 136 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van het aantal aanvaringen in het projectgebied..... 122

Figuur 137 – Geografische spreiding van de geselecteerde aanvaringen ingekleurd volgens de betrokken scheepstypes 122

Figuur 138 – Aanvaring in november 2012 tussen twee zeeschepen ter hoogte van boei 65A..... 124

Figuur 139 –Aanvaring tussen twee zeeschepen ter hoogte van boei 53 in februari 2015..... 124

Figuur 140 – Aanvaring tussen zeeschip en binnenschip uit SvV in januari 2015..... 126

Figuur 141 – Aanvaring tussen zeeschip en binnenschip uit SvV in februari 2015 126

Figuur 142 – Aanvaring tussen twee binnenschepen in de Schaar van Valkenisse in november 2016..... 127

Figuur 143 – Traject binnenschip voorafgaand aan aanvaring met plezierjacht (geen AIS) in december 2017 128

Figuur 144 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van het aantal near-misses in het projectgebied 130

Figuur 145 – Geografische spreiding van de geselecteerde near-misses ingekleurd volgens de betrokken scheepstypes 130

Figuur 146 – Historische evolutie van de near-misses tussen zeevaart en binnenvaart te Walsoorden (5 km – 8 km)..... 132

Figuur 147 – Illustratie van de vaarbaanplots van drie schepen betrokken bij een near-miss in de bocht van Walsoorden in december 2018 132

Figuur 148 – Historisch overzicht van de near-misses in het hoofdvaarwater tussen Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord ingedeeld per scheepstype betrokken bij de interactie 135

Figuur 149 – Historisch overzicht van de near-misses in het hoofdvaarwater tussen Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord ingedeeld naar oorzakelijk verband met kruisend verkeer uit de nevengeulen 135

Figuur 150 – Weergave van een near-miss tussen opvarende binnenvaart uit SvV en afvarende scheepvaart in de hoofdvaargeul in april 2021..... 137

Figuur 151 – Betonning van de opwaartse aansluiting van de Schaar van Valkenisse bij de opening van de nevengeul in 2013 inclusief de statistische vaartrajecten die in mei 2013 toegepast werden door de scheepvaart door SvV..... 137

Figuur 152 – Betonning van de opwaartse aansluiting van de Schaar van Valkenisse in mei 2016 138

Figuur 153 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van het aantal incidenten van het type hinder in het projectgebied 139

Figuur 154 – Geografische spreiding van de geselecteerde incidenten van het type hinder ingekleurd volgens de scheepstypes 139

Figuur 155 – Hinder door afvarend pleziervaartuig dat opkruist via het hoofdvaarwater voor opvarende zeevaart (detail)..... 140

Figuur 156 – Hinder door afvarend pleziervaartuig dat opkruist via het hoofdvaarwater voor opvarende zeevaart 140

Figuur 157 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van strandingen in het projectgebied..... 144

Figuur 158 – Geografische spreiding van strandingen ingekleurd volgens de scheepstypes 144

Figuur 159 – Historisch overzicht van de strandingen in de Schaar van Valkenisse ingedeeld per scheepstype 147

Figuur 160 – Historisch overzicht van de strandingen in de Schaar van Valkenisse ingedeeld per locatie van de stranding..... 147

Figuur 161 – Locaties van vier strandingen in de Schaar van Valkenisse tussen 21/08 en 27/08/2020..... 148

Figuur 162 – Stranding van binnenschip binnen de boeienlijn (gele betonning) in augustus 2018 bij waterstand -2.2 m NAP..... 148

Figuur 163 – Locaties van twee strandingen binnen de betonde nevengeul Schaar van Valkenisse in februari 2020..... 149

Figuur 164 – Locaties van twee strandingen binnen de betonde nevengeul Schaar van Valkenisse in mei 2020 weergegeven ten opzichte van de toenmalige meest recente peiling 150

Figuur 165 – Locaties van twee strandingen binnen de betonde nevengeul Schaar van Valkenisse in mei 2020 weergegeven ten opzichte van de eerste peiling na het incident met weergave van de boeiverlegging in juli 2020..... 151

Figuur 166 – Locaties van strandingen in Schaar van Valkenisse in het jaar 2021 152

Figuur 167 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van golfslag tussen twee schepen in het projectgebied 153

Figuur 168 – Geografische spreiding van golfslag op basis van de locatie van het zeeschip en ingekleurd volgens de scheepstypes..... 153

Figuur 169 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van golfslag gemeld in haven van Walsoorden 154

Figuur 170 – Snelheid door het water en passeerafstand van zeevaart die hinderlijke golfslag veroorzaakte in de haven van Walsoorden..... 156

Figuur 171 – Snelheid door het water en scheepslengte van zeevaart die hinderlijke golfslag veroorzaakte in de haven van Walsoorden..... 156

Figuur 172 – Evolutie van de vaarsnelheid door het water tussen Hansweert (links) en Bath (rechts) voor het opvarende zeeschip dat op 30/03/2016 een belangrijke golf veroorzaakte in de haven van Walsoorden (baanafstand 6.5 km)..... 157

Figuur 173 – Evolutie van de vaarsnelheid door het water water tussen Hansweert (links) en Bath (rechts) voor het opvarende zeeschip dat op 06/05/2021 een belangrijke golf veroorzaakte in de haven van Walsoorden (baanafstand 6.5 km) 157

Figuur 174 – Historische evolutie van de gemiddelde passeersnelheden over de grond van opvarende bovenmaatse zeevaart te Walsoorden en op drie afstanden afwaarts Walsoorden 160

Figuur 175 – Historische evolutie van de gemiddelde passeersnelheden over de grond van afvarende bovenmaatse te Walsoorden en op drie afstanden opwaarts Walsoorden 160

Figuur 176 – Historische evolutie van de gemiddelde passeersnelheden door het water van opvarende bovenmaatse zeevaart te Walsoorden en op drie afstanden afwaarts Walsoorden 161

Figuur 177 – Historische evolutie van de gemiddelde passeersnelheden over de grond van afvarende bovenmaatse te Walsoorden en op drie afstanden opwaarts Walsoorden 161

Figuur 178 – Historische evolutie van het aantal kop-kop ontmoetingen tussen bovenmaatse zeevaart te Valkenisse door middel van hittekaartweergave..... 164

Figuur 179 – Historische evolutie van het aantal kop-kop ontmoetingen tussen bovenmaatse zeevaart te Valkenisse door weergave van de geografische spreiding per jaar 165

Figuur 180 – Historische evolutie van het aantal oploopmanoeuvres tussen bovenmaatse zeevaart te Valkenisse door middel van hittekaartweergave 166

Figuur 181 – Historische evolutie van het aantal oploopmanoeuvres tussen bovenmaatse zeevaart te Valkenisse door weergave van de geografische spreiding per jaar 167

Figuur 182 – Historische evolutie van het aantal incidenten met hinderlijke golfslag van zeeschepen gerapporteerd door binnenschepen in het volledige projectgebied (boven) en binnen de hoofdvaargeul van Valkenisse (onder) 170

Figuur 183 – Historisch overzicht van de golfslag incidenten te Valkenisse ingedeeld op basis van het traject dat toegepast werd door het binnenschip (al dan niet via SvV) 170

Figuur 184 – Evolutie van de vaarsnelheid door het water tussen Bath (rechts) en Hansweert (links) voor het afvarende zeeschip dat op 03/02/2022 een belangrijke golf veroorzaakte ter hoogte van baanafstand 9 km 173

Figuur 185 – Verkeersbeeld tijdens het oploopmanoeuvre van een zeeschip met een binnenschip op 03/02/2022 waarbij melding gemaakt wordt van hinderlijke golfslag inclusief aanduiding van locatie waarvoor het golfslagincident geïdentificeerd werd op basis van de kortste afstand tussen beide schepen 173

Figuur 186 – Interactie effecten op klein zeeschip door oploopmanoeuvre door groot zeeschip te Walsoorden op 05/02/2019 174

Figuur 187 – Historisch overzicht van de golfslag incidenten tussen schepen ingedeeld per scheepstype betrokken bij de interactie 175

Figuur 188 – Relatie tussen de scheepslengte en de vaarsnelheid door het water van de zeeschepen die een hinderlijke golfslag veroorzaakten op een binnenschip 176

Figuur 189 – Golfslag op 17/04/2014 ervaren door een opvarend binnenschip te SvV12 en een opvarend zeeschip in de hoofdvaargeul met de snelheidsgrafiek van de zeevaart. 177

Figuur 190 – Golfslag op 19/02/2015 ervaren door een opvarend binnenschip te SvV14 en een opvarend zeeschip in de hoofdvaargeul 178

Figuur 191 – Golfslag op 07/01/2016 ervaren door een afvarend konvooi te SvV4 (enkel duwboot wordt geplot) en afvarend zeeschip in de hoofdvaargeul 179

Figuur 192 – Golfslag op 27/10/2019 ervaren door een opvarend binnenschip in aanloop Schaar van Waarde en een afvarend zeeschip in de hoofdvaargeul 180

Figuur 193 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van boeiaanvaringen in het projectgebied 185

Figuur 194 – Geografische spreiding van boeiaanvaringen ingekleurd volgens de scheepstypes 185

Figuur 195 – Trajecten van opvarende binnenschepen die in maart 2022 gebruik maakten van het fietspad in de rode kant te Walsoorden 191

Figuur 196 – Schematische voorstelling methodologie geautomatiseerde routebepaling 202

Figuur 197 – Start- en eindposities voor de bepaling van de route 202

Figuur 198 – Relatie tussen de gewichtsfactor voor waterdiepte V_{UKC} en de vormfactor γ_{UKC} (1.5 in deze studie) 204

Figuur 199 – Relatie tussen de gewichtsfactor voor vaarwegbreedte V_W en de vormfactor γ_W (0.9 in deze studie) 205

Figuur 200 – Uitsluitingsgebied (rood) toegepast voor afvaart in maart 2022 op basis van de betonde vaargeul 206

Figuur 201 – Uitsluitingsgebied (rood) toegepast voor opvaart in maart 2022 op basis van de betonde vaargeul 206

Figuur 202 – Vaarvoorkeursmatrices voor afvaart (links) en opvaart (rechts) 207

Figuur 203 – Verdeling van de afvarende scheepvaart over het hoofdvaarwater en de Schaar van Valkenisse op basis van AIS-gegevens uit maart 2022 214

Figuur 204 – Verdeling van de afvarende scheepvaart over het hoofdvaarwater en de Schaar van Valkenisse op basis van een automatische routebepaling rekening houdend met enkel de bathymetrie 215

Figuur 205 – Verdeling van de afvarende scheepvaart over het hoofdvaarwater en de Schaar van Valkenisse op basis van een automatische routebepaling rekening houdend met de bathymetrie en de vaarwegmarkering 216

Figuur 206 – Weergave van AIS-trajecten van afvarende schepen tussen Bath en Hansweert in maart 2022 217

Figuur 207 – Weergave van trajecten geautomatiseerde routebepaling van afvarende schepen tussen Bath en Hansweert in maart 2022 op basis van bathymetrie 217

Figuur 208 – Weergave van trajecten geautomatiseerde routebepaling van afvarende schepen tussen Bath en Hansweert in maart 2022 op basis van bathymetrie en vaarwegmarkering 218

Figuur 209 – Voorbeeld van scheepsposities in verkeerde volgorde langsheen het traject B2

Figuur 210 – Filtering toegepast voor foutieve volgorde van posities langsheen het traject. B2

Figuur 211 – Principe verwijderen datapunten met kleine snelheid (grote inverse snelheid) voorafgaand aan datapunt met hoge snelheid (kleine inverse snelheid) B3

Figuur 212 – Voorbeeld van verstoorde AIS-posities (groen) en een gestroomlijnd traject (magenta) gegeneerd op basis van dezelfde AIS-posities B4

Figuur 213 – Vergelijking tussen de afstand tussen twee opeenvolgende gestroomlijnde posities (blauw) en de afstand tussen de AIS-positie en de gestroomlijnde positie (rood) B4

Figuur 214 – Voorbeeld van verstoorde AIS-posities (groen) en een gestroomlijnd traject (magenta) gegeneerd op basis van dezelfde AIS-posities en een gefilterd AIS-traject voor verder verwerking (blauw). B5

Figuur 215 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2010 ..... B6

Figuur 216 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2011 ..... B7

Figuur 217 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2012 ..... B7

Figuur 218 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2013 ..... B8

Figuur 219 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2014 ..... B8

Figuur 220 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2015 ..... B9

Figuur 221 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2016 ..... B9

Figuur 222 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2017 ..... B10

Figuur 223 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2018 ..... B10

Figuur 224 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2019 ..... B11

Figuur 225 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2020 ..... B11

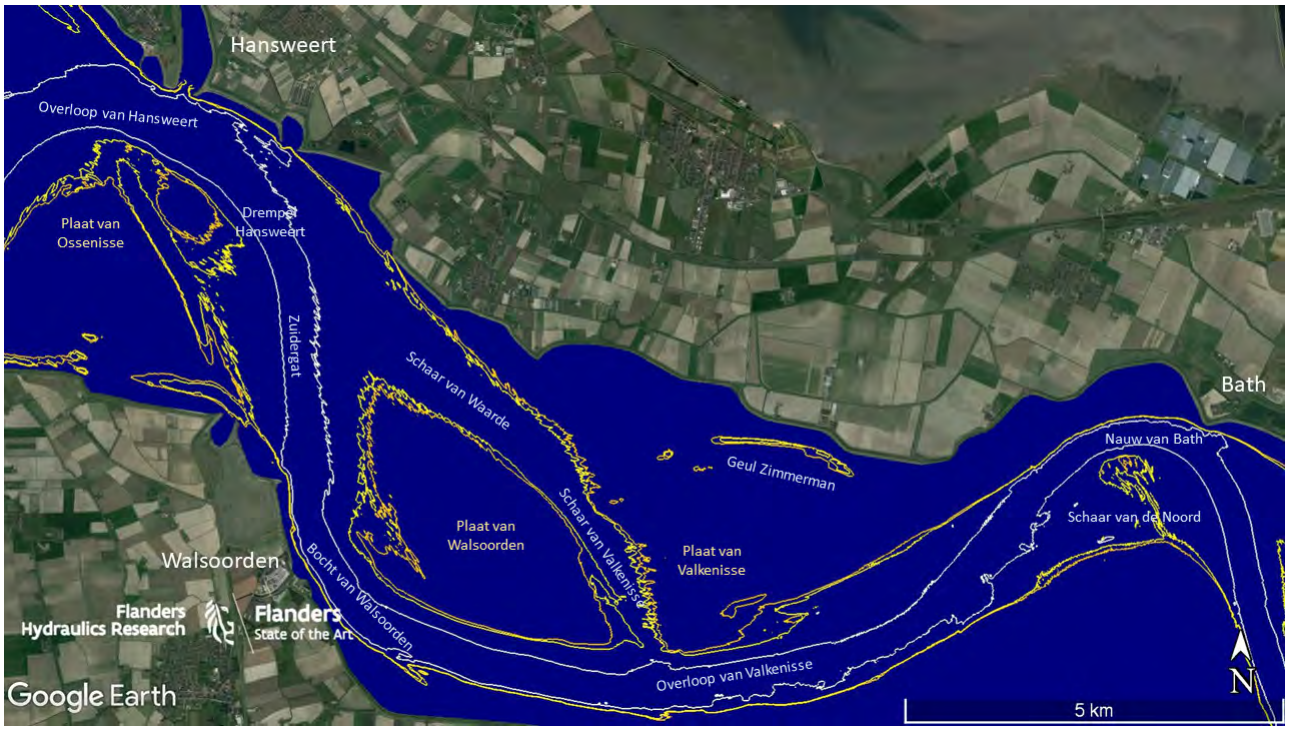
Figuur 226 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2021 ..... B12

Figuur 227 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2022 ..... B12

1 Situering

1.1 Schaar van Valkenisse

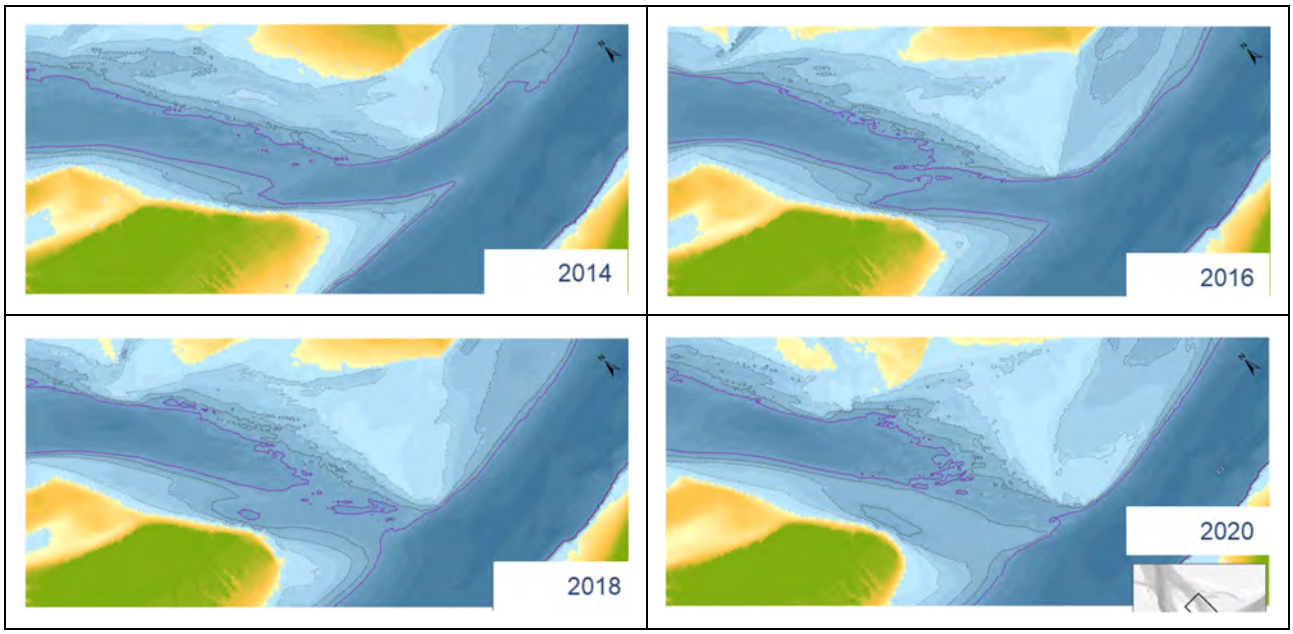
De Schaar van Valkenisse (zie Figuur 1) is één van de nevengeulen voor kleine vaart op de Westerschelde. De nevengeulen op de Westerschelde worden ingezet om de zee- en binnenvaart van elkaar te scheiden. Deze functie wordt in VNSC (2020) gezien als een voorwaarde voor de nautische veiligheid van de Westerschelde.



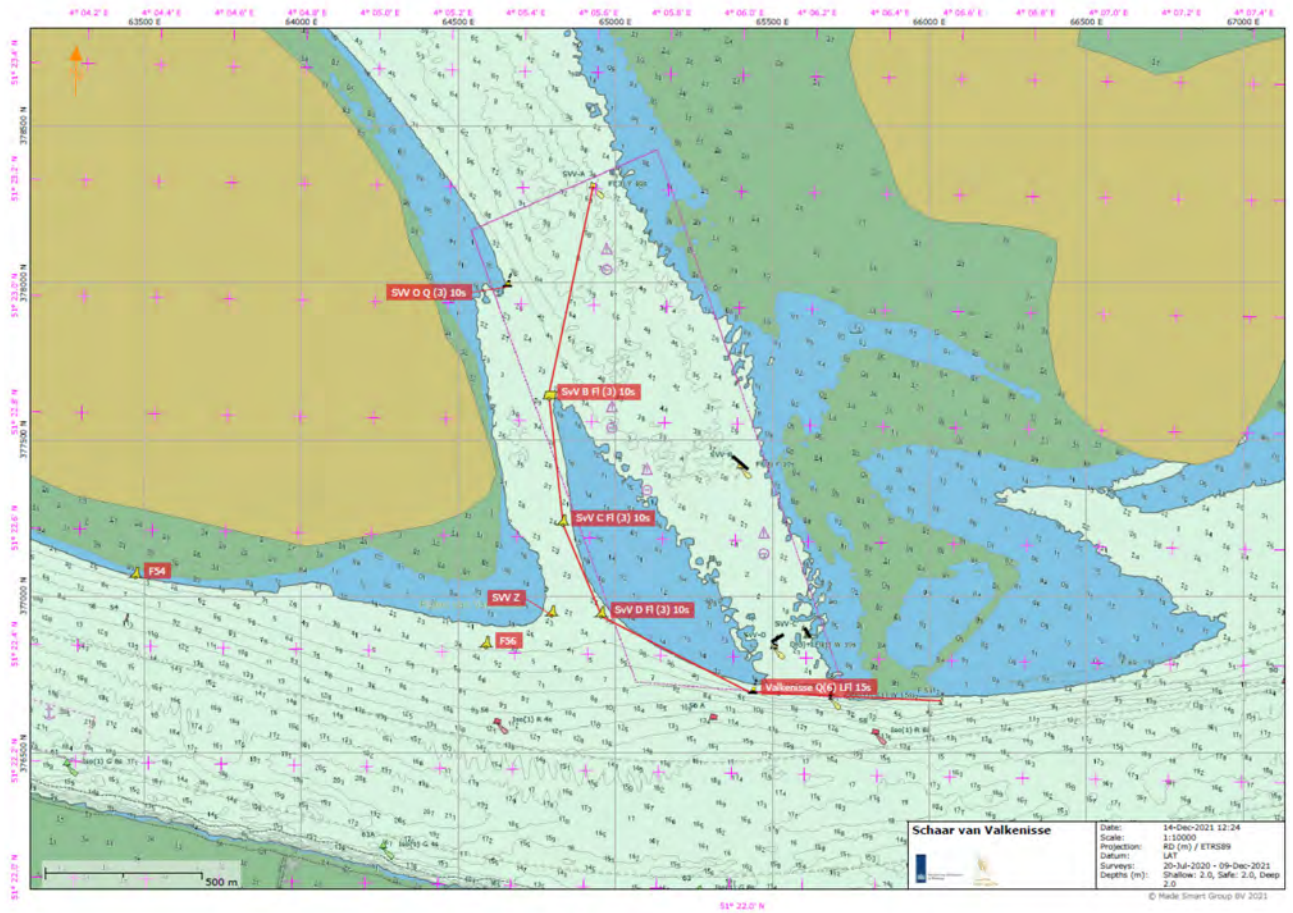
Figuur 1 – Studiegebied Schaar van Valkenisse met dieptelijnen 2019 bij -14.5 m LAT (wit); -3.5 m LAT (geel) en -2.0 m LAT (oranje)

1.2 Morfologie

De Schaar van Valkenisse wordt gekenmerkt door een sterk dynamische morfologie, welke sinds 2017 een stelselmatige verondieping van de opwaartse aansluiting op de hoofdvaargeul tot gevolg heeft. In Van Dijk *et al.* (2022) werden de morfologische veranderingen bestudeerd in het onderzoeksgebied op basis van de jaarlijkse vaklodingen in de periode 2011- 2020. In Figuur 2 wordt de evolutie van de vaargeul voor enkele karakteristieke jaren weergegeven. In Van Dijk *et al.* (2022) werd aangetoond dat de Schaar van Valkenisse tussen 2010 en 2020 gedraaid is in wijzerzin, waarbij het drempelgebied van de Schaar van Valkenisse westelijk migreerde en hierbij aanleiding gaf tot een bredere maar ondiepere vaarweg. Sinds 2020 blijkt de westelijke migratie van het drempelgebied gestopt door de aanwezigheid van een hardere laag in de plaat van Walsoorden en heeft er zich een afzonderlijke vloed- en ebschaar ingesteld (zie Figuur 3). Er worden op de Westerschelde geen baggerwerken uitgevoerd buiten het verdragsrechtelijk bepaalde hoofdvaarwater. De nevengeulen worden bijgevolg niet onderhouden op een vooropgestelde ontwerpdiepte.



Figuur 2 – Morfologische veranderingen ter hoogte van drempel Schaar van Valkenisse op basis van dieptelijn -3.5 m LAT (paars) (Van Dijk *et al.*, 2022)



Figuur 3 – Beschikbare nevengeul Schaar van Valkenisse voor afvaart tussen december 2021 en februari 2023 (ebschaar, Bass 2021 -137)

1.3 Nautische gevolgen

In januari 2013 werd de Schaar van Valkenisse (net als andere nevengeulen in de Westerschelde) betond met laterale boeien (BASS 122/2012). Sindsdien werd deze betonning dynamisch aangepast op basis van de veranderende dieptecondities waargenomen op de beschikbare peilingen.

Sinds oktober 2018 is de verondieping van de Schaar van Valkenisse dermate dat de laterale beboeiing (-3.5 m LAT) vervangen diende te worden door bijzondere markering (-2 m LAT) resulterend in een beperkte toegankelijkheid van de nevengeul (BASS 84/2018). In hetzelfde bericht werd het gebruik van de Schaar van Valkenisse afgeraden voor opvarende scheepvaart.

In november 2021 werd de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse verder beperkt door enkel nog afvarende scheepvaart toe te laten (BASS 117/2021). Er werd hierbij een minimale kielspeling gelijk aan 0.6 m voorgeschreven. In dezelfde periode werd een fietspad betond aan de binnenzijde (rode kant) van de bocht van Walsoorden (BASS 124/2021).

In december 2021 werd de nevengeul verplaatst van de vloedschaar naar de ebschaar (BASS 137/2021) en vanaf februari 2022 werd ook aan de groene kant van de Overloop van Valkenisse een fietspad ingesteld (BASS 23/2022).

In februari 2023 werd de Schaar van Valkenisse gesloten voor alle scheepvaart (BASS 012/2023). Sindsdien werd in de zomerperiodes de Schaar van Valkenisse wel opengesteld voor recreatievaart door middel van veilig-vaarwaterboeien die uitgelegd worden als midwatertonnen (BASS 40/2023 en BASS 42/2024).

1.4 Opdrachtverlening WL/UGent

Op 01/09/2022 ontving het Waterbouwkundig Laboratorium een offerteaanvraag van VNSC voor een te sluiten samenwerkingsovereenkomst m.b.t. “Nautisch Onderzoek Schaar van Valkenisse” (VNSC, 2022).

Op 05/10/2022 verleende de Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie (VNSC) aan Het Waterbouwkundig Laboratorium (in samenwerking met de afdeling Maritieme Techniek van de Universiteit Gent) de opdracht voor project “Nautisch Onderzoek Schaar van Valkenisse”.

Het plan van aanpak van de opdracht wordt in detail beschreven in de offerte die WL aanbood in Verwilligen *et al.* (2022) en volgt in grote lijnen de onderzoeksvragen voor fase 1 en fase 2 zoals gedefinieerd in Luca (2021). Het plan van aanpak kan opgedeeld worden in onderstaande deelopdrachten:

- AIS-analyse 2010[1]-2022 in relatie tot veranderende omgevingscondities (Fase 1 a en b)
- Bepaling beschikbare vaarweg binnenvaart binnen veranderende bathymetrie (Fase 1 c)
- Kwantitatieve risicobeoordeling van historische scenario’s (Fase 1 d)
- Workshops ter bepaling globaal risico historische scenario’s en beheersmaatregelen (Fase 2 a)
- Toepassing risico-beheersmaatregelen op toekomstige scenario’s (Fase 2 b)
- Synthese en aanbevelingen (Fase 2 c)

[1] Door de mindere kwaliteit en omvang van AIS-data in de jaren 2010 en 2011 enerzijds en door de beperkte waarde van een nautisch onderzoek voor deze jaren werd de onderzochte periode beperkt tot de periode 2012-2022.

1.5 Rapportinhoud

Voorliggend rapport betreft het eindrapport van de studie en omvat alle onderdelen opgenomen in de opdrachtverlening beschreven in §1.4.

Een belangrijk onderdeel van het onderzoek betrof de historische analyse van het scheepvaartverkeer en de omgevingscondities. Het historische scheepvaartverkeer werd hierbij geëvalueerd op basis van AIS-gegevens bekomen voor het studiegebied waarvan de verwerking gerapporteerd wordt in Hoofdstuk 2. In dit hoofdstuk worden de AIS-gegevens eveneens verrijkt met scheepsgegevens uit andere databronnen (IVS) en met omgevingscondities zoals waterstanden en stroming. Een meer gedetailleerde analyse van de omgevingscondities vaarwegmarkering en signalisatie enerzijds en bathymetrie anderzijds worden gepresenteerd in respectievelijk de hoofdstukken 3 en 4.

Op basis van de historische gegevens wordt in Hoofdstuk 5 een globale analyse uitgevoerd van het scheepvaartverkeer en de nautische condities. Hierbij werden zowel de vaartrajecten van de scheepvaart onderzocht als de interactie tussen schepen onderzocht. Een meer gerichte beoordeling van de nautische risico's in het studiegebied en de relatie tot de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse werd bekomen op basis van een analyse van de gerapporteerde incidenten in de onderzochte periode en wordt gerapporteerd in Hoofdstuk 6. In dit hoofdstuk wordt ook een detailonderzoek uitgevoerd van de vaarcondities van bovenmaatse zeeschepen ter hoogte van de haven van Walsoorden.

De historische analyse diende als insteek voor de bepaling van de globale nautische risico's doorheen de onderzochte periode. In Hoofdstuk 7 worden deze risico's geïdentificeerd en onderling gewogen per kalenderjaar. Deze beoordeling kwam mede tot stand tijdens een workshop met de belangrijkste stakeholders die door het Waterbouwkundig Laboratorium georganiseerd werd in september 2024. Behalve de historische condities werden ook mogelijke beheersmaatregelen beoordeeld en werd een beoordelingsmatrix opgesteld die toelaat om de verschillende scenario's onderling te vergelijken.

Een laatste onderdeel van het onderzoek betrof de ontwikkeling van een methodiek die op een geautomatiseerde wijze de optimale route doorheen het studiegebied bepaalt. Deze methodiek (ontwikkeld door de Universiteit Gent, afdeling Schepen en Mariene Technologie) en de toepassing op de afvarende scheepvaart voor de conditie maart 2022 worden gerapporteerd in Hoofdstuk 8.

Tot slot wordt in Hoofdstuk 9 een samenvatting van het gevoerde onderzoek en de bijhorende conclusies weergegeven.

2 AIS-analyse

Om de onderzoeksvragen uit Fase 1 te beantwoorden werd er een gedetailleerde AIS-analyse over een lange periode (11 jaar) uitgevoerd waarvoor de brondata aangeleverd worden door de Schelde Radar Keten (SRK).

De AIS-analyse biedt een antwoord op onderstaande onderzoeksvragen:

- identificatie van vaartrajecten voor zeevaart, binnenvaart en andere scheepvaart (pleziervaart[2], sleepboten en andere vaart);
- identificatie van scheepstypes en ladingscondities op basis van externe databronnen;
- analyse van kielspelingen en strandingen in functie van getij en bathymetrie;
- analyse van vaarsnelheden over de grond en door het water;
- analyse van scheepsinteracties;
- onderlinge relatie van scheepsinteracties op verschillende locaties (bvb. Bocht van Walsoorden en Bocht van Bath);
- positie van scheepvaart in de vaarweg.

2.1 Datalevering SRK

De AIS-gegevens voor de periode 2010 tot 2022 werden bekomen uit de Schelde Radar Keten (SRK). De Schelde Radar Keten beheert de AIS-ontvangststations in het studiegebied (zie Figuur 4). De ontvangen AIS-boodschappen worden volgens de binaire 'Logical Shore Station Interface' (LSS-interface) (Frequentis, 2009) geregistreerd op een centrale server. Deze interface bevat behalve de oorspronkelijke AIS-boodschap ook metadata betreffende het tijdstip waarop de boodschap ontvangen werd en het ontvangststation waar het signaal gecapteerd werd. Bovendien wordt op de centrale server gecontroleerd op dubbele boodschappen (bv. ontvangen door twee ontvangststations) en wordt enkel de vroegste boodschap weerhouden.

Per etmaal worden de LSS-boodschappen gecombineerd tot een binair bestand met extensie "ais" waarvan de bestandsgrootte ca. 0.5 GByte bedraagt. In het kader van voorliggende studie werden 11 jaar aan ais-bestanden verwerkt wat overeenkomt met ca. 2.5 Terra-Byte aan data. De verwerking van deze erg volumineuze data vereist een gepaste datafiltering.

De datalevering van SRK werd aangevraagd op 31/08/2022 en ontvangen op 27/09/2022. De data omvatte de AIS-gegevens voor de periode 01/01/2010 tot 25/09/2022, met uitzondering van de periode 19/07/2011 tot en met 26/07/2011 waarvoor er (om onbekende redenen) geen AIS-data beschikbaar zijn bij SRK. Begin 2023 werd een bijkomende datalevering opgevraagd voor de resterende dagen van 2022.

Door de mindere kwaliteit van de AIS-gegevens in de periode 2010-2011 en de beperktere toepassing van AIS door binnenvaart in deze periode werd bij de start van het onderzoek beslist om de nautische analyse te beperken tot de jaren 2012-2022.

De AIS-gegevens worden verwerkt overeenkomstig de geldende privacy-richtlijnen (GDPR) en worden vertrouwelijk behandeld. Zo wordt in de rapportering geen scheepseigen informatie gerapporteerd. Voorbeelden van eerder onderzoek waarin WL AIS-analyses uitvoerde in het kader van de toegankelijkheid van het GNA-gebied betreffen Verwilligen *et al.* (2014), Verwilligen *et al.* (2019), Verwilligen *et al.* (2021) en Verwilligen *et al.* (2021a).

[2] Het aandeel pleziervaart dat AIS uitstuurt is beperkt en dekt slechts een fractie van de totale vloot aan pleziervaart.



Figuur 4 – AIS-ontvangststations in beheer van Schelde Radar Keten (Bron: Schelde Radar Keten)

2.2 Verwerking

De AIS-analyse die tot op heden uitgevoerd werd omvat onderstaande stappen:

- decoderen scheepsinformatie uit AIS;
- decoderen trajectinformatie uit AIS;
- visualisatie van heatmaps AIS-posities;
- analyse scheepvaartverkeer Bath-Hansweert op basis van vaartrajecten;
- koppeling van AIS-trajecten met reisgegevens in de IVS-databank ter hoogte van sluizen en de Westerscheldemonding;
- analyse van de vaarparameters langsheen de midvaarwatercurve of andere vaarassen;
- analyse van de statistische tweedimensionale vaarposities in de vaarweg voor verschillende scheepstypes en trajecten;
- analyse van de dwarspositie van verschillende schepen langsheen de midvaarwatercurve in het hoofdvaarwater
- analyse van de interacties tussen schepen op basis van het aantal ontmoetingen en de gemiddelde passeerafstand;
- de evaluatie van waterstanden en stroming langsheen de AIS-trajecten;
- de evaluatie van de toegepaste vaarsnelheden in het onderzoeksgebied;
- de evaluatie van de beschikbare kielspelingen langsheen de AIS-trajecten.

In onderstaande paragrafen wordt de uitgevoerde verwerking meer in detail beschreven. De toepassing en resultaten van deze verwerkingen wordt gerapporteerd in hoofdstuk 5.

2.2.1 AIS-messages

Voor een overzicht van de message types welke deel uitmaken van het AIS-Protocol wordt verwezen naar (ITU-R M.1371-1, 2001). Voor de toepassing in deze studie werden onderstaande *message types* in rekening gebracht:

- Statische scheepsinformatie:
    - Message 5: Static and Voyage Related Data
    - Message 8: Binary Broadcast Message including Inland Vessel Data Report
    - Message 19: Extended Class B CS Position Report
    - Message 24: Static Data Report
- Dynamische scheepsinformatie:
    - Message 1, 2, 3: Position Report Class A
    - Message 5: Static and Voyage Related Data
    - Message 18: Standard Class B CS Position Report
    - Message 19: Extended Class B CS Position Report

2.2.2 Scheepsinformatie

De scheepsinformatie vervat in de AIS-boodschappen bevat enerzijds statische scheepsgegevens (scheepsnaam, hoofdafmetingen,…) en anderzijds dynamische reisgegevens (positie, bestemming, diepgang,…). In eerste instantie werden uit de AIS-gegevens de statische scheepsgegevens geëxtraheerd en worden onderstaande statische gegevens bijgehouden:

1. MMSI-nr;
2. scheepsnaam;
3. scheepstype (zie (ITU-R M.1371-1, 2001)) ;
4. scheepslengte;
5. scheepsbreedte;
6. positie antenne op schip d.m.v. A en C (zie (ITU-R M.1371-1, 2001)) ;
7. ENI-classificatie (binnenvaart);
8. ERI-classificatie (binnenvaart).

De statische scheepsgegevens worden in de vorm van lijsten (scheepslijst) beschikbaar gesteld. De verwerking werd uitgevoerd per maand en kende een rekentijd van ca. anderhalve dag. Vervolgens werden de maandelijkse scheepslijsten gecombineerd tot een scheepslijst voor de volledige onderzochte periode.

Tijdens de uitvoering van het onderzoek bleek dat voor de lange tijdsperiode waarvoor de analyse uitgevoerd werd de mmsi-nrs niet uniek waren en in sommige gevallen doorheen de tijd aan verschillende schepen toegekend werden. Hierop werden de scheepslijsten gegenereerd voor elke maand op basis van de meest recente gegevens (dus alle scheepsinformatie ontvangen in deze maand en de voorgaande maanden).

2.2.3 Dynamische scheepsgegevens

Het overgrote deel van de ontvangen AIS-boodschappen bevatten dynamische reisgegevens. Voor elk schip (=uniek mmsi-nr.) worden onderstaande dynamische AIS-gegevens uit de AIS-data gehaald:

1. Positiedata ontvangen binnen een geografische filter:
    a. tijd (UTC);
    b. longitude;
    c. latitiude;
    d. heading (niet beschikbaar voor binnenvaart).
2. Reisdata
    a. tijd (UTC);
    b. diepgang;
    c. bestemming.
3. Heatmap voor het volledige GNA-gebied:
    a. Het aantal positie-updates dat ontvangen werd wordt bijgehouden op een voorgedefinieerd raster (zie §2.2.4).

De verwerking van trajectgegevens werd uitgevoerd per maand. Omdat de positiedata een erg omvangrijke dataset betreft, werd hierop een geografische filter toegepast waarbij enkel de ontvangen posities binnen een polygoon weerhouden werden. De polygoon die binnen voorliggende studie toegepast werd voor de geografische filtering van AIS-posities wordt weergegeven in Figuur 5 en strekt zich uit tussen de Scheldemonding en de locatie Prosperpolder.



Figuur 5 - Geografische filtering van AIS-posities toegepast voor deze studie

2.2.4 Ontvangen AIS-posities per rastervak

Om een eerste ruimtelijke interpretatie van de scheepvaartbewegingen mogelijk te maken, werd het aantal AIS-posities dat binnen een 50mx50m-raster ontvangen werd bijgehouden binnen het gebied weergegeven in Figuur 6. Dit resultaat werd bijgehouden per kalendermaand en kan door sommatie uitgebreid worden naar ruimere periodes (bvb. per jaar).



Figuur 6 – Rastergrenzen waarbinnen het aantal ontvangen AIS-posities bijgehouden werd op een 50mx50m-grid

2.2.5 Heatmaps

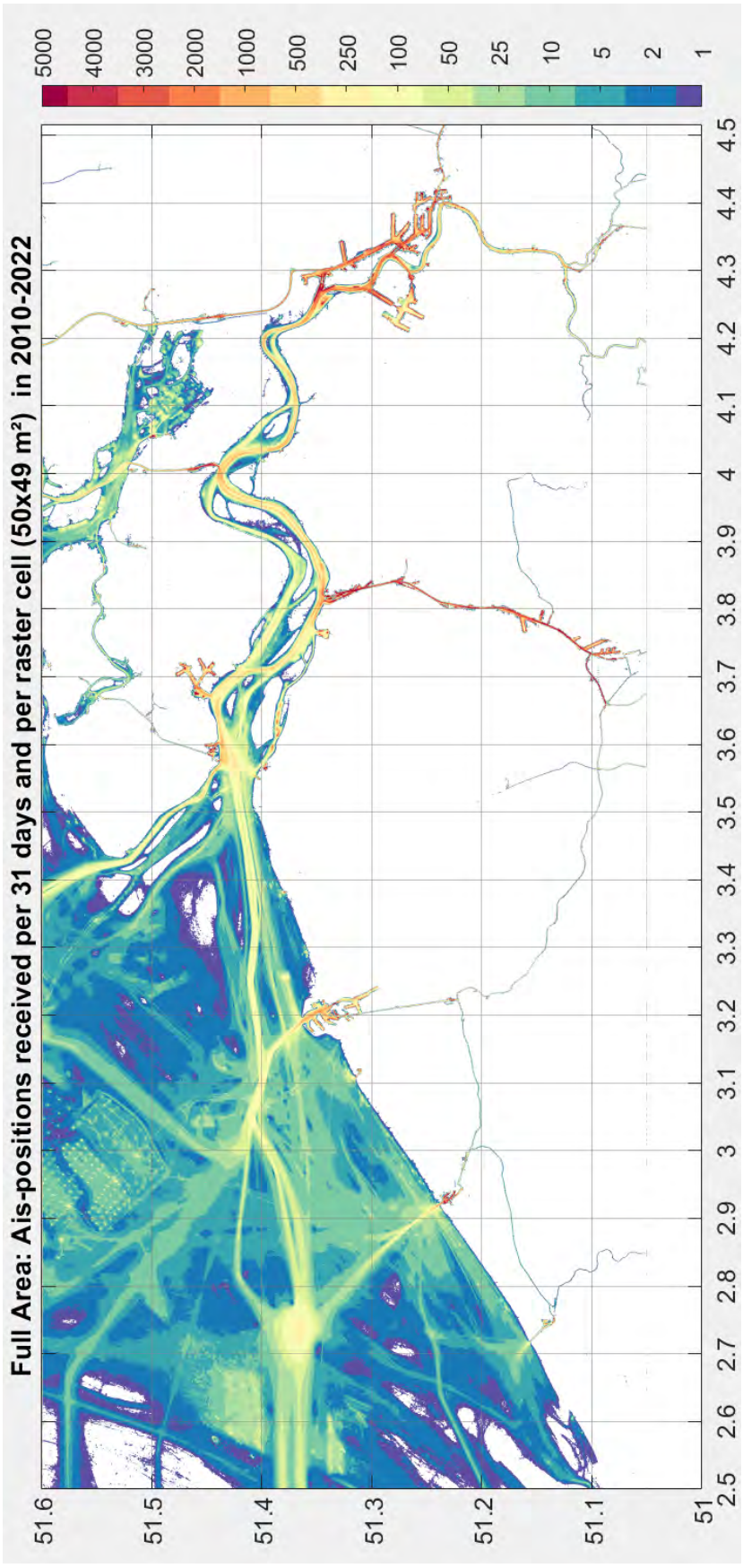
De rasterdata beschreven in §2.2.4 laten toe om een visualisatie te genereren van de uitgestuurde AIS-posities in het volledige GNA-gebied (zie Figuur 6). Deze zogenaamde heatmaps geven een goed beeld van de vaartrajecten die door schepen toegepast worden net als van de intensiteit van het scheepvaartverkeer op verschillende locaties.

Bij de verwerking van de rasterdata naar heatmaps werden de gegevens geschaald naar het aantal AIS-posities ontvangen binnen een vaste periode gelijk aan 31 dagen. De keuze voor 31 dagen stemt overeen met de lengte van de langste kalendermaanden en impliceert dat in de maandelijkse output de registratie van een unieke AIS-positie meegenomen wordt in de visualisatie (indien de legende start bij één). Het toepassen van een schaling naar een vaste tijdsperiode (31 dagen) laat bovendien toe om de heatmaps bekomen voor verschillende periodes (maanden of jaren) onderling te vergelijken.

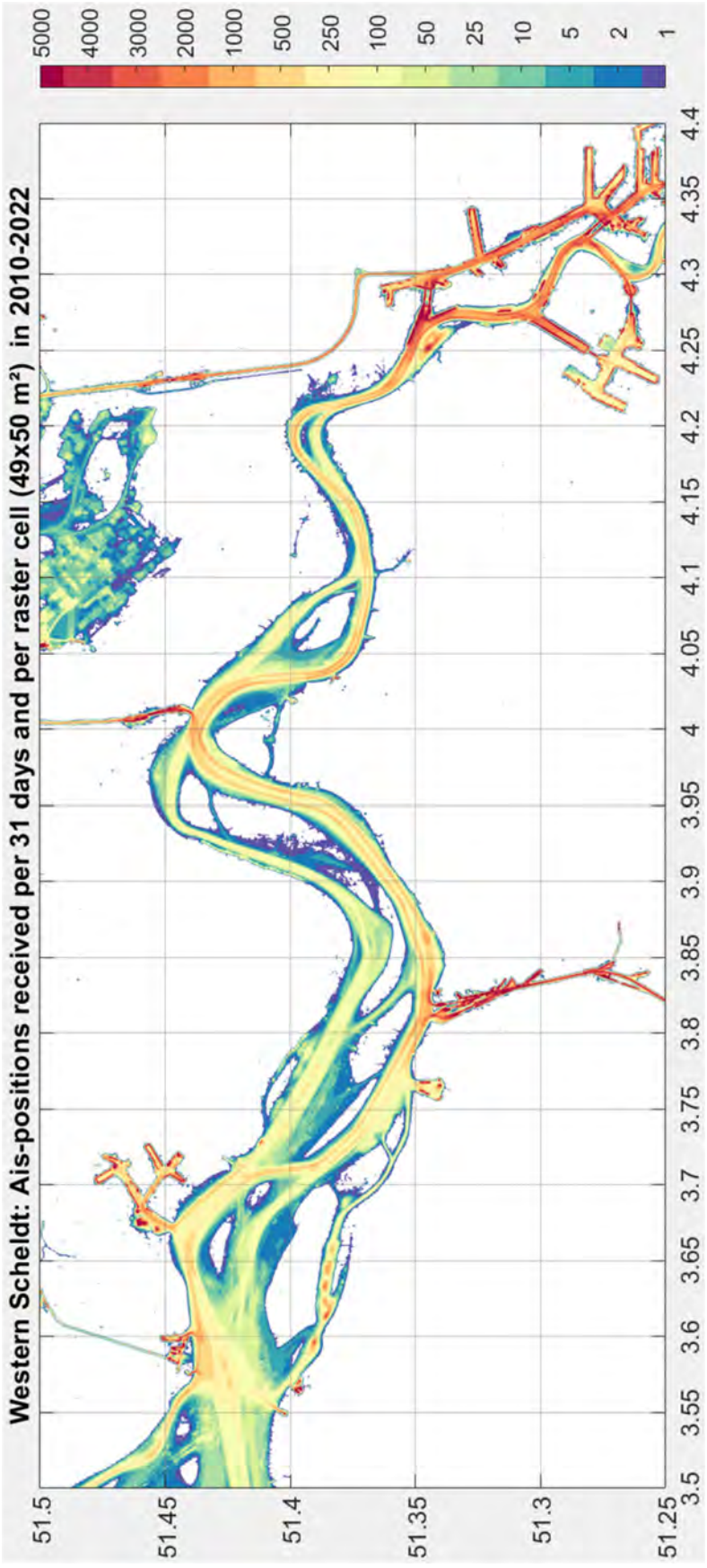
Alle visualisaties worden weergegeven voor een kleurenschaal variërend tussen 1 en 5000 wat overeenkomt met respectievelijk de minimale en maximale waarde die per 31 dagen en per rastervak (50 m x 50 m) ontvangen werden in het ruime studiegebied rond de Schaar van Valkenisse. Er wordt een specifieke kleurenschaal toegepast die een zo duidelijk mogelijk beeld weergeeft van het veranderende gebruik van de nevengeulen.

Een eerste resultaat van de heatmap-visualisatie wordt in Figuur 7 weergegeven voor het volledige onderzochte raster. In deze figuur wordt het resultaat van de volledig geanalyseerde periode (d.i. 4748 dagen) weergegeven op de bovenvermelde methode. In Figuren 8 tot 10 worden voor dezelfde periode detailresultaten weergegeven voor respectievelijk de Westerschelde, het ruimere studiegebied tussen Bath en Hansweert, en de opwaartse aansluiting van de Schaar van Valkenisse op het hoofdvaarwater.

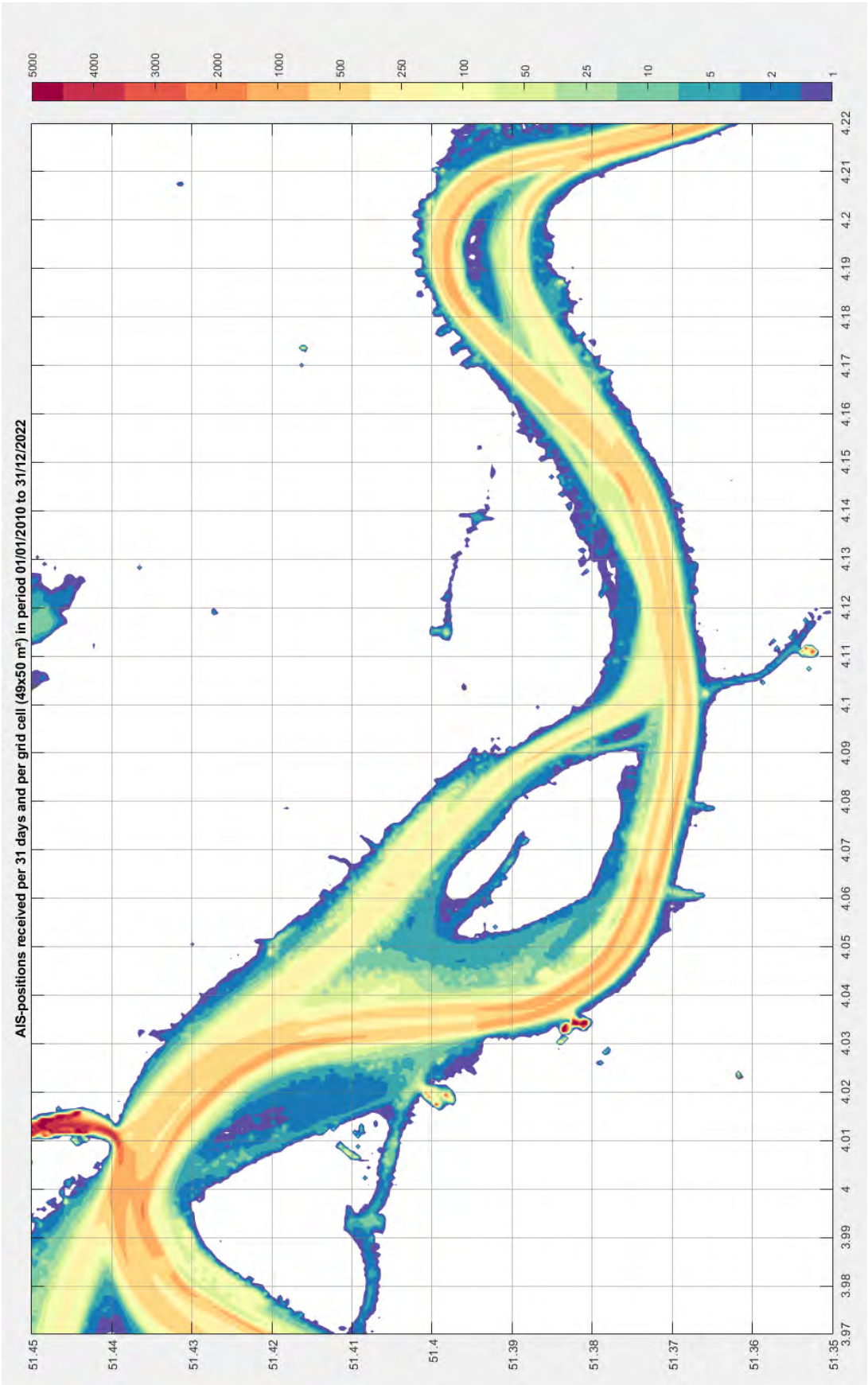
Behalve de heatmap-visualisatie voorziet de verwerking ook in een kmz-weergave op basis van contourlijnen die digitaal toegevoegd worden aan dit rapport (zie Bijlage 3). Deze visualisatie kan geopend worden met behulp van Google Earth™. Een voorbeeld van deze visualisatie toegepast op de volledig geanalyseerde periode wordt weergegeven in Figuur 11.



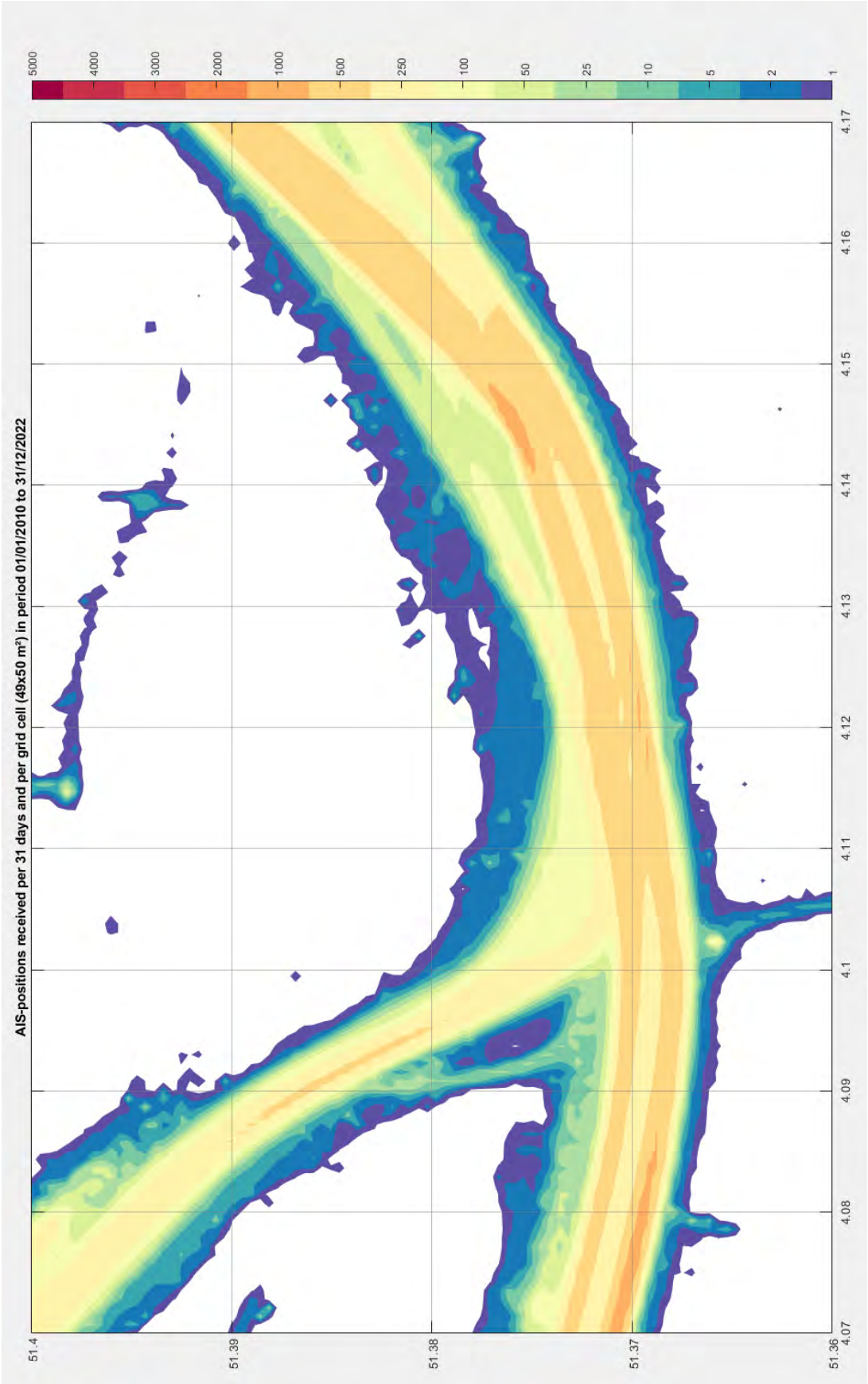
Figuur 7 – Heatmap 01/01/2010 tot 31/12/2022 voor het volledige heatmapraster



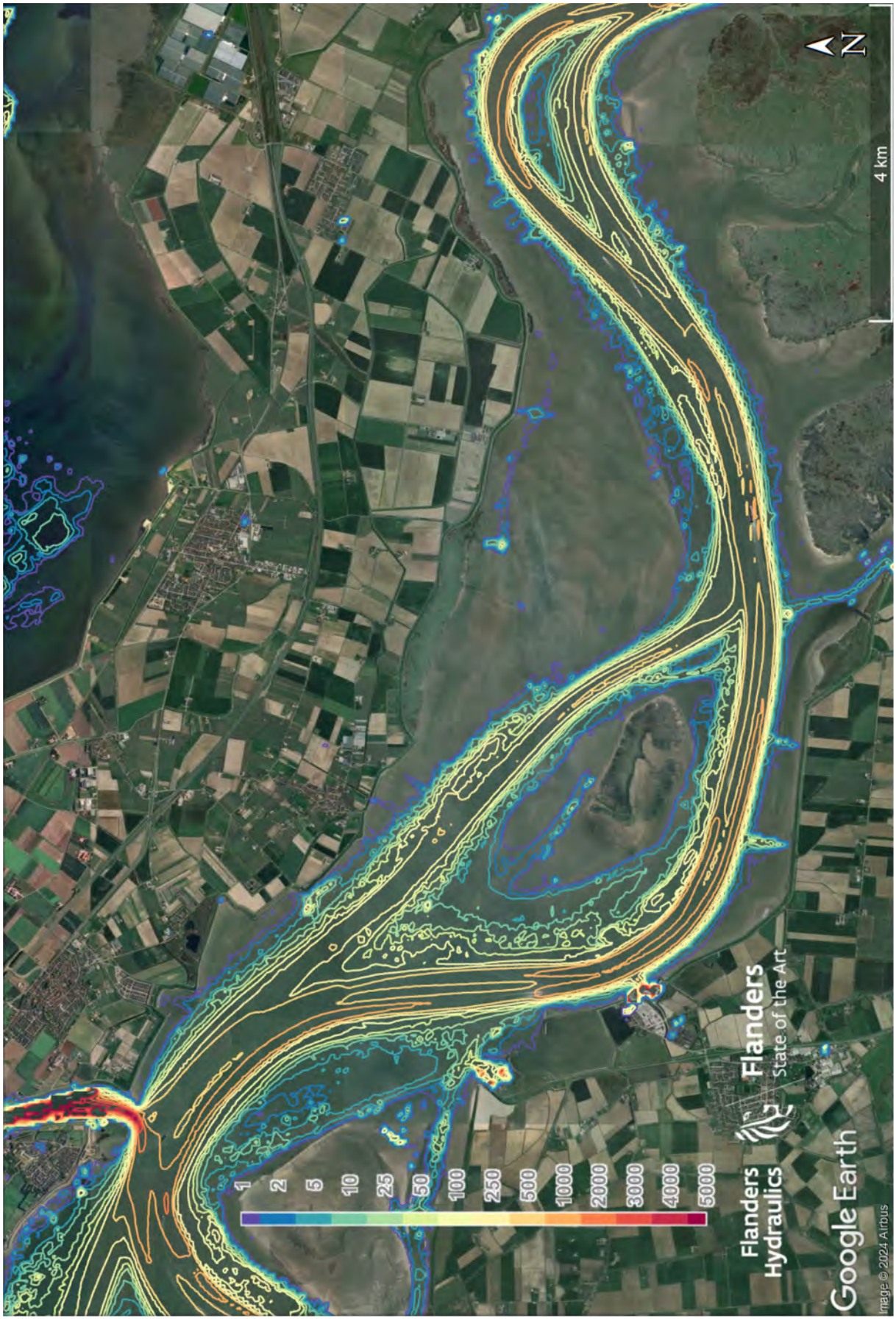
Figuur 8 – Heatmap 01/01/2010 tot 31/12/2022 voor de Westerschelde



Figuur 9 – Heatmap 01/01/2010 tot 31/12/2022 voor de Westerschelde



Figuur 10 – Heatmap 01/01/2010 tot 31/12/2022 (detail opwaartse aansluiting Schaar van Valkenisse)



Figuur 11 – KMZ-weergave van contourlijnen verkeersintensiteit voor periode 2010 – 2022

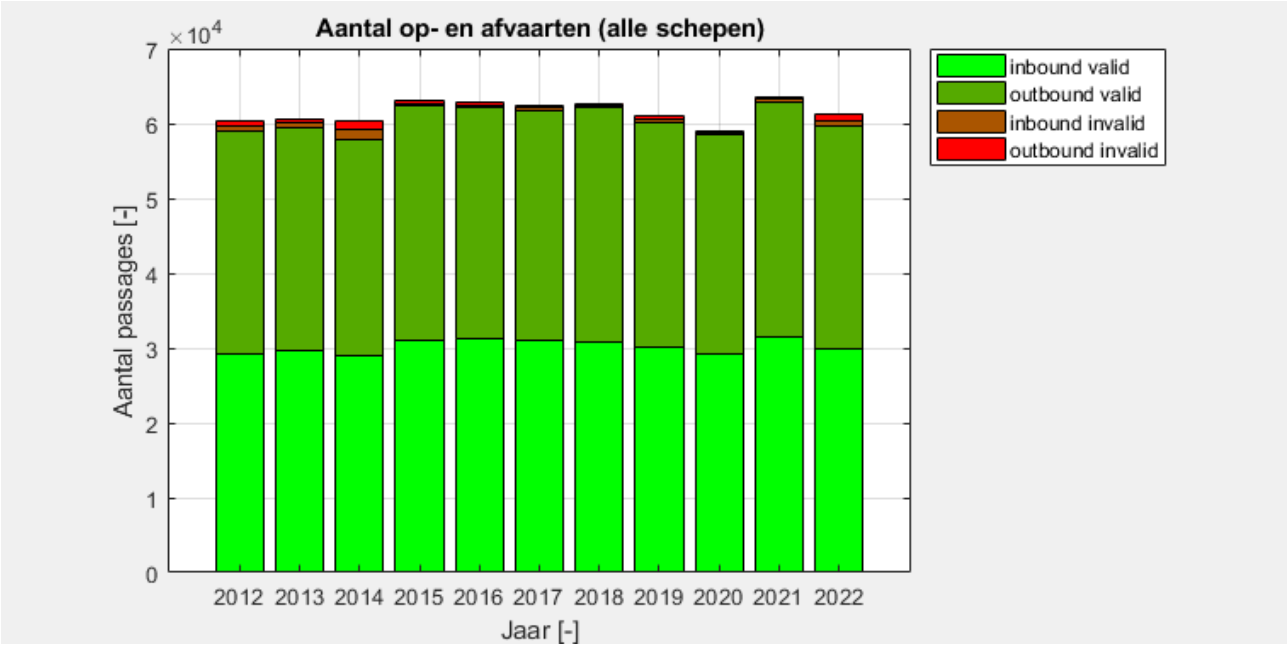
2.2.6 Trajecten tussen Hansweert en Bath

Om een duidelijkere beschrijving te bekomen van de verdeling van de vloot tussen het hoofdvaarwater en de nevengeul werd een analyse van de scheepstrajecten tussen Hansweert en Bath uitgevoerd. Hiertoe werden alle reizen tussen beide passagelijnen die minder dan 6h in beslag namen in rekening gebracht en werden de tijd, positie, heading en vaarsnelheden bijgehouden in een aparte datastructuur. Tijdens de verwerking werden er bovendien verschillende kwaliteitscontroles en kwaliteitsverbeteringen uitgevoerd op de data. Een overzicht hiervan wordt weergegeven in Bijlage 1. In Figuur 14 wordt aangetoond dat het overgrote deel van de AIS-trajecten voldeed aan de gedefinieerde kwaliteitseisen.

De datastructuur bevat, behalve de trajecten van de individuele reizen, ook metadata van de verschillende reizen. Deze metadata worden uitgebreid op basis van verschillende databronnen zoals zal blijken in de volgende hoofdstukken. Tijdens de basisverwerking worden de onderstaande velden met metadata gedefinieerd:

- Scheepsgegevens:
    - mmsi: het mmsi nummer van het schip dat de reis uitvoert;
    - shipL: de lengte van het schip (m) zoals gedefinieerd in de AIS scheepsinformatie;
    - shipB: de breedte van het schip (m) zoals gedefinieerd in de AIS scheepsinformatie;
    - shipT_AIS: de diepgang van het schip (m) zoals gedefinieerd in dynamische AIS-informatie;
    - shipType het scheepstype (-) zoals gedefinieerd in de AIS scheepsinformatie;
    - shipEni: het ENI-nr van het schip (-) zoals gedefinieerd in de AIS scheepsinformatie;
    - ShipEri: het ERI-nr van het schip (-) zoals gedefinieerd in de AIS scheepsinformatie.
- Datakwaliteit:
    - filterValidPassage: vector met logische variabelen (waar of fout) die aangeeft of het AIS-traject de kwaliteitscontroles uit Bijlage 1 doorstond.

Behalve de bovenvermelde datastructuur genereert de verwerking ook een KMZ-export van tijdsgeanimeerde trajecten die voor opvaarten in een groenachtige en voor afvaarten in een roodachtige kleur weergegeven worden. Een voorbeeld van deze export wordt weergegeven in Figuur 15.



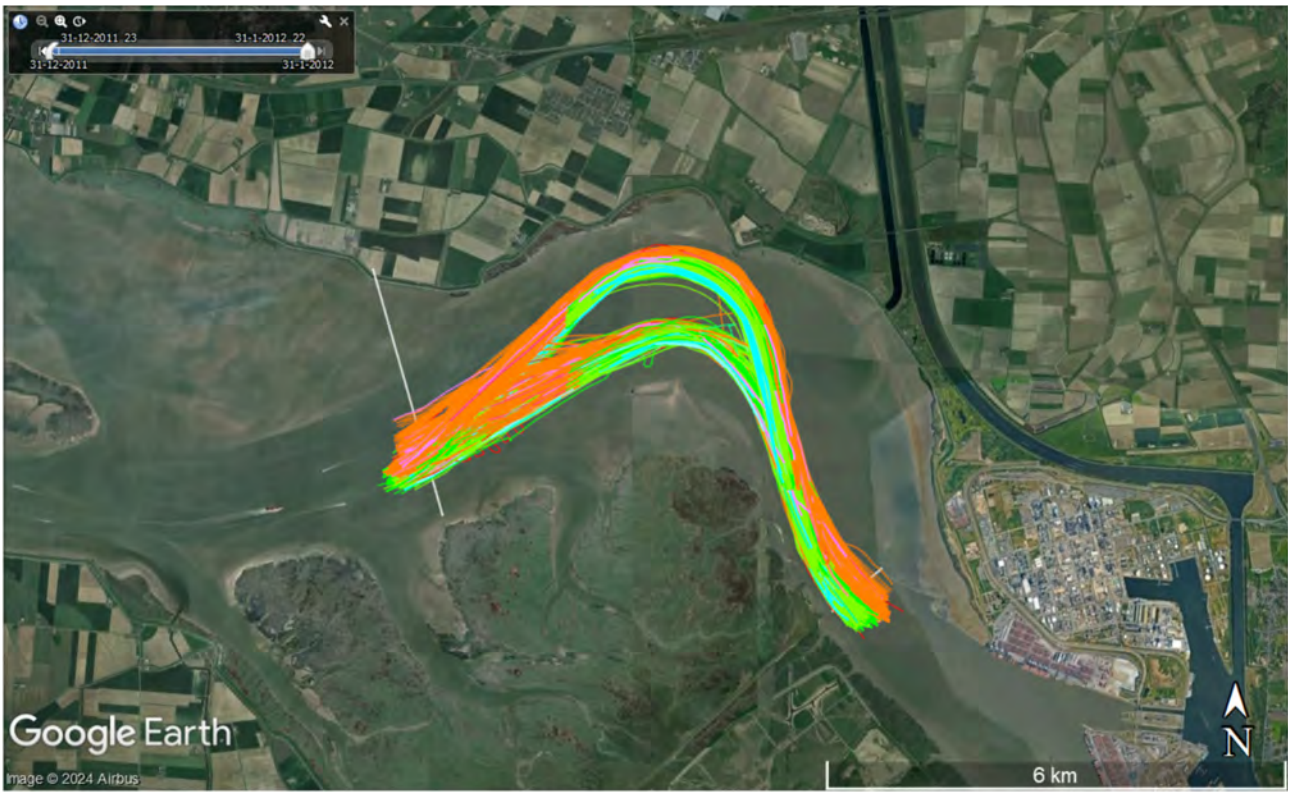
Figuur 12 – Histogram van het aantal op- en afvarende AIS-trajecten tussen Bath en Hansweert en de bijhorende validiteit



Figuur 13 – Weergave van op- en afvarende AIS-trajecten tussen Hansweert en Bath voor 01/01/2012 tot 31/01/2012

2.2.7 Trajecten tussen Baalhoek en Ballastplaat

Om de nautische condities in de Bocht van Walsoorden te kunnen vergelijken met de nautische condities in de Bocht van Bath en om een vergelijking tussen de condities in de Schaar van Valkenisse en de Schaar van de Noord mogelijk te maken werd de analyse van AIS-trajecten ook uitgevoerd voor een tweede gebied tussen de passagelijnen Baalhoek en Ballastplaat. Figuur 16 toont de vaartrajecten tussen deze locaties voor de maand januari 2012.



Figuur 14 – Weergave van op- en afvarende AIS-trajecten tussen Baalhoek en Ballastplaat voor 01/01/2012 tot 31/01/2012

2.2.8 Koppeling schepen met externe databases

De scheepsinformatie aangeboden in AIS heeft, met name voor binnenvaart, slechts een beperkte kwaliteit. Voornamelijk de scheepsdiepgang (een erg belangrijke parameter bij de beoordeling van het gebruik van de Schaar van Valkenisse) wordt doorgaans niet correct ingevuld voor binnenvaart. Bovendien kunnen de afmetingen van koppelverbanden of konvooien sterk verschillen, waardoor dit type binnenvaart geen vaste lengte en breedte heeft. Ook deze variaties in scheepsafmetingen worden niet geüpdatet in de AIS-informatie.

Om de scheepsinformatie van schepen in het studiegebied te verbeteren werd getracht om de AIS-gegevens te verrijken met gegevens uit onderstaande databronnen geleverd door RWS:

- Sluistellingen voor de sluizen:
  - Oostkolk Hansweert;
  - Westkolk Hansweert;
  - Oostsluis Terneuzen;
  - Middensluis Terneuzen;
  - Westsluis Terneuzen;
  - Grote kolk sluis Vlissingen;
  - Kleine kolk sluis Vlissingen.
- IVS passages uit Schelde Radar Keten:
  - Passagelijn PV (Vlissingen).

Voor elk traject tussen Hansweert en Bath (zie §2.2.6) wordt onderzocht of het schip ten laatste 24 h voor (bij opvaart) of na (bij afvaart) de passage van Hansweert één van bovenstaande locaties bereikte. Indien dit het geval was, dan werd binnen de bijhorende databestanden gezocht naar de bijhorende sluis- of lijnpassage.

Deze koppeling werd enkel uitgevoerd voor de analyse van vaartrajecten tussen Hansweert en Bath.

Koppeling met sluistellingen RWS

Voor de periode 2010 tot 2022 werd een groot databestand (171 MB) ontvangen waarin alle registraties van scheepspassages aan de sluizen gedefinieerd worden. Voor de sluispassages worden onder andere onderstaande parameters bijgehouden:

- tijd van de passage;
- duur van de passage;
- richting van de versassing;
- scheepsinformatie:
    - scheepstype;
    - scheepslengte;
    - scheepsbreedte;
    - scheepdiepgang.

Een belangrijk nadeel aan de aangeleverde data met sluistellingen betreft het ontbreken van een scheepsnaam of andere unieke identificator (zoals mmsi of ENI). Bijgevolg werd onderstaande methode toegepast om de sluispassages bekomen uit AIS te relateren aan de sluispassages aangeleverd door IVS:

- Voor elke versassing gedefinieerd in de IVS-databank werden op basis van AIS de schepen in de kolk geïdentificeerd.
- Vervolgens diende het correcte schip uit de IVS-databank gekoppeld te worden aan het correcte schip in de AIS-data. Hiervoor wordt in eerste instantie gebruik gemaakt van het scheepstype waarbij in volgorde verwerkt worden:
    - koppelverbanden
    - duwkonvooien
    - zeevaart
    - sleepboten
    - binnenvaart
    - resterende vaart.
- Voor de koppelverbanden en duwkonvooien werd een afzonderlijke lijst van binnenschepen bijgehouden die mogelijks deel uitmaakten van een koppelverband en duwkonvooi. Deze lijst werd manueel opgesteld op basis van de lopende verwerking waarbij de code gepauzeerd werd wanneer een koppelverband of duwkonvooi in de IVS kolkbezetting gedefinieerd werd zonder dat in de AIS kolkbezetting een schip met deze eigenschap gedefinieerd werd. In dit geval werd manueel onderzocht welk van de AIS schepen overeenstemde met de kwalificatie koppelverband of duwkonvooi uit de IVS kolkbezetting en wanneer zo een schip geselecteerd kon worden dan werd het bijhorende mmsi-nr toegevoegd aan de lijst. Indien er in een IVS kolkbezetting meerdere schepen van het type koppelverband of duwkonvooi waren, dan werd het AIS schip met de meest gelijkaardige horizontale afmetingen (L en B) hieraan toegewezen.
- Een gelijkaardige verwerking werd uitgevoerd voor de andere schepen in de IVS kolkbezetting. De schepen met de meest gelijkaardige horizontale scheepsafmetingen werden met elkaar gelieerd.

De bovenstaande methode liet toe om op een semi-automatische manier de IVS gegevens te verbinden met de AIS-gegevens. Concreet hield dit in dat aan de IVS gegevens een mmsi nummer toegevoegd werd net als een passagetijd die overeenkwam met de AIS gegevens. Deze twee parameters worden later gebruikt om de IVS-gegevens te koppelen aan de trajecten in het studiegebied.

Een bijkomende uitdaging aan de sluistellingen betrof het feit dat dit een manueel gegenereerde dataset was, waarbij de sluismeester de kwalificatie van een schip niet steeds consequent definieerde. Zo werden koppelverbanden vaak gedefinieerd als duwkonvooien (en omgekeerd). Dit bemoeilijkte de geautomatiseerde registratie van AIS-schepen.

Bovendien bleek voor een belangrijke periode het systeem niet correct te functioneren. Zo werden voor de periode 12/03/2019 tot 25/06/2019 alle sluispassages van het complex Terneuzen toegewezen aan de Oostsluis (ook wanneer deze passages betrekking hadden op de Westsluis en Middensluis). Bij een dergelijke uitval van het systeem bleek het onmogelijk om een correcte toewijzing van AIS-schepen te bekomen.

Koppeling met passagelijn PV

Uit de Schelde Radar Keten (SRK) werd een databestand (240 MB) bekomen met de passages van schepen op verschillende GeoPoints uit IVS voor de periode 2010 tot 2022. De aangeleverde geopoints betroffen: CP2, PV en SWA. Voor deze analyse werd enkel het GeoPoint PV (Vlissingen) toegepast. Het databestand leverde onderstaande data voor alle scheepspassages van het GeoPoint PV:

- passagetijd (UTC);
- scheepsnaam;
- scheeps-mmsi;
- scheepslengte;
- scheepsbreedte;
- scheepsdiepgang;
- scheepstype.

Merk op dat in deze dataset de scheepsnaam en in vele gevallen ook het mmsi-nummer beschikbaar waren. Bovendien was de passagetijd van een lijn (PV) een eenduidig tijdstip dat eenvoudig gereproduceerd kon worden voor de AIS-data. Beide factoren laten toe om een relatief eenvoudige koppelmethode toe te passen tussen de AIS-gegevens en de IVS passages van PV:

- Op basis van de AIS-gegevens werd een gelijkaardige lijst van passages gedefinieerd voor alle AIS-trajecten die de passagelijn PV kruisten (een nadeel aan de locatie van PV betreft het grote aantal kruisingen van deze lijn met de veerdienst Breskens-Vlissingen)
- Voor elke IVS-registratie van de passage lijn PV
    - Werden alle AIS-passages geselecteerd die zich voordeden binnen de 10 minuten van de IVS-passage
    - Indien de IVS-passage een mmsi-nummer bevatte dan werd op basis van dit nummer een match gezocht in de geselecteerde AIS-passages
    - Indien voorgaande geen resultaat opleverde, dan werd er een vergelijking uitgevoerd op basis van de scheepsnaam. Indien de scheepsnaam in de IVS gegevens slechts maximaal drie wijzigingen diende te ondergaan om de scheepsnaam van één van de geselecteerde AIS-schepen te bekomen dan werd de IVS-passage gerelateerd aan deze AIS-passage.

Net als bij de sluistellingen werd, wanneer er een match gevonden werd tussen IVS en AIS, aan de IVS-database het mmsi nummer en de AIS passagetijd toegevoegd.

Toevoegen van metadata aan traject informatie

Zoals eerder vermeld werd voor elk vaartraject tussen Bath en Hansweert de passage van een opwaartse passagelijn onderzocht binnen 24 h voorafgaand (voor opvaart) of volgend (voor afvaart) de passage van Hansweert. Indien deze passagelijn overeenkwam met één van de locaties waarop er IVS-gegevens aangeleverd werden (de sluizen of PV) dan werd gezocht of er binnen deze IVS-gegevens een gekoppelde AIS-passage gevonden werd voor dezelfde mmsi en passagetijd als voor de opwaartse passagelijn van de trajecten tussen Bath en Hansweert. Indien dit het geval was, dan werd de IVS metadata toegevoegd aan de metadata van het traject. Dit gaf aanleiding tot onderstaande bijkomende metadata in de datastructuur met trajecten tussen Bath en Hansweert:

- downstreamPassageEntry: de naam van de passagelijn die als eerste gepasseerd werd afwaarts van het traject tussen Bath en Hansweert
- downstreamPassageTime: passagetijd horend bij downstreamPassageEntry
- voor trajecten die gekoppeld konden worden aan een sluis
    - shipRwsCode_lock: RWS-code van het scheepstype (gelijkaardige aan de ERI-code)
    - shipSksCode_lock: SKS-code van het scheepstype
    - shipGT_lock: Gross tonnage van schip
    - shipL_lock: scheepslengte
    - shipB_lock: scheepsbreete
    - shipT_lock: scheepsdiepgang
- voor trajecten die gekoppeld konden worden aan de passagelijn PV
    - shipName_ivs: de scheepnaam zoals gedefinieerd in de IVS gegevens
    - shipMmsi_ivs: het mmsi-nummer zoals gedefinieerd in de IVS gegevens
    - shipType_ivs: het scheepstype zoals gedefinieerd in de IVS gegevens
    - shipL_ivs: de scheepslengte zoals gedefinieerd in de IVS gegevens
    - shipB_ivs: de scheepsbreedte zoals gedefinieerd in de IVS-gegevens
    - shipT_ivs: de scheepsdiepgang zoals gedefinieerd in de IVS-gegevens

Na uitvoering van deze verwerking werden voor lengte, breedte en diepgang ook de meest betrouwbare waarde bijgehouden in onderstaande datavelden:

- L: Scheepslengte (m)
- B: Scheepsbreedte (m)
- T: Scheepsdiepgang (m).

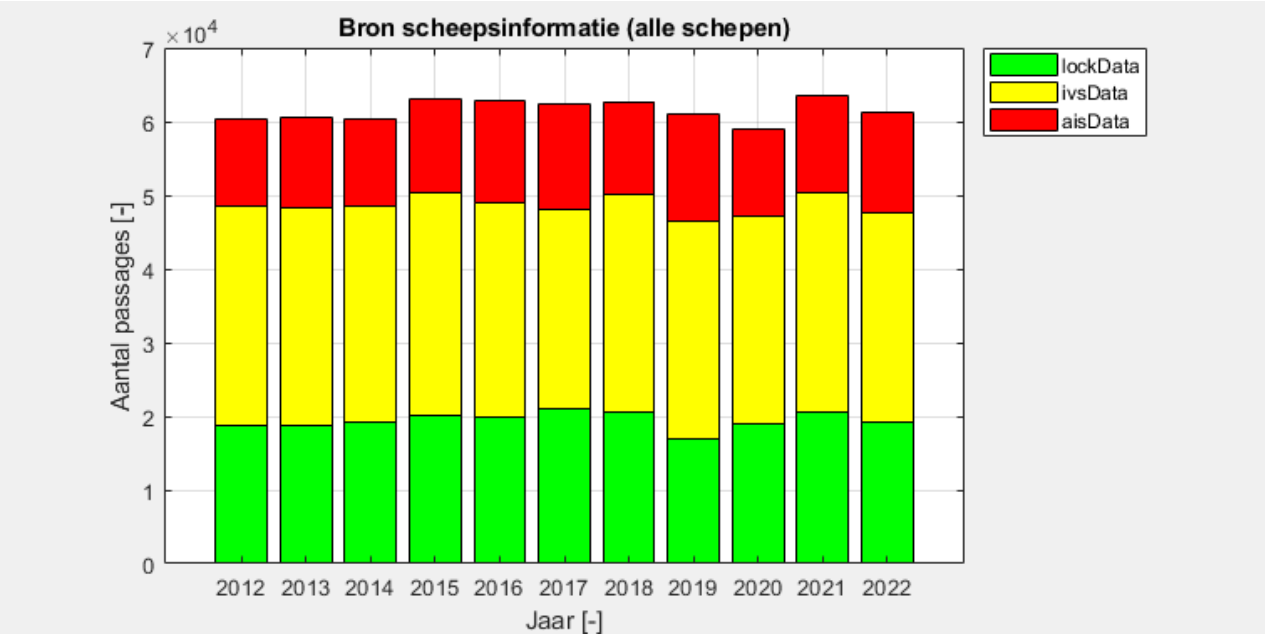
Deze waarde betrof de IVS-waarde indien beschikbaar en anders de AIS-waarde.

Bovendien werden op basis van de beschikbare gegevens over het scheepstype ook een beoordeling toegevoegd van het scheepstype. Hiervoor werden onderstaande scheepstypes gedefinieerd:

- sea: zeevaart of estuaire binnenvaart[3] ;
- inland: binnenvaart;
- tug: sleepboten;
- pleasure: pleziervaart.

In Figuur 17 wordt grafisch weergegeven voor welk aandeel van de vaartrajecten tussen Bath en Hansweert een koppeling gemaakt kon worden met de IVS gegevens aan de sluizen of aan de passagelijn PV. De uitval van de IVS sluistellingen in 2019 te Terneuzen is duidelijk zichtbaar in deze resultaten.

[3] Er werd geen methode gevonden om estuaire binnenvaart te onderscheiden van zeevaart.



Figuur 15 – Bron van de scheepsgegevens bij vaartrajecten tussen Bath en Hansweert (rood: AIS; geel: IVS PV; groen: IVS sluizen)

2.2.9 Evolutie van vaarparameters langs referentie-as

Om een statistische analyse van enkele vaarparameters te bekomen, werden de trajecten tussen Hansweert en Bath gerefereerd tot de midvaarwatercurve van de Westerschelde. Deze referentielijn stemt overeen met de hoofdvaargeul en wordt in Figuur 18 weergegeven in combinatie met de kilometeraanduiding. Onderstaande parameters werden hierbij geëvalueerd:

- De vaarsnelheid van de schepen.
- De dwarsafstand van de schepen ten opzichte van de referentie-as.

Deze evaluatie werd uitgevoerd voor alle trajecten tussen Bath en Hansweert, maar de rapportering van de statistische parameters werd enkel toegepast op de trajecten die via de hoofdvaargeul verliepen. Voor de geïdentificeerde trajecten die via de Schaar van Valkenisse uitgevoerd werden, werd er voor elke maand en per vaarrichting een nieuwe referentie-as aangemaakt die overeenstemde met de gemiddelde positie van de schepen die gebruik maakten van de nevengeul. De evaluatie van de vaartrajecten van deze schepen werd opnieuw uitgevoerd maar nu ten opzichte van de nieuwe referentie-as voor de Schaar van Valkenisse. Op deze manier werd er een afzonderlijk resultaat bekomen voor de schepen via de hoofdvaargeul en de nevengeul. Zo toont Figuur 20 de statistische analyse van de scheepssnelheden voor afvarende schepen via respectievelijk de hoofdvaargeul en de nevengeul voor de maand maart 2022. De referentie-as die in deze maand toegepast werd voor de Schaar van Valkenisse wordt weergegeven in Figuur 19. Voor het bochtmanoeuvre voor het indraaien van de Schaar van Valkenisse (baanafstand 9.3 km) is een daling van de vaarsnelheid waarneembaar. De schepen die gebruik maken van de hoofdvaargeul vertonen een grotere variatie in vaarsnelheid dan de schepen via de nevengeul (de percentielwaarden liggen verder uiteen voor de resultaten van de hoofdvaargeul). Dit heeft vanzelfsprekend grotendeels te maken met de grotere verscheidenheid aan scheepstypes in de hoofdvaargeul. In de hoofdvaargeul is eveneens een vermindering van de vaarsnelheid ter hoogte van de bochten van Bath (baanafstand 19 km) en Walsoorden (baanafstand 6 km) zichtbaar.

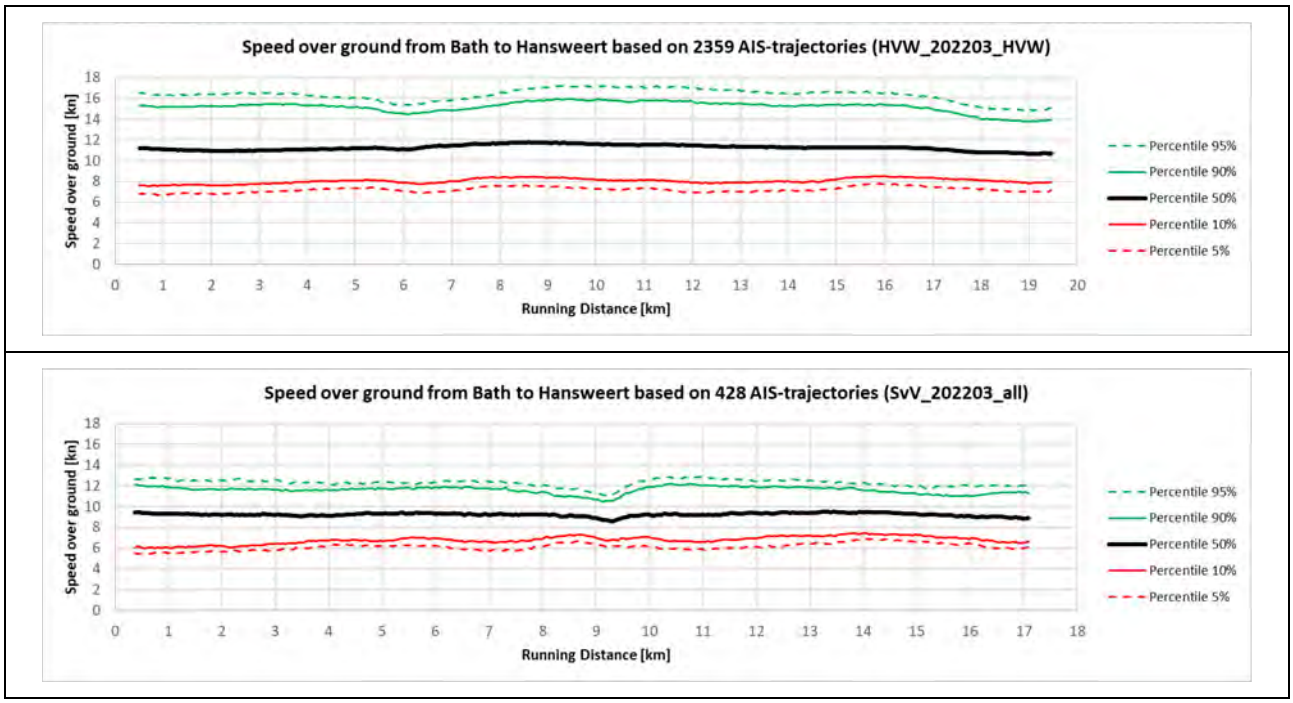
Voor de nevengeul wordt voor dezelfde periode in Figuur 21 ook de positie van de schepen ten opzichte van de referentie-as weergegeven. Hieruit blijkt dat in maart 2022 de afvaart ter hoogte van de toegang van de nevengeul binnen een erg small spoor bleef varen. 80% van de schepen passeerden de toegang tot de Schaar van Valkenisse binnen een padbreedte gelijk aan ca. 40 m (baanafstand 8.8 km).



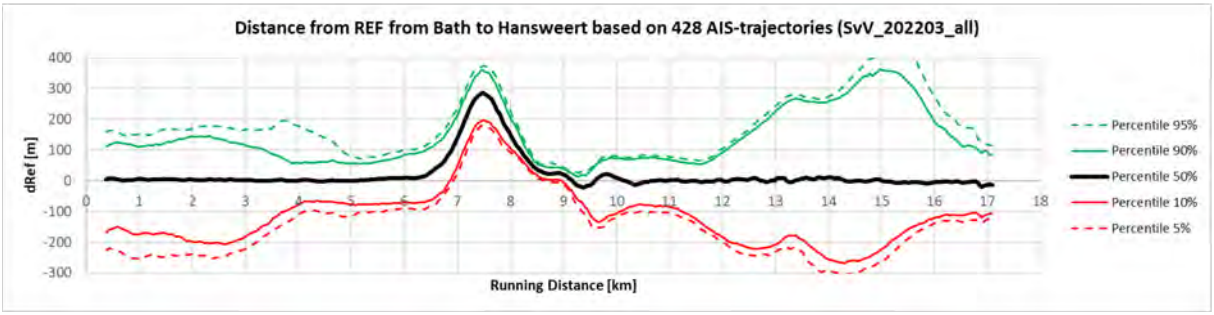
Figuur 16 – Weergave van de midvaarwatercurve van de Westerschelde tussen Hansweert en Bath met km-aanduiding



Figuur 17 – Weergave van de referentie-as voor schepen via Schaar van Valkenisse tussen Hansweert en Bath met km-aanduiding zoals toegepast voor afvaart in maart 2022



Figuur 18 – Vaarsnelheid van de schepen via de hoofdvaargeul (boven) en de nevengeul (onder) ten opzichte van hun respectievelijke referentie-assen voor afvaart in maart 2022



Figuur 19 – Afstand van de schepen via de nevengeul tot de referentie-as bekomen voor afvaart in maart 2022

2.2.10 Boogstralen langs de referentie-as van de hoofdvaargeul

Als referentie-as voor de hoofdvaargeul werd de midvaarwatercurve van de Westerschelde toegepast waarbij baanafstanden gerefereerd werden ten opzichte van de passage van Hansweert (zie Figuur 22). Deze lijn kan ook toegepast worden om een inschatting te bekomen van de boogstralen die gepaard gaan met de verschillende bochten langsheen de Westerschelde. Voor het studiegebied worden in Figuur 23 deze rivierbochten grafisch weergegeven. Tabel 1 bevat een overzicht van alle boogstralen die overeenstemmen met de belangrijkste rivierbochten met een minimale koerswijziging gelijk aan 10°.

De kleinste boogstraal wordt waargenomen in de bocht van Bath. In de Bocht van Bath dient een koerswijziging van 98° gerealiseerd te worden in twee aansluitende bochten waarvan de boogstraal ca. 1250 m bedraagt. Ter vergelijking dient er in de bocht van Walsoorden een totale koerswijziging gerealiseerd te worden gelijk aan 71°. Deze koerswijziging dient uitgevoerd in twee aansluitende bochten met boogstralen 2450 m en 1900 m.



Figuur 20 – Midvaarwatercurve in ruimere studiegebied met kilometeraanduiding



Figuur 21 – Weergave van de belangrijkste bochten in het ruimere studiegebied met aanduiding van de boogstraal

Tabel 1 – Relevante rivierbochten in ruimere studiegebied rond Schaar van Valkenisse

Locatie	Baanafstand [km]	x [m UTM]	y [m UTM]	Koerswijziging [°]	Boogstraal [m]
Terneuzen (Boei 27)	-15.7	559791	5688633	36	5245
Gat van Ossenisse (Boei 32)	-8.2	566159	5692770	49	2751
Overloop Hansweert (Boei 45)	-2.7	567596	5698114	26	2249
Hansweert (Boei 47)	-0.3	569716	5698962	81	1650
Hansweert (Boei 51)	1.1	570990	5698184	34	3236
Zuidergat (Boei 53)	3.2	571898	5696294	25	5030
Walsoorden (Boei 57)	6.2	572030	5693188	41	2457
Walsoorden (Boei 48B)	7.6	573009	5692156	30	1912
Baalhoek (Boei 61A - 63)	10.6	575873	5691394	17	3770
Marlemonsche (Boei 69)	14.6	579809	5692113	25	1928
Bath (Boei 66D)	18.7	582763	5695039	60	1264
Bath (Boei 77)	19.7	583859	5694664	38	1251
Pas van Rilland (Boei 70)	20.8	584450	5693725	29	2644
Ballastplaat (Boei 85)	24.1	585285	5690575	30	1886
Noordzeeterminal (Boei 87A)	26.8	587755	5689449	24	1905
Europaterminal Noord (Boei 89)	27.8	588441	5688743	27	2431
Europaterminal Zuid (Boei 91)	28.8	588784	5687778	31	1624

2.2.11 Positie van de schepen in de vaarweg

Tijdens de te evalueren periode werd de signalisatie in het projectgebied herhaaldelijk aangepast in functie van de beschikbare bathymetrie. Om de impact van deze aanpassingen op de vaartrajecten van de schepen inzichtelijk te maken werden voor onderstaande clusters een analyse gemaakt van de vaarposities van de schepen:

- zeeschepen die gebruik maakten van de hoofdvaargeul
- andere schepen die gebruik maakten van de hoofdvaargeul
- alle schepen die gebruik maakten van de Schaar van Valkenisse/Schaar van de Noord.

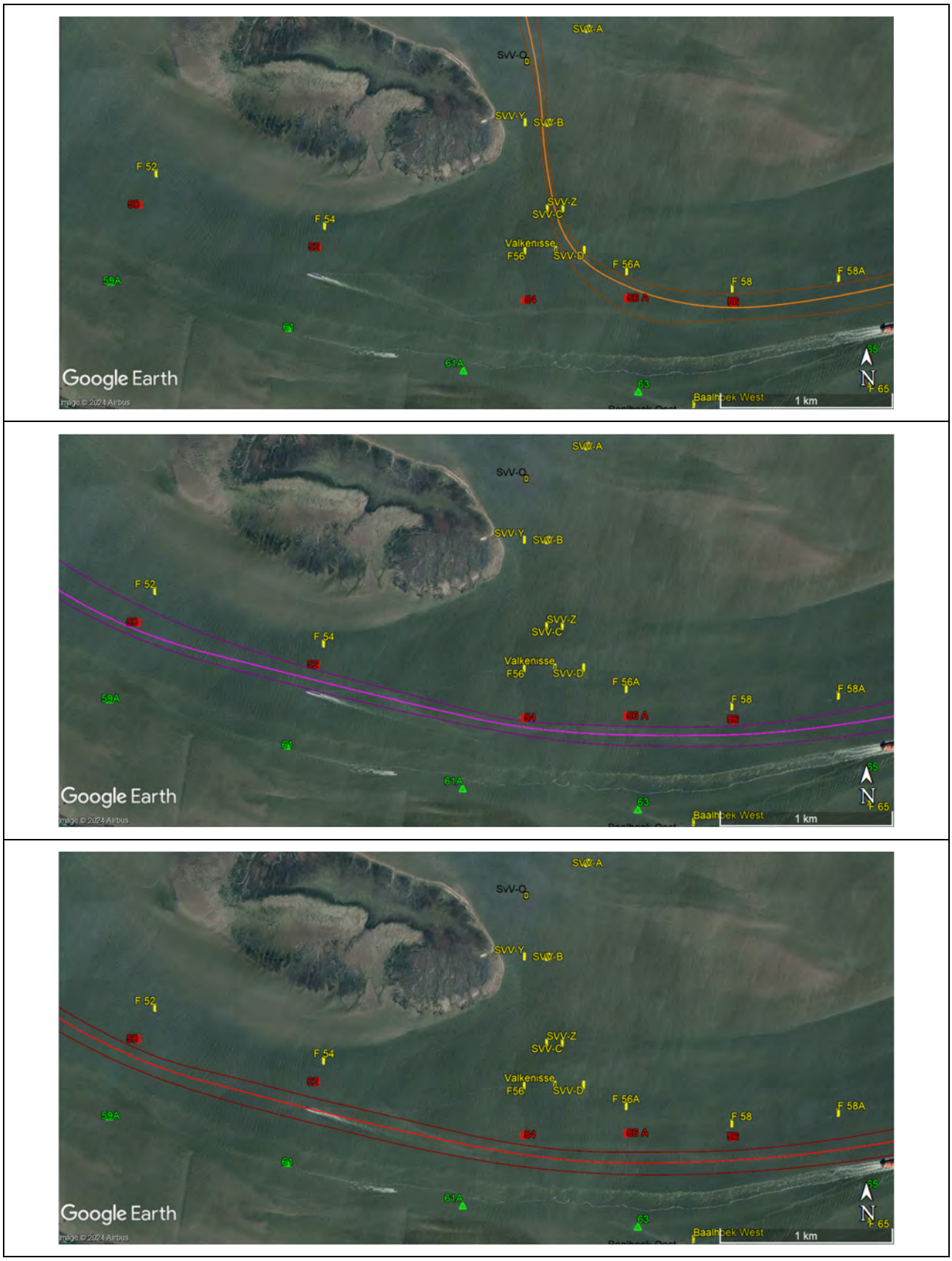
De posities van de verschillende scheepsclusters werden berekend op basis van de dwarsafstand van het schip ten opzichte van een referentietraject zoals bekomen uit §2.2.9 en overeenkomstig de volgende statistieken:

- de mediaan van de dwarsposities van de schepen in de vaarweg;
- de 10% percentiel van de dwarsposities van de schepen in de vaarweg;
- de 90% percentiel van de dwarsposities van de schepen in de vaarweg.

Het resultaat van deze analyse voor de afvaart van de drie scheepsclusters voor de maand maart 2022 wordt weergegeven in Figuur 24. Dit resultaat toont voor de schepen via de Schaar van Valkenisse een belangrijke versmalling van de vaarpaden. Voor de schepen via de hoofdvaargeul blijk dat de zeevaart zich binnen de boeienlijn bevindt en aan de stuurboordzijde. De binnenvaart via de hoofdvaargeul blijkt pas afwaarts van boei 52 gebruik te maken van het fietspad buiten de rode boeienlijn waarbij nog steeds meer dan de helft van de binnenvaart binnen de rode boeienlijn blijft varen.

De analyse van de vaarposities van verschillende verkeersstromen laat ook toe om de breedte van de vaarpaden te berekenen op basis van verschillende percentielwaarden. Zo kan een vaarwegbreedte gedefinieerd worden waarbinnen 50%, 80% (zie specifiek Figuur 24, met de 80% vaarwegbreedte tussen de 10% en 90% percentielen) of 90% van alle schepen opereren. Deze vaarwegbreedte wordt gezien als een maat voor de beschikbare ruimte voor de scheepvaart.

De statistische analyse van de vaarposities in een vaarweg werden enkel uitgevoerd indien er minimaal 20 scheepstrajecten beschikbaar waren (met andere woorden als er minder dan 20 schepen per maand gebruik maakten van de nevengeul dan is er geen statistische beoordeling beschikbaar).

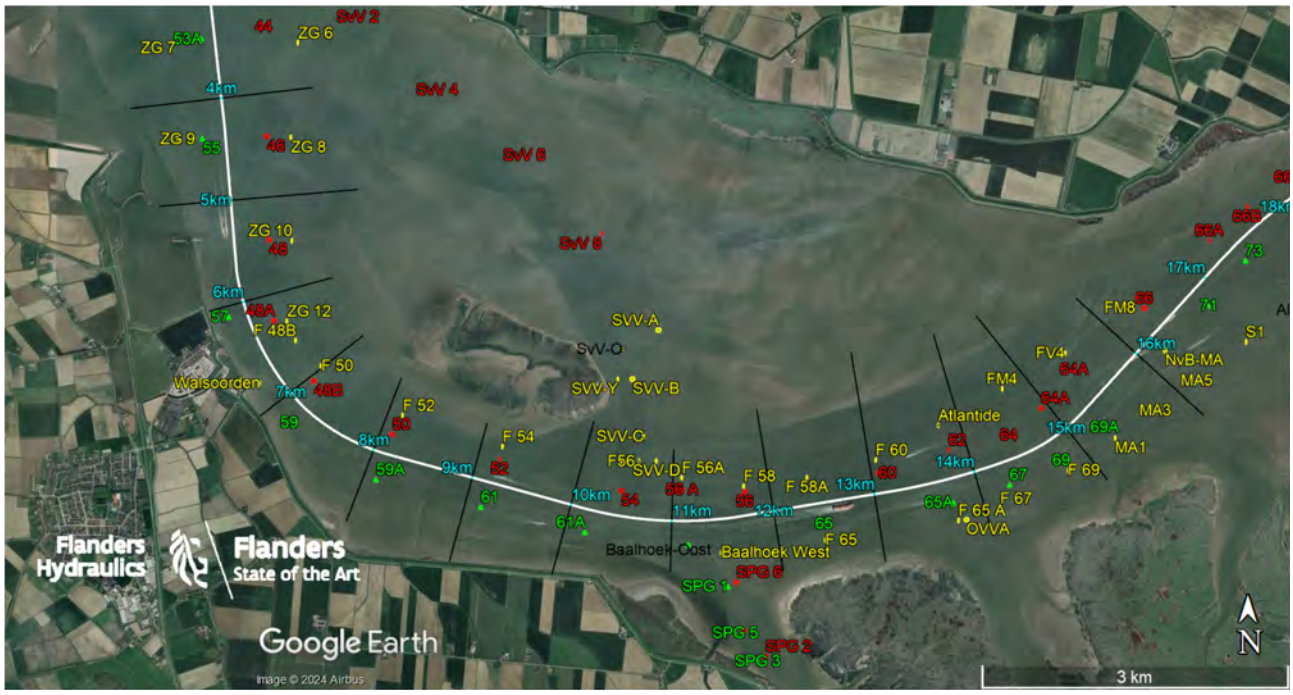


Figuur 22 – Weergave van de gemiddelde vaarposities (percentielen 10%, 50% en 90%) voor afvaart in maart 2022 voor de schepen via SvV (boven), de binnenvaart via HVW (midden) en de zeevaart via HVW (onder)

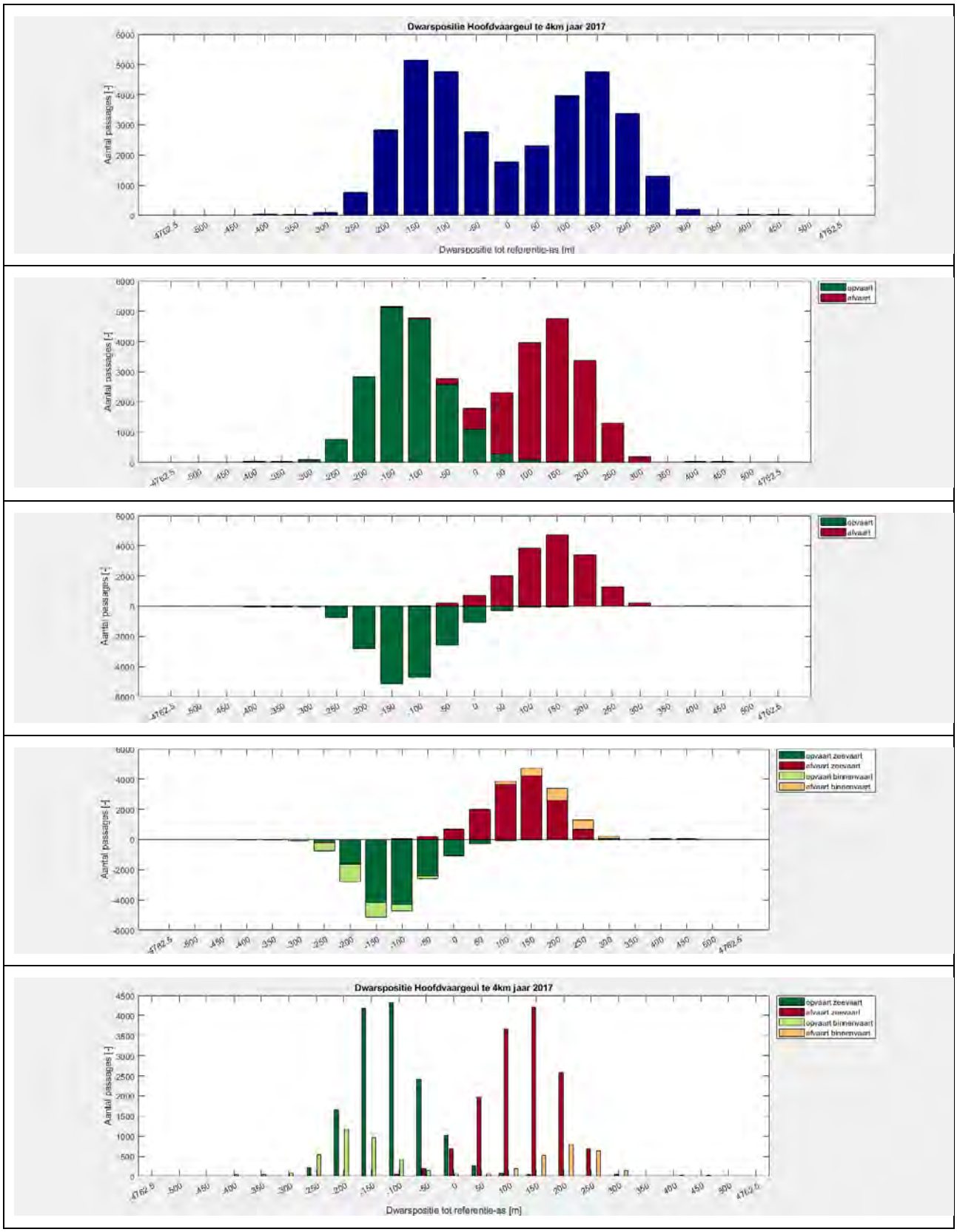
2.2.12 Vlootverdeling over dwarstransect HVW

Op basis van de AIS-trajecten uit §2.2.6 werd ook een analyse uitgevoerd van de dwarsposities van de scheepvaart ten opzichte van de midvaarwatercurve op verschillende baanafstanden zoals weergegeven in Figuur 25.

Ter illustratie van deze analyse worden voor het dwarstransect overeenkomstig baanafstand 4 km de dwarsposities van verschillende vlootverdelingen weergegeven voor het jaar 2017. De verdeling van de vloot wordt weergegeven voor dwarsposities per 50 m voor de afstanden variërend tussen -525 m van de midvaarwatercurve tot +525 m van de midvaarwatercurve. In Figuur 26 worden enkele voorbeelden weergegeven voor de presentatie van de dwarse posities van de passerende schepen voor de totale vloot, voor op- en afvaart en voor zee- en binnenvaart.



Figuur 23 – Weergave van dwarstransecten voor baanafstanden per km tussen 4 km en 16 km die gebruikt werden om de dwarspositie van de verschillende verkeersstromen te beoordelen



Figuur 24 – Verdeling van de vloot over dwarsposities voor verschillende vlootverdelingen. Van boven naar onder: volledige vloot, op- vs. afvaart, op- vs. afvaart met negatief teken voor opvaart, op- vs. afvaart en zee- vs. binnenvaart met negatief teken voor opvaart en met gestapelde verdeling, op- vs. afvaart en zee- vs. binnenvaart afzonderlijke distributie.

2.2.13 Ontmoetingen tussen schepen

In §2.2.9 werd een methode gepresenteerd om de vaarparameters van de verschillende vaartrajecten te refereren naar een referentietraject. Het resultaat van deze analyse laat toe om op een eenvoudige manier de ontmoetingen tussen verschillende schepen te bekomen. Een ontmoeting kan immers gedefinieerd worden als een event waarbij twee schepen zich op hetzelfde tijdstip op dezelfde baanafstand langs het referentietraject bevinden en kan bijgevolg berekend worden als de snijpunten van het weg-tijd diagram van de verschillende scheepstrajecten.

Deze methode is enkel toepasbaar voor de schepen die zich op korte afstand van het referentietraject bevinden en die dus in de vaarroute varen die overeenkomt met het referentietraject. Bijgevolg werd deze verwerking enkel uitgevoerd voor het referentietraject van de hoofdvaargeul gecombineerd met de scheepvaart die gebruik maakte van deze hoofdvaargeul (dus exclusief de schepen die gebruik maakten van de nevengeul). Bedoeling van deze analyse is met name om het aantal scheepsinteracties te beoordelen in de hoofdvaargeul bij verschillende toegankelijkheden van de nevengeul.

De methode laat ook toe om ontmoetingen uit te sluiten waarbij één van de schepen zich binnen een voor(haven) bevindt en dus niet actief deelneemt aan het verkeer in het hoofdvaarwater.

Nadat de ontmoetingen geïdentificeerd werden, werden de relevante parameters zoals scheepseigenschappen, vaarsnelheden en de aard van de ontmoetingen (ontmoeting, oplopen of opgelopen worden) bepaald. De afstand tussen de schepen werd benaderd door de afstand tussen de AIS-posities en werd berekend als het verschil tussen de excentriciteiten van de schepen ten opzichte van de referentie-as.

2.2.14 Waterstanden

Gemeten waterstanden uit het meetnet HMCZ werden voor de onderzochte periode en voor onderstaande stations bekomen via het openbare platform https://waterinfo.rws.nl/:

- Baalhoek;
- Bath;
- Walsoorden;
- Hansweert;
- Prosperpolder.

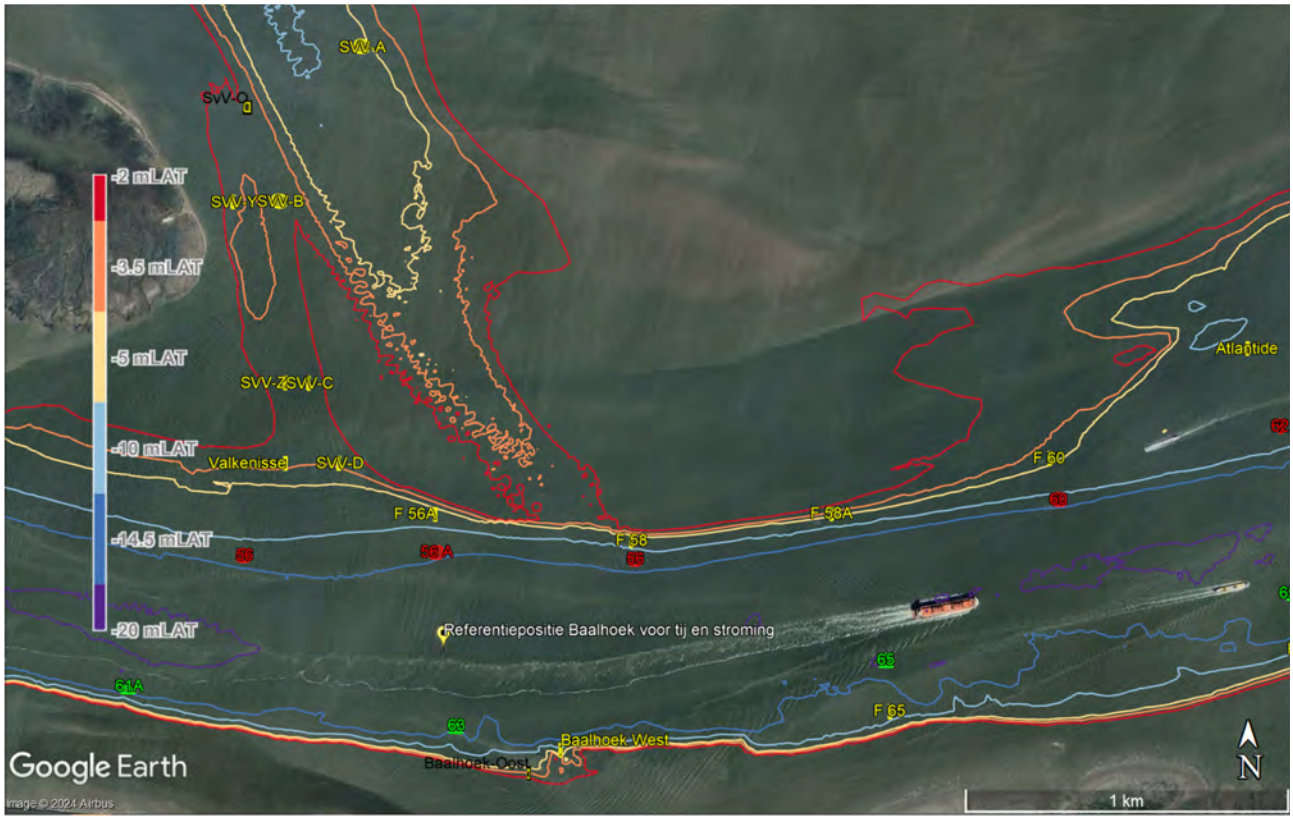
De waterstanden werden verwerkt tot tijdreeksen voor de locatie Baalhoek. In geval de metingen van Baalhoek niet beschikbaar waren, werd er teruggevallen op andere stations volgens de hierboven weergegeven volgorde.

Voor de verwerking van AIS-gegevens werd voor het studiegebied tussen Hansweert en Bath steeds de waterstand te Baalhoek verondersteld en werd op basis hiervan voor elk vaartraject tussen Hansweert en Bath een tijdreeks voor de waterstand bekomen.

Bovendien werden per AIS-traject (zie §2.2.6) onderstaande metadata bijgehouden die toelaten om de getijconditie tijdens de vaart te beoordelen:

- Tide_time_UTC: Het tijdstip waarop het schip de locatie Baalhoek bereikte/passeerde. Hiervoor werd een locatie in de buurt van het meetstation gedefinieerd in het midden van de hoofdvaargeul (ter hoogte van de boeien 56A en 63, zie Figuur 27).
- Tide_NAP: Het getij te Baalhoek op het tijdstip dat het schip deze locatie passeerde. Deze waterstand wordt later gecombineerd met de dieptegegevens om de waterdieptes langs het vaartraject te bekomen.
- Tide_min_NAP: Het minimale getij te Baalhoek gedurende het vaartraject tussen Hansweert en Bath.
- HwLwBefore_tide_NAP en HwLwBefore_time_UTC: De waterstand en het tijdstip van het hoog- of laagwater voorafgaand aan het tijdstip van passage Baalhoek
- HwLwAfter_tide_NAP en HwLwAfter_time_UTC: De waterstand en het tijdstip van het hoog- of laagwater volgend op het tijdstip van passage Baalhoek

- HwLwBefore_isHW en HwLwBefore_isHW: Logische waarde (waar of onwaar) die aangeeft of het extremum voorafgaand en volgend op het tijdstip van passage Baalhoek al dan niet een hoog water betrof (en zoniet was het dus een laag water).



Figuur 25 – Weergave van de positie van het referentiepunt waarop de stroming geëvalueerd wordt en ten opzichte waarvan de passagetijdstip van het AIS-traject bepaald werd

2.2.15 Stroming

Op basis van het numerieke model NeVla werden er stroomvelden berekend voor een representatieve periode (inclusief doodtij en springtij) voor drie verschillende condities van het studiegebied overeenkomstig de jaren 2011, 2015 en 2019 (Verwilligen *et al.*, 2022a).

De verschillende tijcycli die beschikbaar waren in deze datasets werden opgesplitst in stroomvelden voor de stijgende tijkromme en voor de dalende tijkromme en voor elk van deze collecties werd de getijslag (verschil tussen bijhorende hoog- en laagwater bijgehouden).

De stroomcondities ter hoogte van de AIS-trajecten werden gerelateerd aan de overeenkomstige stroomvelden met onderstaande methode:

1. Op basis van HwLwBefore_isHW werd bepaald of het AIS-traject uitgevoerd werd bij een stijgend of dalend getij
2. Uit de beschikbare stroomvelden bij deze collecties (stijgend of dalend) werd het veld geselecteerd waarvoor de getijamplitude het beste overeenkwam met de getijamplitude van het AIS-traject (deze werd bepaald als de absolute waarde van het verschil van HwLwAfter_tide_NAP en HwLwBefore_tide_NAP).
3. Een tijdsinterpolatie van de stroomvelden werd uitgevoerd op basis van het tijdstip ten opzichte van HW zoals bekomen voor de AIS-trajecten. Deze interpolatie werd uitgevoerd voor de beschikbare stroomvelden voorafgaand en volgend op het tijdstip van het AIS-traject (bijvoorbeeld AIS-trajecten uit 2012, maakten gebruik van de stroomvelden uit 2011 en 2015).

4. Een tweede tijdsinterpolatie werd uitgevoerd op de stroomvelden voorafgaand en volgend om te rekenen naar het tijdstip van het AIS-traject.
5. Het aldus bekomen stroomveld werd geografisch geïnterpoleerd op het AIS-traject om in elk trajectpunt de stroomvector te bekomen.

Met bovenstaande methode werd voor elk trajectpunt van het AIS-traject een stroomvector bepaald (Vcx_mpers en Vcy_mpers). Deze waarden werden op basis van de heading van het schip omgerekend naar een langsscheepse en een dwarsscheepse stroomcomponent (uc_mpers en vc_mpers). De langscheepse stroomcomponent werd toegepast om de snelheid over de grond van het schip om te rekenen naar een snelheid door het water. Ook deze waarden zijn beschikbaar voor elk trajectpunt van het AIS-traject. Voor analyse doeleinden werden bovendien nog onderstaande globale parameters toegevoegd per AIS-traject:

- currentBaalhoek_Vx_mpers en currentBaalhoek_Vy_mpers: De stroomvector te Baalhoek bij de passage van het schip op deze locatie (zie Figuur 27);
- currentTraj_V_max_mpers: De magnitude van de maximale stroomvector die bekomen werd langsheen het AIS-traject;
- currentTraj_uc_max_mpers en currentTraj_vc_max_mpers : de langsscheepse en dwarsscheepse stroomcomponent overeenkomstig het optreden van de maximale stroomvector langs het traject.

2.2.16 Vaarsnelheden

Zoals beschreven in §2.2.15 laten de stroomvectoren langsheen het traject toe om de vaarsnelheid door het water langsheen elke vaartraject te bepalen. Voor een globale analyse van de vaarsnelheden werden onderstaande parameters bijgehouden voor elke AIS-traject:

- SoG_mean_mpers: De gemiddelde snelheid over de grond langsheen het AIS-traject tussen Hansweert en Bath. Deze waarde werd bekomen door de lengte van het vaartraject te delen door de duur van het vaartraject;
- StW_mean_mpers: De gemiddelde snelheid over de grond langsheen het AIS-traject tussen Hansweert en Bath. Deze waarde wordt bekomen als de gemiddelde waarde van de snelheid door het water geëvalueerd langs het vaartraject.

2.2.17 Bodemdieptes, waterdieptes en kielspelingen

In H4 wordt de analyse van de bodemgegevens in het studiegebied toegelicht. Deze gegevens werden gecombineerd met de AIS-trajecten om voor elk trajectpunt de diepteligging te kennen voor de toenmalige bathymetrie (zNAP).

Door deze dieptegegevens te combineren met de waterstand van het AIS-traject (zie §2.2.12) werden de bodemdieptes omgerekend naar een waterdiepte. Vervolgens kon de kielspeling berekend worden als de procentuele verhouding tussen de kielspeling onder het schip en de scheepsdiepgang van het schip. Hierbij dient opgemerkt dat de kielspeling erg afhankelijk is van de scheepsdiepgang die gedefinieerd is in de AIS-analyse. Hoewel er getracht werd om de diepgangsinformatie zo goed als mogelijk te verbeteren op basis van IVS-data (zie §2.2.8) blijft de scheepsdiepgang een parameter met een relatief grote onbetrouwbaarheid (met name voor binnenvaart).

Voor de globale AIS-analyse werden onderstaande parameters gedefinieerd per AIS-traject:

- depthMin: de minimale waterdiepte (m) aanwezig langsheen het AIS-traject
- ukcMin: de minimale procentuele kielspeling (%) aanwezig langsheen het AIS-traject

2.3 Resultaten heatmaps

In het voorliggende rapport worden heatmaps per jaar (zie Bijlage 2) aangeboden voor het ruimere studiegebied (tussen Hansweert en Bath).

Bij de bespreking van de resultaten dient opgemerkt dat bij toepassing van heatmaps voor de analyse van het gebruik van de nevengeul er rekening gehouden moet worden met onderstaande aandachtspunten:

- Het aandeel kleine vaart dat AIS-data uitstuurt, is in de geanalyseerde periode stelselmatig toegenomen. Hierdoor is het procentuele aandeel van AIS-posities dat toegeschreven kan worden aan kleine vaart verschillend over de verschillende jaren (en groter in de meer recente jaren).
- De analyse gebeurt op basis van het aantal AIS-posities per rastervak en impliceert bijgevolg dat de gehanteerde vaarsnelheid een impact heeft op de resultaten (traagvarende schepen hebben een groter aandeel dan snelvarende schepen). Dit blijkt duidelijk uit de hoge waarden voor locaties waar schepen stilliggen (voorhaven Hansweert of haven Walsoorden) maar verklaart ook deels de hogere intensiteit in de bocht van Walsoorden waar om verschillende redenen (in functie van het bochtmanoeuvre en om de golfslag te beperken voor de haven van Walsoorden) een lagere vaarsnelheid toegepast wordt.
- De heatmaps zijn gebaseerd op de AIS-posities die ontvangen werden (discrete punten) en niet op basis van de afgelegde trajecten (polylijnen zoals weergegeven in Figuur 15). Dit maakt dat de frequentie waarmee een schip AIS-posities verzendt een impact heeft op de resultaten en dat er niet noodzakelijk continue vaargebieden weergegeven worden voor erg beperkt gebruikte vaargeulen (zoals de Geul van Zimmerman waarbij er slechts enkele registraties waargenomen werden).
- De weergave van het aantal posities per rastervak geeft aan hoe vaak er zich in dit vak een schip bevonden heeft. Dit wil echter niet noodzakelijk zeggen dat er op deze locaties een hoger aantal scheepsinteracties plaatsvond aangezien de resultaten geen informatie geven over de gelijktijdigheid van de registraties.
- De heatmaps maken geen onderscheid in de verschillende scheepstypes waarbij grote containerschepen een evengroot aandeel hebben dan kleine schepen.

Los van deze beperkingen en aandachtspunten kan gesteld worden dat de heatmaps een globaal overzicht bieden van de intensiteit van het scheepvaartverkeer en de breedte van het vaargebied.

Wanneer de heatmaps uit Bijlage 2 geëvalueerd worden, dan blijkt in de jaren 2010 tot en met 2012 slechts een erg beperkt gebruik van de nevengeul Schaar van Valkenisse plaats te vinden (dit in tegenstelling tot de nevengeul Schaar van de Noord die in deze periode wel relatief frequent toegepast werd). Het aandeel schepen dat in deze periode gebruik maakt van de nevengeul, blijkt zelfs een negatieve trend te vertonen. Bovendien kon reeds in deze periode ter hoogte van de opwaartse drempel van SvV een verschuiving waargenomen worden van het vaartraject in westelijke richting.

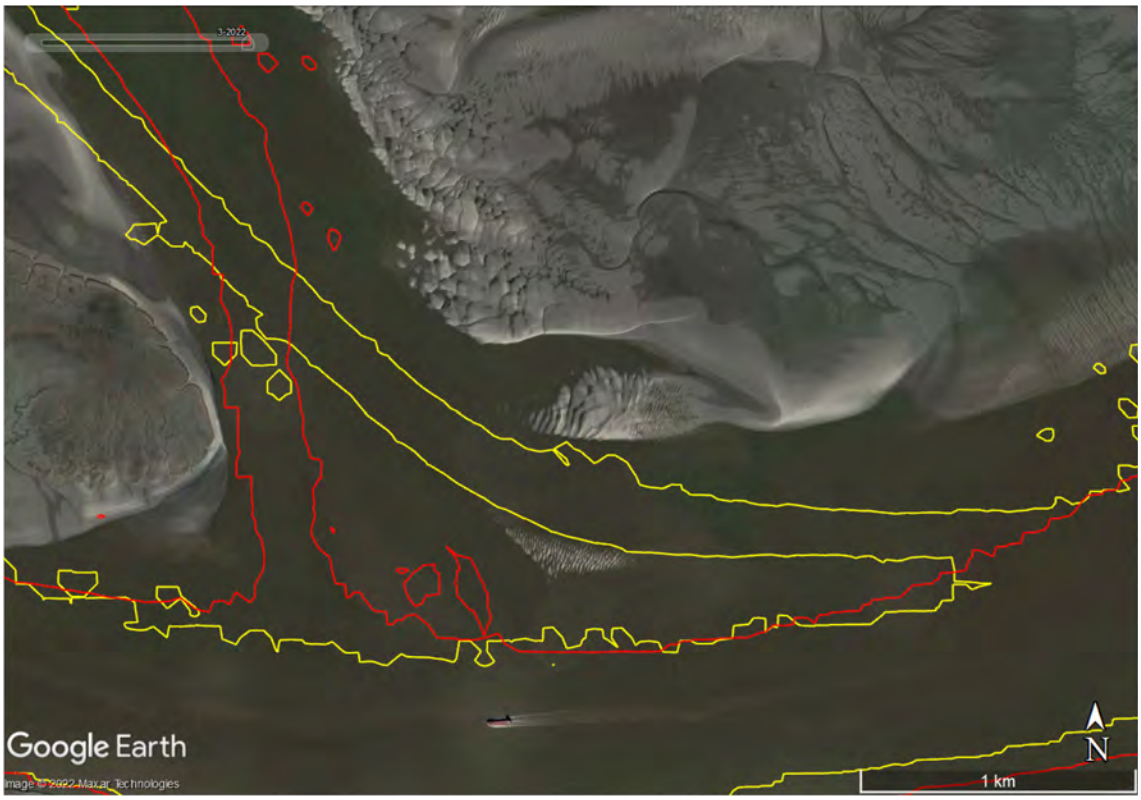
Vanaf januari 2013 wordt een stelselmatige toename waargenomen van de scheepvaartintensiteit in de Schaar van Valkenisse. Dit tijdstip komt overeen met het uitleggen van betonning in de Schaar van Valkenisse aansluitend op de Schaar van Waarde. Het intensieve gebruik van de nevengeul Schaar van Valkenisse zette zich in de daaropvolgende jaren door.

In de periode 2013-2017 blijkt er een verdere westelijke verschuiving van de vaartrajecten ter hoogte van de SvV-drempel in overeenstemming met de morfologische veranderingen (zie verder).

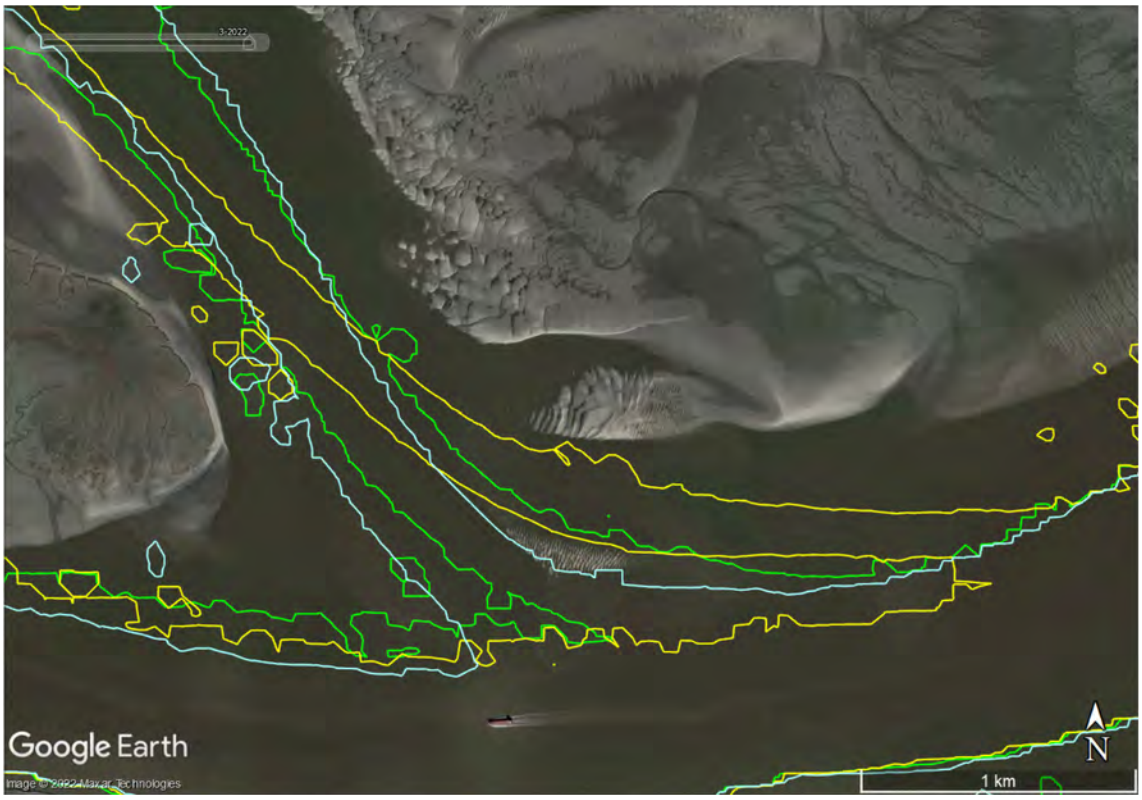
Hoewel dit moeilijk af te leiden valt uit de heatmap-visualisatie lijkt er vanaf 2018 een verminderd gebruik van de Schaar van Valkenisse plaats te vinden (de detailanalyse op basis van vaartrajecten zal hier meer input bieden).

Een erg opvallende wijziging in het gebruik van de Schaar van Valkenisse treedt op in het jaar 2022, waarbij de scheepvaart zich verlegt naar de ebschaar (langs de plaat van Walsoorden) en de intensiteit van de scheepvaart in de nevengeul duidelijk afneemt. Uit de maandelijkse heatmaps (die niet opgenomen worden in dit rapport) blijkt dat de verschuiving van de scheepvaart van de oostelijke vloedschaar naar de westelijke ebschaar zich voordoet in november 2021 ten gevolge een aanpassing van de signalisatie.

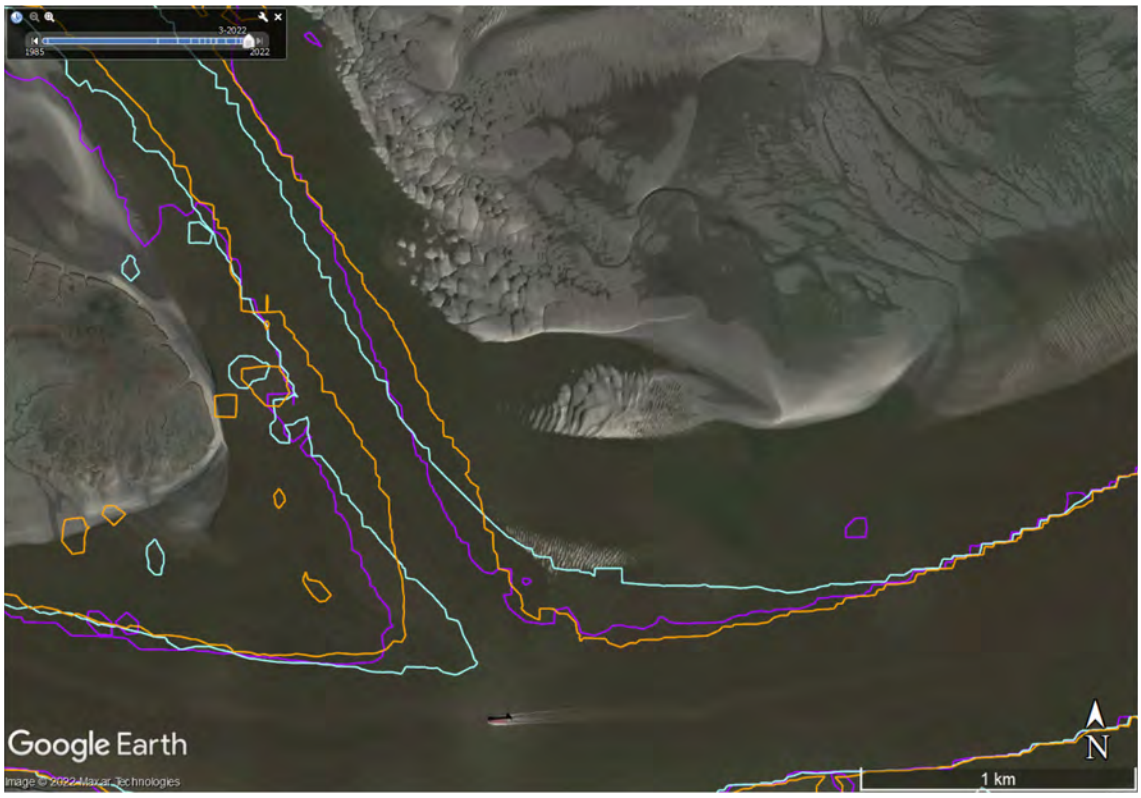
Een samenvatting van de veranderende ligging van de vaarposities doorheen de periode 2010-2022 wordt verder geïllustreerd door de contourlijnen overeenkomstig de contourlijn 10 (d.i. een verkeersintensiteit van 10 AIS-registraties per vak van 50mx50m per 31 dagen). Het verschil tussen de vaarposities in 2010 en 2022 wordt weergegeven in Figuur 28. Een belangrijke westelijke evolutie tussen 2010 en 2015 wordt in Figuur 29 weergegeven op basis van de jaren 2010, 2013 en 2015. In de periode 2015 tot en met 2021 blijkt een relatief stabiele positie van de vaarweg waarneembaar waarbij de schaar een kwispelbeweging uitvoerde (zie Figuur 30), terwijl door het verleggen van de scheepvaart naar de ebschaar (januari 2022) er een groot verschil blijkt voor de resultaten uit het jaar 2021 en 2022 (zie Figuur 31).



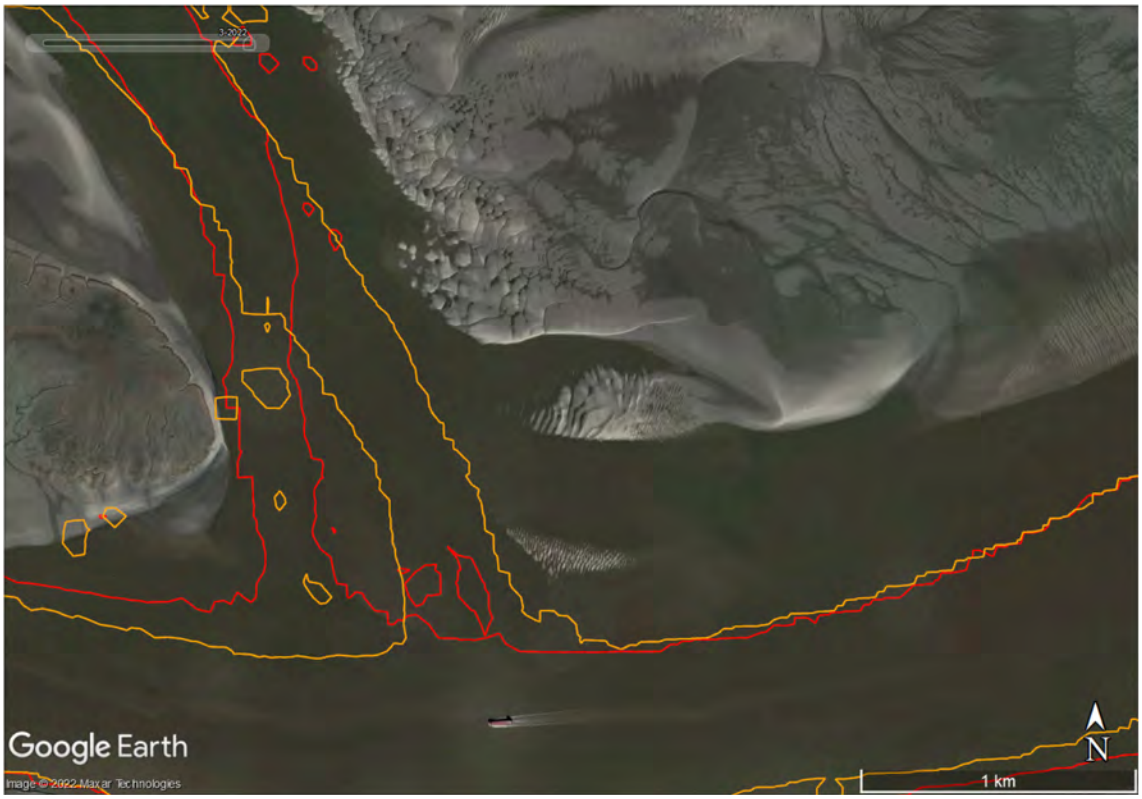
Figuur 26 – Contourlijnen verkeersintensiteit 10/(50mx50m)/31d voor 2010 (geel) en 2022 (rood)



Figuur 27 – Contourlijnen verkeersintensiteit 10/(50mx50m)/31d voor 2010 (geel), 2013 (groen) en 2015 (blauw)



Figuur 28 – Contourlijnen verkeersintensiteit 10/(50mx50m)/31d voor 2015 (blauw), 2018 (paars) en 2021 (oranje)



Figuur 29 – Contourlijnen verkeersintensiteit 10/(50mx50m)/31d voor 2021 (oranje) en 2022 (rood)

3 Analyse signalisatie

Teneinde een overzicht te krijgen van de bebakening van de nevengeul Schaar van Valkenisse werd er een analyse uitgevoerd van de ENC-kaarten die in het gebied uitgegeven werden en meer bepaald de betonning aanwezig in het mondingsgebied van de schaar (opwaartse drempel).

Het resultaat van deze analyse betreft een tijdsanimatie van de betonning in het studiegebied tussen Hansweert en Bath.

De volgende acties werden uitgevoerd en vormen de leidraad voor dit hoofdstuk:

1. verzamelen van brongegevens;
2. verwerken van ENC-kaarten;
3. visualisatie van signalisatie;
4. aanpassingslogboek boeien Schaar van Valkenisse.

3.1 Brongegevens

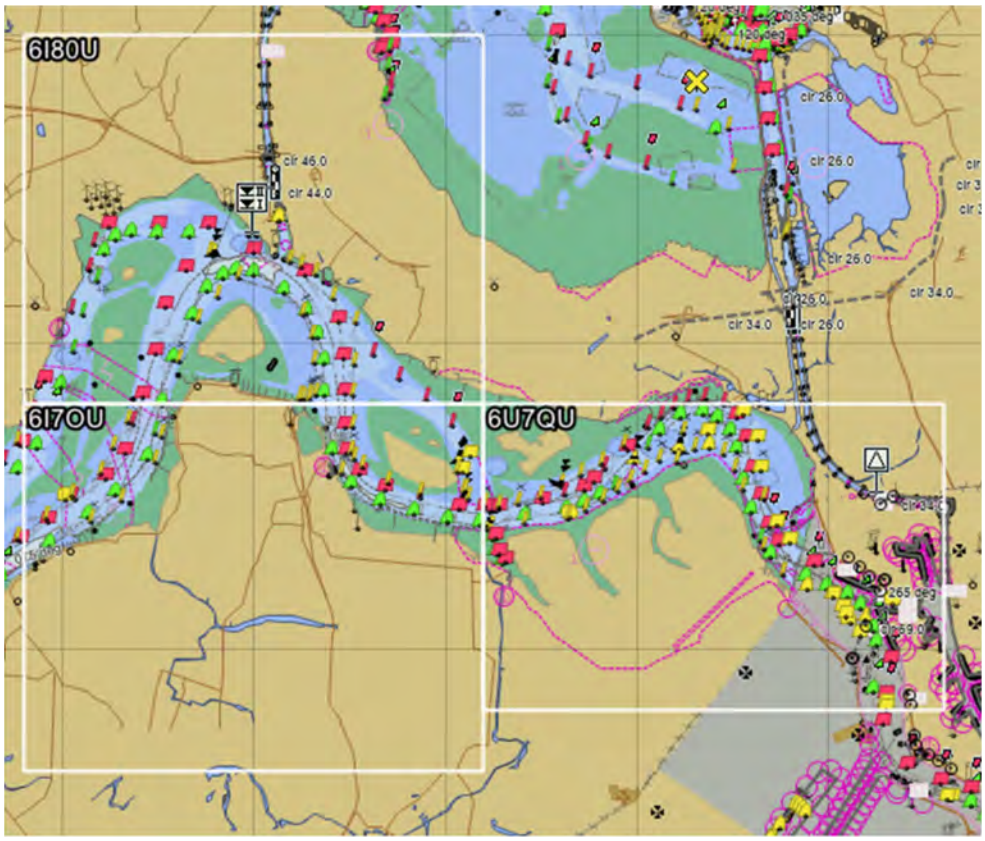
In eerste instantie werd getracht om de bebakening van de studieomgeving te reproduceren op basis van het digitale logboek (dataportaal) van de vaarwegbeheerder (RWS). Vanaf januari 2023 werd getracht om de historische positie van de boeien te bekomen op basis van een lijst met verleggingen (bron: RWS Verkeer- en Watermanagement, Directie Scheepvaartverkeer en Watermanagement, Afdeling Ondersteuning Operaties). Echter bleek het op basis van de verleggingen niet eenduidig op welk tijdstip een boei opgehaald/verwijderd werd. Hierop werd beslist om te proberen de gewenste gegevens te bekomen uit ENC-kaarten die voor het studiegebied uitgegeven werden.

Voor het bekomen van historische ENC-kaarten werd contact opgenomen met de Nautische GIS Specialist bij RWS CIV. Via deze weg werd in september 2023 een externe harde schijf bekomen met daarop alle ENC-kaarten die voor het vaargebied ‘Aanloop Antwerpen’ uitgegeven werden tussen juni 2008 en september 2023. De geünzipte dataset had een volume van 132 GB en omvatte 156'299 bestanden.

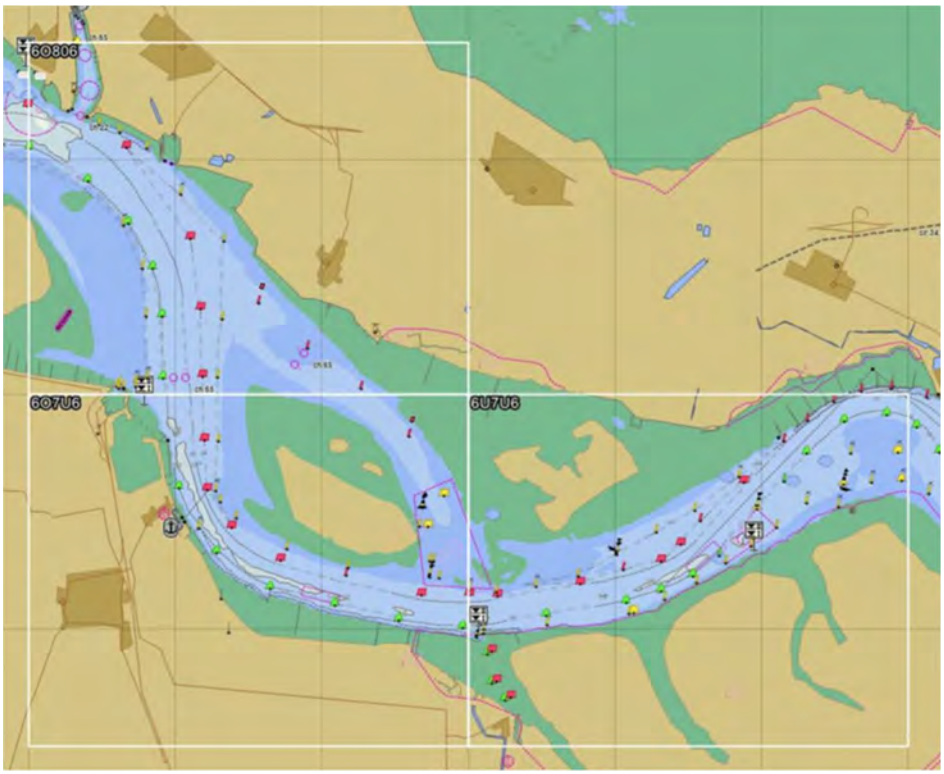
3.2 Selectie van relevante kaarten

Uit de bekomen dataset werden alle ENC-kaarten (S57-bestanden met extensie .000) opgezocht die overeenkomen met de kaarten van het studiegebied.

ENC-kaarten worden aangeleverd voor verschillende *usages* (3, 4, 5, 6) waarbij een hogere usage overeenstemt met een hogere kwaliteit van de onderliggende data. De usage heeft voornamelijk impact op de resolutie en nauwkeurigheid van de bodemgegevens en heeft geen impact op de nauwkeurigheid van de boeiposities. Bijgevolg werden voor de huidige analyse de usages 4 en 5 toegepast. In Figuren 32 en 33 worden de kaartnummers weergegeven van respectievelijke U4 en U5 voor het studiegebied. Tabel 2 bevat een overzicht van het aantal kaarten die beschikbaar waren in de dataset.



Figuur 30 – Weergave van de relevante ENC kaarten voor het studiegebied (U4)



Figuur 31 – Weergave van de relevante ENC kaarten voor het studiegebied (U5)

Tabel 2 – Aantal updates van ENC-kaarten in aangeleverde dataset voor periode 06/2008 – 09/2023

ENC-chart	Usage	Aantal
1R46I7OU	4	586
1R46I80U	4	585
1R46U7QU	4	603
1R56O7U6	5	942
1R56O806	5	954
1R56U7U6	5	1006

3.3 Exporteren van boeigegevens

Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft weinig expertise rond de opmaak van S57-kaarten. Wel worden deze kaarten gebruikt als input voor de boeiposities in de vaarsimulatoren. Hiertoe werd in het verleden een specifieke softwaretoepassing besteld bij Tresco Engineering (www.tresco.eu). Deze toepassing staat bekend onder de naam “S57ToRadarSim”.

Ten behoeve van de volumineuze analyse voor Schaar van Valkenisse werd bij Tresco Engineering een update van S57ToRadarSim aangevraagd die de mogelijkheid biedt om de verwerking uit te voeren op individuele S57-bestanden (waar dit voorheen enkel mogelijk was op een catalogus-bestand) en om meer metadata te exporteren.

De toepassing van S57ToRadarSim op de geselecteerde S57-bestanden werd geautomatiseerd en leverde per S57-kaart een ascii-bestand (*.lst) met alle boeien en per boei onderstaande metadata:

- id van de boei in de S57-kaart;
- naam van de boei;
- hoofdkleur van de boei;
- positie van de boei (longitude, latitude);
- commentaar:
    - beschrijving;
    - objectgegevens (boeivorm, boeikleuren, radarreflectie, categorie, schaal, datum van aanpassing);
    - kaartgegevens (naam, usage, publicatie datum, editie).

3.4 Structuren van boeigegevens per kaart

In de vorige stap werd per ENC-kaart een lst-bestand gegenereerd met de metadata van de boeien in de kaart. Vervolgens werden deze data gestructureerd in een datastructuur (*buoysEnc*) met gelijkaardige data als weergegeven in §3.3. Op basis van deze *buoysEnc* bestanden werd vervolgens een overkoepelend dynamisch bestand gegenereerd (*buoysEncDyn*) waarin alle updates/edities van een bepaalde kaart bijgehouden wordt (zie Tabel 2). Het bestand *buoysEncDyn* heeft onderstaande structuur en data (enkel de relevante velden worden hier gerapporteerd):

- *id*: lijst met alle ids van boeien die gedefinieerd werden in de verschillende edities van een bepaalde ENC-kaart (nx1)
- *name*: Naam van de boeien overeenkomstig met de id's (nx1)
- *updates*: Collectie van verschillende velden met de evolutie van onderstaande eigenschappen van de boeien (geïdentificeerd volgens id) in de verschillende edities
    - Data met betrekking tot de kaart en de editie
        - *issueDate* (1xm) datum waarop de editie van de kaart gepubliceerd werd
        - *editionId* (1xm) id van de editie
        - *chart* (1xm) kaartnaam[4]
    - Data met betrekking tot de eigenschappen van de boei. Deze worden weergegeven ten opzichte van een tweedimensionale matrix (nxm) voor alle boeien (n) en voor alle updates/edities (m). Indien een boei ontbreekt in een editie dan wordt hiervoor NaN (not a number) gedefinieerd in de matrices:
        - *lon* (nxm) de longitude (oosterlengte) van de boei (deg);
        - *lat* (nxm) de latitude (noorderbreedte) van de boei (deg);
        - *sordat* (nxm) de datum waarop de boei ingemeten werd;
        - *colourId* (nxmx4) een vector met vier kleur-ids gekoppeld aan de boei (kleuren die niet gekoppeld werden krijgen NaN)
        - *buyshpId* (nxm) een id dat de vorm van de boei beschrijft
        - *scamin* (nxm) de minimale schaal waarbij de boei vertoond dient te worden bij het in- en uitzoomen van de kaart en die binnen deze analyse als een parameter voor het belang van de boei beschouwd wordt.

3.5 Identificatie van verleggingen/updates

Op basis van de *buoysEncDyn* werd een overzicht bekomen van de verleggingen van alle boeien die in de verschillende kaartedities gedefinieerd werden. Een verlegging (of update) werd gedefinieerd op basis van een verschil tussen twee opeenvolgende edities waarbij dit verschil toegeschreven kan worden aan de positie van de boei (*lon*, *lat*), één van de kleuren van de boei (*colourId*), de vorm van de boei (*boyshpId*) of de schaalweergave (*scamin*) van de boei. Ondanks het gebruik van de term verleggingen die enkel een relatie met positie insinueert, wordt de verlegging hier dus breder geïnterpreteerd en wordt verder de benaming update gehanteerd.

Tussen opeenvolgende updates heeft de boei een constante status. De start- en eindtijd van deze conditie werd bepaald op basis van de *issueDate*. Indien echter de *sordat* een meer nauwkeurige informatie bood dan werd deze toegepast. De eindtijd van een conditie was steeds gedefinieerd als de starttijd van een volgende conditie (of dus het tijdstip van de update). Voor de laatste conditie/update werd de eindtijd gedefinieerd als de laatste beschikbare *issueDate*.

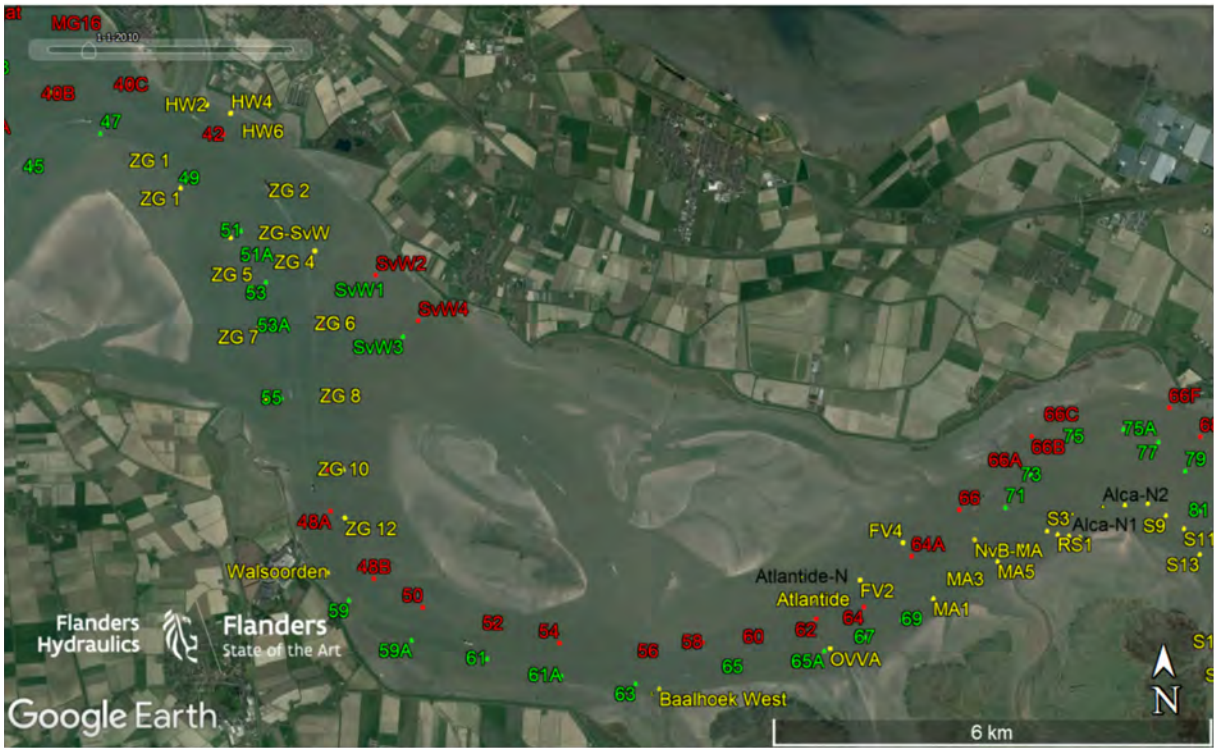
Bovenstaande beschrijft de procedure die toegepast werd om de historische conditie van een boei te reproduceren. In een volgende fase zal deze methode toegepast worden voor het genereren van resultaten onder de vorm van enerzijds een tijdsafhankelijke weergave van de bebakening van de rivier in KMZ-formaat en anderzijds een tabel met de update-tijdstippen voor de boeien in de Schaar van Valkenisse.

[4] Bij de verwerking in dit project is de kaartnaam constant voor elke buoysEncDyn-file aangezien de zes kaarten (drie voor U4 en drie voor U5) afzonderlijk verwerkt werden.

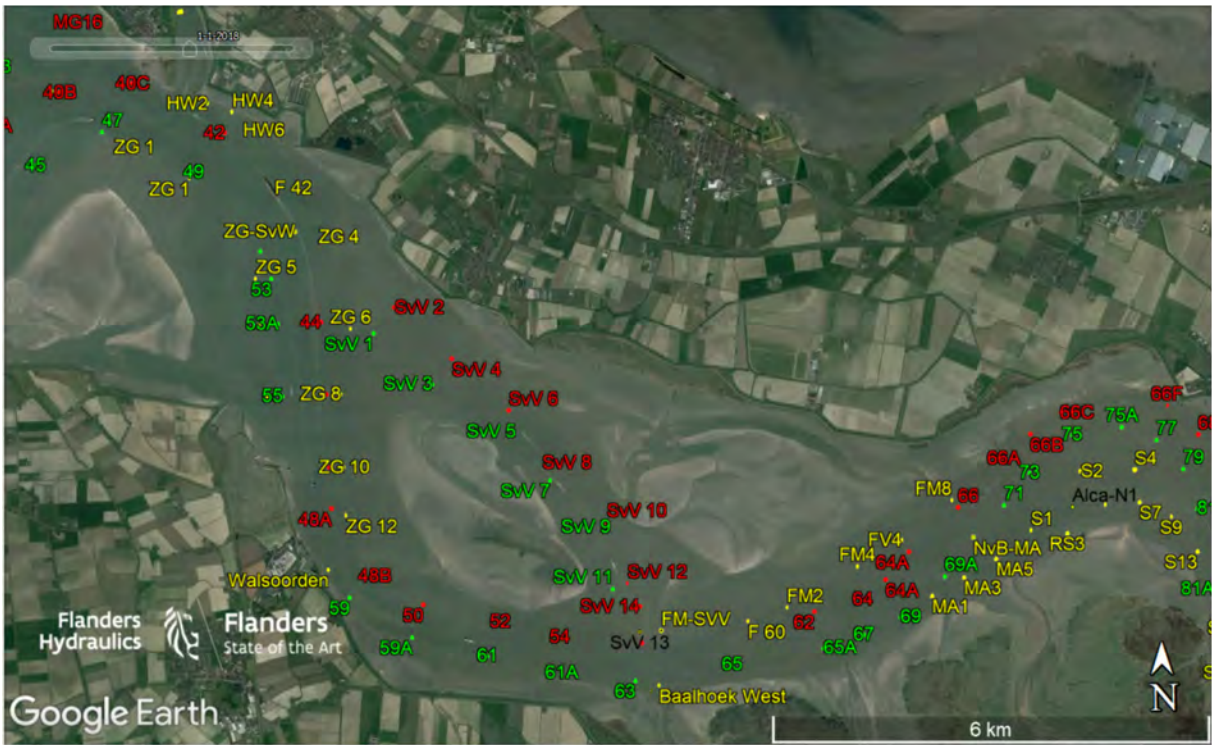
3.6 Animatie van boeicondities in KMZ

In §3.5 werd per boei een constante status gedefinieerd tijdens een welbepaald tijdsbestek. Deze informatie kan inzichtelijk gemaakt worden door de boeien en hun bijhorende status weer te geven in een tijdsgeanimeerde KMZ-weergave. Hierbij wordt de boei gedurende de geldende periode weergegeven op basis van de status (positie, kleuren, vorm, schaal).

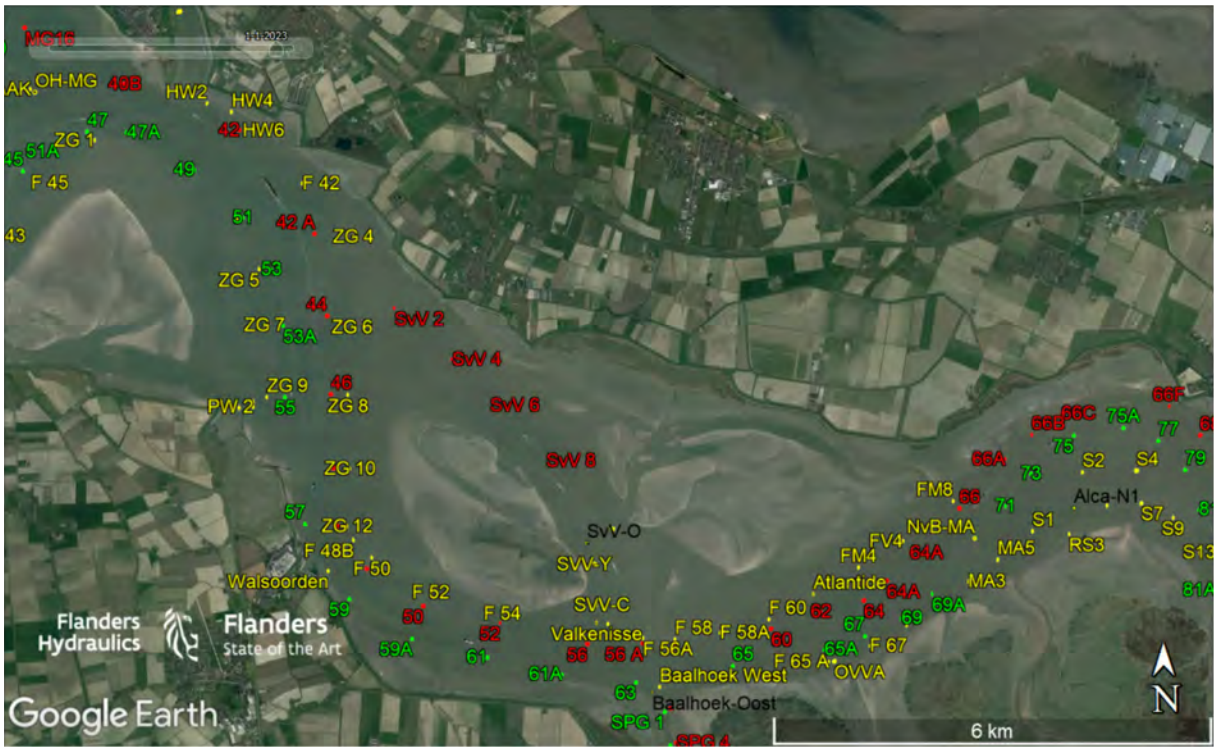
Voor elk van de kaarten wordt er een dergelijk KMZ-bestand gegenereerd (deze bestanden worden digitaal toegevoegd aan dit rapport). Ter illustratie worden in Figuren 34 tot 36 de drie kmz-bestanden voor U4-kaarten weergegeven op datum van respectievelijk 01/01/2010, 01/01/2018 en 01/01/2023.



Figuur 32 – Weergave van KMZ-bestand met boeiposities voor U4-kaarten voor datum 01/01/2010



Figuur 33 – Weergave van KMZ-bestand met boeiposities voor U4-kaarten voor datum 01/01/2018



Figuur 34 – Weergave van KMZ-bestand met boeiposities voor U4-kaarten voor datum 01/01/2023

3.7 Overzicht van updates

De KMZ-visualisaties beschreven in §3.6 bieden een intuïtieve manier om de bebakening in het studiegebied te consulteren en zullen in de volgende hoofdstukken toegepast worden om de betonning voor verschillende tijdstippen weer te geven. Om een gericht overzicht te bekomen van de veranderingen werd ook een uitvoer in tabel-formaat ontwikkeld. Hierbij worden voor een selectie van boeien alle updates (issueDates) bijgehouden en wordt een chronologisch overzicht bekomen van de tijdstippen waarop de status van de boeien veranderde.

Deze methodologie werd toegepast voor een selectie aan boeien waarvoor de naam één van volgende tekstpatronen bevatte: 'SvV'; 'SVV' of 'REC' en werd toegepast op de kaarten met usage 4 en 5 zoals respectievelijk weergeven in Tabellen 3 en 4. Deze tabellen tonen aan dat de verschillen bekomen op basis van de U4-kaarten en U5-kaarten over het algemeen beperkt zijn. Het valt op dat het aantal updates voor U5-kaarten groter is dan voor U4-kaarten. Dit heeft te maken met de minder frequente uitgave van U4-kaarten waarbij sommige updates gecombineerd worden in één editie. Omgekeerd blijken in sommige gevallen (zoals in de periode 07/2013) er meer updates beschikbaar in U4 dan in U5.

Over het algemeen zijn de verschillen tussen U4 en U5 beperkt tot 7 dagen waarbij doorgaans de U4-updates achterlopen op de U5-updates. Toch zijn er enkele belangrijke afwijkingen waarneembaar:

1. Op 17/03/2014 geven de U5 kaarten een statusupdate aan van alle boeien in SvV. Deze aanpassing betrof een verandering in de parameter scamin (schaalweergave) die niet doorgevoerd werd in de U4 kaarten. In de feiten vond er vermoedelijk geen aanpassing plaats aan de uitgelegde boeien. Bijgevolg word deze datum in grijs weergegeven in Tabel 4.
2. Op 18/01/2016 geven de U5-kaarten een minieme verplaatsing van boei SvV 4 aan. Deze verplaatsing wordt in de editie van 06/07/2016 opnieuw teruggedraaid. In de gegevens van de U4-kaarten wordt geen verplaatsing van SvV 4 opgenomen. Er wordt aangenomen dat er in werkelijkheid geen verplaatsing van boei SvV 4 was (opnieuw worden deze waarden in grijs weergegeven)
3. De veranderingen zoals aangegeven op basis van de U5-kaarten voor de periode oktober 2018 komen pas op 27/12/2018 tot uiting in de U4-kaarten. De reden hiervoor bleek het ontbreken van edities 354 tot 387 voor de U4-kaart 1R46U7QU waardoor er in deze dataset geen updates beschikbaar waren tussen 03/04/2018 en 17/12/2018. Een gelijkaardige vaststelling werd gedaan voor de U5-kaarten voor een kortere periode (april 2018 tot oktober 2018). Er wordt aangenomen dat deze bestanden ontbraken in de aangeleverde archief gegevens.

Algemeen kan aangenomen worden dat de meest betrouwbare resultaten geleverd worden door de analyse van U5-kaarten waarbij de data die in grijs weergegeven worden in Tabel 4 als niet relevant beschouwd worden.

Op basis van deze overzichten kunnen de volgende belangrijke periodes in de bebakening van de Schaar van Valkenisse geïdentificeerd worden:

1. In januari 2013 worden er voor het eerst rode en groene boeien gedefinieerd in de Schaar van Valkenisse (voor die datum is er geen bebakening van de nevengeul aanwezig).
2. Tussen januari 2013 en oktober 2018 worden de boeien in de Schaar van Valkenisse frequent verplaatst in functie van de veranderende bathymetrie.

3. In oktober 2018[5] worden de rode en groene boeien ter hoogte van de opwaartse drempel van de Schaar van Valkenisse (boeien SvV 9, SvV 11, SvV 13, SvV 10; SvV 12; SvV 14) opgehaald en vervangen door bijzondere markering onder de vorm van gele beboeiing (boeien SVV-A; SVV-B; SVV-C; SVV-D; SVV-E; SVV-F).
4. Tussen oktober 2018 en mei 2023 worden de gele boeien aan de ingang van de schaar herhaaldelijk van positie veranderd in functie van de veranderende bathymetrie.
5. Medio december 2021 wordt de vaarweg verlegd naar een westelijke vaargeul overeenkomstig de ebschaar.
6. In mei 2023 wordt de gele beboeiing opgehaald en vervangen door drie rood-wit boeien (boeien REC-A; REC-B; REC-C).

[5] Voor de periode april tot december 2018 konden geen ENC-kaarten aangeleverd worden, waardoor het tijdstip waarop de laterale betonning aangepast werd naar bijzondere markering niet precies bepaald kon worden. De datum van deze betonningsaanpassing werd bijgevolg ontleend aan de datum vermeld in de bijhorende BASS 084/2018 (1 tot 5 oktober 2018). De analyse van de U5-kaarten blijkt deze datum correct weer te geven.

Tabel 3 – Updates voor boeien te Schaar van Valkenisse op basis van U4-kaarten

Issue date ENC U4	Buoy colours and names																													
	FM-SVV	FM-SvV	SvV-O	SVV-A	SVV-B	SVV-C	SVV-D	SVV-X	SVV-Y	SVV-Z	SvV 1	SvV 3	SvV 5	SvV 7	SvV 9	SvV 11	SvV 13	SvV 15	SvV 2	SvV 4	SvV 6	SvV 8	SvV 10	SvV 12	SvV 14	SvV 16	SvV 18	REC-A	REC-B	REC-C
10/01/2013																														
14/01/2013																														
22/07/2013																														
24/07/2013																														
15/01/2014																														
24/01/2014																														
22/10/2014																														
3/03/2015																														
9/03/2015																														
10/08/2015																														
24/11/2015																														
25/04/2016																														
1/08/2016																														
10/10/2016																														
23/05/2017																														
8/02/2018																														
27/12/2018																														
12/03/2019																														
22/10/2019																														
14/07/2020																														
5/01/2021																														
11/01/2021																														
13/07/2021																														
21/09/2021																														
11/10/2021																														
1/11/2021																														
9/11/2021																														
14/12/2021																														
15/02/2022																														
14/03/2022																														
1/08/2022																														
8/11/2022																														
27/12/2022																														
13/02/2023																														
8/05/2023																														
12/06/2023																														

Tabel 4 – Updates voor boeien te Schaar van Valkenisse op basis van U5-kaarten

Issue date ENC U5	Buoy colours and names																													
	FM-SVV	FM-SvV	SvV-O	SVV-A	SVV-B	SVV-C	SVV-D	SVV-X	SVV-Y	SVV-Z	SvV 1	SvV 3	SvV 5	SvV 7	SvV 9	SvV 11	SvV 13	SvV 15	SvV 2	SvV 4	SvV 6	SvV 8	SvV 10	SvV 12	SvV 14	SvV 16	SvV 18	REC-A	REC-B	REC-C
10/01/2013																														
14/01/2013																														
23/07/2013																														
10/01/2014																														
14/01/2014																														
17/03/2014																														
15/10/2014																														
2/03/2015																														
9/03/2015																														
5/08/2015																														
20/11/2015																														
23/11/2015																														
18/01/2016																														
22/04/2016																														
28/04/2016																														
6/07/2016																														
27/07/2016																														
7/10/2016																														
22/05/2017																														
2/02/2018																														
3/10/2018																														
9/10/2018																														
29/10/2018																														
11/03/2019																														
21/10/2019																														
7/07/2020																														
5/01/2021																														
10/07/2021																														
20/09/2021																														
8/10/2021																														
3/11/2021																														
5/11/2021																														
14/12/2021																														
14/02/2022																														
8/03/2022																														
14/03/2022																														
28/07/2022																														
2/11/2022																														
2/01/2023																														
13/02/2023																														
3/05/2023																														
5/05/2023																														
12/06/2023																														

4 Bathymetrie

Voor een historische evaluatie van de nautische toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse is vanzelfsprekend ook een historische analyse van de bathymetrie in het studiegebied vereist. Op basis van de beschikbare peilingen uit het studiegebied voor de periode 2010 tot 2022 werd dit historische overzicht opgebouwd.

4.1 Basismesh

De bodemgegevens werden gedefinieerd op een gebiedsdekkende triangulaire mesh waarbij hoge resolutie nagestreefd werd in de vaargebieden en een grover rooster aanvaard werd in de gebieden waar er geen scheepvaart plaats vindt.

In eerste instantie werd de omtrek van de basismesh gedefinieerd als de waterlijn van het ruime studiegebied dat afwaarts begrensd is tot de Overloop van Hansweert en opwaarts begrensd is door de afwaartse kop van de Noordzee-Terminal (zie Figuur 37).

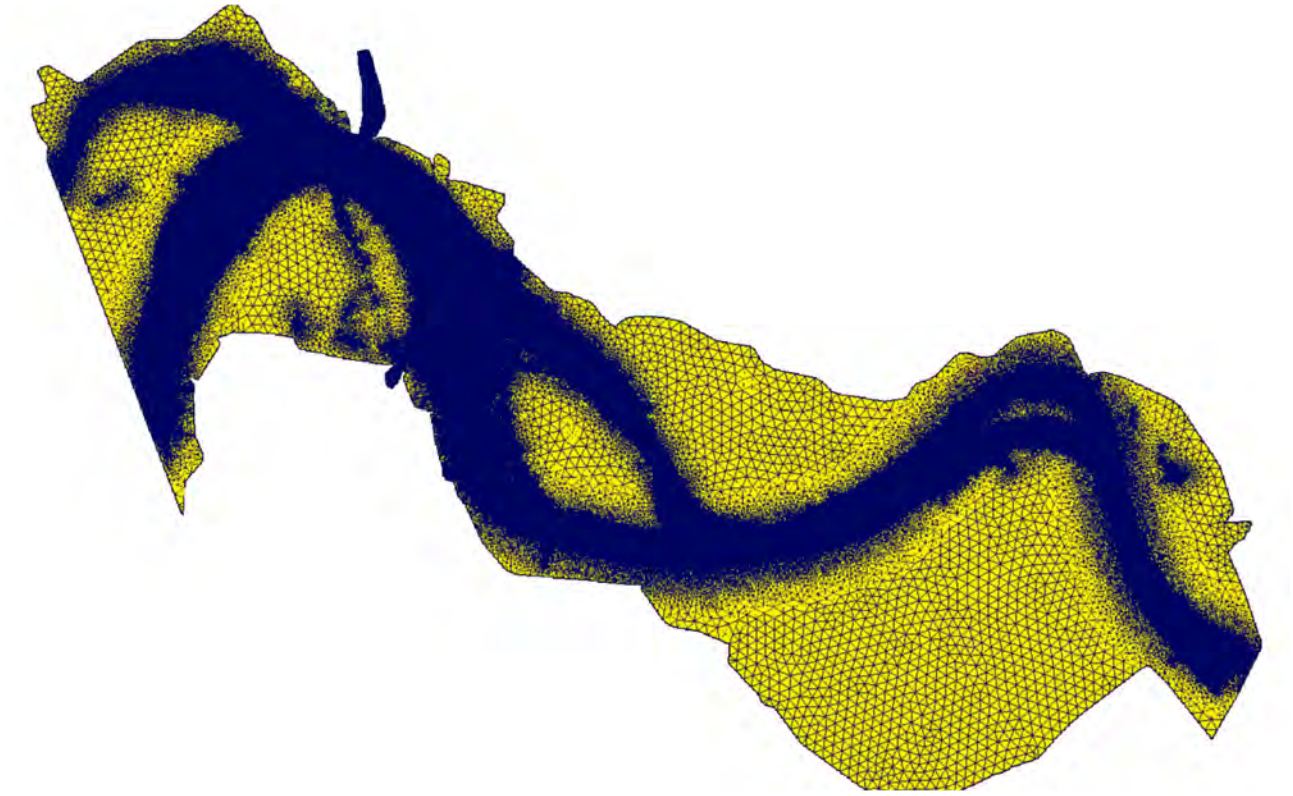
De resolutie van het grid werd gedefinieerd in vier niveaus die respectievelijk overeenstemmen met een celgrootte gelijk aan 10 m, 20 m, 50 m en 200 m. Onderstaande geografische criteria werden gehanteerd om aan te geven welke celgrootte van toepassing was.

- De afstand tot de gebaggerde vaargeul teneinde een hoge resolutie te bekomen in de vaargeul:
    - Niveau 2: Binnen de gebaggerde vaargeul tot maximaal 25 m buiten de vaargeulcontour
    - Niveau 3: tot maximaal 500 m buiten de vaargeulcontour
    - Niveau 4: tot maximaal 1000 m buiten de vaargeulcontour
- Verkeersintensiteit uit de heatmap bekomen voor de volledige onderzochte periode (2010-2022, zie Figuur 8):
    - Niveau 1: Verkeersintensiteit groter dan 10 ontvangen AIS-posities per rastervak van ca. 50 m x 50 m en per 31 dagen
    - Niveau 2: Verkeersintensiteit groter dan 5 ontvangen AIS-posities per rastervak van ca. 50 m x 50 m en per 31 dagen
- Manueel gedefinieerde polygoon om voldoende resolutie te bekomen in de eindconditie van de drempel van Schaar van Valkenisse (zie gele polygoon in Figuur 37).
    - Niveau 1: binnen de gedefinieerde polygoon.

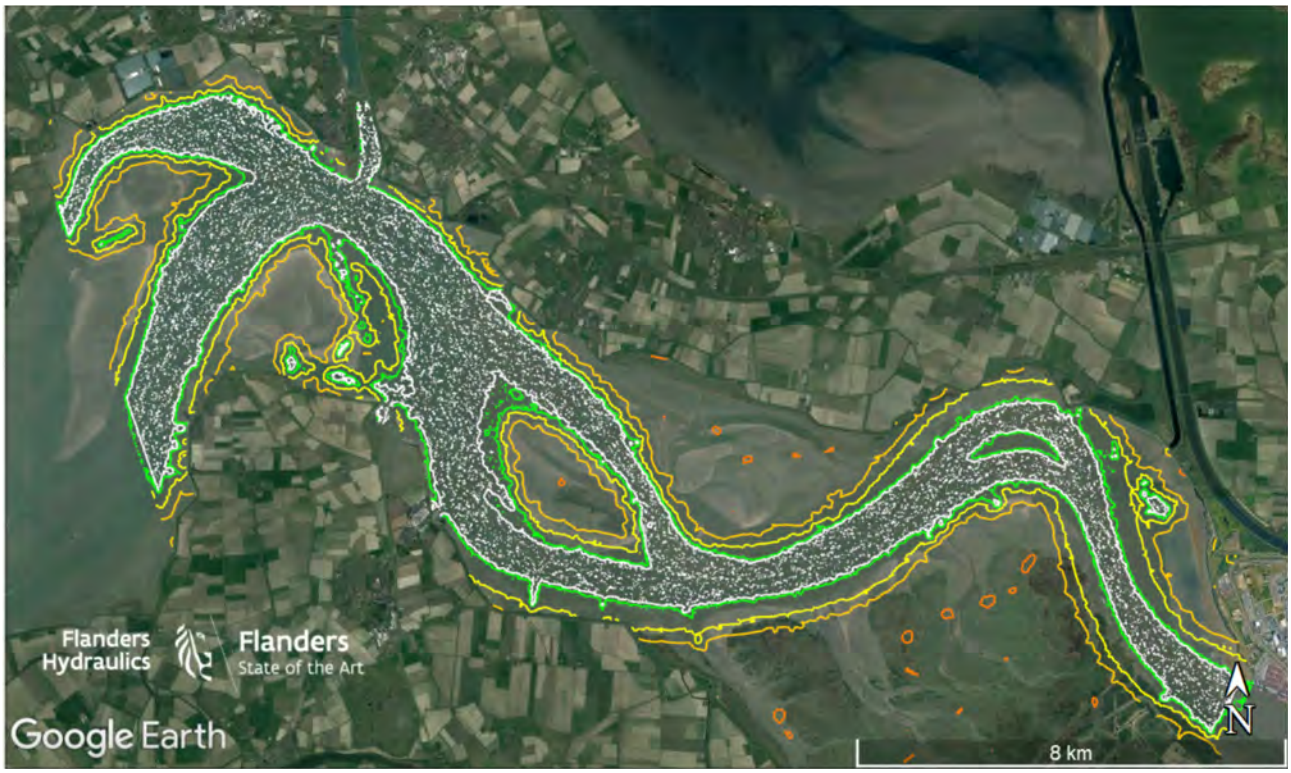
Op basis van bovenstaande criteria werd een basismesh bekomen met 651’271 punten en 1’299’640 driehoeken. Een globaal overzicht van de basismesh wordt weergegeven in Figuur 38. Een beter overzicht van de geografische spreiding van de celgrootte in de basismesh wordt geboden in Figuur 39. De celgrootte van een knooppunt werd hierbij bepaald als de gemiddelde radius van de aanliggende driehoeken berekend als het gewogen gemiddelde van de lengte van de zwaartelijn van de tegenovergestelde zijde van de driehoek, gewogen op basis van de oppervlakte van de driehoek. Figuur 40 illustreert deze methode en de bekomen celgroottes ofwel gemiddelde radius voor twee knooppunten.



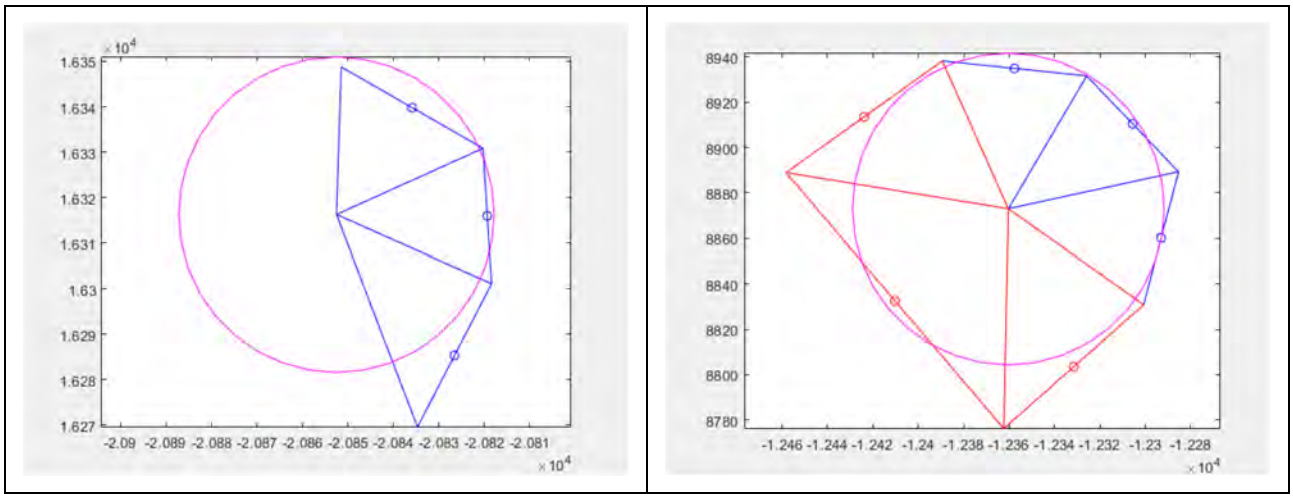
Figuur 35 – Polygoon (rood) als begrenzing van de basismesh en manueel gedefinieerd detailgebied monding 2022 (geel)



Figuur 36 – Globaal beeld van de basismesh toegepast voor de bathymetrie



Figuur 37 – Geografisch overzicht van de resolutie van de basismesh
(10m: wit; 20 m: groen; 50 m: geel; 100 m: oranje; 200 m: donker-oranje)



Figuur 38 – Illustratie van de celgrootte per knooppunt (radius van magenta cirkel) berekend op basis van het gewogen (op basis van de oppervlakte van de driehoeken) gemiddelde van de lengte van de zwaartelijn van de aanliggende driehoeken (blauwe en rood) voor een knooppunt op de rand van de basismesh (links) en centraal in de basismesh (rechts).

4.2 Peilingen studiegebied

Via de servicedesk data (servicedesk-data@rws.nl) werden alle peilingen opgevraagd die in het ruime projectgebied uitgevoerd werden tussen 01/01/2010 en 31/12/2022. Enkel de grid-data (CSAR Grid) welke zich gedeeltelijk binnen het basismesh bevonden werden toegepast voor deze studie. Het betroffen in totaal 988 peilingen verdeeld over 836 dagen startend op 27/01/2010 en eindigend op 10/01/2023.

4.2.1 Verwerkingen peilingen tot basismesh

Voor elk van deze dagen werd de dieptegegevens op de knooppunten van het basismesh bijgehouden. Om de gegevens uit de peilingen te projecteren op het basismesh werden er twee methodes toegepast:

1. Rechtstreekse projectie: de peilingen werden omgezet naar een triangulair grid en de knooppunten van de basismesh werden door middel van triangulaire interpolatie bekomen uit de peiling. Deze methode heeft als nadeel, dat de bodemribbels en zandgolven die aanwezig zijn in de peilingen mogelijks een verstoring van het resultaat geven. Doordat in de basismesh exact dezelfde diepte overgenomen wordt als in de peiling, kan deze waarde overeenstemmen met zowel het dal als de piek van een dergelijke bodemribbel.
2. Middeling in invloedzone: het gemiddelde van de gepeilde waarden die zich binnen de invloedzone van een knooppunt van de basismesh bevinden worden aan het knooppunt toegekend. Voor alle knooppunten van het basismesh is de resolutie van de aangrenzende driehoeken bekend (zie ook Figuur 39 en Figuur 40). Deze celgrootte is vaak vele malen groter dan de resolutie van de peilingen. Voor alle punten van de peilingen wordt de afstand tot elk knooppunt bepaald en wordt bepaald welke zich binnen de invloedszone van het knooppunt bevinden. Hierbij werd de invloedszone van een knooppunt bepaald als de celgrootte (radius van de omliggende driehoeken, zie §4.1) gedeeld door $\sqrt{2}$. Indien voor een bepaald knooppunt van de mesh het aantal gepeilde punten binnen de invloedszone minder dan 5 bedroeg, dan werd voor dit knooppunt de geprojecteerde waarde gehanteerd. Deze methode heeft als voordeel dat de dieptegegevens uitgemiddeld worden volgens de resolutie van de basismesh en dus niet onderhevig zijn aan dieptevariaties die optreden binnen een afstand kleiner dan de resolutie van de basismesh.

Voor de verdere verwerking van de bodemgegevens werd gebruik gemaakt van de dieptegegevens bekomen door middeling (methode 2).

4.2.2 Historische bodemconditie

Het resultaat van voorgaande verwerking is een matrix (651’271 x 836) waarin voor alle knooppunten van het basismesh een mogelijke nieuwe waarde op 836 tijdstippen gedefinieerd worden. Door deze matrix te combineren met een initiële toestand van het systeem is voor elk van de 836 tijdstippen de toenmalige meest actuele bathymetrie bekend.

Als initiële toestand van het systeem werd gebruik gemaakt van de vakloding Westerschelde 2010 (bron RWS). De vaklodingen van de Westerschelde zijn gebaseerd op single-beam metingen die omgezet worden naar een gebiedsdekkend raster met resolutie 20 x 20 m.

Om de bathymetrie op een gegeven tijdstip te bekomen, wordt gestart van de initiële toestand en worden vervolgens alle beschikbare update-tijdstippen vroeger dan het gegeven tijdstip chronologisch verwerkt. Bijgevolg wordt de diepte gedefinieerd als de meest recente peiling die op dat ogenblik uitgevoerd was. Er werd geen tijdsinterpolatie uitgevoerd van de dieptewaarden.

4.3 Morfologische evoluties in het projectgebied

De toepassing van de historische bodemgegevens zijn velerlei. Enerzijds kunnen de gegevens rechtstreeks gevisualiseerd worden om een beeld te genereren van de veranderende morfologie in het studiegebied. Anderzijds worden de historische bodemgegevens toegepast om voor elk vaartraject tussen Hansweert en Bath (zie §2.2.6) de beschikbare diepte te reproduceren. Bovendien vormen de historische bodemgegevens ook de input voor de path-planning methode uit H8.

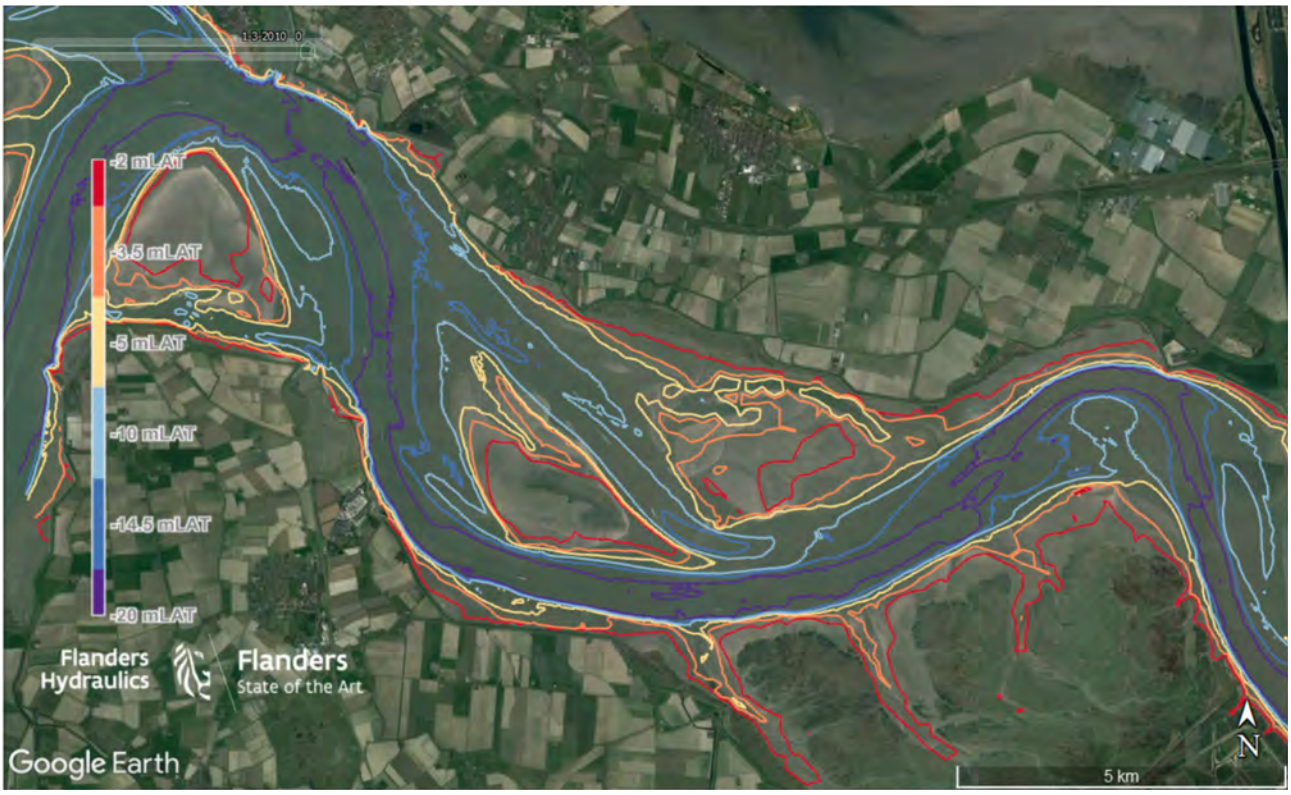
In alle analyses (zowel te Schaar van Valkenisse als Schaar van de Noord) werd uitgegaan van een hoogteligging van LAT op -2.91 m NAP. Deze waarde werd bekomen als de gemiddelde waarde tussen Hansweert (LAT: -2.85 m NAP) en Bath (LAT: -2.97 m NAP). Merk op dat door deze aanname de diepteliggingen ten opzichte van LAT ter hoogte van Schaar van de Noord 0.06 m dieper zijn dan wanneer de lokale conversie te Bath toegepast zou geweest zijn.

4.3.1 Morfologische evoluties in het projectgebied

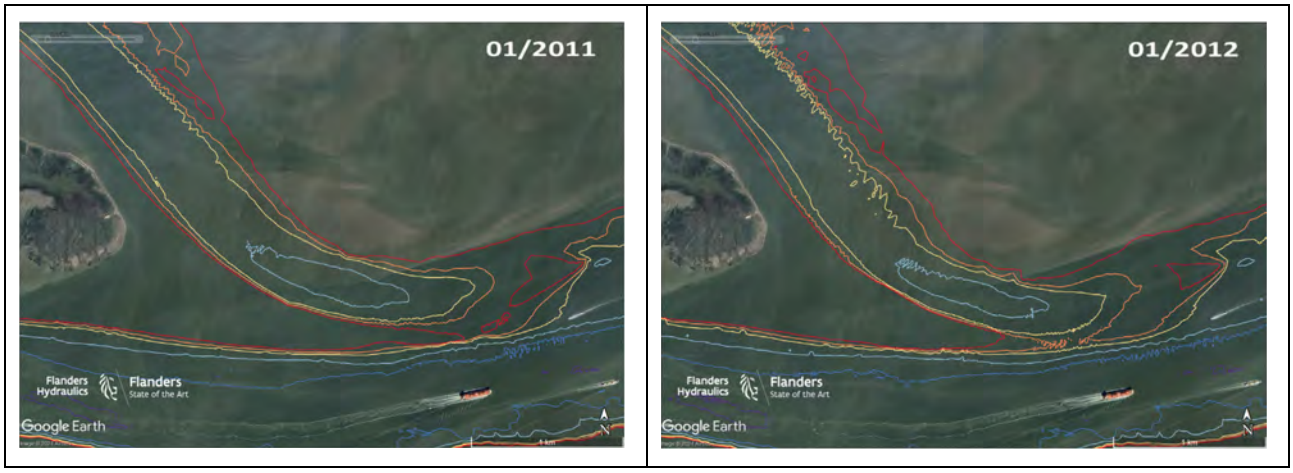
Om op basis van de historische bodemgegevens een visualisatie te genereren van de veranderende bathymetrie en de bijhorende morfologische processen, wordt gebruik gemaakt van een geanimeerde kmz-visualisatie door middel van dieptelijnen. De weergegeven dieptelijnen stemmen overeen met de dieptes en kleuren zoals gedefinieerd in Tabel 5. Ter illustratie toont Figuur 41 de positie van de dieptelijnen op 01/02/2010. Een gelijkaardige visualisatie werd gemaakt voor de eerste dag van elke maand tussen februari 2010 en januari 2023. In Figuur 42 worden de resultaten weergegeven voor het drempelgebied van de Schaar van Valkenisse voor elke eerste januari van de beschikbare periode.

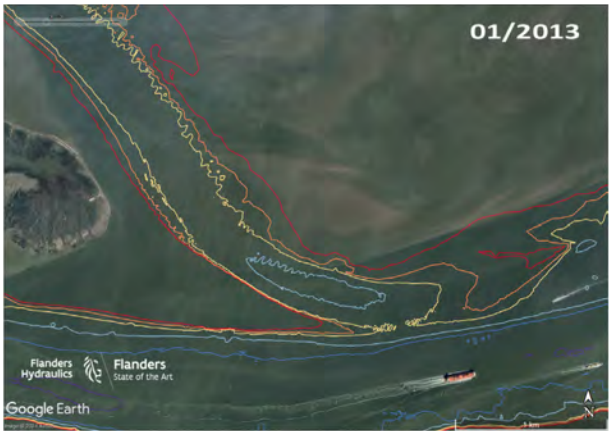
Tabel 5 – Definitie kleurcode voor dieptelijnen visualisatie bathymetrie

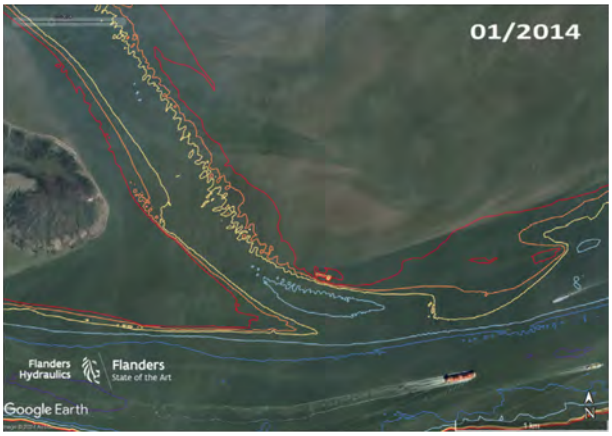
Kleur	Diepte	
[R G B]	[m LAT]	[m NAP]
[0.843 0.031 0.153]	-2	-4.91
[0.988 0.553 0.349]	-3.5	-6.41
[0.996 0.878 0.565]	-5	-7.91
[0.569 0.749 0.859]	-10	-12.91
[0.271 0.459 0.706]	-14.5	-17.41
[0.329 0.153 0.533]	-20	-22.91



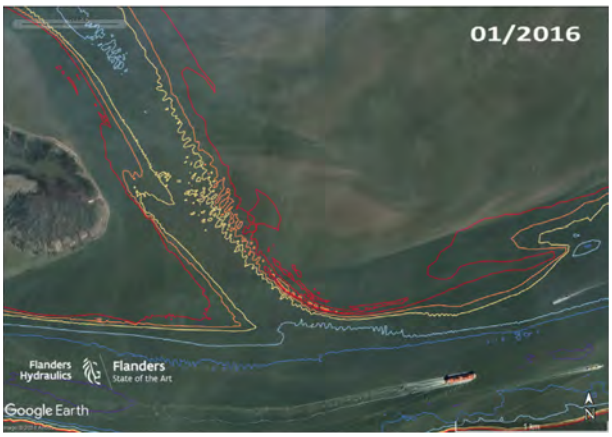
Figuur 39 – Visualisatie bodemprofiel voor 01/02/2010 op basis van zes dieptelijnen

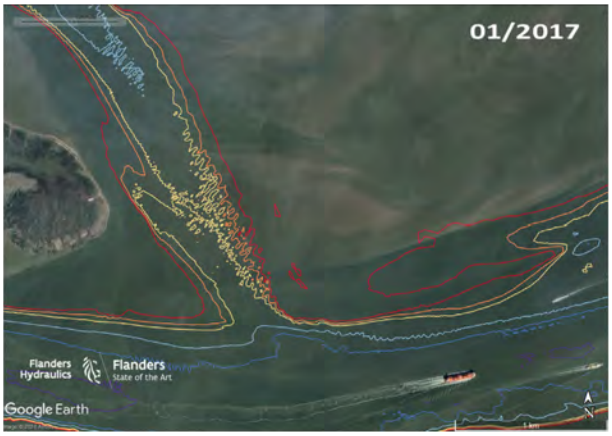


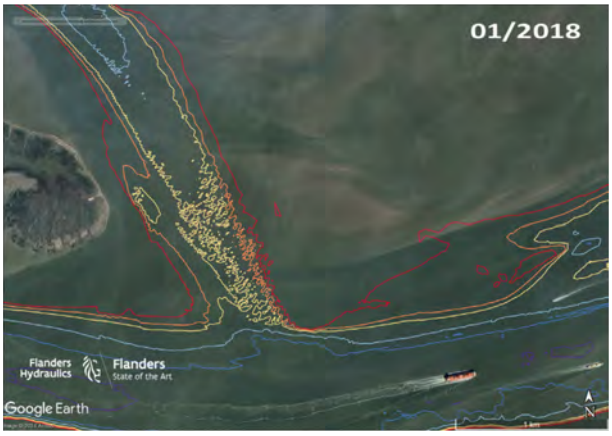

01/2013
Flanders Hydraulics
Flanders State of the Art
Google Earth

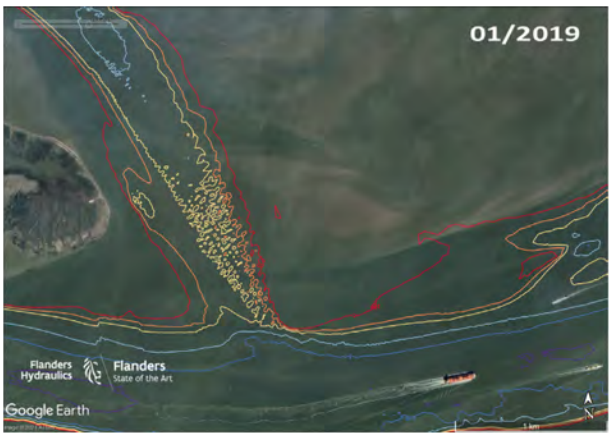

01/2014
Flanders Hydraulics
Flanders State of the Art
Google Earth


01/2015
Flanders Hydraulics
Flanders State of the Art
Google Earth

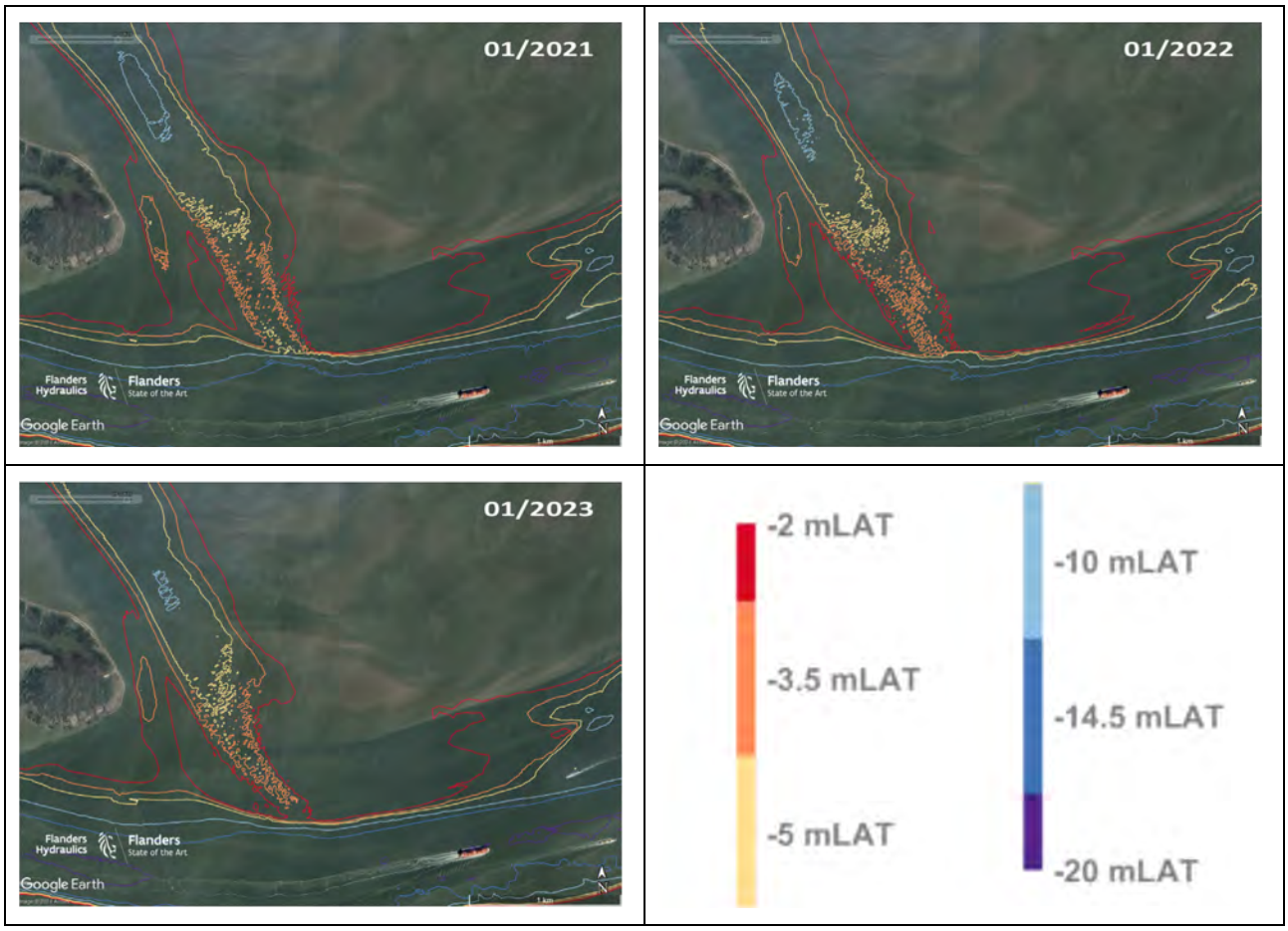

01/2016
Flanders Hydraulics
Flanders State of the Art
Google Earth


01/2017
Flanders Hydraulics
Flanders State of the Art
Google Earth


01/2018
Flanders Hydraulics
Flanders State of the Art
Google Earth


01/2019
Flanders Hydraulics
Flanders State of the Art
Google Earth


01/2020
Flanders Hydraulics
Flanders State of the Art
Google Earth



Figuur 40 – Visualisatie bodemprofiel drempel Schaar van Valkenisse bij begin van kalenderjaar 2011-2023

4.3.2 Beschikbare vaarwegdiepte en vaarwegbreedte nevengeul

In §2.2.11 werd toegelicht dat voor de maanden en vaarrichtingen waarin gebruik gemaakt werd van de nevengeul, de gemiddelde vaartrajecten berekend werden. Deze maandelijkse gemiddelde trajecten worden toegepast om een historische analyse uit te voeren van de diepte en vaarwegbreedte in de nevengeul. Deze analyse werd zowel uitgevoerd voor de nevengeul Schaar van Valkenisse als voor de nevengeul Schaar van de Noord.

Voor elke maand en elke vaarrichting werd het gemiddelde AIS-traject geëvalueerd bij de toenmalige bathymetrie. Hiertoe werd het gemiddelde AIS-traject elke 1 m geëvalueerd en werden voor deze trajectpunten de onderstaande parameters afgeleid uit de meest recente peilingen die beschikbaar waren op het einde van de maand:

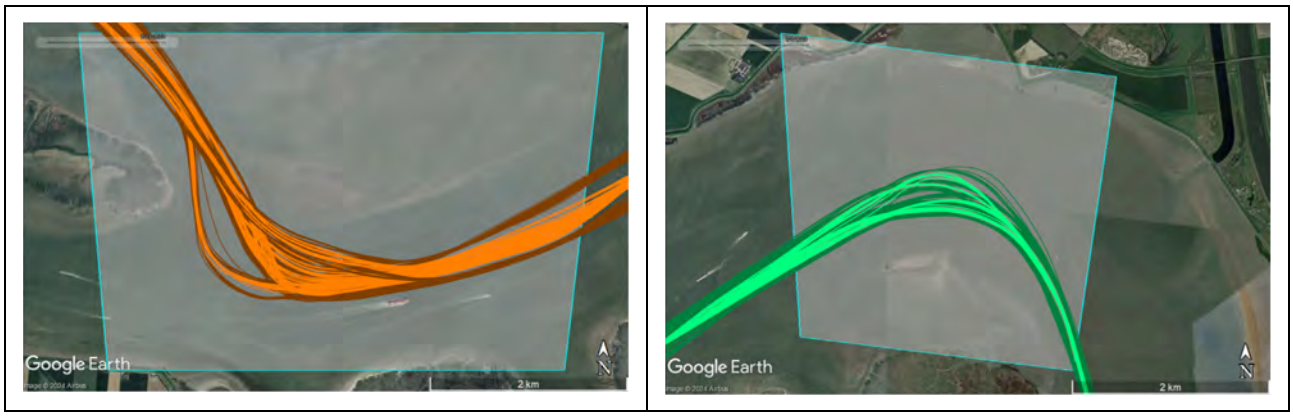
- De bodemdiepte onder het gemiddelde vaartraject (m LAT)
- De breedte dwars (loodrecht) op het gemiddelde vaartraject net als de minimale afstand naar linkeroever en rechteroever bij onderstaande dieptes:
    - -2.0 m LAT
    - -3.5 m LAT
    - -5.0 m LAT

De bovenstaande gegevens werden verder samengevat tot de minst gunstige conditie (meest ondiep of smalste afstand tussen de dieptelijnen) die ervaren werd binnen een vooraf gedefinieerd gebied. Deze evaluatiegebieden worden voor de beide nevengeulen weergegeven in Figuur 43. De minst gunstige condities werden als volgt gedefinieerd voor het gemiddelde vaartraject binnen het evaluatiegebied:

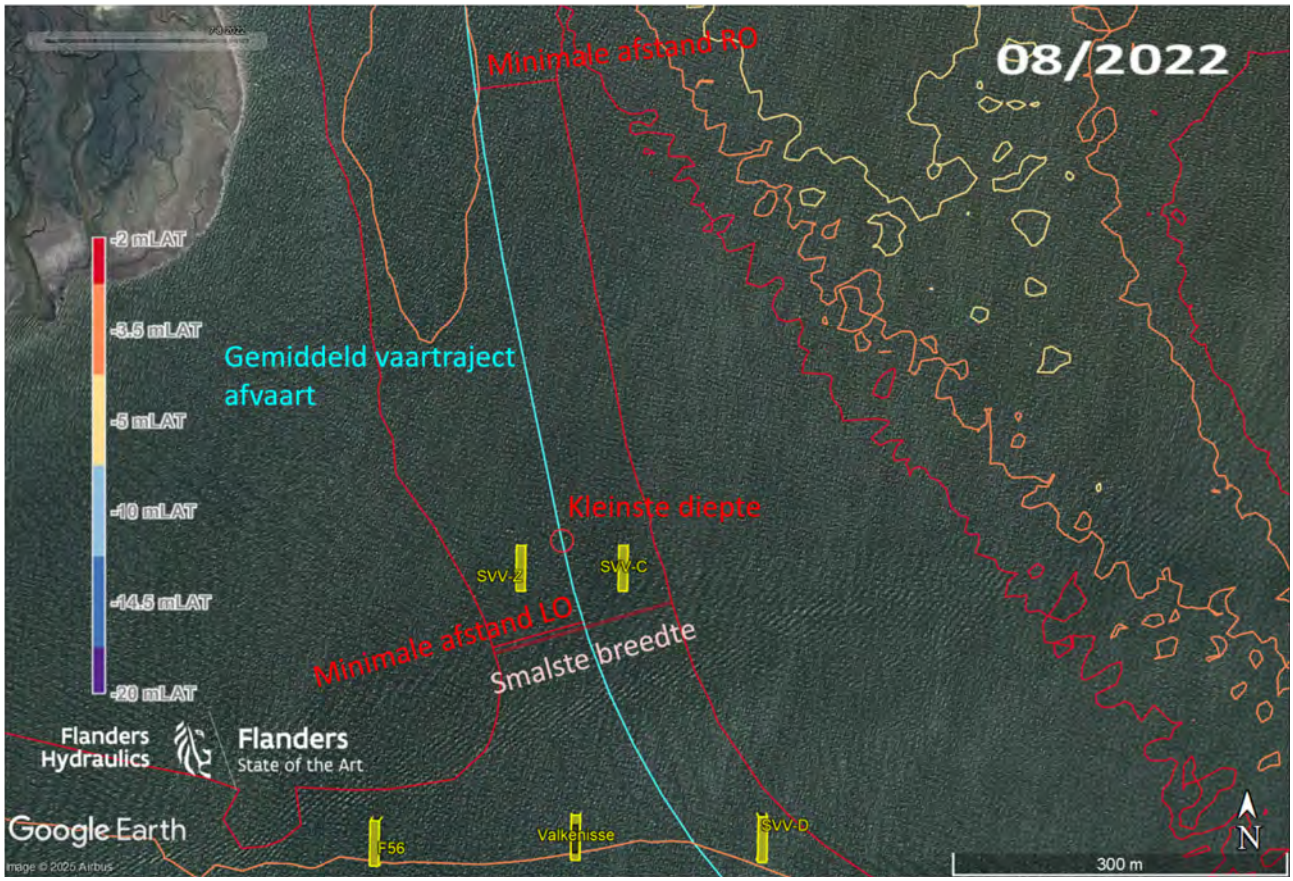
1. Minimale diepte: de kleinste diepte;
2. Smalste breedte: de kleinste breedte bij de onderzochte dieptes
3. Smalste pad: de som van de minimale afstand tot de linker- en de minimale afstand tot de rechteroever bij de onderzochte dieptes

Bovenstaande parameters worden in Figuur 44 geïllustreerd. Merk op dat het pad steeds kleiner zal zijn dan de breedte. Bovendien zal het smalste pad beïnvloed worden door lokale ondiepe patches die zich voordoen in de bathymetrie, terwijl de smalste breedte deze ondieptes vaak niet toont doordat tegenover de ondiepte er vaak een erg ruime oeverafstand beschikbaar is. Bijgevolg wordt het smalste pad een betere parameter geacht voor het beoordelen van de beschikbare vaarwegbreedte. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de smalste breedte en het smalste pad louter bepaald worden op basis van de bodemprofielen en geen rekening houden met de aanwezige betonning.

Aangezien de resultaten gebaseerd zijn op gemiddelde vaartrajecten zijn er vanzelfsprekend enkel resultaten beschikbaar voor de maanden en trajecten waarvoor er daadwerkelijk gebruik gemaakt werd van de nevengeul (en dus niet voor opvaart via SvV in 2022).



Figuur 41 – Weergave van de evaluatiegebieden voor de bathymetrische gegevens langsheen de gemiddelde vaartrajecten.
Links: evaluatiegebied Schaar van Valkenisse ten opzichte van de gemiddelde vaartrajecten voor afvaart via SvV (oranje)
Rechts: evaluatiegebied Schaar van de Noord ten opzichte van de gemiddelde vaartrajecten voor opvaarten via SvN (licht groen)



Figuur 42 – Illustratie van de bathymetrische parameters die gegenereerd werden op basis van een gemiddeld vaartraject. Voor augustus 2022 gold: kleinste diepte: -2.44 m LAT; smalste breedte op -2.0 m LAT: 165 m en smalste pad op -2.0 m LAT: 157 m.

De kleinste diepte die beschikbaar was op het gemiddelde vaartraject voor de evaluatiegebieden van Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord wordt respectievelijk weergegeven in Figuur 45 en Figuur 46. Figuur 47 en Figuur 48 tonen de smalste breedte voor de drie dieptes voor de twee nevengeulen en Figuur 49 en Figuur 50 tonen het smalste pad voor de drie dieptes.

De dieptefiguren tonen duidelijk de verondieping van de Schaar van Valkenisse sinds 2013 (het jaar waarin de Schaar van Valkenisse in gebruik genomen werd en er dus AIS-trajecten beschikbaar zijn). Door de verschillende vaarpaden voor afvaart en opvaart zijn er in de beginjaren verschillen waar te nemen in de minimale diepte die waargenomen wordt op de gemiddelde vaartrajecten. De dieptewaarden zijn echter voor beide vaarrichtingen groter dan -3.5 m LAT tot juni 2019. In deze periode treedt er een belangrijke verondieping plaats voor de gemiddelde trajecten van de opvaart. Tussen maart 2018 en juni 2019 waren er echter geen nieuwe peilingen beschikbaar voor het studiegebied waardoor de verschillende waarden in deze periode het gevolg zijn van variaties in de gemiddelde vaartrajecten. Merk op dat voor deze periode de smalste breedtes bij diepte -3.5 m LAT inderdaad erg constant zijn. Voor het smalste pad blijkt er voor de afvaart een belangrijke vermindering bekomen te worden in november 2018. De reden hiervoor zijn erg kleine ondieptes (kleiner dan 1 m) die net boven de -3.5 m LAT uitkomen en die slechts geregistreerd werden afhankelijk van de precieze locatie van de evaluatiepunten (en dit ondanks een onderlinge evaluatieafstand die slechts 1.0 m bedroeg). Hetzelfde treedt op voor de opvaart in de maanden mei 2018, maart 2019 en april 2019. Figuur 51 illustreert de aanwezigheid van een erg lokale overschrijding van de -3.5 m LAT in de bodem voor de periode maart 2018 tot juni 2019.

Voor het gemiddelde traject in afvaart blijkt de minimale diepte in juli 2019 ondieper te worden dan -3.5 m LAT.

Op basis van de analyse van de signalisatie in de Schaar van Valkenisse blijkt dat in oktober 2018 de laterale betonning vervangen werd door bijzondere markeringen (gele boeien). In oktober 2018 blijkt het smalste pad op diepte -3.5 m LAT nog 220 m te bedragen. Figuur 52 illustreert dat de versmalling van de vaarwegbreedte op diepte -3.5 m LAT in deze periode veroorzaakt werd door enkele lokale verondiepingen aan de rode boeienlijn. Zoals hoger gemeld zijn de bathymetrische resultaten voor oktober 2018 gebaseerd op een peiling uit maart 2018 en was er pas vanaf juni 2019 een nieuwe peiling beschikbaar. Figuur 53 toont de resultaten van de bathymetrische analyse voor de maand juli 2019. Voor deze update blijkt de beschikbare diepte op de drempel minder te bedragen dan -3.5 m LAT op het gemiddelde afvaartraject. In deze periode blijken de grootste ondieptes op te treden aan de westzijde van de geul waardoor het gemiddelde traject van de opvaart gepaard gaat met een kleinere diepte (-3.0 m LAT) dan de afvaart (-3.4 m LAT).

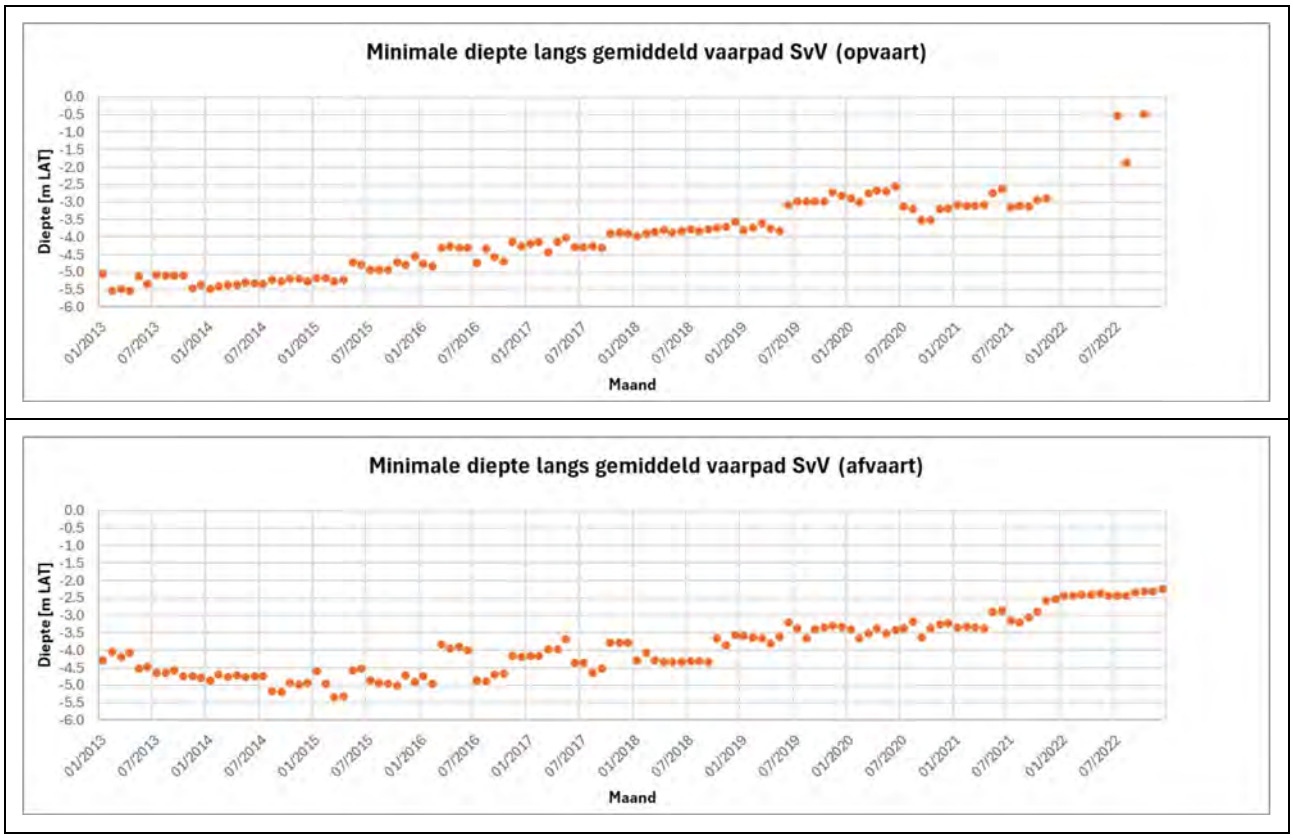
Tot en met mei 2020 blijkt de smalste vaarwegbreedte in de Schaar van Valkenisse zich steeds aan de grens met de Schaar van Waarde te bevinden (zie Figuur 54) en blijkt deze vrijwel steeds meer dan 400 m te bedragen voor diepte -2.0 m LAT. In mei 2020 bedraagt de minimale breedte ca. 475 m. Vanaf juni 2020 geven de peilingen een versmalling van de vaarwegbreedte op -2 m LAT aan ten gevolge van een versmalling van de opwaartse drempel van de Schaar van Valkenisse. In juli 2020 bedraagt de breedte nog ca. 400 m (zie Figuur 55) maar deze vaarwegbreedte blijkt stelselmatig te versmallen totdat deze eind 2021 nog slechts ca. 200 m bedraagt. In deze maand werd de Schaar van Valkenisse gesloten voor de opvaart en is de statistische analyse bijgevolg enkel nog mogelijk op basis van de afvarende scheepvaart. Bovendien wordt vanaf december 2021 een belangrijke verandering doorgevoerd in de betonning van de Schaar van Valkenisse. In deze maand werd de betonning verplaatst van de oostelijke geul (vloedschaar) naar de westelijke geul (ebschaar) wat vanzelfsprekend een grote impact heeft op de bathymetrische analyse. De beschikbare breedte op diepte -2 m LAT bedraagt in deze ebschaar slechts ca. 155 m (smalste pad ca. 150 m) en blijkt relatief constant in het jaar 2022. De minimale diepte langsheen het gemiddelde vaartraject neemt in 2022 wel nog af van initieel -2.44 m LAT (januari) naar -2.25 m LAT (december).

Wanneer de bathymetrische conditie voor de Schaar van Valkenisse vergeleken wordt met de Schaar van de Noord, dan blijkt in de Schaar van de Noord eerder een omgekeerde trend op te treden waarbij de beschikbare dieptes in de onderzochte periode gemiddeld toenemen.

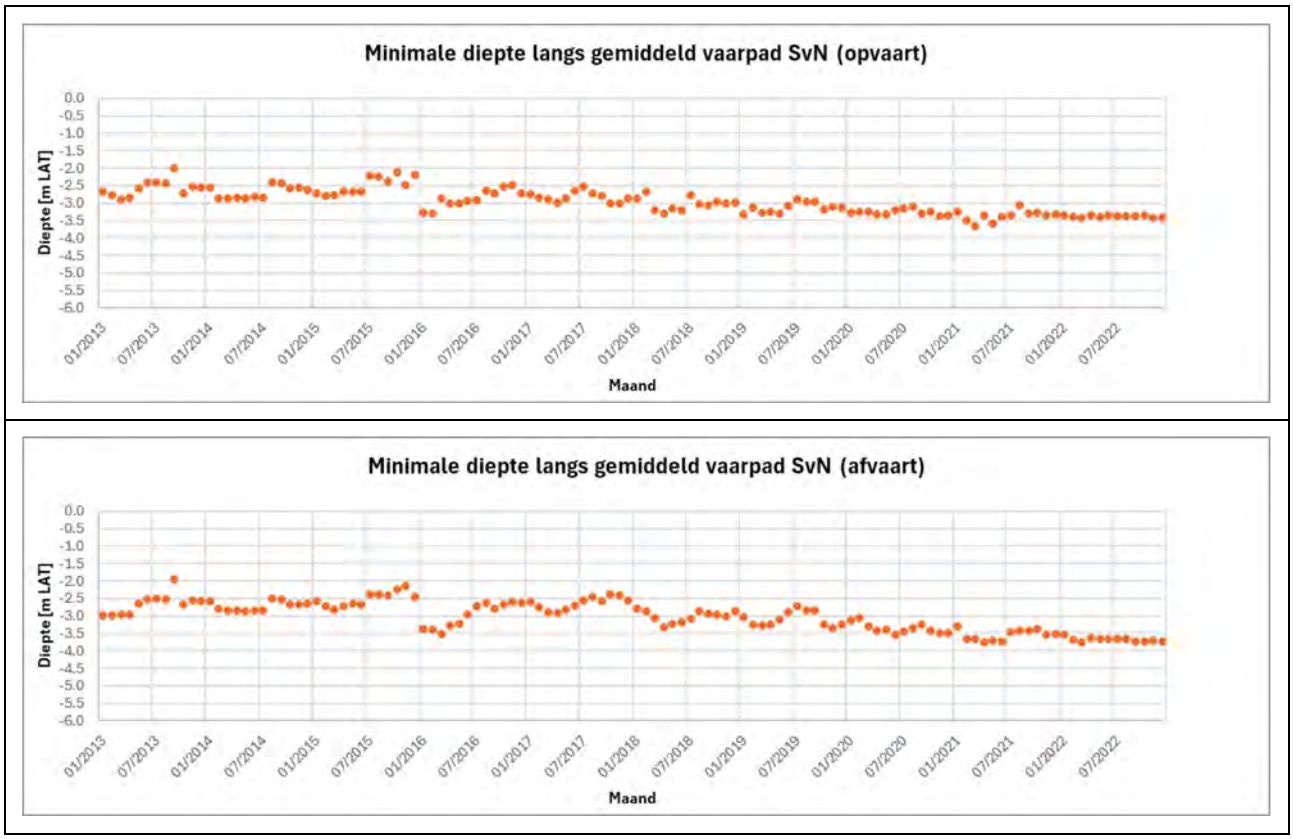
Doorgaans worden in Schaar van de Noord de grootste dieptes waargenomen op de gemiddelde vaartrajecten voor afvaart (buitenbocht). Doorheen de onderzochte periode blijken er belangrijke variaties op te treden in de beschikbare diepte in de Schaar van de Noord, zo worden er voor de afvaart minimale dieptes waargenomen in de maanden september 2013 (-1.95 m LAT), november 2015 (-2.13 m LAT) en oktober 2017 (-2.41 m LAT). Sinds december 2017 is de minimale diepte op het gemiddeld afvaartraject steeds dieper dan -2.5 m LAT. Sinds oktober 2019 is de minimale diepte er steeds lager dan -3.0 m LAT en sinds november 2021 steeds lager dan -3.5 m LAT (voor de opvaart zijn de beschikbare dieptes ca. 0.2 m minder).

Ook wanneer de smalste breedtes en paden beschouwd worden dan blijken de stelselmatig toegenomen beschikbare breedtes op diepte -2.0 m LAT. Voor de afvaart blijkt er sinds maart 2022 een padbreedte groter dan 300 m beschikbaar te zijn op diepte -3.5 m LAT (zie Figuur 58). De meer zuidelijk gelegen opvaartrajecten (binnenbocht) passeren wel nog ter hoogte van een ondiepere zone waardoor de minimale diepte voor deze trajecten ondieper dan -3.5 m LAT blijft.

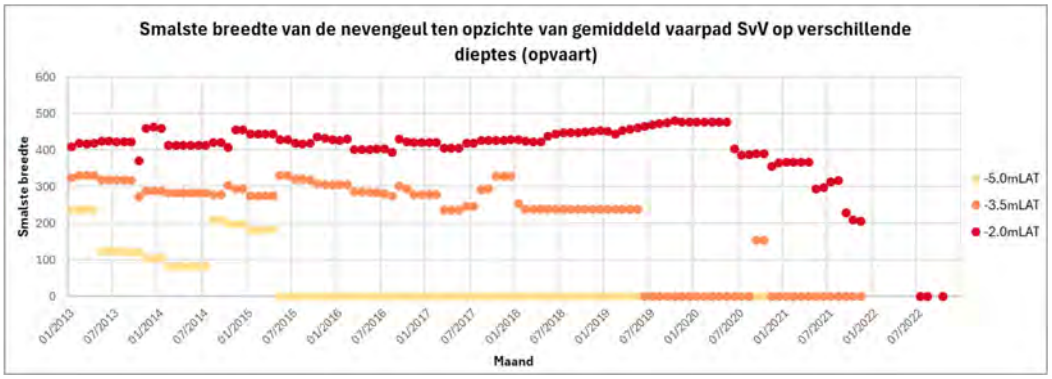
Voor de padbreedtes ter hoogte van -2.0 m LAT blijkt er eveneens een gunstige trend aanwezig. In december 2016 blijkt het smalste pad in de bathymetrie beperkt te verminderen tot ca 270 m. De reden hiervoor betrof een lokale ondiepte in de vaargeul (zie Figuur 59) die ook aanleiding gaf tot de publicatie van BASS 145/2016 met betrekking tot de beperkte diepte in de Schaar van de Noord en een verlegging van de betonning. Vanaf januari 2017 blijkt het smalste pad in de Schaar van de Noord vrijwel steeds groter dan 700 m en vanaf 2019 groter dan 800 m. Gebeurlijke ondieptes buiten de boeienlijn (in juli 2021) geven een tijdelijke beperking van het smalste pad tot 570 m (wat nog steeds ruim is).

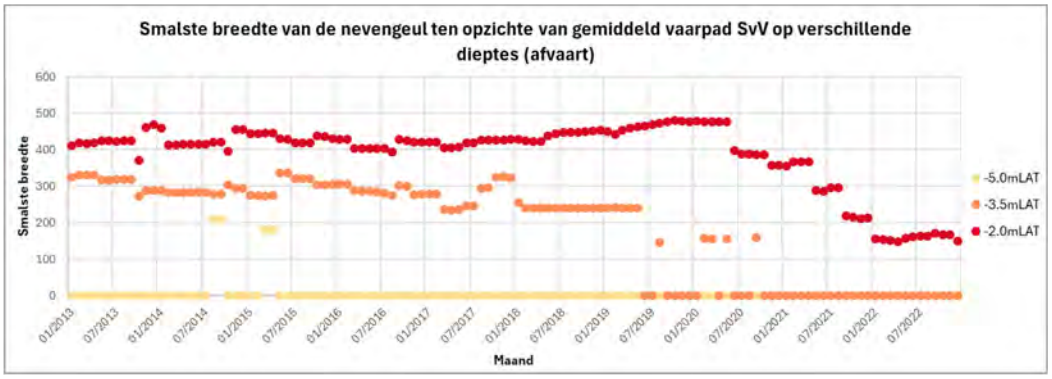


Figuur 43 – Evolutie van de minimale diepte langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van Valkenisse

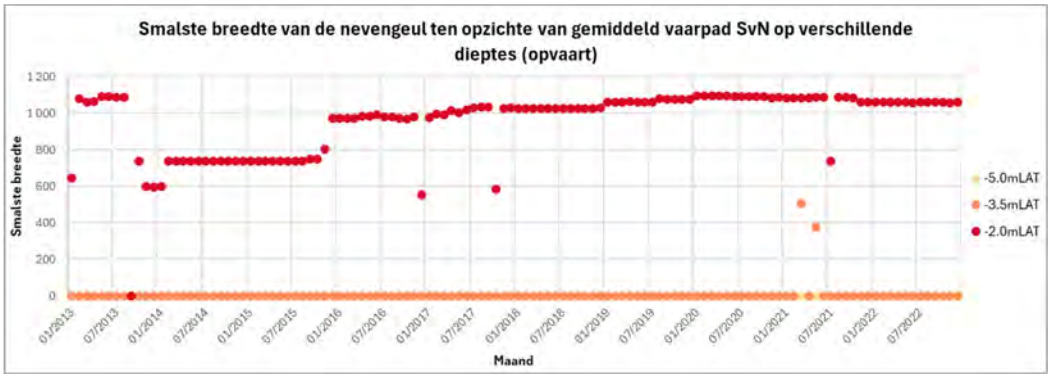


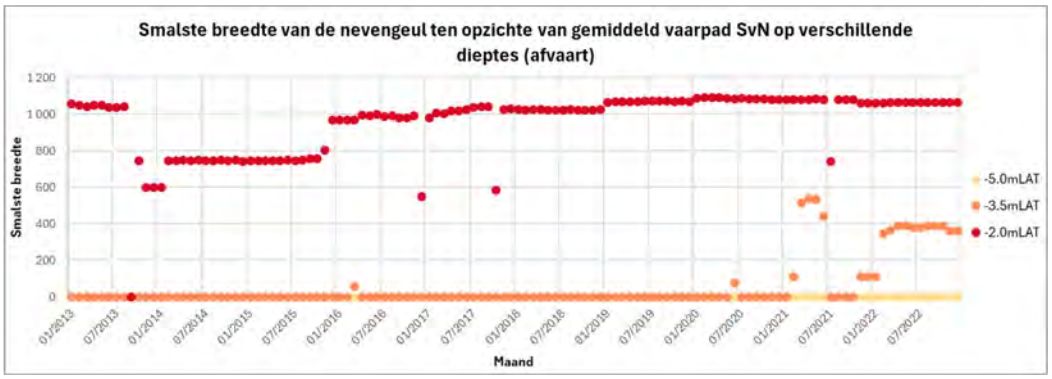
Figuur 44 – Evolutie van de minimale diepte langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van de Noord



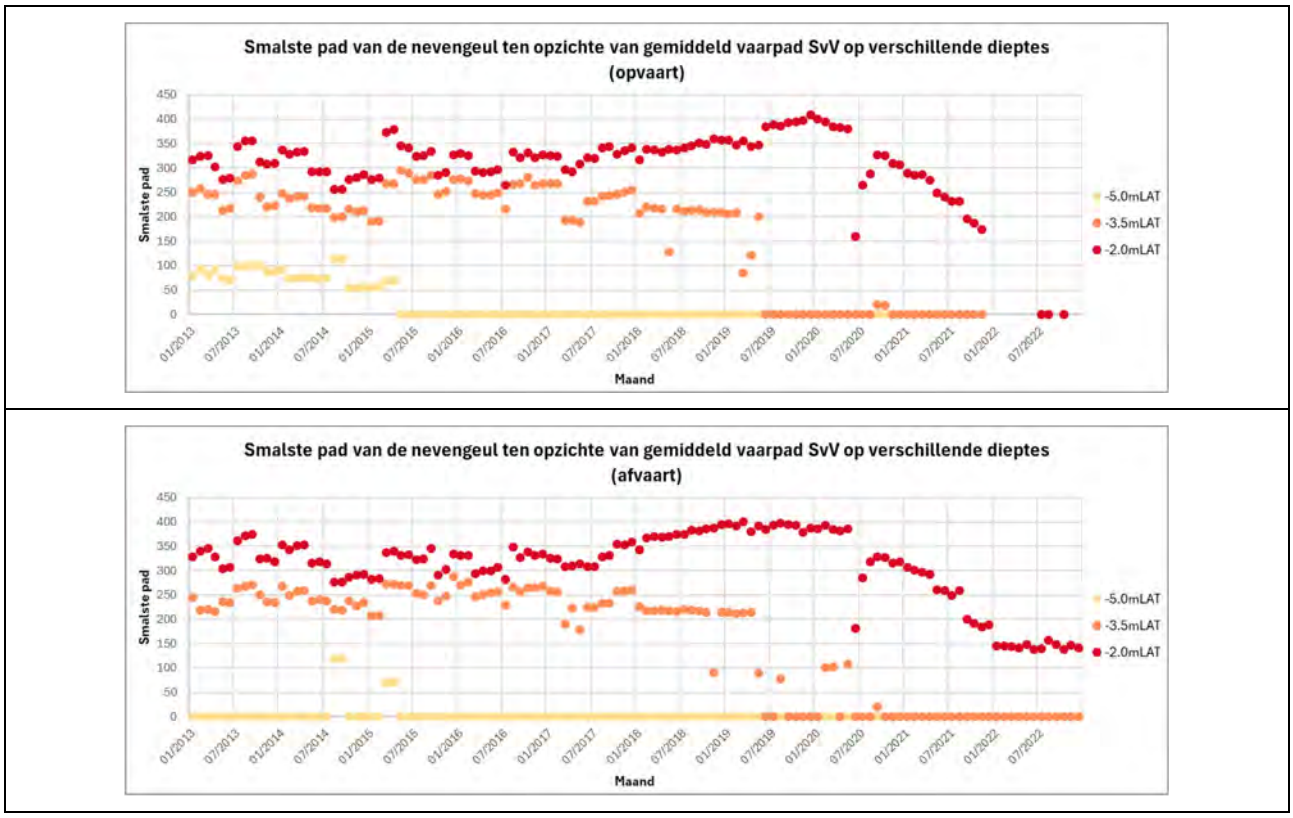


Figuur 45 – Evolutie van de smalste breedte op verschillende dieptes langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van Valkenisse

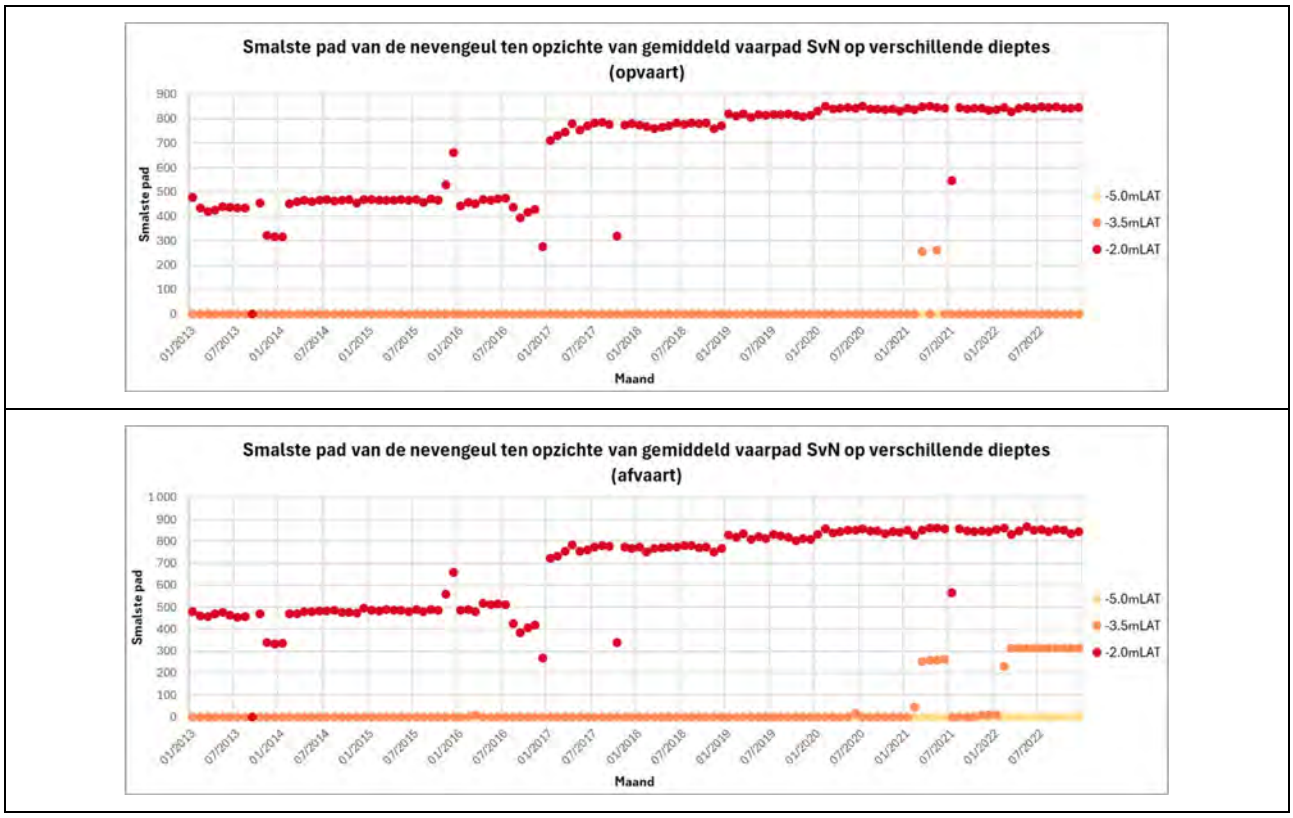




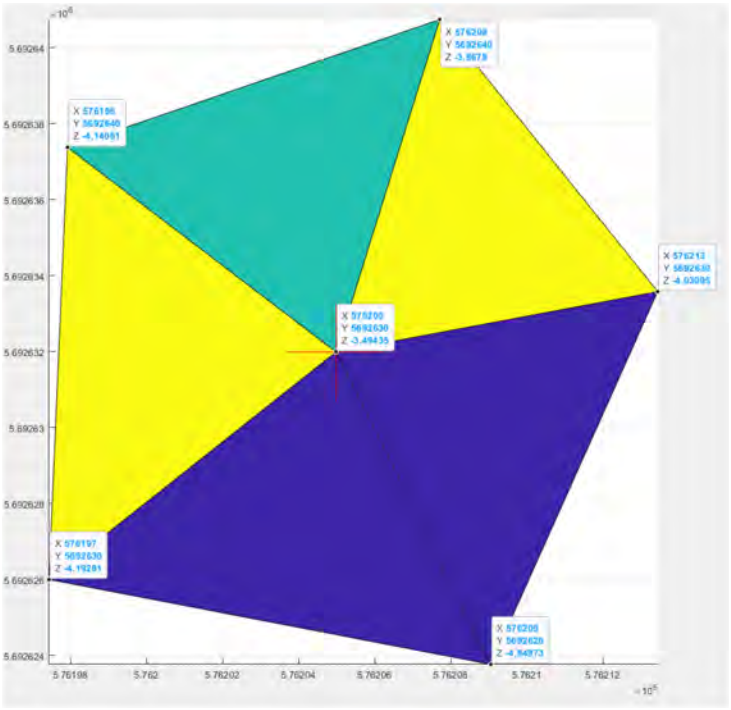
Figuur 46 – Evolutie van de smalste breedte op verschillende dieptes langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van de Noord



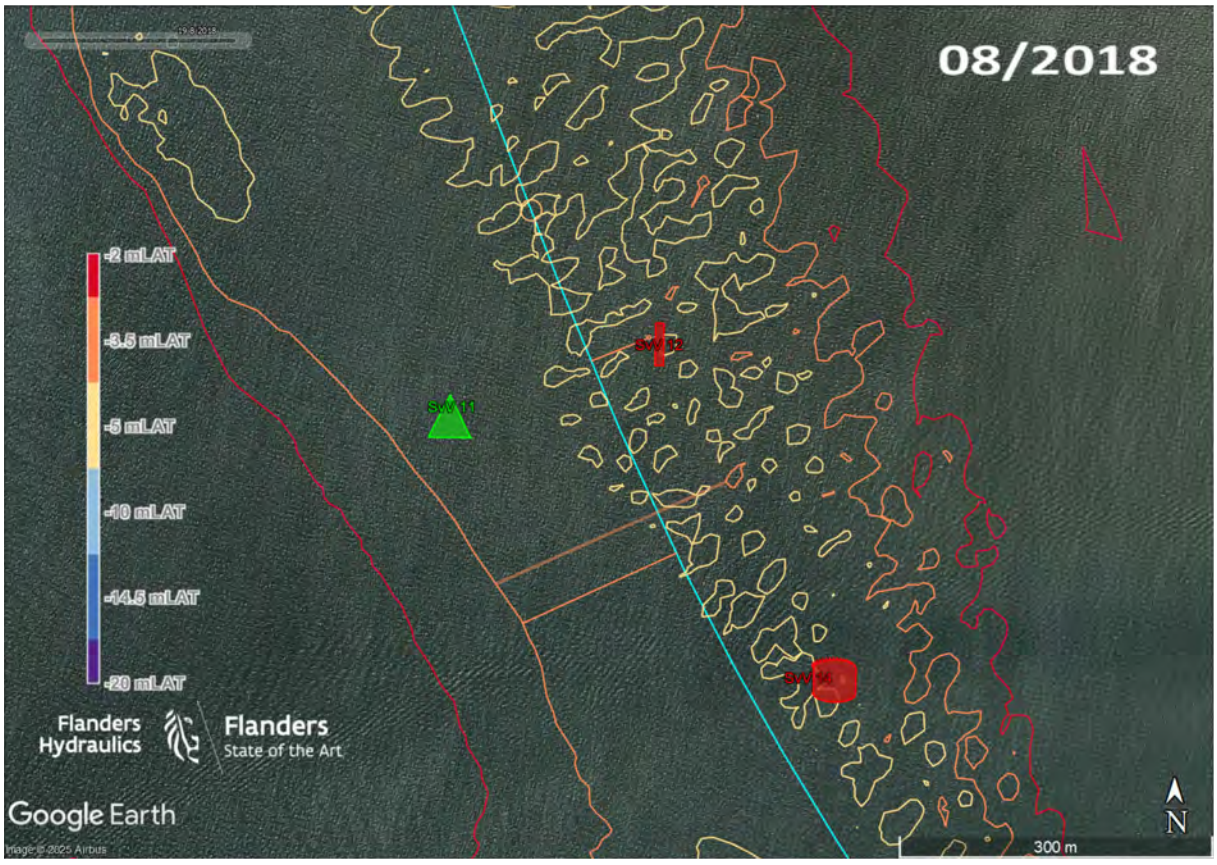
Figuur 47 – Evolutie van het smalste pad op verschillende dieptes langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van Valkenisse



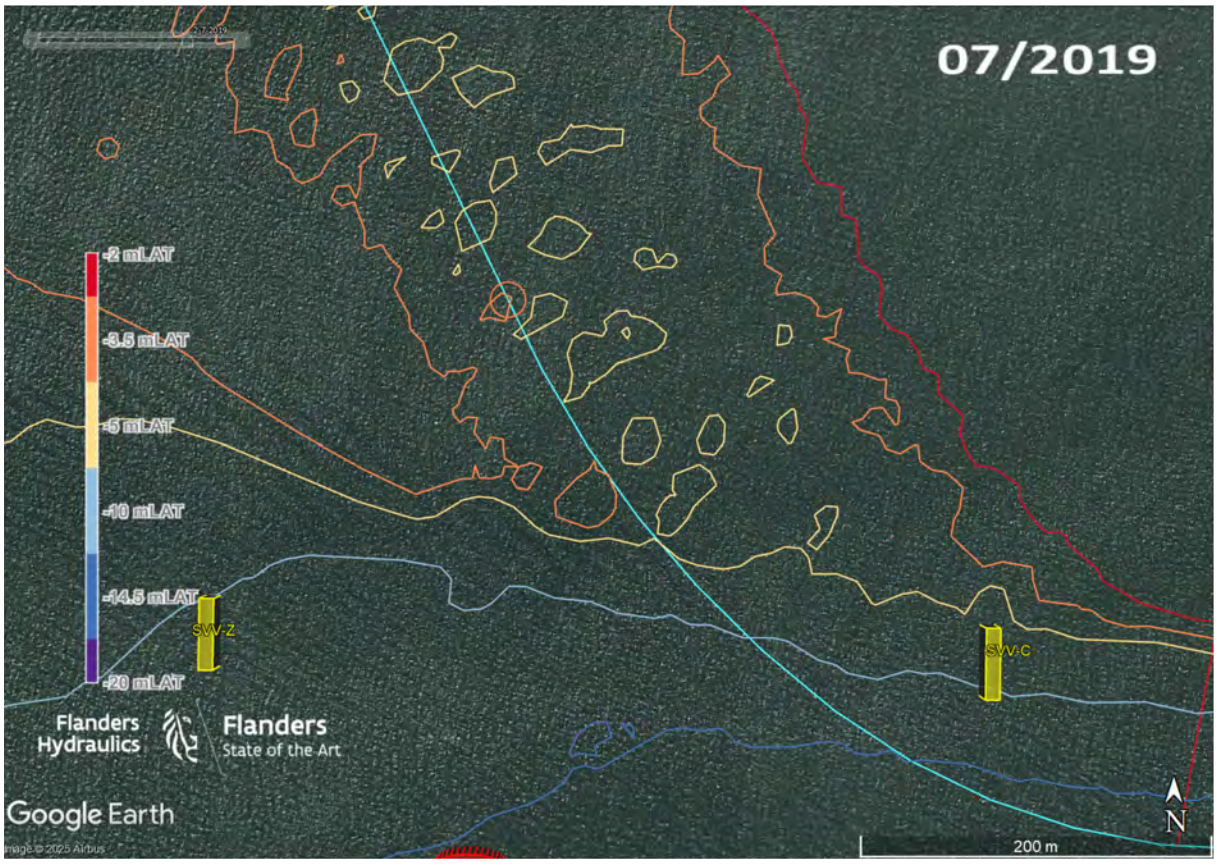
Figuur 48 – Evolutie van het smalste pad op verschillende dieptes langs gemiddelde vaartrajecten voor op- en afvaart via Schaar van de Noord



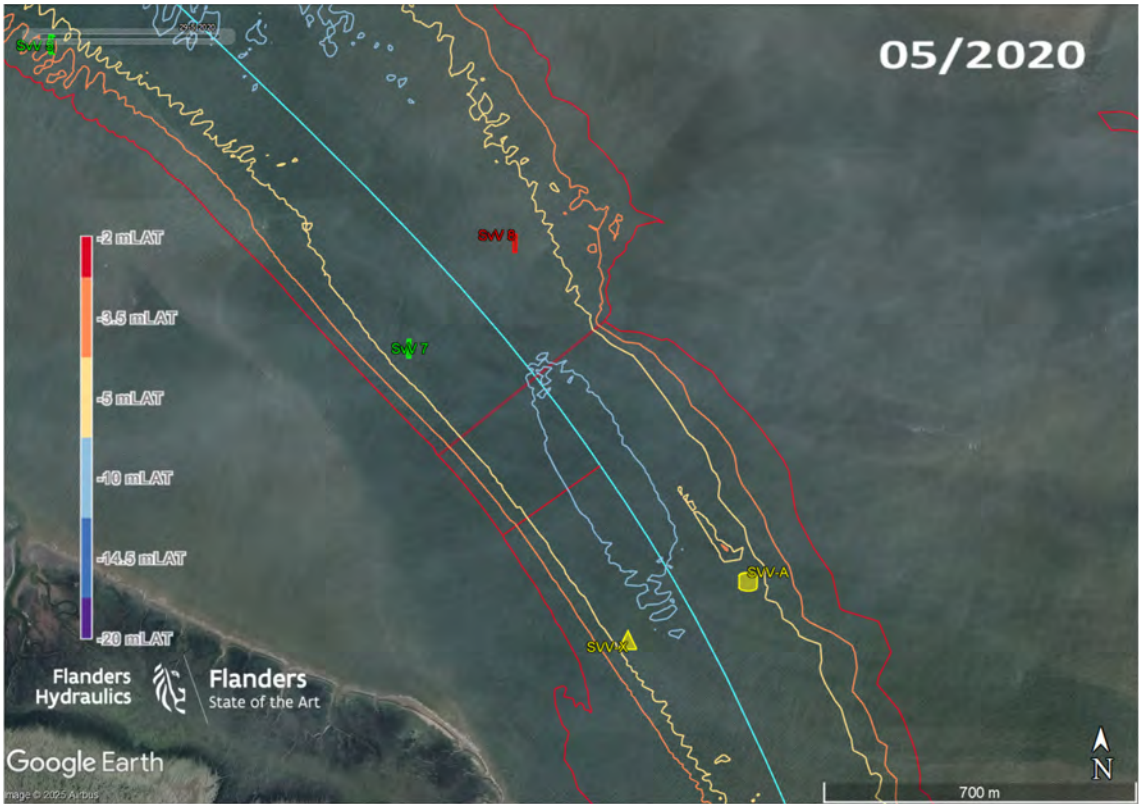
Figuur 49 – Illustratie van een zeer lokale ondiepte (> -3.5 m LAT) die aanleiding geeft tot een kleinere padbreedte voor afvaart in november 2018 (het rode kruis toont aan op welke locatie de oeverafstand bepaald werd.



Figuur 50 – Weergave van de locatie van het meest ondiepe punt (cirkel) langsheen het gemiddelde afvaarttraject (blauw) en de smalste breedte, en de kleinste oeverafstanden bij diepte -3.5 m LAT geëvalueerd voor augustus 2018



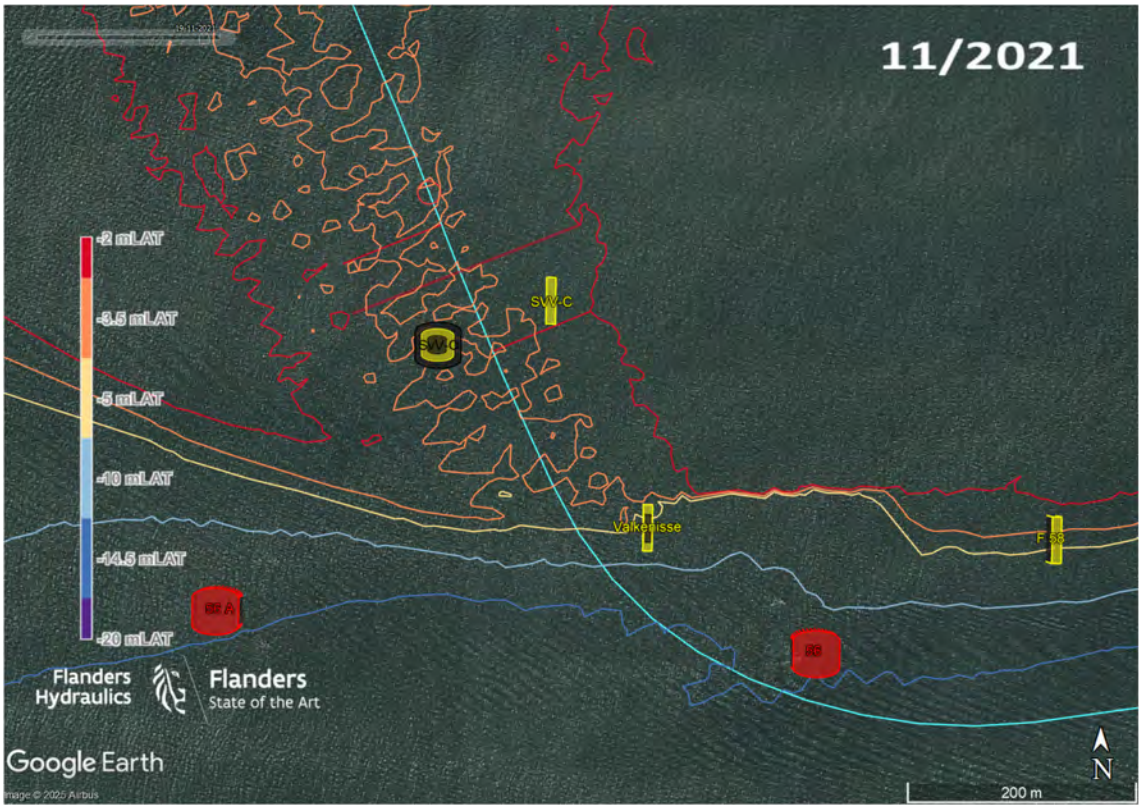
Figuur 51 – Weergave van de locatie van het meest ondiepe punt (cirkels) langsheen het gemiddelde afvaarttraject (blauw) in juli 2019



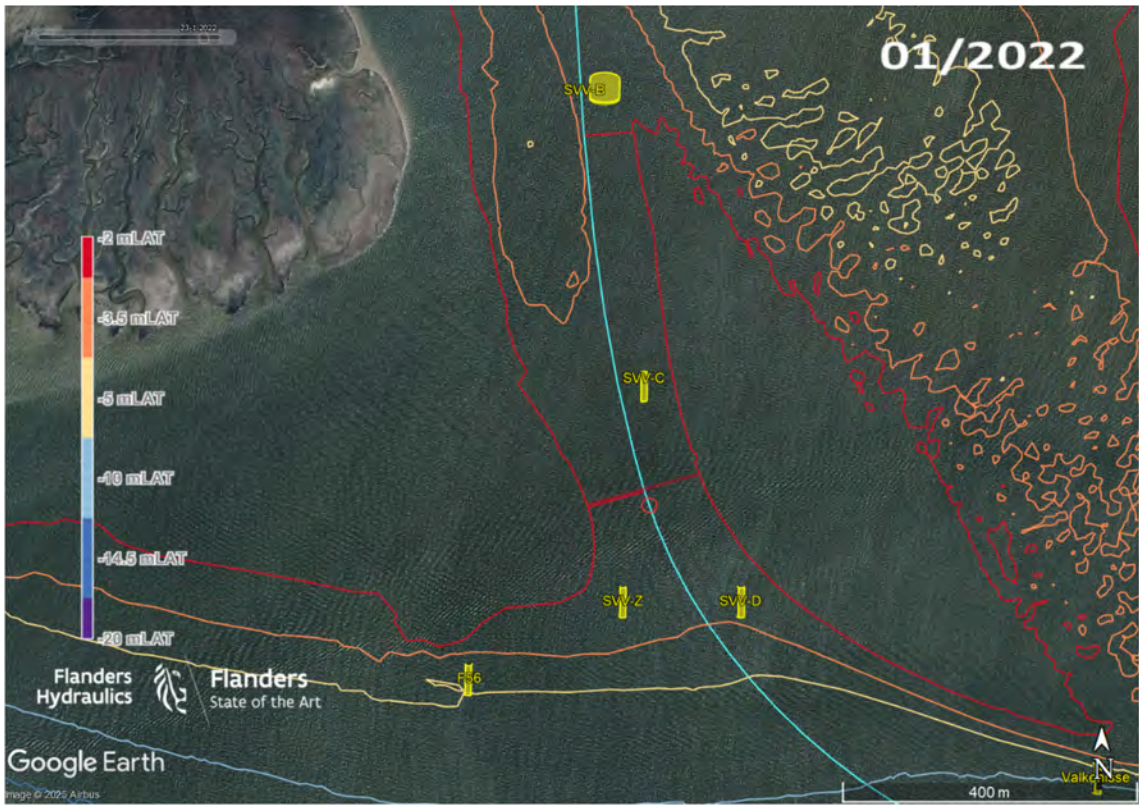
Figuur 52 – Weergave van de smalste breedte op diepte -2 m LAT in de maand mei 2020 te Schaar van Waarde



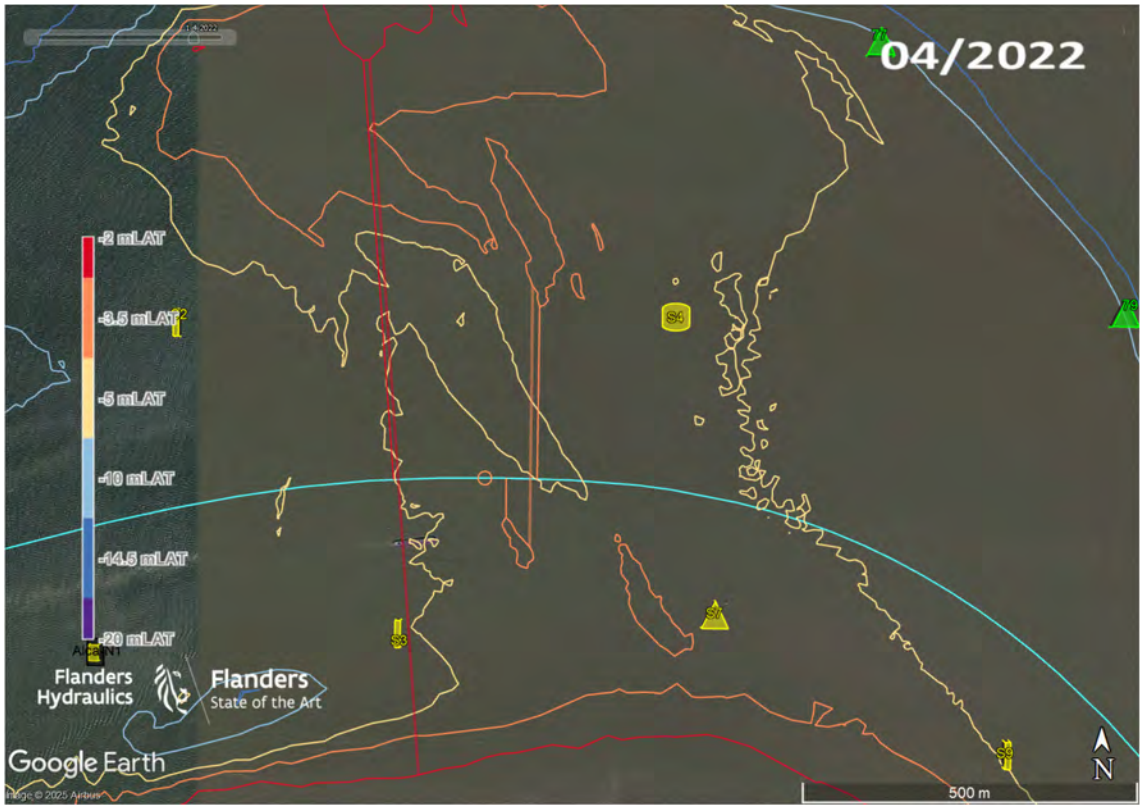
Figuur 53 – Versmalling van de breedte en de oeverafstanden op diepte -2 m LAT (rode lijnstukken) in juli 2020



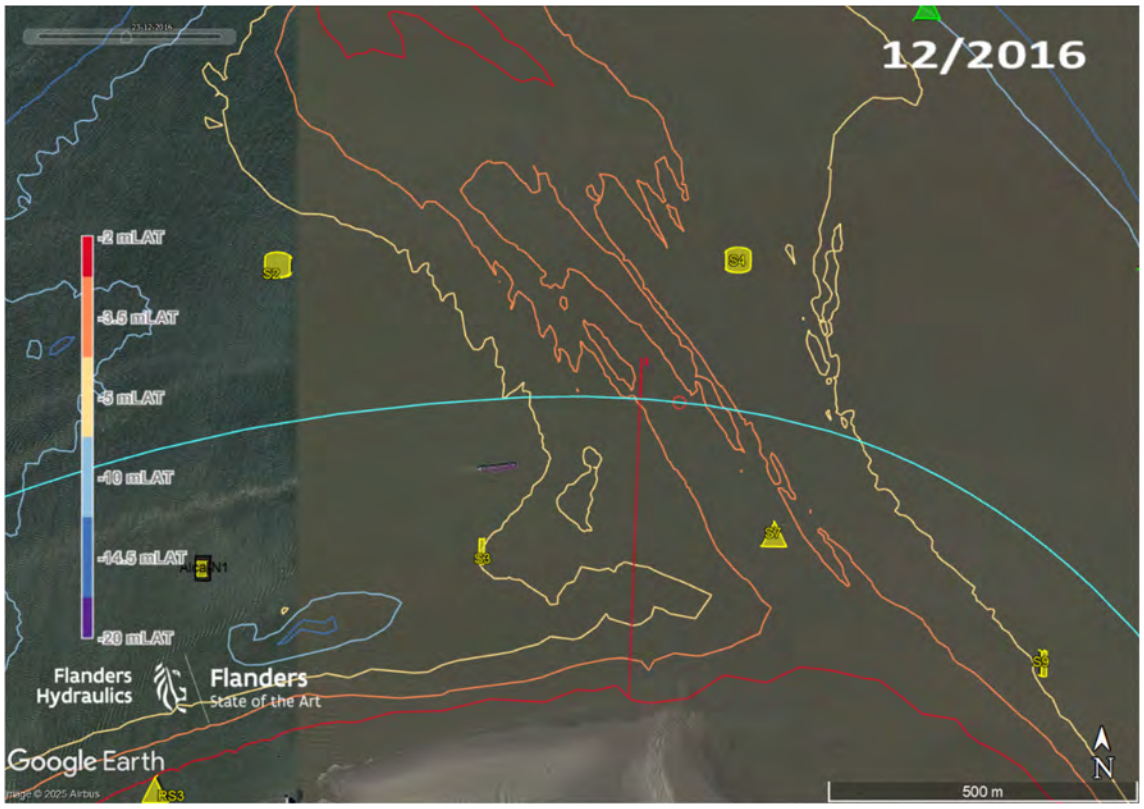
Figuur 54 – Bathymetrische conditie in november 2021 waarbij de vaarwegbreedte op diepte -2 m LAT ca. 220 m bedraagt



Figuur 55 – Bathymetrische conditie in januari 2022 waarbij de vaarwegbreedte op diepte -2 m LAT ca. 155 m bedraagt



Figuur 56 – Illustratie van beschikbare breedte en pad op diepte -3.5 m LAT ten opzichte van gemiddeld afvaartraject via Schaar van de Noord in april 2022



Figuur 57 – Lokale ondiepte tot -2 m LAT in Schaar van de Noord eind 2016

4.3.3 Statistische waarden van de dieptes langs AIS-trajecten

In §2.2.17 werd gepresenteerd op welke manier de waterdieptes en kielspelingen langsheen de verschillende AIS-trajecten tussen Hansweert en Bath beoordeeld werden. Deze gegevens laten toe om een statistische analyse uit te voeren van de waterdieptes die de scheepvaart via de verschillende vaarroutes ervoer. Deze analyse is gelijkaardig aan de analyse van de bodemdiepte op het gemiddelde vaartraject zoals gepresenteerd in §4.3.2, maar gaat nu uit van de individuele vaartrajecten en de bijhorende tijcondities en geeft dus een beter beeld van de waterdieptes die effectief ervaren werden door de scheepvaart.

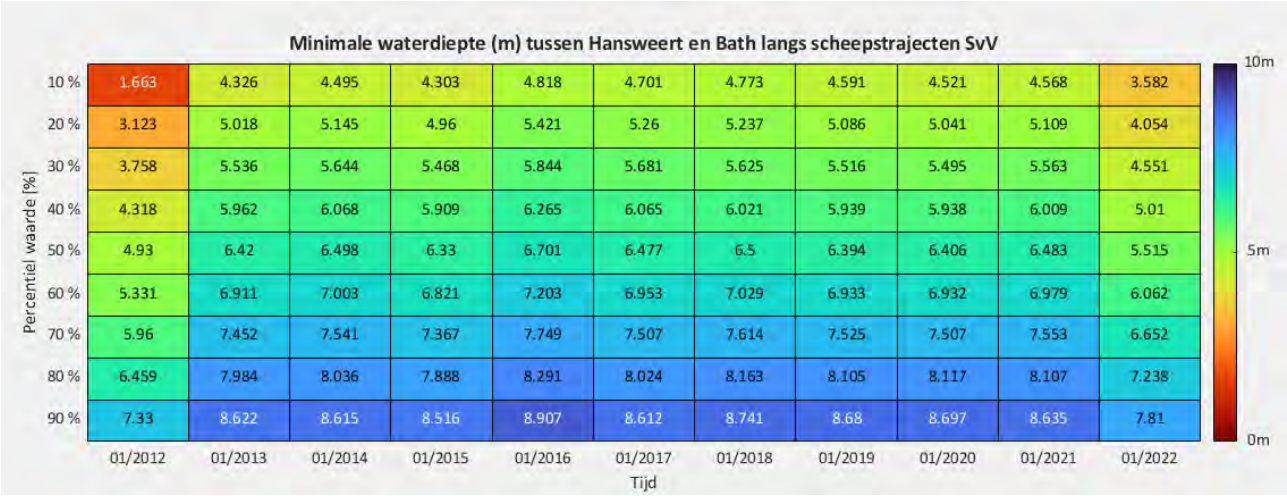
Figuur 60 presenteert de minimale waterdiepte die voor verschillende percentielwaarden van de vloot door de Schaar van Valkenisse ervaren werden op het traject tussen Hansweert en Bath (of omgekeerd). De opvallend lage waarden voor het jaar 2012 worden veroorzaakt door het feit dat in deze periode de Schaar van Valkenisse nog niet betond was en enkel gebruikt werd door een beperkt aantal schepen met kleine diepgang. Vanaf 2013 werd de Schaar van Valkenisse geopend voor de scheepvaart en blijkt 90% van de scheepvaart die gebruik maakte van de Schaar van Valkenisse steeds meer dan 4.3 m waterdiepte te ervaren tussen Bath en Hansweert. Vanaf 2022 blijkt er een belangrijke vermindering van de dieptes die ervaren worden door de scheepvaart die gebruik maakte van de Schaar van Valkenisse doordat in dat jaar de scheepvaart door de minder diepe ebschaar geleid werd.

Opvallend is echter dat de evolutie van de minimale waterdieptes die door de scheepvaart via Schaar van Valkenisse ervaren werden in het studiegebied veel minder variëren dan wat aangenomen zou worden uit de verondieping van de Schaar van Valkenisse zoals gepresenteerd in §4.3.2. De reden hiervoor is dat de gegevens in Figuur 60 betrekking hebben op het volledige vaartraject tussen Hansweert en Bath en dus niet enkel het evaluatiegebied voor Schaar van Valkenisse zoals gepresenteerd in Figuur 43.

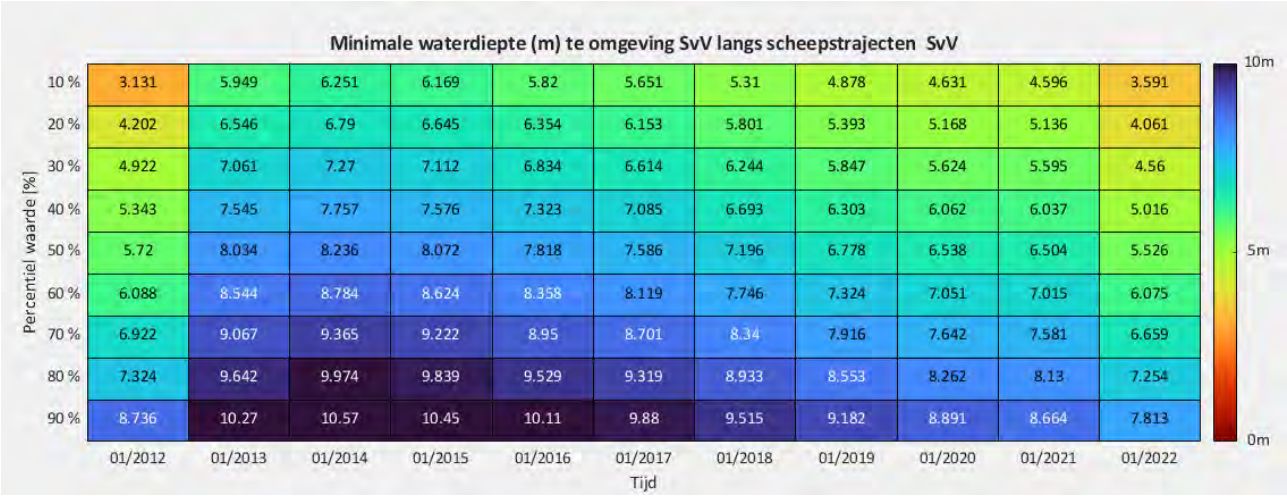
Indien de analyse van de minimale waterdiepte wel beperkt wordt tot die delen van het vaartraject die zich binnen het evaluatiegebied bevinden (en dus toegepast worden op dezelfde zone als in §4.3.2). Dan wordt het resultaat uit Figuur 61 bekomen. De evoluties die in Figuur 61 weergegeven worden stemmen wel overeen met de resultaten uit §4.3.2 waarbij sinds 2014 een stelselmatige vermindering van de waterdiepte in de omgeving van Schaar van Valkenisse waargenomen kan worden. Tot en met 2019 blijken de statische gegevens voor de minimale waterdiepte in de Schaar van Valkenisse (Figuur 61) groter dan de statistische gegevens voor het volledige vaargebied tussen Bath en Hansweert (Figuur 60). Dit impliceert dat er binnen het ruimere vaargebied andere locaties waren die aanleiding gaven tot grotere beperkingen van de waterdiepte dan de Schaar van Valkenisse.

Om de locatie van de meest ondiepe waterdieptes die ervaren werden door de scheepvaart via de Schaar van Valkenisse (zie Figuur 60) te illustreren worden Figuren 62 tot 67 aangeboden. Deze figuren tonen de geografische spreiding van de locatie van de minimale waterdiepte die per traject via de Schaar van Valkenisse ervaren werd voor de jaren 2014, 2016, 2018, 2020, 2021 en 2022. In de jaren 2014 en 2016 blijkt nog een grote dominantie voor de Schaar van de Noord als locatie waar de kleinste waterdiepte ervaren werd. Deze dominantie van de Schaar van de Noord verminderde stelselmatig waarbij vanaf 2021 gesteld kan worden dat de Schaar van Valkenisse gemiddeld genomen ondieper is dan de Schaar van de Noord. In 2022 is de dominantie van de Schaar van Valkenisse volledig, waarbij de meest ondiepe locatie geconcentreerd wordt op een erg beperkte zone binnen de betonde ebschaar.

De verschillende analyses en visualisaties van de bathymetrie illustreren allemaal de belangrijke vermindering van de waterdieptes in de Schaar van Valkenisse vanaf het jaar 2022. Toch blijkt dat ook voor dat jaar 90% van de scheepvaart via de Schaar van Valkenisse een minimale waterdiepte gelijk aan 3.6 m ervoer.



Figuur 58 – Hittekaart met de percentielwaarden voor de vloot via Schaar van Valkenisse en de bijhorende minimale waterdiepte die door deze schepen ervaren werd langsheen het vaartraject tussen Hansweert en Bath



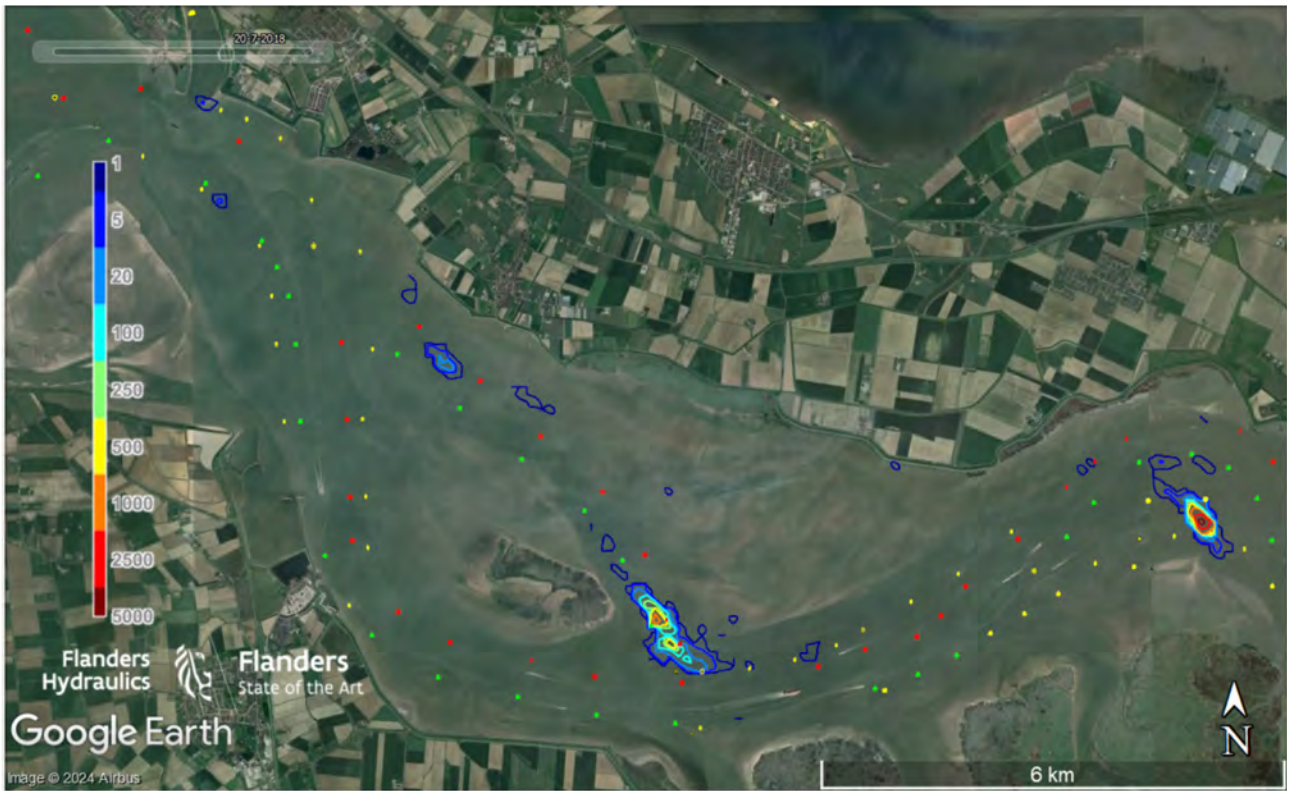
Figuur 59 – Hittekaart met de percentielwaarden voor de vloot via Schaar van Valkenisse en de bijhorende minimale waterdiepte die door deze schepen ervaren werd langsheen het vaartraject in de onmiddellijke omgeving van SvV



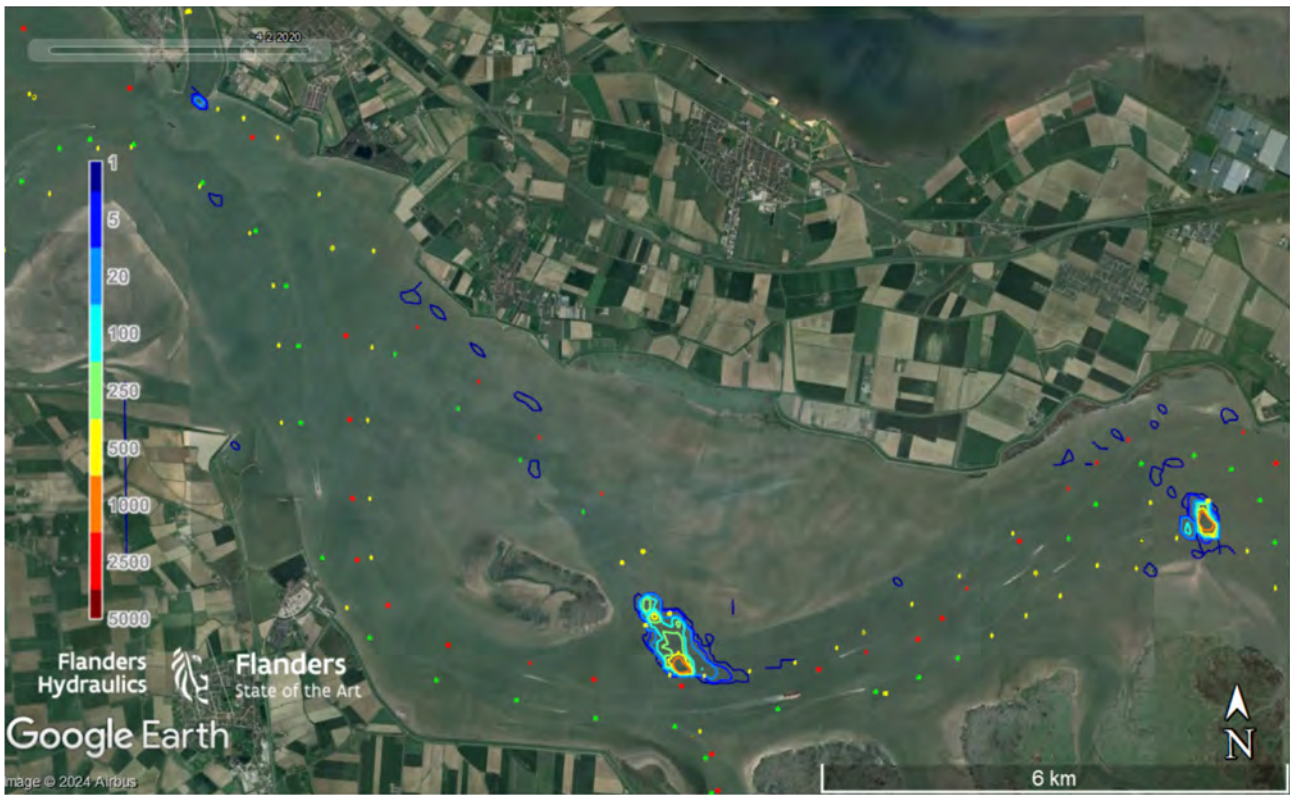
Figuur 60 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2014



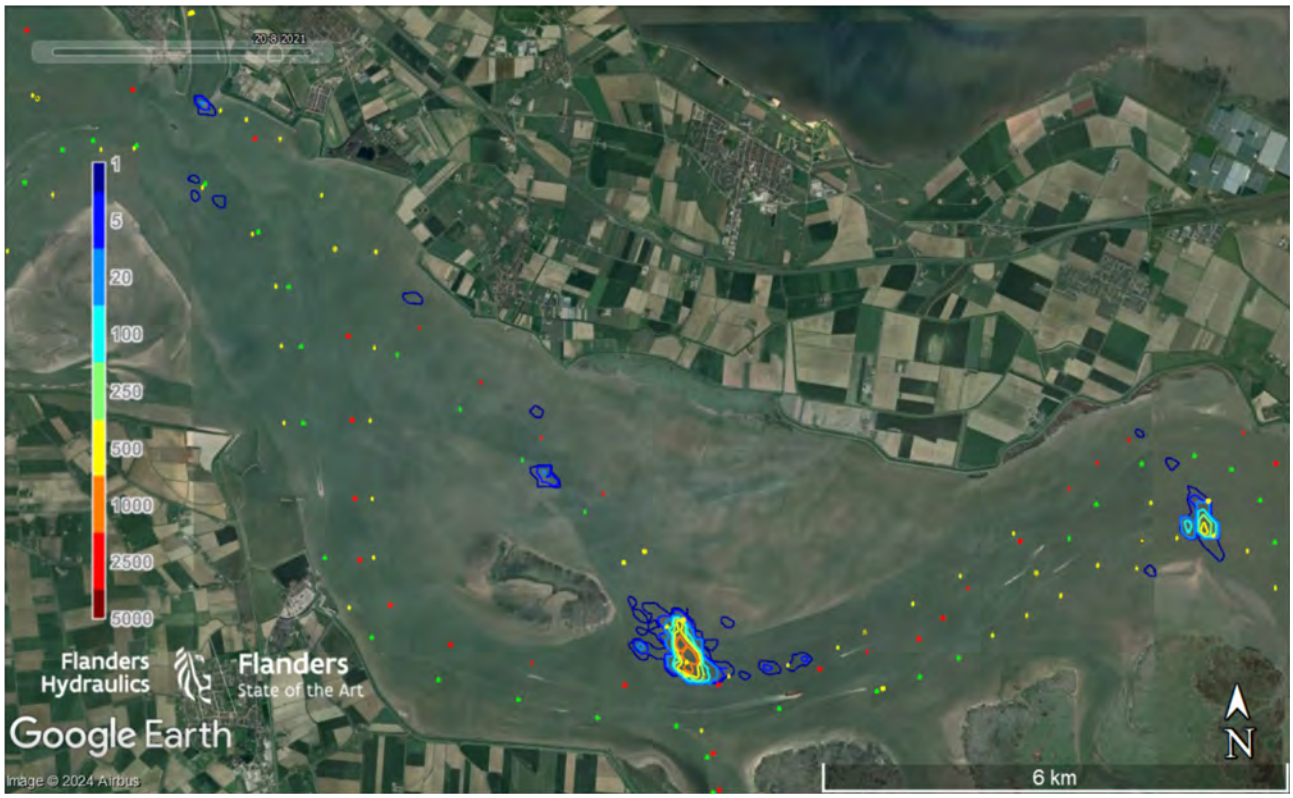
Figuur 61 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2016



Figuur 62 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2018



Figuur 63 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2020



Figuur 64 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2021



Figuur 65 – Locatie van de meest ondiepe waterdiepte die ervaren werd voor de scheepstrajecten via de Schaar van Valkenisse voor het jaar 2022

5 Analyse globaal scheepvaartverkeer

Op basis van de AIS-trajecten tussen Bath en Hansweert kan een globale analyse van het scheepvaartverkeer uitgevoerd worden. Hierbij worden onderstaande aspecten onderzocht:

- het totale scheepsaanbod in het studiegebied;
- het gebruik van de nevengeul doorheen de tijd;
- het gebruik van de fietspaden doorheen de tijd;
- het aantal scheepsontmoetingen in de hoofdvaargeul;
- de gemiddelde afstand gepaard gaand met ontmoetingen in de hoofdvaargeul.

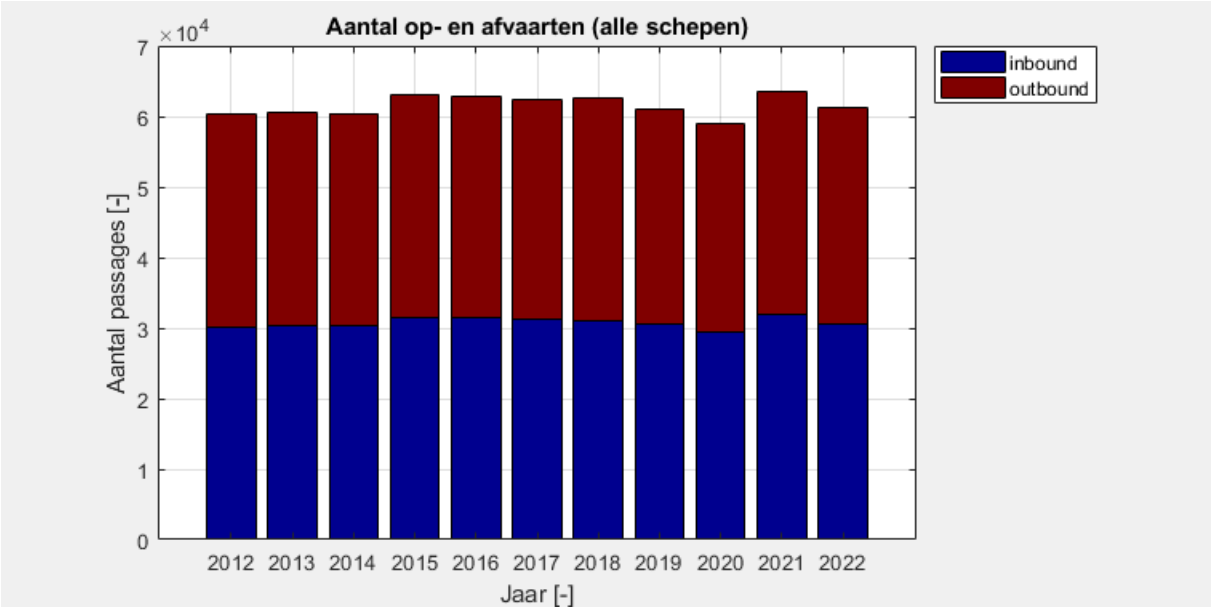
De analyse van het globale scheepvaartverkeer werd beperkt tot de jaren 2012-2022.

5.1 Totale scheepsaanbod in het studiegebied

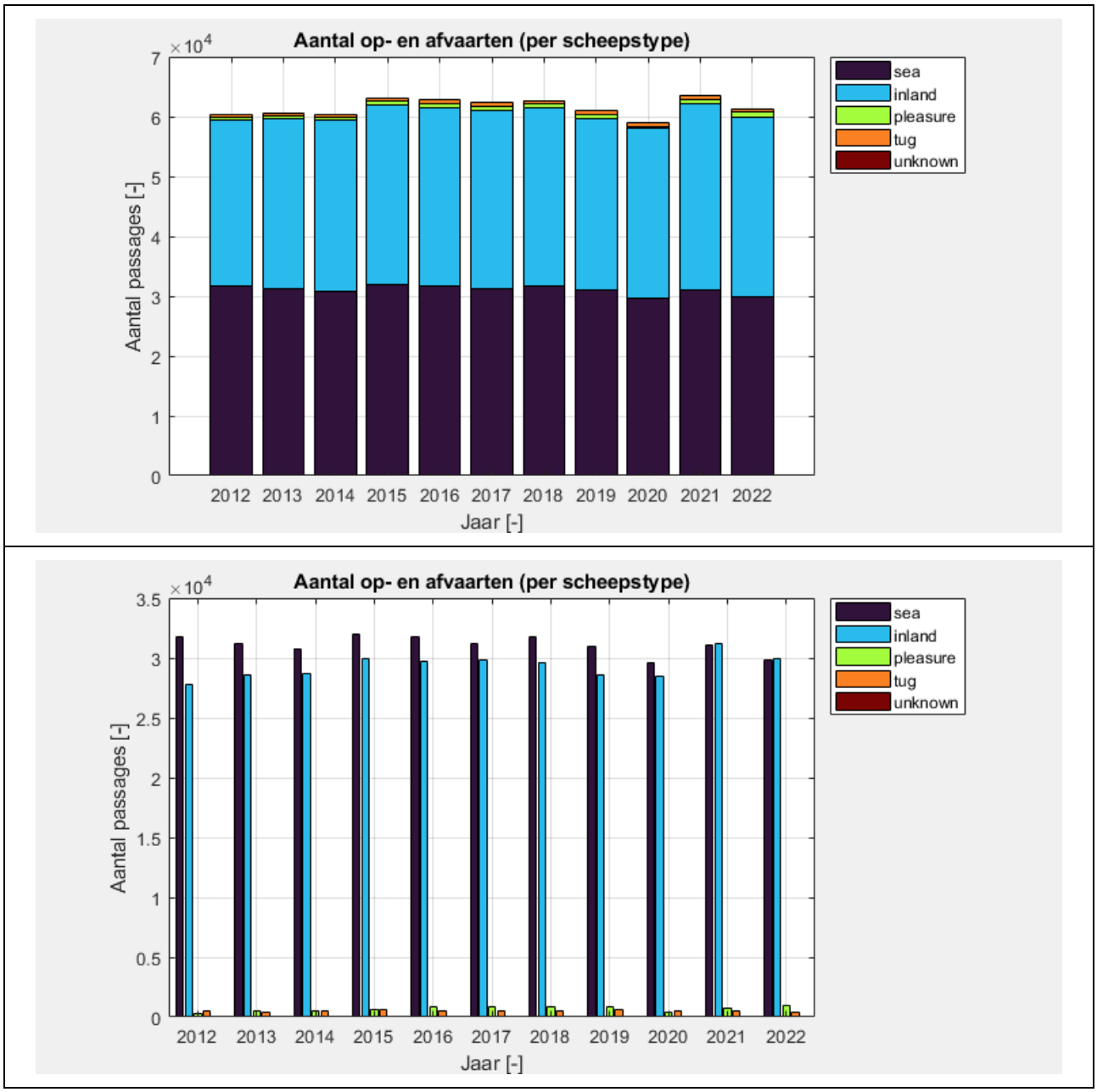
Op basis van de AIS-gegevens werd een analyse uitgevoerd van het totale scheepsaanbod tussen Bath en Hansweert. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de resultaten vanzelfsprekend afhankelijk zijn van het aantal schepen dat AIS-gegevens uitstuurde.

Figuur 68 toont de evolutie van het aantal AIS-trajecten over alle beschikbare data. Deze figuur toont een relatief constant gebruik van het projectgebied met een opvallende daling in 2020 (COVID). De evolutie van het gebruik van het projectgebied per scheepstype wordt weergegeven in Figuur 69 en toont een relatief gelijk aandeel zeevaart en binnenvaart in het gebied. Het aandeel binnenschepen kent wel een grotere variatie doorheen de tijd dan de zeevaart. Voor de jaren 2012 – 2015 is de stijgende trend in het aantal binnenschepen mogelijks bepaald door een toenemend AIS-gebruik door binnenvaart.

Het aandeel pleziervaart en andere vaart in deze data blijkt beperkt. Voor de pleziervaart is dit resultaat ongetwijfeld een onderschatting van de werkelijke vaartrajecten, doordat het gebruik van AIS door deze schepen niet verplicht is. De evolutie van de AIS-trajecten door pleziervaart wordt in Figuur 72 in meer detail weergegeven. Hieruit blijkt de stijgende tendens van het aantal AIS-trajecten door pleziervaart en blijkt bovendien een belangrijk lager aantal vaartrajecten door pleziervaart in het jaar 2020 (ten gevolge van de maatregelen door de COVID-pandemie).



Figuur 66 – Totaal aantal AIS-trajecten (op- en afvaart) tussen Bath en Hansweert voor de jaren 2012-2022

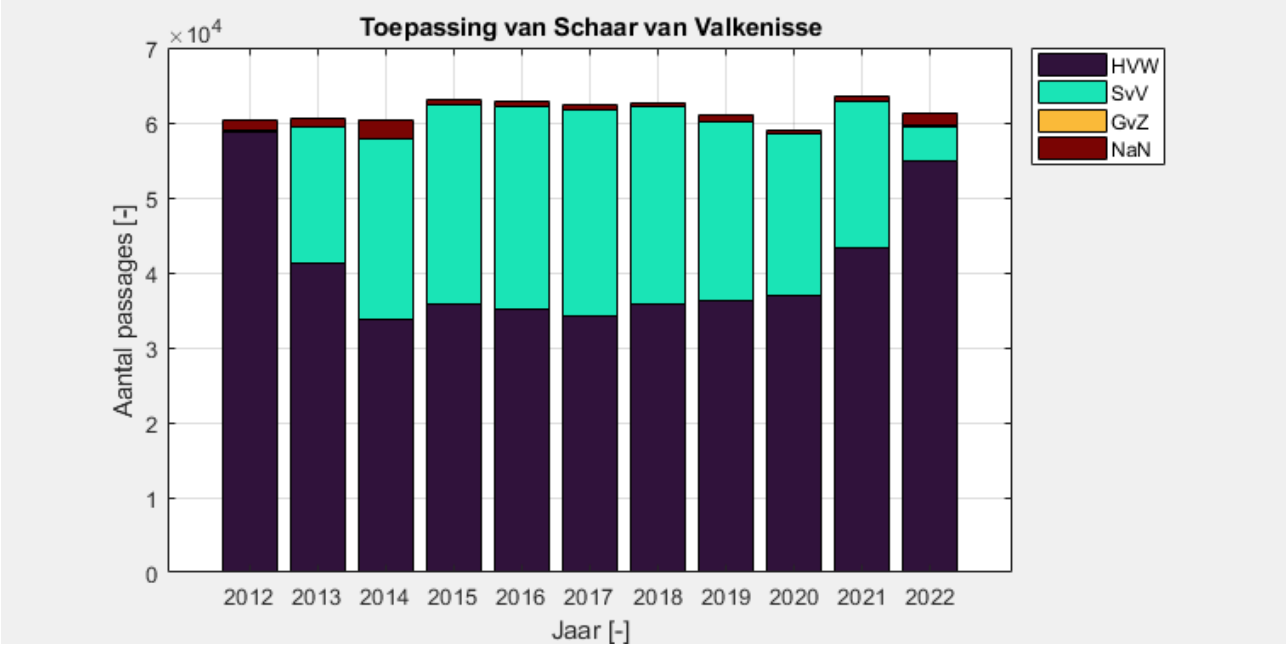


Figuur 67 – Totaal aantal AIS-trajecten (per scheepstype) tussen Bath en Hansweert voor de jaren 2012-2022 (boven: gestapeld, onder: afzonderlijk per scheepstype)

5.2 Gebruik van de Schaar van Valkenisse

Een analyse van de schepen die gebruik maakte van de Schaar van Valkenisse wordt uitgevoerd op basis van de AIS-trajecten waarbij geëvalueerd werd of het schip gebruik maakte van de Hoofdvaargeul (HVW), de Schaar van Valkenisse (SvV) of de Geul van Zimmerman (GvZ).

Figuur 70 toont de historische evolutie van het gebruik van de Schaar van Valkenisse. In 2012 blijkt het aandeel schepen dat gebruik maakte van de Schaar van Valkenisse verwaarloosbaar. Sinds 2013 (betonning Schaar van Valkenisse) blijkt wel een belangrijk aandeel van de AIS-trajecten via de Schaar van Valkenisse te verlopen. Het gebruik van de Schaar van Valkenisse blijkt een piek te vertonen in het jaar 2017, waarna het gebruik van de nevengeul weer stelstelmatig afneemt. In 2022 wordt een belangrijke vermindering van het gebruik van de Schaar van Valkenisse vastgesteld.



Figuur 68 – Histogram van het gebruik van de verschillende vaargeulen in het projectgebied

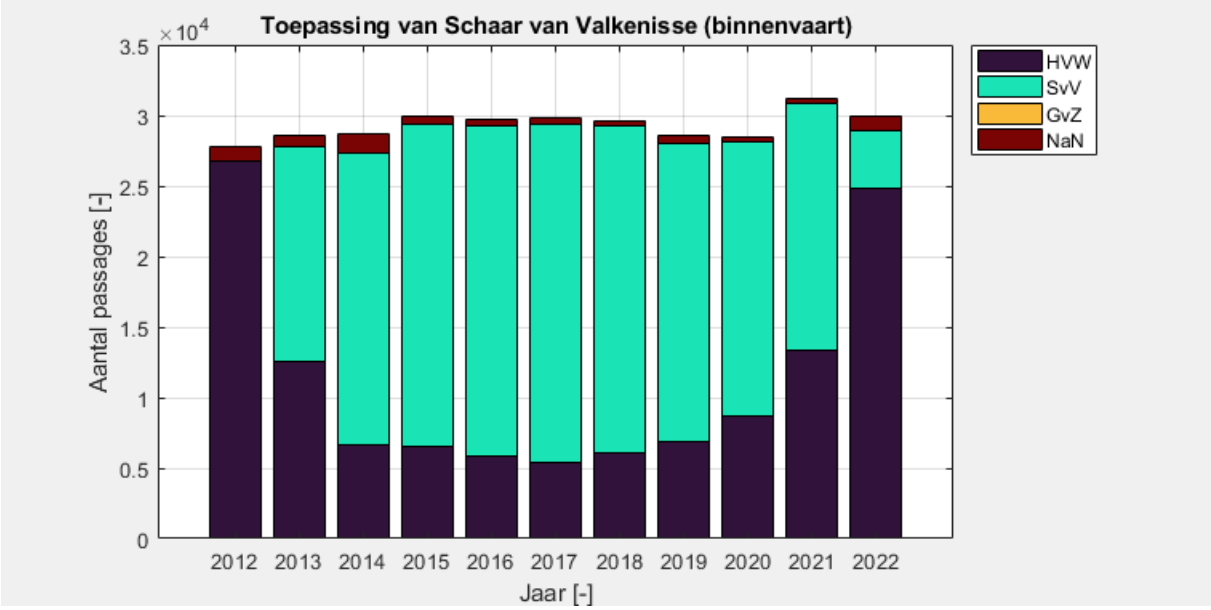
De doelgroepen van de nevengeul betreffen de binnenvaart en de pleziervaart. Bijgevolg worden er in Figuren 71 en 72 histogrammen weergegeven voor het gebruik van de Schaar van Valkenisse door deze scheepstypes. Hieruit blijkt dat de hierboven beschreven evoluties in het gebruik van de Schaar van Valkenisse het sterkst tot uiting komen voor de binnenvaart. Voor de pleziervaart dient opnieuw opgemerkt te worden dat er weinig AIS-data beschikbaar zijn. Op basis van Figuur 72 blijkt dat het aantal pleziervaartuigen dat AIS uitstuurt toeneemt. Een belangrijke vermindering in het aantal pleziervaartuigen is waarneembaar in de COVID-jaren 2020 en 2021.

In Figuur 73 en Figuur 74 wordt de verdeling van de binnenvaart over de nevengeul en het hoofdvaarwater weergegeven voor respectievelijk op- en afvaart. Hieruit blijkt voor opvaart een gelijkaardige situatie voor de jaren 2012 en 2022 waarbij alle opvaart via het hoofdvaarwater vaart. Voor de afvaart is eveneens een belangrijke afname van het gebruik van de nevengeul waarneembaar sinds 2017. In volgende paragrafen worden de verschillen tussen op- en afvarende binnenvaart verder geïllustreerd.

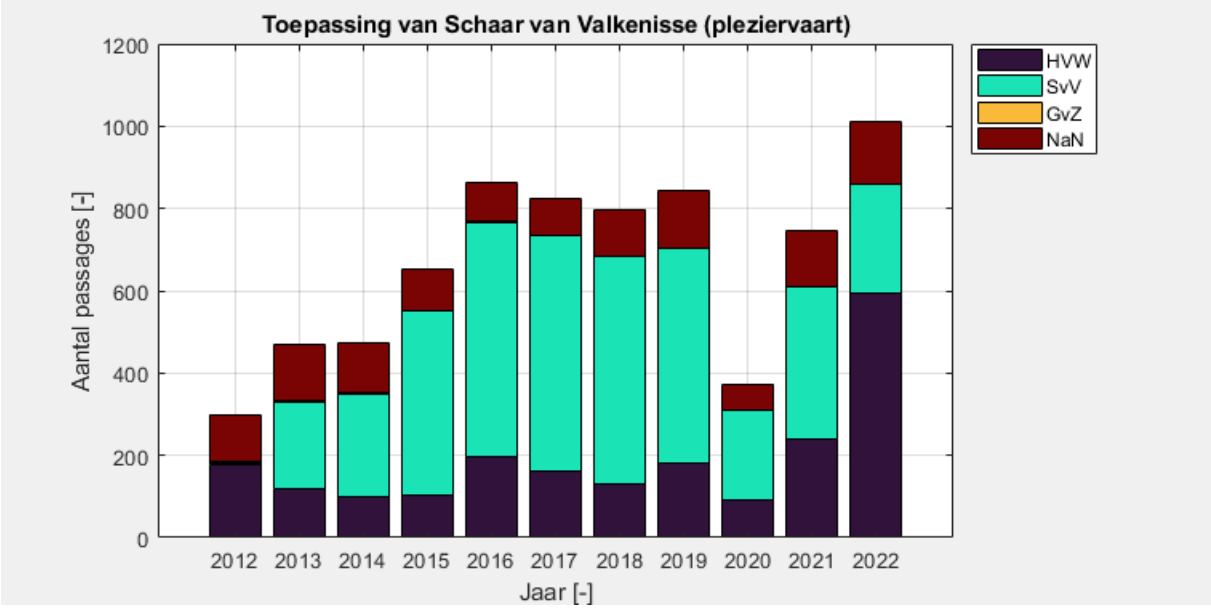
Wanneer in Figuur 75 het gebruik van de Schaar van Valkenisse voor alle schepen opgesplitst wordt tussen opvaart en afvaart, dan blijkt voor alle jaren een groter gebruik van de Schaar van Valkenisse voor afvaart dan voor opvaart. De asymmetrie tussen op- en afvaart blijkt sinds 2017 te vergroten en bereikt een maximum in 2022 aangezien er sinds begin 2022 een verbod geldt voor opvaart door de Schaar van Valkenisse. Figuur 76 toont aan dat in 2022 de Schaar van Valkenisse in opvaart enkel door de pleziervaart toegepast werd.

Op basis van Figuur 75 blijkt bovendien ook voor de afvaart een belangrijk verminderd gebruik van de nevengeul voor het jaar 2022 vergeleken met het jaar 2021. De verminderde attractiviteit van de nevengeul is hierbij een gevolg van de verplaatsing van de nevengeul naar de ebschaar, welke gepaard gaat met een erg smalle vaargeul.

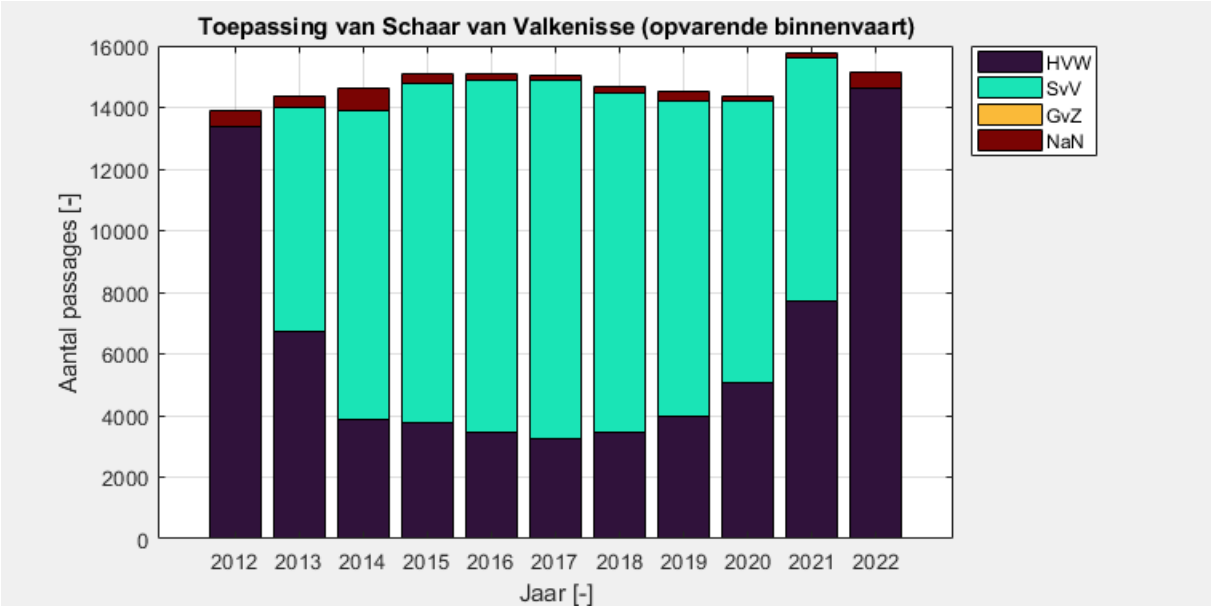
Tenslotte toont Figuur 77 de historische verdeling van schepen die gebruik maakten van het hoofdvaarwater. Vanzelfsprekend worden in deze figuren de omgekeerde tendensen waargenomen als in het gebruik van de nevengeul.



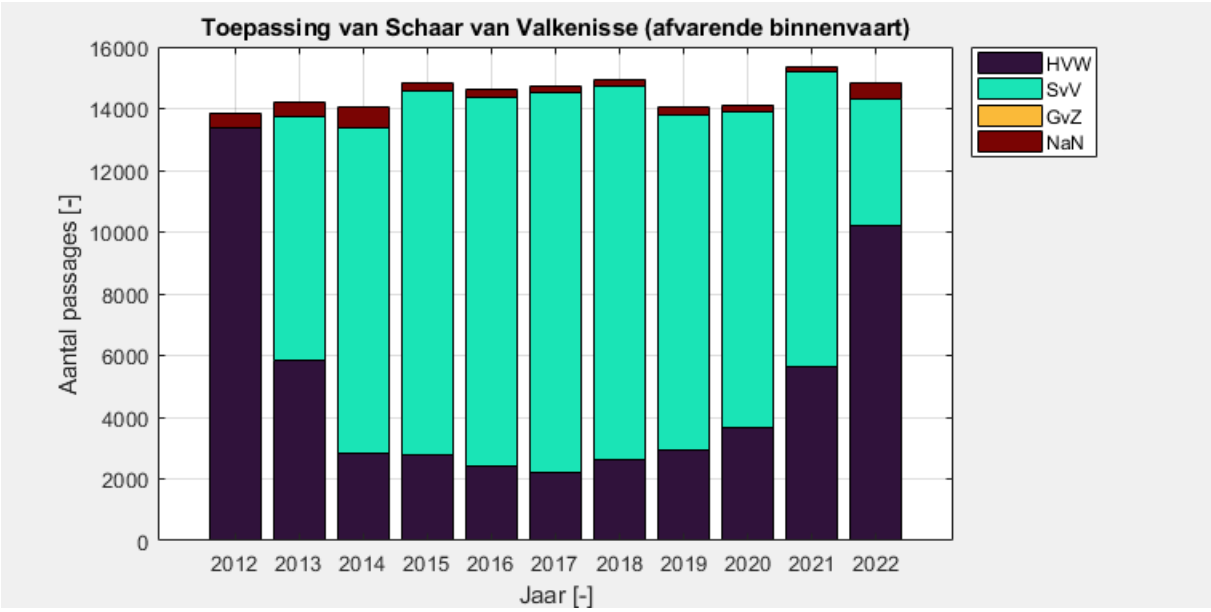
Figuur 69 – Histogram van het gebruik van de verschillende vaargeulen door binnenvaart in het projectgebied



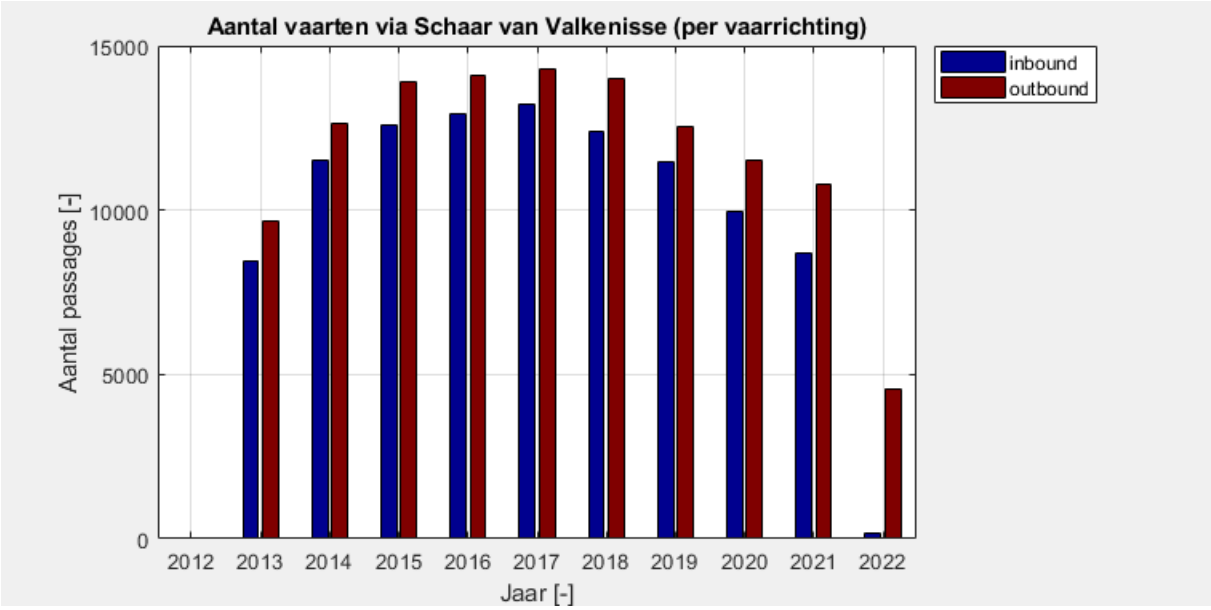
Figuur 70 – Histogram van het gebruik van de verschillende vaargeulen door pleziervaart in het projectgebied



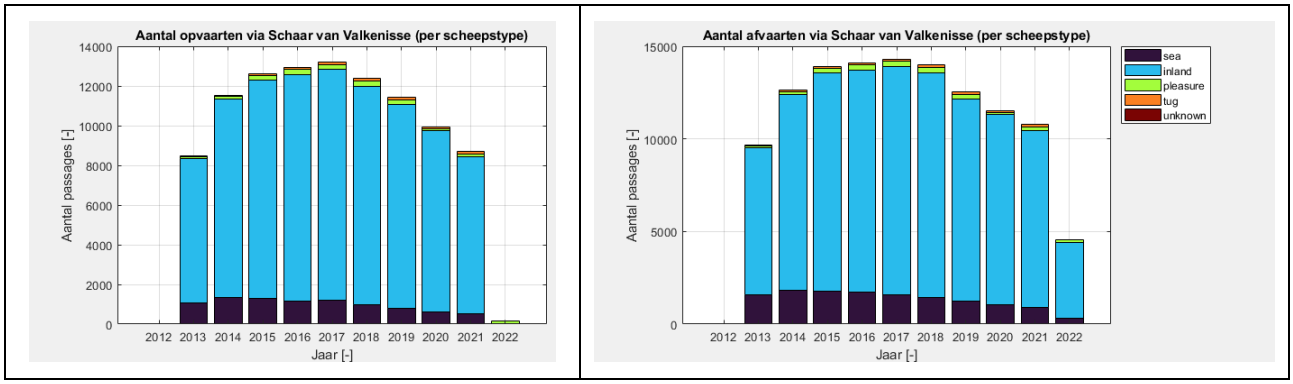
Figuur 71 – Histogram van het gebruik van de verschillende vaargeulen door opvarende binnenvaart in het projectgebied



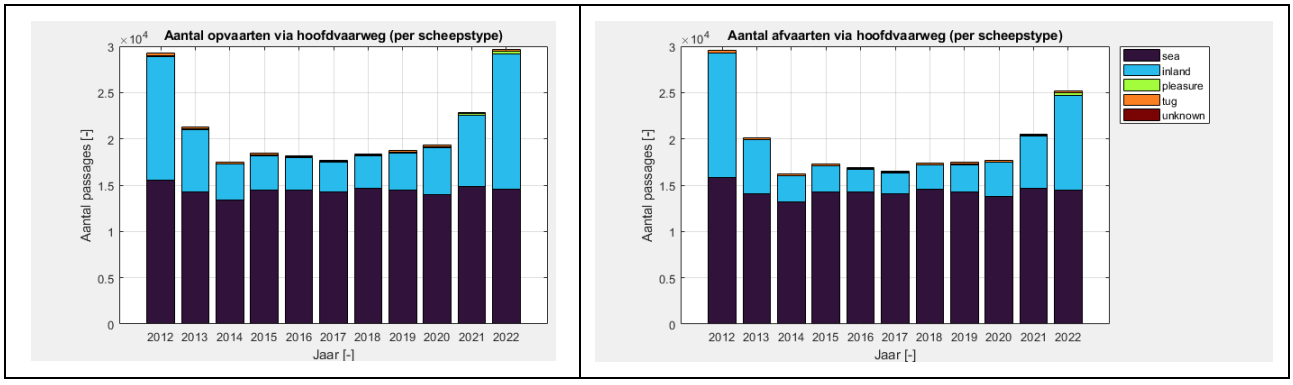
Figuur 72 – Histogram van het gebruik van de verschillende vaargeulen door afvarende binnenvaart in het projectgebied



Figuur 73 – Histogram van het gebruik van de Schaar van Valkenisse voor op- en afvaart



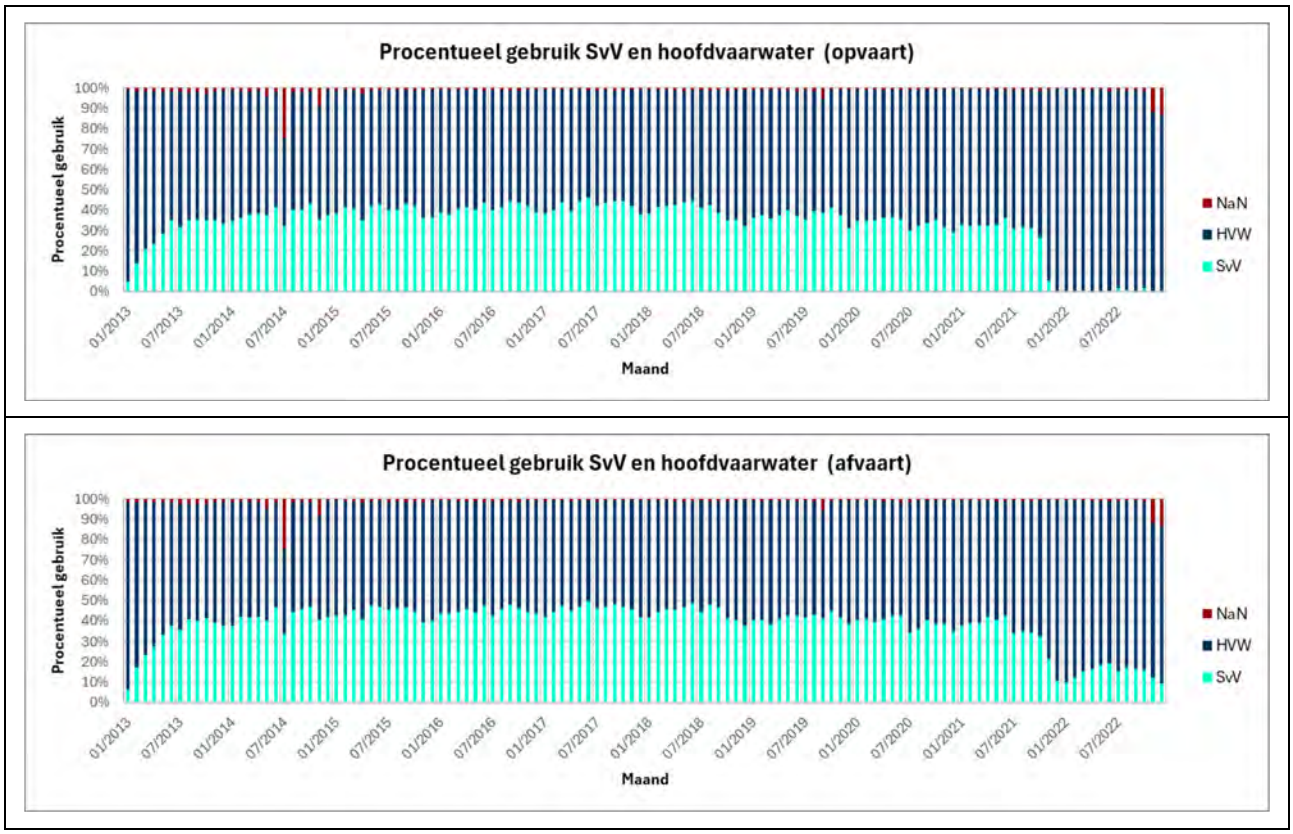
Figuur 74 – Histogram van het aantal schepen per scheepstype via de nevengeul Schaar van Valkenisse in op- (links) en afvaart (rechts)



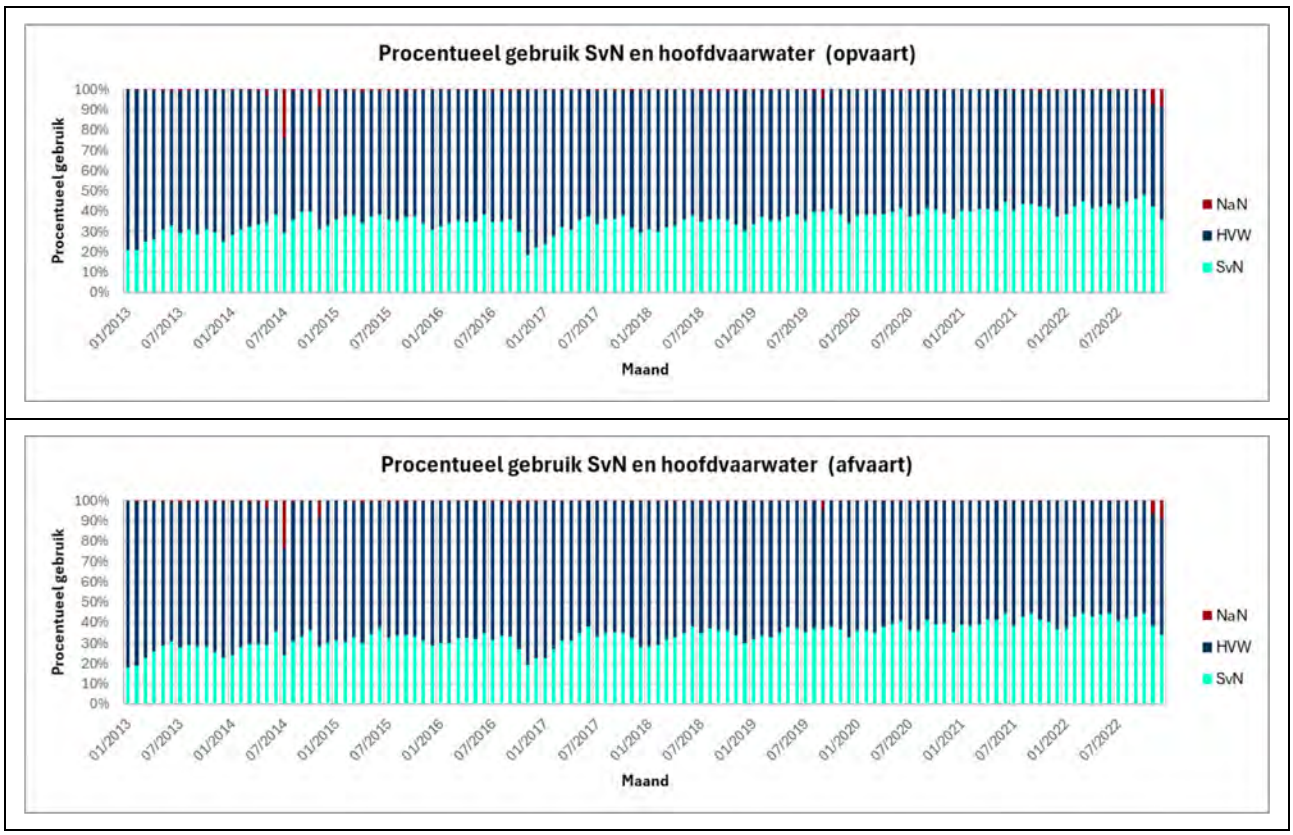
Figuur 75 – Histogram van het aantal schepen per scheepstype via het hooofdvaarwater in op- (links) en afvaart (rechts)

5.3 Maandelijks gebruik van de Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord

Een vergelijking tussen het gebruik van de Schaar van Valkenisse en de Schaar van de Noord wordt weergegeven in respectievelijk de Figuren 78 en 79. De resultaten voor de Schaar van Valkenisse stemmen overeen met de eerder getoonde histogrammen voor het gebruik van de Schaar van Valkenisse. Voor de Schaar van de Noord blijkt een eerder constant gebruik van de nevengeul met een relatief kortstondig verminderd gebruik eind 2016 (overeenkomstig BASS 145/2016). Sindsdien lijkt het gebruik van de nevengeul Schaar van de Noord steeds toe te nemen.



Figuur 76 – Evolutie van het gebruik van Schaar van Valkenisse door op- en afvaart

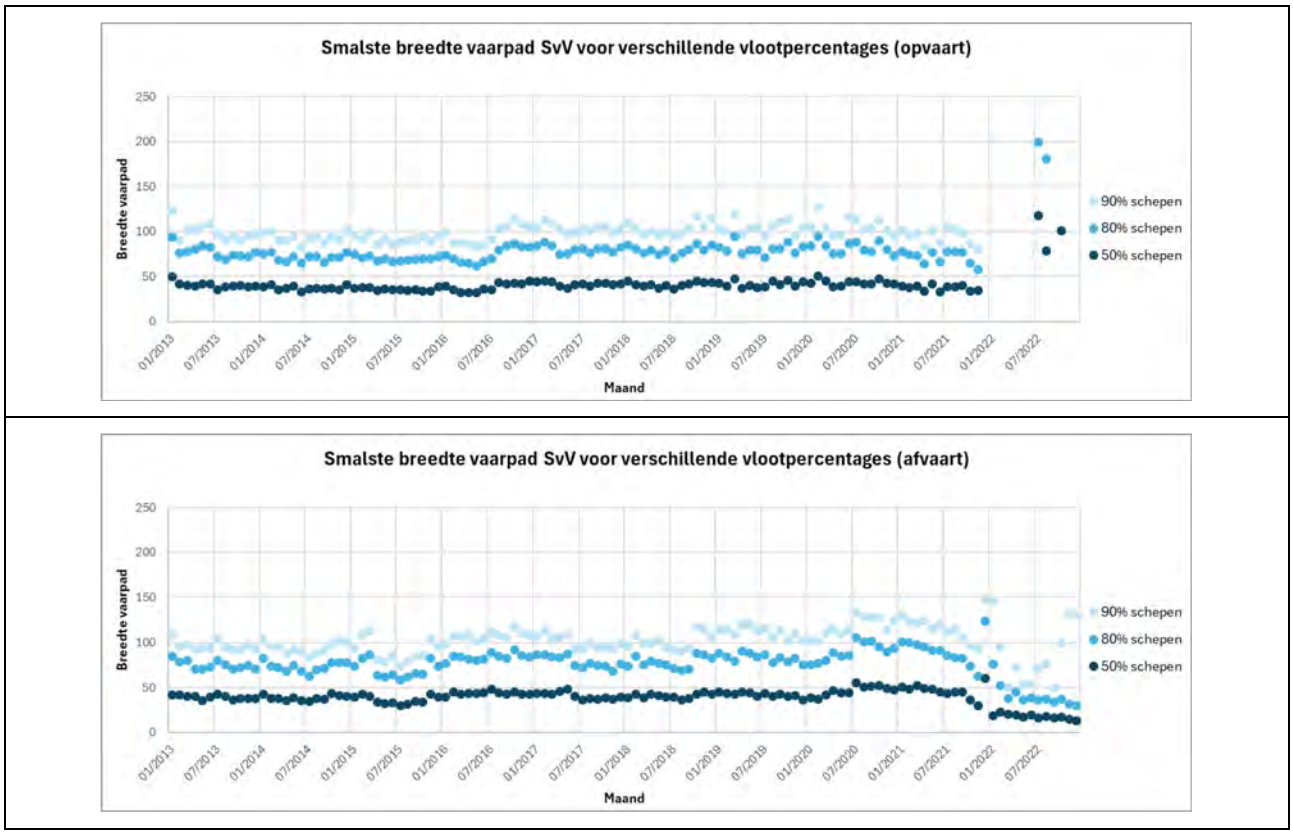


Figuur 77 – Evolutie van het gebruik van Schaar van de Noord door op- en afvaart

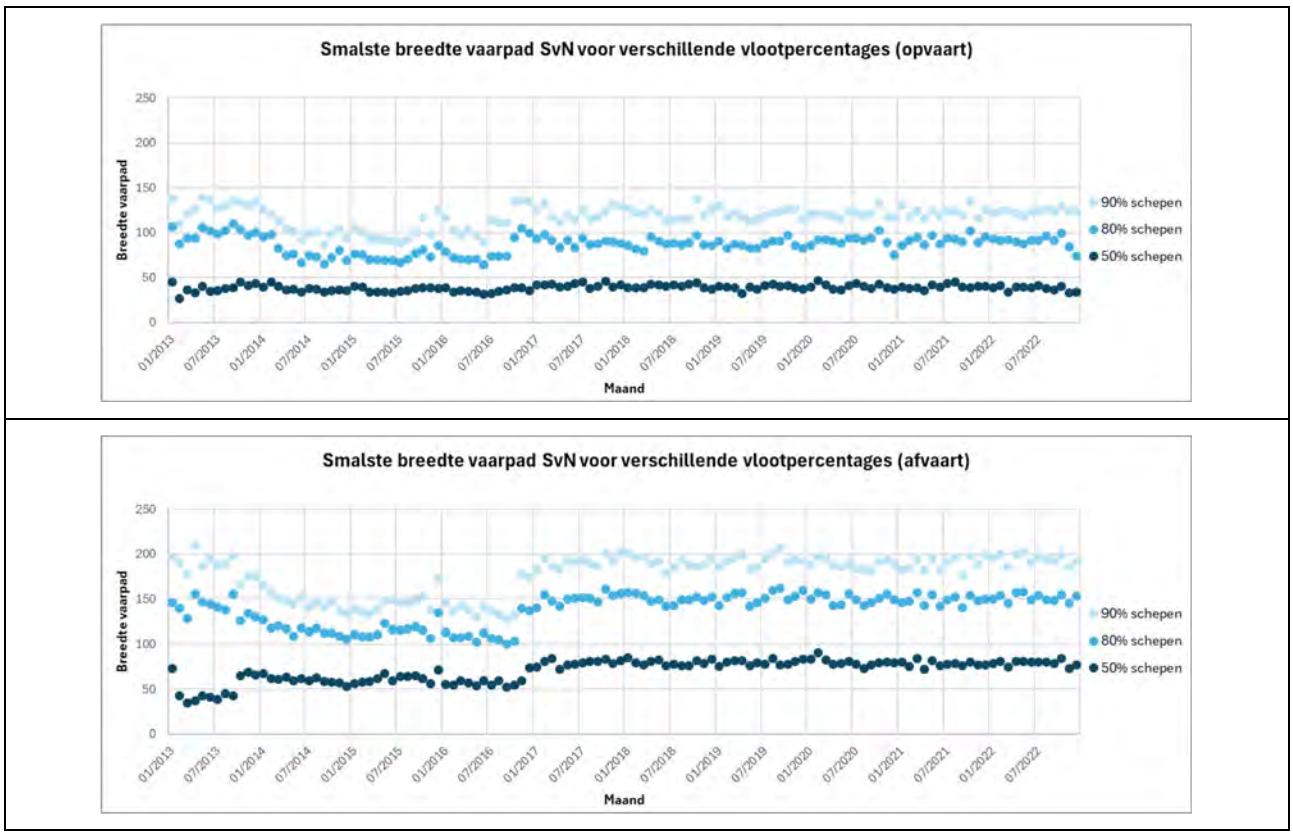
5.4 Breedte vaarwegpad Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord

De Figuren 80 en 81 tonen de statistische resultaten voor de minimale padbreedtes van de scheepvaart in respectievelijk de Schaar van Valkenisse en de Schaar van de Noord. De mate waarin de scheepvaart zich concentreert over een beperkte breedte wordt vanzelfsprekend in de eerste plaats bepaald door de aanwezige vaarwegmarkering. Voor de jaren voorafgaand aan 2022 blijkt er geen belangrijke historische evolutie waarneembaar in de vaarwegbreedte van de scheepvaart via de Schaar van Valkenisse. Voor alle maanden geldt dat de 90% van de op- en afvaart zich bewegen binnen een vaarwegpad dat op de smalste positie minimaal 130 m breed is. In 2022 blijkt de verplaatsing van de vaarweg naar de ebschaar aanleiding te geven tot een belangrijke concentratie van de afvaart door de Schaar van Valkenisse. In januari 2022 voer 50% van de schepen binnen een vaarwegbreedte gelijk aan 18.8 m. In december 2022 bedroeg deze waarde nog 13.6 m. Voor de hogere percentielwaarde blijkt er een grotere variatie maar voor vaarwegbreedtes voor 80% van de scheepvaart blijkt globaal vanaf 2021 eveneens een belangrijke vermindering op te treden van de vaarwegbreedtes. In december 2022 blijkt 80% van de afvaart via de Schaar van Valkenisse zich te bewegen binnen een vaarwegbreedte gelijk aan 30 m. Figuur 82 illustreert de positie van de afvaart in de Schaar van Valkenisse in deze maand.

Voor de afvaart via de Schaar van de Noord blijkt er een grotere spreiding aanwezig in de vaarposities. Dit is te verklaren doordat indien de afvaart de stuurboordswal volgt zij via de buitenbocht van de Schaar van de Noord vaart. Indien er geen opvarende scheepvaart aanwezig is zal de afvaart deze bocht afsnijden waardoor de afvarende scheepstrajecten in de Schaar van de Noord een grotere spreiding vertonen.



Figuur 78 – Evolutie van de vaarwegbreedte voor op- en afvaart via Schaar van Valkenisse



Figuur 79 – Evolutie van de vaarwegbreedte voor op- en afvaart via Schaar van de Noord



Figuur 80 – Illustratie van smalle vaarwegbreedte toegepast door 80% van de afvarende scheepvaart door Schaar van Valkenisse in december 2022. Oranje: gemiddeld vaartraject (50%-percentiel). Bruin: 10% en 90% percentiel van de vaartrajecten

5.5 Gebruik van fietspaden

Op basis van de analyse van de dwarsposities ten opzichte van midvaarwatercurve zoals gepresenteerd in §2.2.12 kan het gebruik van het fietspad beoordeeld worden. Deze analyse wordt enkel gepresenteerd voor de vaartrajecten in 2022 aangezien in dit jaar de meeste fietspaden beschikbaar waren.

5.5.1 Fietspad Walsoorden

In december 2021 werd het fietspad in de bocht van Walsoorden (rode kant) doorgetrokken in opwaartse richting tot aan de monding van de Schaar van Valkenisse. Ter hoogte van Walsoorden ging dit gepaard met het uitleggen van de boeien F48B, F50 en F52 (zie Figuur 83). In mei 2022 werd het fietspad te Walsoorden versmald tot ca. 73 m ten gevolge van een verondieping van de oever van de plaat van Walsoorden zoals geïllustreerd in Figuur 84. Algemeen kan gesteld worden dat het fietspad ter hoogte van Walsoorden beperkt is in breedte en gepaard gaat met een beperkte diepte door de relatief steile oever van de plaat van Walsoorden. Anderzijds kan de breedte van het fietspad ook gerefereerd worden ten opzichte van de breedte van de betonde ebschaar van Schaar van Valkenisse die in dezelfde periode beschikbaar was. Hiervoor bleek de afstand tussen de boeien SVV-Z en SVV-C eveneens slechts 73 m te bedragen.

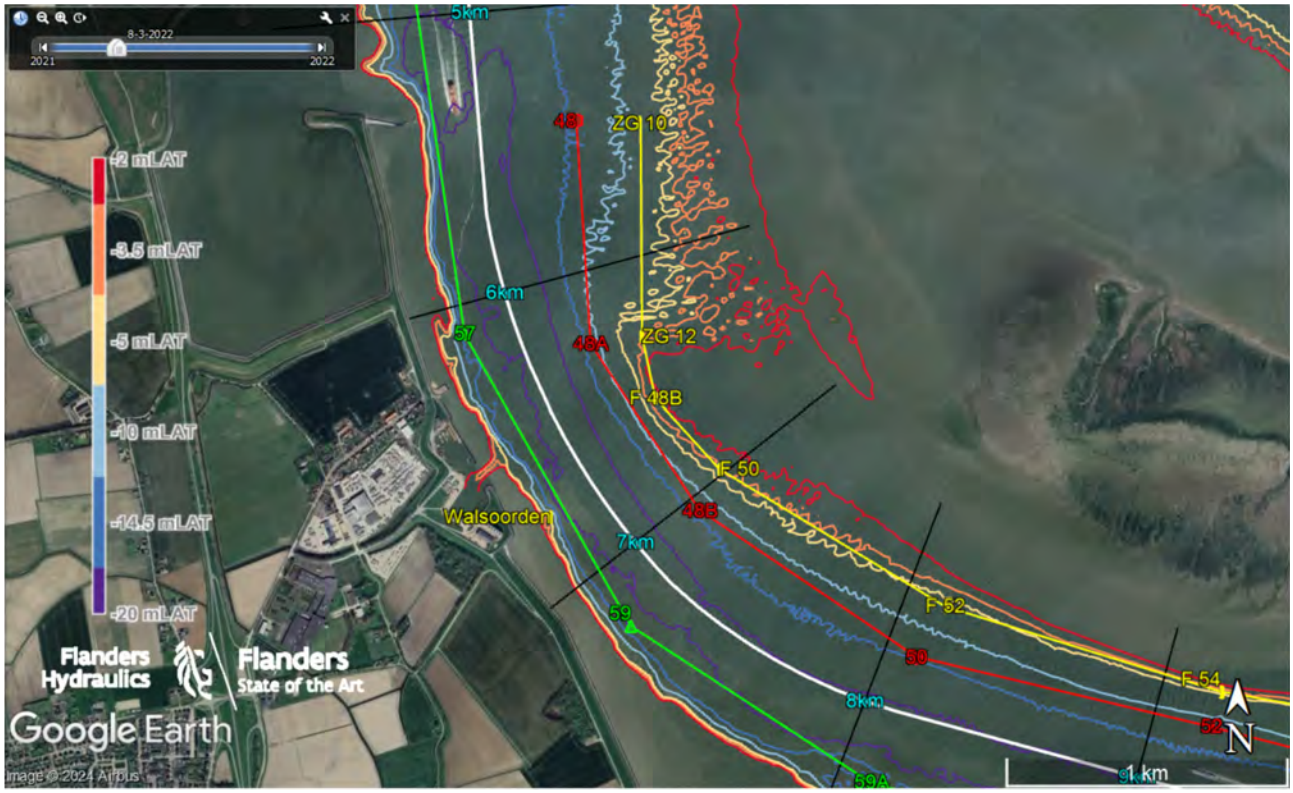
De dwarsposities voor verschillende verkeersstromen (opvarende zeevaart, opvarende binnenvaart, afvarende zeevaart en afvarende binnenvaart) worden voor de jaren 2021 en 2022 weergegeven per dwarssectie van 50 m breed. Figuur 85 toont het resultaat voor de locatie te baanafstand 6 km. Op deze locatie was er geen aanpassing aan de gele boeien in december 2021. Figuur 86 toont het resultaat te baanafstand 7 km. Deze locatie bevindt zich wel ter hoogte van de uitgelegde gele boeien in december 2021.

Wanneer de resultaten uit 2021 en 2022 met elkaar vergeleken worden dan blijkt opnieuw het groter aantal binnenschepen in 2022 vergeleken met 2021. Doordat de Schaar van Valkenisse in november 2021 gesloten werd voor de opvaart is de stijging van de binnenvaart in 2022 het grootst voor de opvaart.

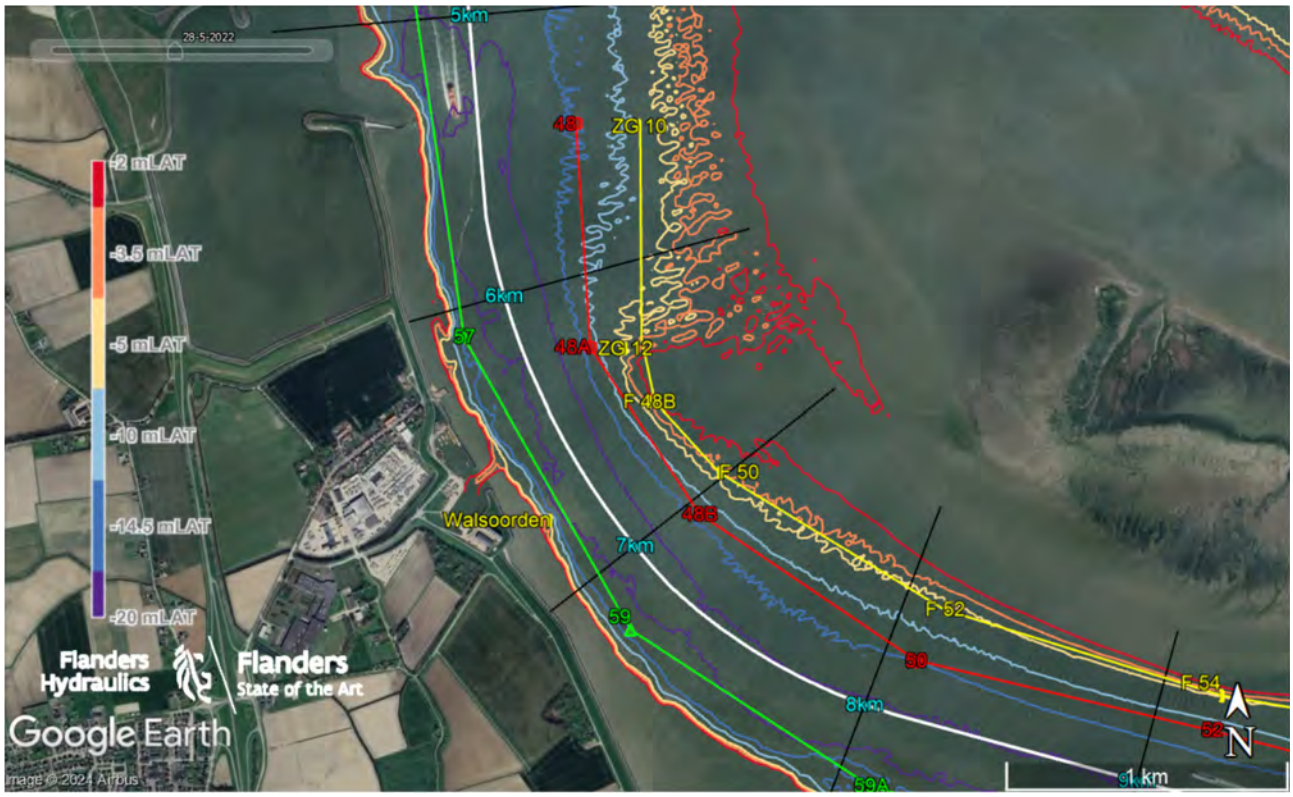
Zowel in 2021 als in 2022 was ter hoogte van baanafstand 6 km het fietspad Zuidergat beschikbaar in de rode kant. Echter blijkt dat in 2021 slechts een verwaarloosbaar deel van de afvarende binnenvaart ter hoogte van baanafstand 6 km gebruik maakte van dit fietspad. Vanaf december 2021 sloot het fietspad van het Zuidergat beter aan op het nieuwe aangelegde fietspad tussen Walsoorden en Valkenisse. Hierdoor blijkt het gebruik van het fietspad te baanafstand 6 km in beperkte mate toe te nemen. Het overgrote deel van de afvarende binnenvaart blijft echter gebruik maken van de hoofdvaargeul en vaart binnen de rode boei.

In mei 2022 werd het fietspad in de bocht van Walsoorden versmald ter hoogte van de boeien ZG12 en F48B (zie Figuur 84). Hierbij verschoof voornamelijk boei ZG12 met 60 m richting boei 48A. De evolutie van het gebruik van het fietspad door afvarende binnenvaart in de opeenvolgende maanden van 2022 wordt voor de baanafstanden 6 km en 7 km geïllustreerd in Figuur 87. Uit deze figuur blijkt dat het gebruik van het fietspad ter hoogte van baanafstand 6 km erg beperkt was in 2022, ondanks dat op deze locatie het fietspad een relatief grote breedte heeft. Ter hoogte van baanafstand 7 km blijkt er, ondanks het smallere fietspad, daar een groter gebruik van het fietspad door de afvarende binnenvaart dan ter hoogte van baanafstand 6 km. Er is geen significant verschil in het gebruik van het fietspad in de eerste vier maanden van 2022 vergeleken met de volgende 4 maanden van 2022. Dit illustreert dat de boeiverleggingen in mei 2022 geen grote negatieve invloed hadden op het gebruik van het fietspad. Ondanks dat het gebruik van het fietspad ter hoogte van baanafstand 7 km in 2022 hoger was dan te baanafstand 6 km blijkt ook te baanafstand 7 km slechts een eerder beperkt percentage van de binnenvaart (ca. 17%) gebruik te maken van het fietspad.

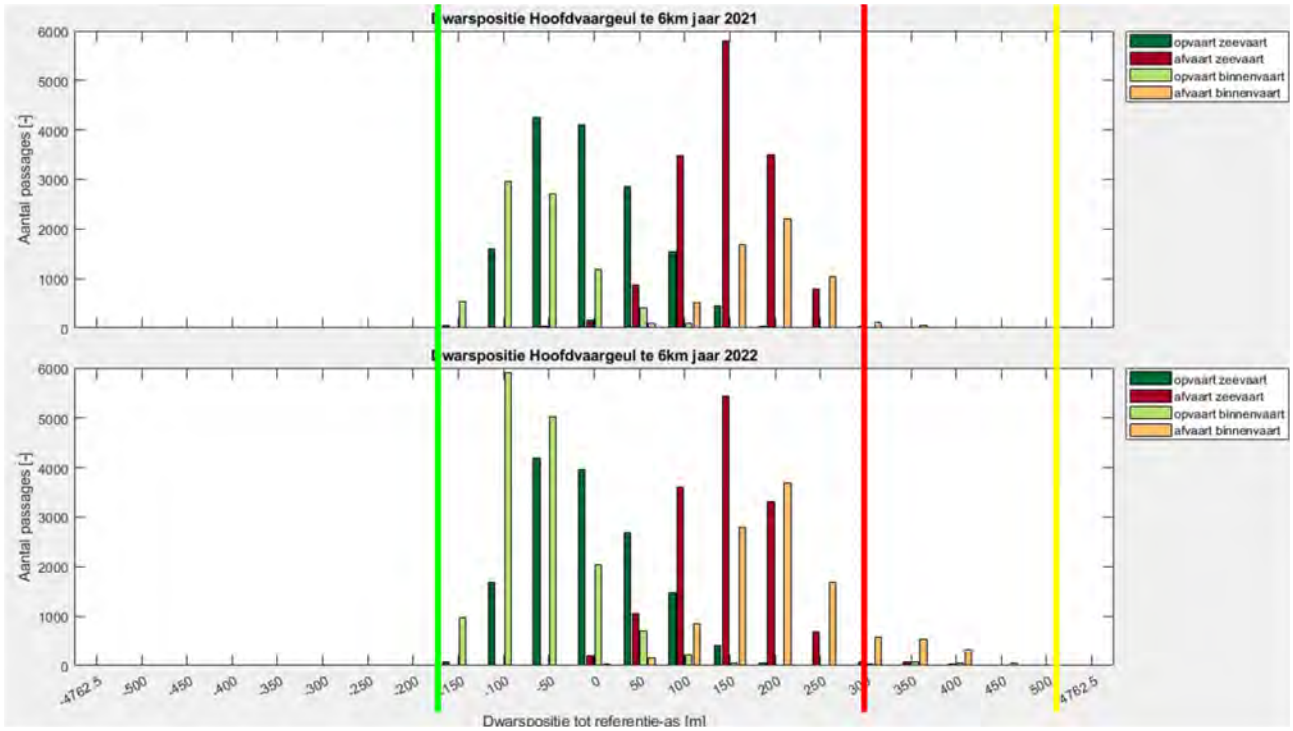
Er wordt vastgesteld dat slechts een beperkt aandeel van de binnenvaart in 2022 gebruik maakte van het fietspad in de rode kant te Walsoorden. Hieruit kan echter niet afgeleid worden dat de fietspaden geen gunstige impact hebben op het veiligheidsniveau te Walsoorden aangezien de binnenschepen vermoedelijk enkel het fietspad zullen toepassen indien het andere scheepvaartverkeer dat vereist.



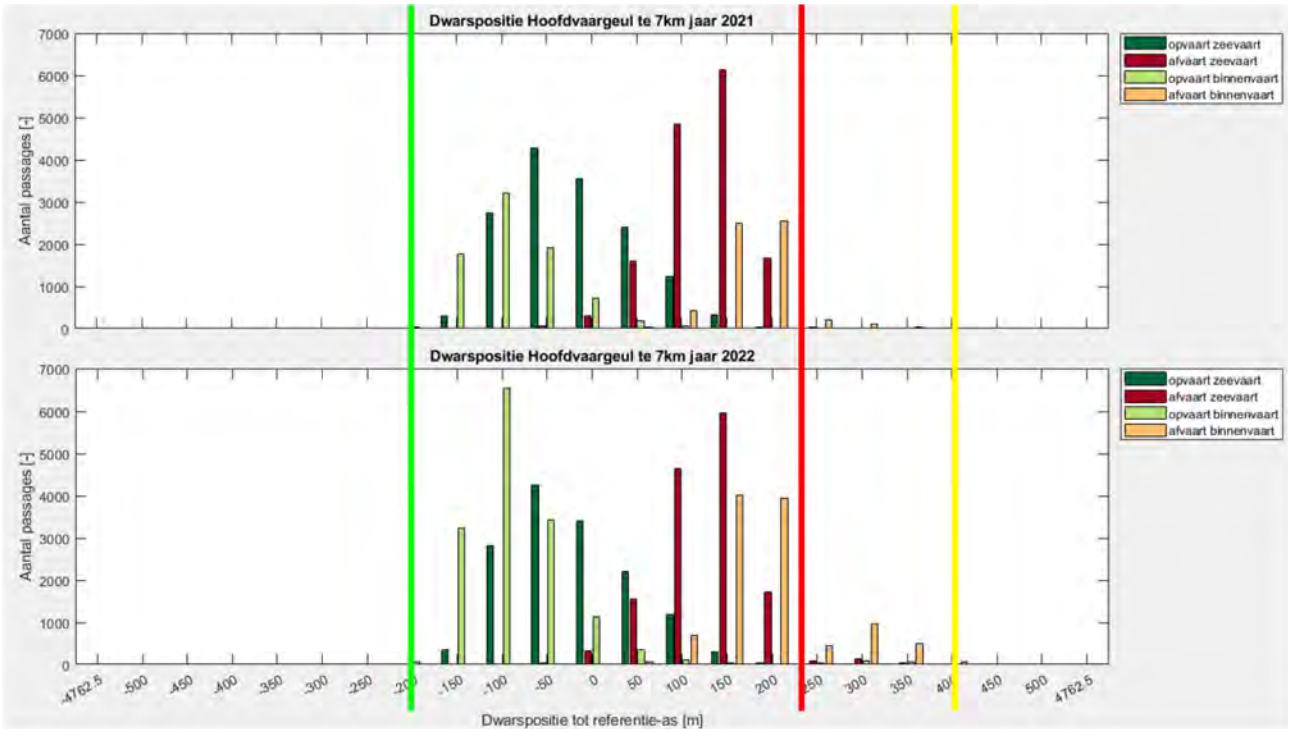
Figuur 81 – Positie van boeien F48B, F50 en F52 zoals toegevoegd aan de omgeving in december 2021 ten opzichte van de bathymetrie in maart 2022



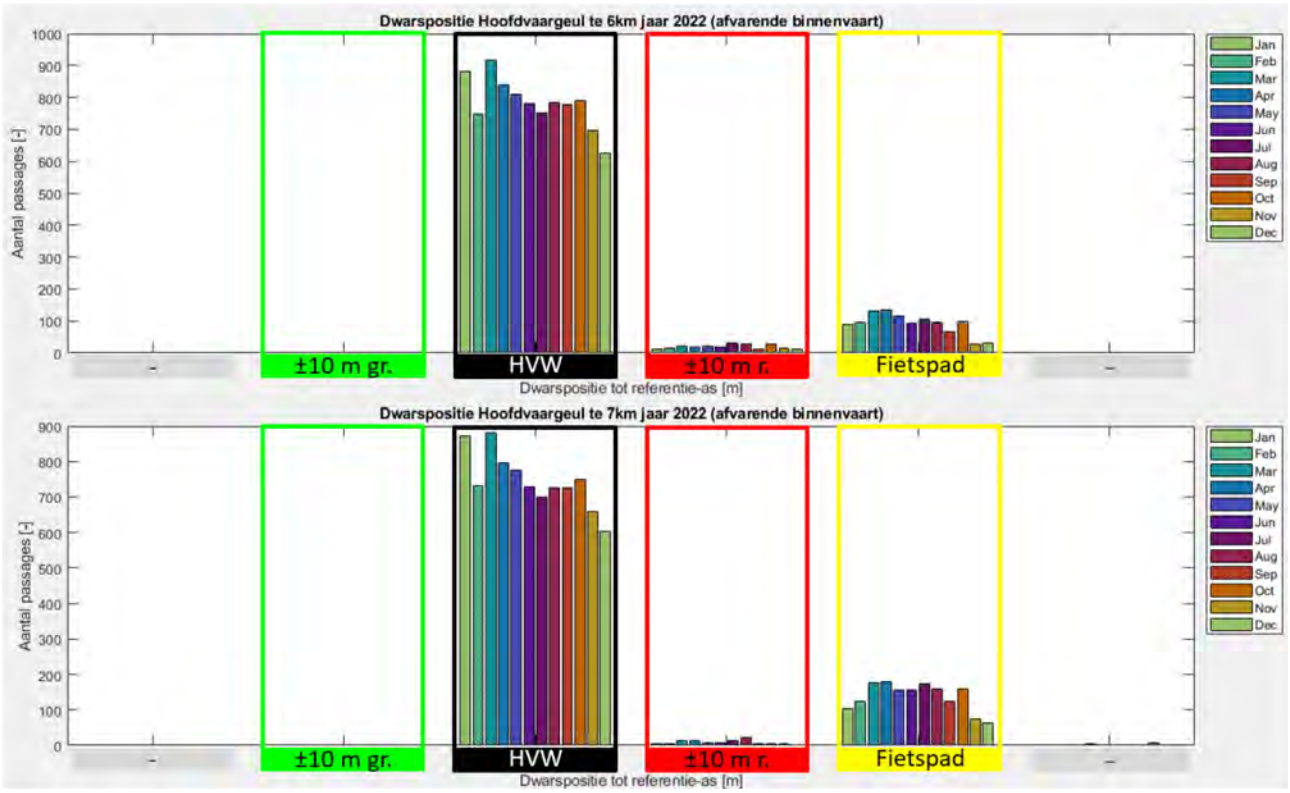
Figuur 82 – Versmalling fietspad Walsoorden in mei 2022 door verplaatsing boeien ZG12 en F48B ten opzichte van de bathymetrie in mei 2022 en weergave van de gele boeienlijn zoals beschikbaar sinds december 2021



Figuur 83 – Dwarsposities van op- en afvarende zee- en binnenvaart te baanafstand 6 km voor de jaren 2021 en 2022 met indicatieve aanduiding van de positie van de groene, rode en gele boeienlijn



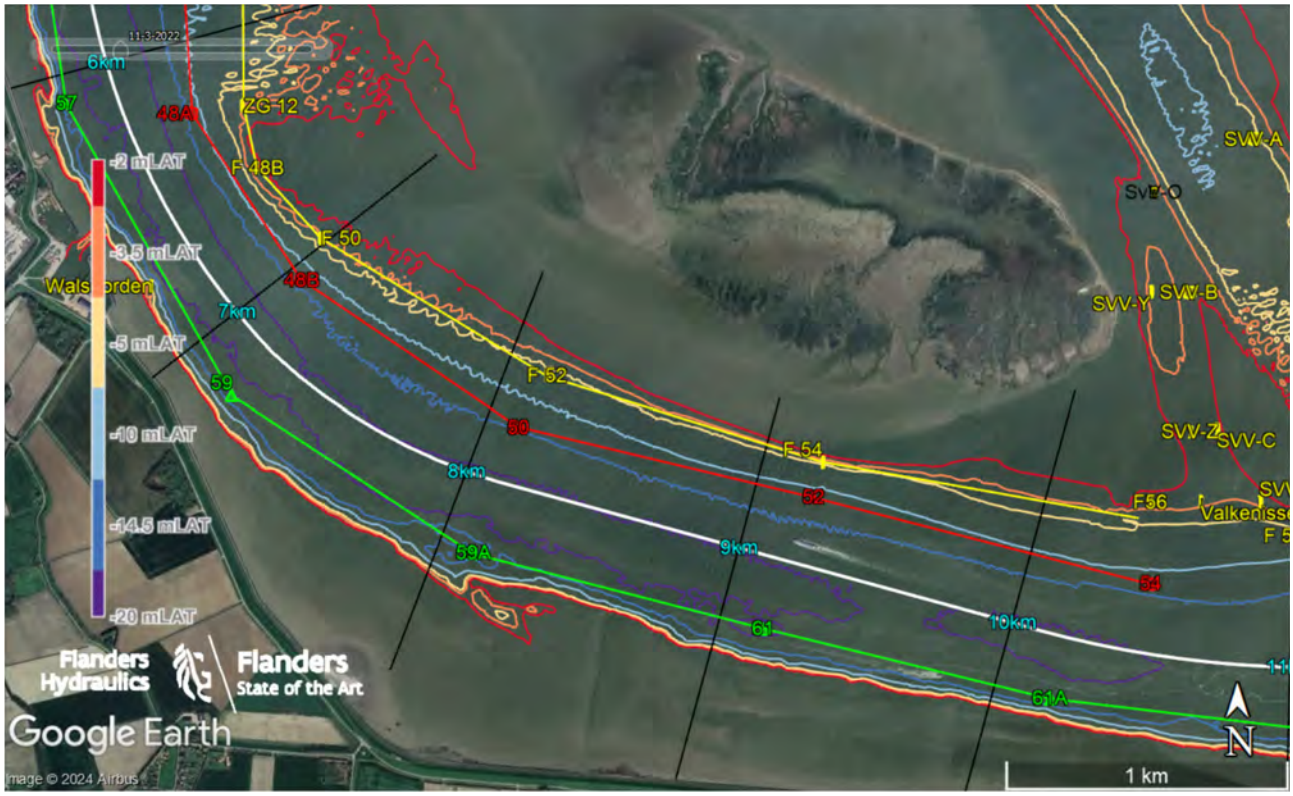
Figuur 84 – Dwarsposities van op- en afvarende zee- en binnenvaart te baanafstand 7 km voor de jaren 2021 en 2022 met indicatieve aanduiding van de positie van de groene, rode en gele boeienlijn



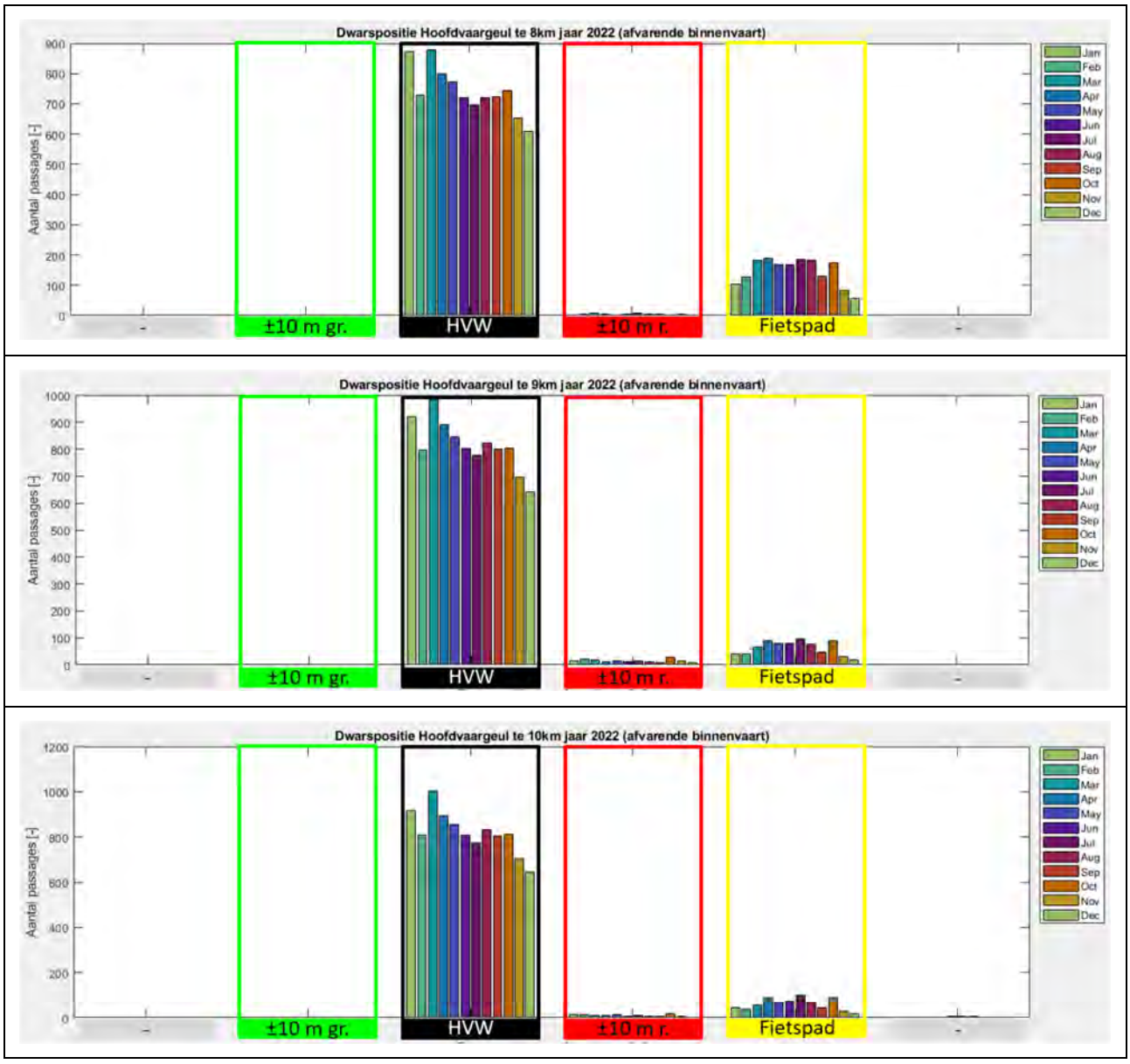
Figuur 85 – Verdeling van de afvarende binnenvaart over de hoofdvaargeul en het fietspad voor de maanden van 2022 te baanafstand 6 km (boven) en 7 km (onder)

5.5.2 Fietspad Valkenisse

Het fietspad in de rode kant werd in december 2021 doorgetrokken over de volledige lengte van de vaarweg tussen de bocht van Walsoorden en de monding van de Schaar van Valkenisse (zie Figuur 88). In Figuur 89 wordt het gebruik van dit fietspad door afvarende binnenvaart geïllustreerd voor de baanafstanden 8 km, 9 km en 10 km. Het grootste gebruik van het fietspad in deze zone wordt waargenomen ter hoogte van baanafstand 8 km en blijkt gelijkaardig aan het gebruik van het fietspad ter hoogte van baanafstand 7 km. Beide baanafstanden bevinden zich ter hoogte van de bocht van Walsoorden waardoor gesteld kan worden dat op die locatie het fietspad het meest intensief gebruikt werd in 2022 (doch nog steeds slechts door ca. 17% van de afvarende binnenvaart).



Figuur 86 – Positie van boeien F48B, F50, F52, F54 en F56 zoals toegevoegd aan de omgeving in december 2021 ten opzichte van de bathymetrie in maart 2022

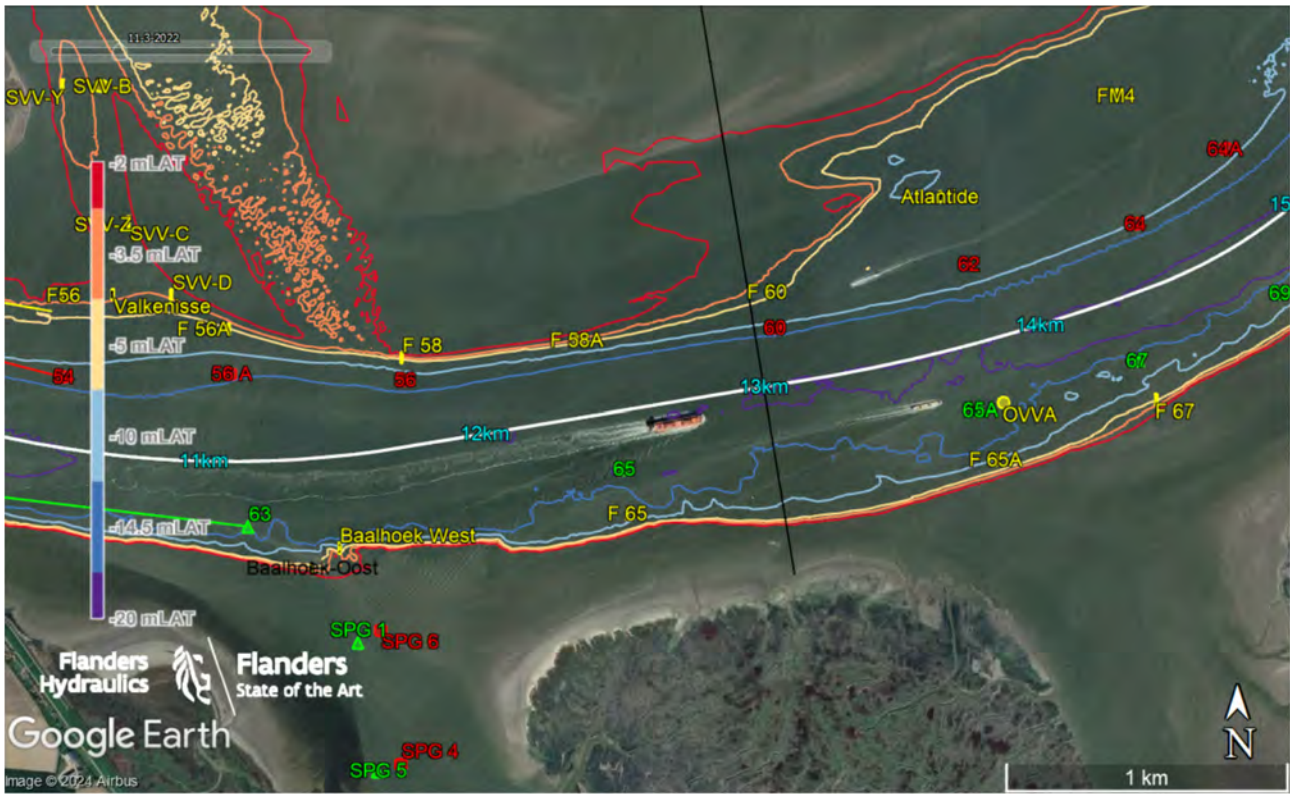


Figuur 87 – Verdeling van de afvarende binnenvaart over de hoofdvaargeul en het fietspad voor de maanden van 2022 te baanafstand 8 km (boven), 9 km (midden) en 10 km (onder)

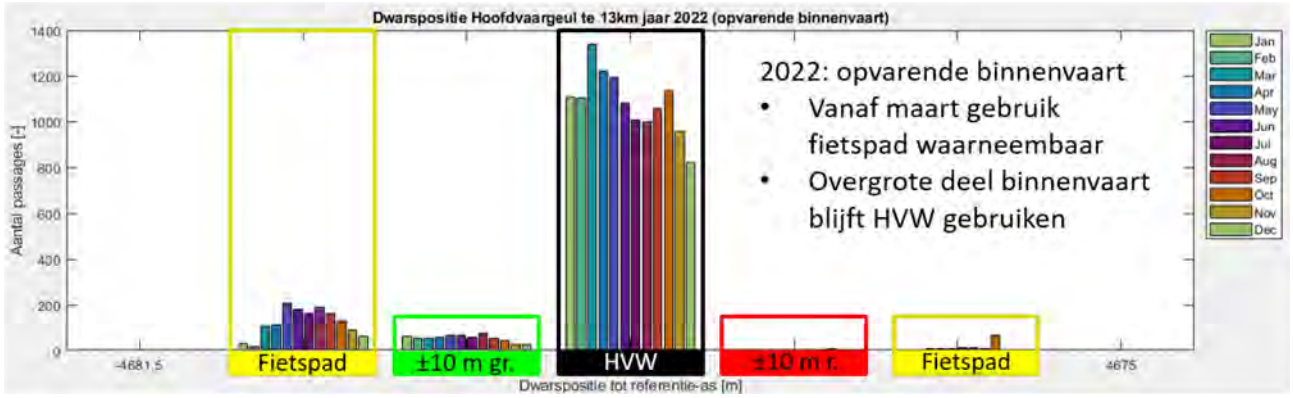
5.5.3 Fietspad Baalhoek

Vanaf maart 2022 werd ook in de groene kant ter hoogte van Baalhoek een fietspad uitgelegd (zie Figuur 90). Hierdoor ontstond op deze locatie en breed (ca. 160 m) en diep fietspad dat opwaarts aansloot op de Schaar van de Noord.

De evolutie van het gebruik van het fietspad in 2022 door opvarende binnenvaart wordt geïllustreerd in Figuur 91. Deze figuur toont inderdaad een verhoogd gebruik aan van het fietspad in maart 2022. Met name in mei 2022 blijkt de binnenvaart het grootste gebruik van het fietspad te vertonen. Echter net als voor het fietspad in de rode kant gepresenteerd in §5.5.1 en §5.5.2 blijkt slechts een beperkt aandeel van de binnenvaart gebruik te maken van het fietspad.



Figuur 88 – Positie van boeien F65, F65A en F67 zoals toegevoegd aan de omgeving in maart 2022 ten opzichte van de bathymetrie in maart 2022



Figuur 89 – Verdeling van de opvarende binnenvaart over de hoofdvaargeul en het fietspad in de groene kant voor de maanden van 2022 te baanafstand 13 km

5.6 Ontmoetingen in de hoofdvaargeul

In §2.2.13 werd de methode toegelicht die toegepast werd om de ontmoetingen tussen schepen in de hoofdvaargeul te bekomen. Deze analyse werd uitgevoerd voor elke maand tussen 2012 en 2022 en de resultaten worden gepresenteerd door middel van een heatmap-visualisatie die op de horizontale as de tijd weergeeft en op de verticale as de baanafstand langs de referentie-as. De resultaten worden weergegeven per vaarwegsectie van 200 m.

5.6.1 Aantal ontmoetingen te Valkenisse

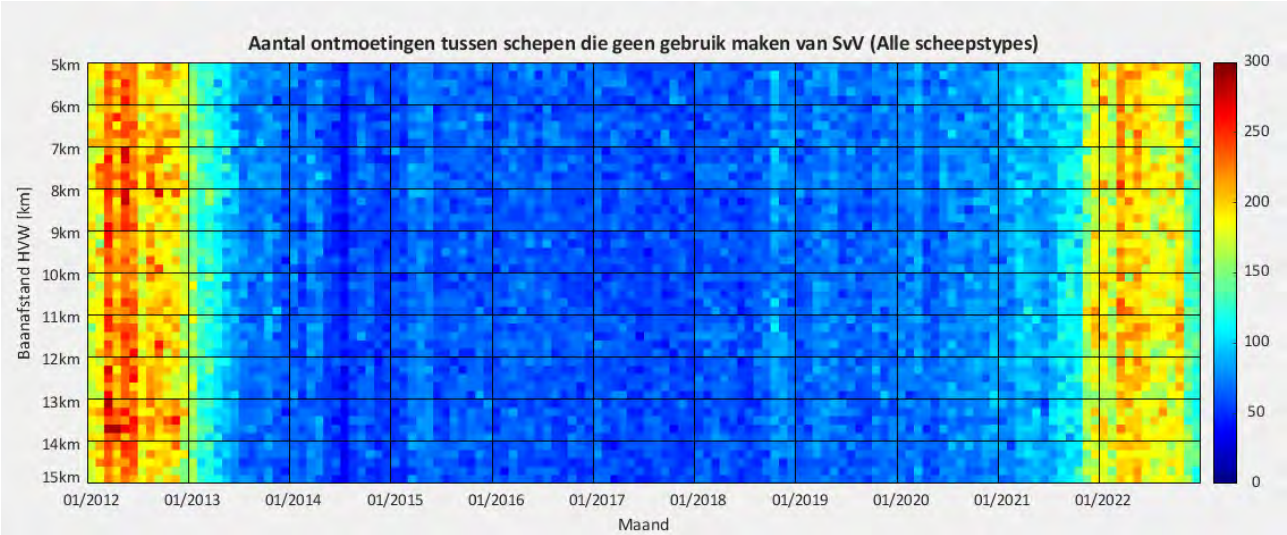
Voor het traject te Valkenisse werden de ontmoetingen in de hoofdvaargeul geëvalueerd tussen de locaties Walsoorden en Baalhoek. Dit komt overeen met de baanafstanden 5 km tot 15 km voor de referentie-as weergegeven in Figuur 18. Ontmoetingen die gepaard gingen met een schip dat zich binnen de haven van Walsoorden bevond werden geweerd uit de resultaten.

In Figuur 92 wordt de heatmap visualisatie weergegeven voor het aantal ontmoetingen tussen schepen die via de hoofdvaargeul voeren. De impact van het openen van de Schaar van Valkenisse in 2013 heeft een zeer duidelijke impact op het aantal ontmoetingen in de hoofdvaargeul. Daarbij blijken de ontmoetingslocaties vrij uniform verdeeld langsheen het vaartraject zoals ook geïllustreerd in Figuur 96.

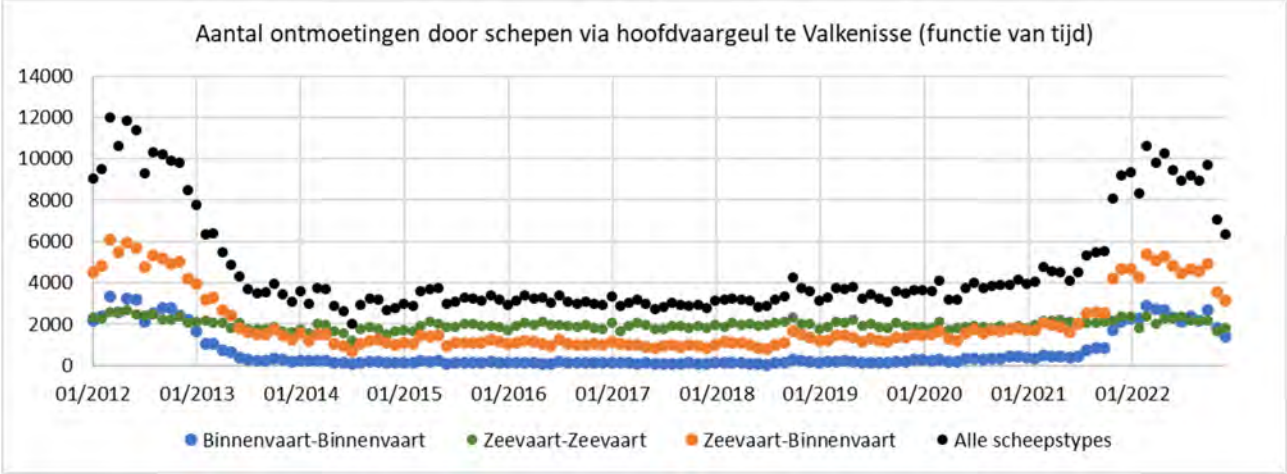
Een betere beoordeling van de historische tendensen in het aantal ontmoetingen in de hoofdvaargeul kan uitgevoerd worden op basis van het totale aantal ontmoetingen in het 10 km lange onderzochte gebied. In Figuur 93 wordt een dergelijke weergave gepresenteerd. In deze figuur worden bovendien aparte resultaten weergegeven voor ontmoetingen tussen verschillende combinaties van binnenvaart en zeevaart. Figuur 93 toont dat tussen 2013 en 2020 het aantal ontmoetingen tussen binnenvaart onderling verwaarloosbaar klein was en dat dit sinds 2020 stelselmatig toeneemt. Bovendien blijkt dat de ontmoetingen tussen zeevaart onderling eerder constant in tijd zijn. De belangrijkste informatie uit Figuur 93 is echter het aantal ontmoetingen tussen zeevaart en binnenvaart. Bij een normaal gebruik van de nevengeul blijken er een factor 4 tot 5 minder ontmoetingen plaats te vinden tussen binnenvaart en zeevaart in de hoofdvaargeul vergeleken met de situatie in 2022 waarbij er een sterk verminderd gebruik van de nevengeul gold (enkel een deel van de afvarende vloot maakte toen gebruik van de nevengeul). Aangezien de combinatie binnenvaart-zeevaart het meest relevant is voor het onderzoek wordt in Figuur 94 ook de evolutie langsheen de referentie-as weergegeven voor deze combinatie.

Wanneer enkel de ontmoetingen tussen zeevaart beschouwd worden (zie Figuur 95 en Figuur 96) dan blijkt er ook voor deze combinatie geen uitgesproken voorkeurslocatie aanwezig te zijn om ontmoetingen uit te voeren (of te vermijden) in de hoofdvaargeul te Valkenisse. Nochtans geldt er sinds december 2018 een kennisgeving (BASS 104/2018) die stelt dat oploopmanoeuvres tussen bovenmaatse schepen verboden zijn ter hoogte van de haven van Walsoorden en ontmoetingen op deze locatie (6.5 km) vermeden dienen te worden. In Figuur 97 wordt een overzicht geboden van het aantal interacties tussen bovenmaatse zeeschepen (L≥210 m of T≥10 m) in het studiegebied. Door het relatief beperkt aantal interacties tussen bovenmaatse schepen geeft de visualisatie in Figuur 97 echter geen goed beeld van de evolutie van het aantal ontmoetingen ter hoogte van Walsoorden. Wel toont Figuur 97 aan dat het aantal interacties tussen bovenmaatse schepen doorheen de tijd sterk toegenomen is. Deze stijgende trend wordt ook weergegeven in Figuur 98 waarbij het totaal aantal ontmoetingen in het onderzochte gebied weergegeven wordt. Figuur 99 toont bovendien voor de volledig onderzochte periode waar er hoeveel ontmoetingen tussen bovenmaatse schepen uitgevoerd werden langsheen het hoofdvaarwater. Uit deze grafiek blijkt wel een lokaal minimum in het aantal ontmoetingen ter hoogte van Walsoorden (ca. 20% minder dan het gemiddelde). Bovendien blijkt er net opwaarts en afwaarts van Walsoorden een lokaal maximum op te treden wat illustreert dat de ontmoetingen in de bocht van Walsoorden daadwerkelijk vermeden worden. Een meer gedetailleerd overzicht van de interacties tussen bovenmaatse zeevaart ter hoogte van de haven van Walsoorden wordt weergegeven in §6.7.1.

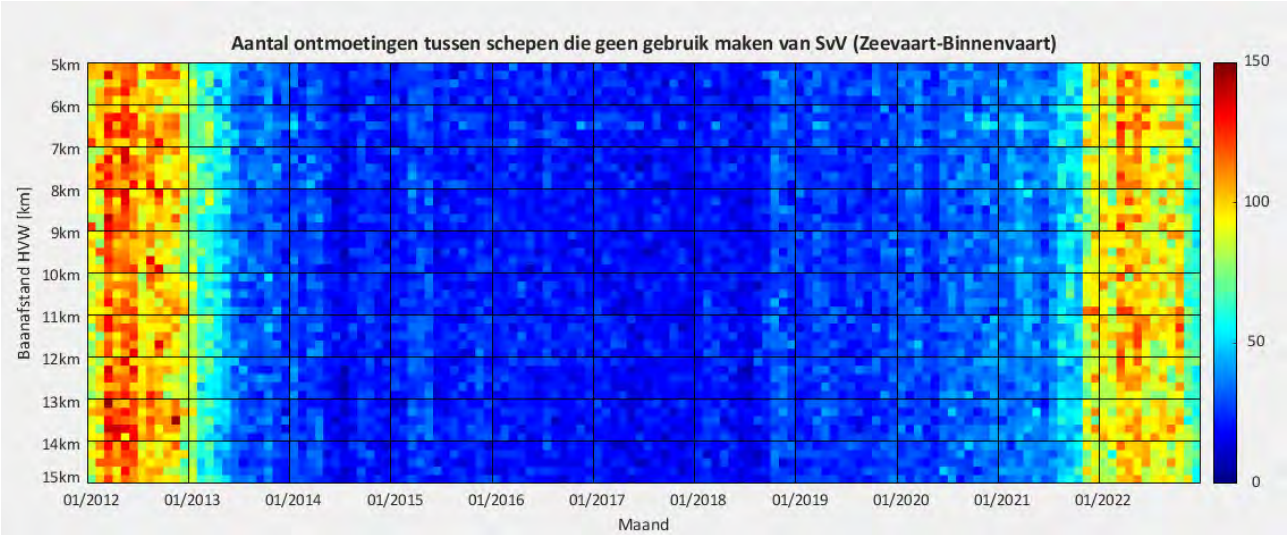
In de resultaten voor de ontmoetingen is een vermindering van het aantal ontmoetingen in de hoofdvaargeul waarneembaar voor de maanden november en december 2022 net als voor de maand juli 2014. Deze dalingen zijn ingegeven door een verminderde kwaliteit van de AIS-gegevens in deze periode (zie het aandeel reizen met kwalificatie NaN (Not a Number) in Figuur 78).



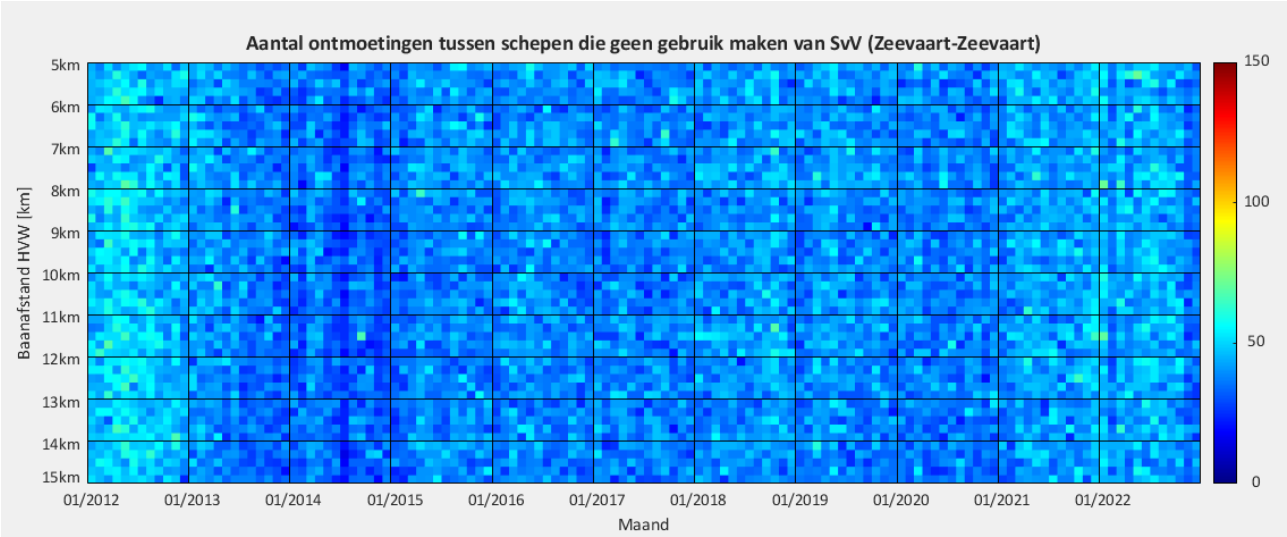
Figuur 90 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse



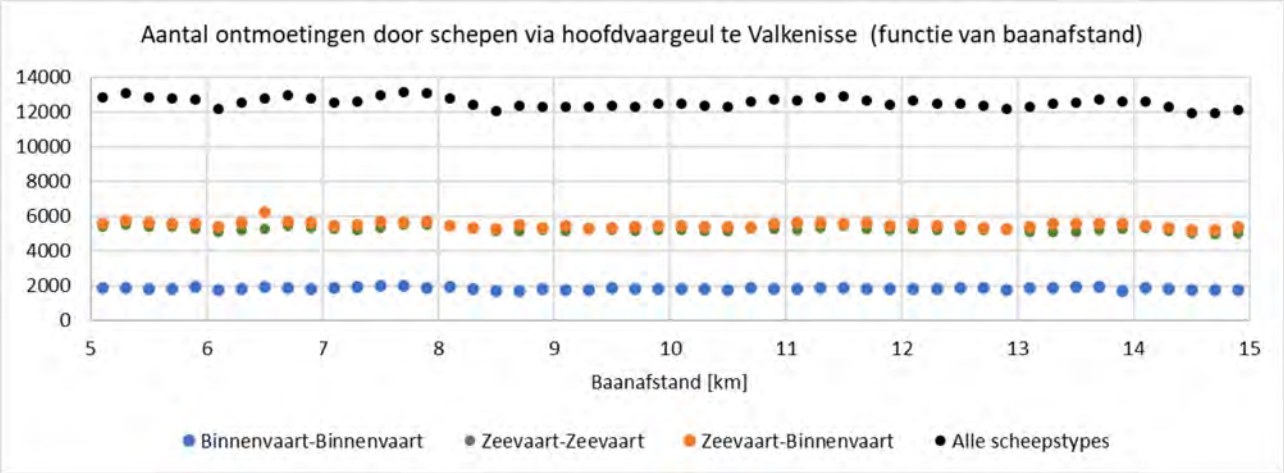
Figuur 91 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand door schepen via de hoofvaargeul tussen Walsoorden en Baalhoek voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart



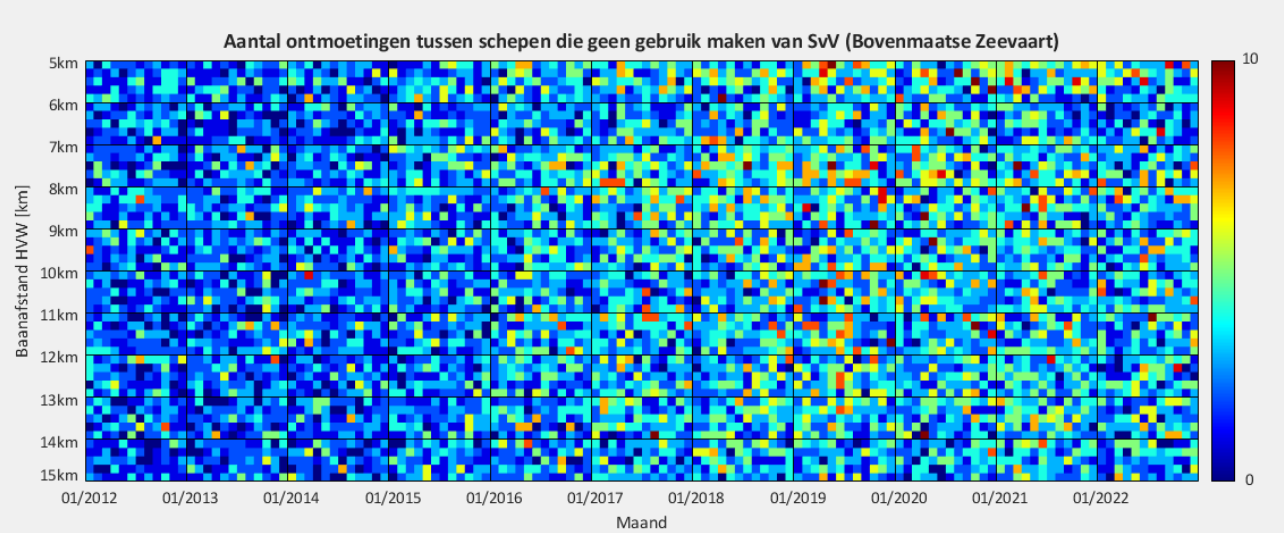
Figuur 92 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse tussen zeevaart en binnenvaart



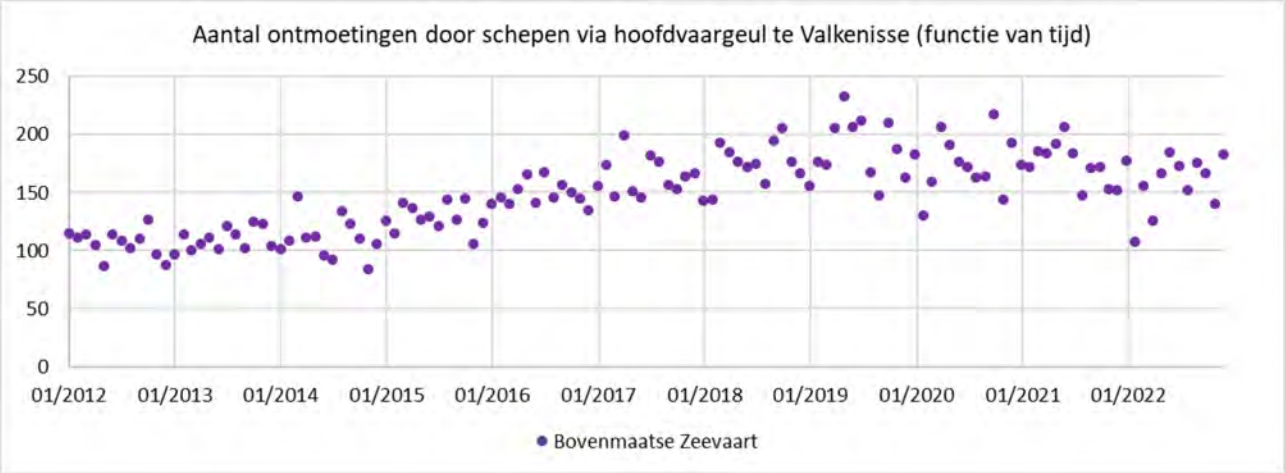
Figuur 93 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse tussen zeevaart onderling



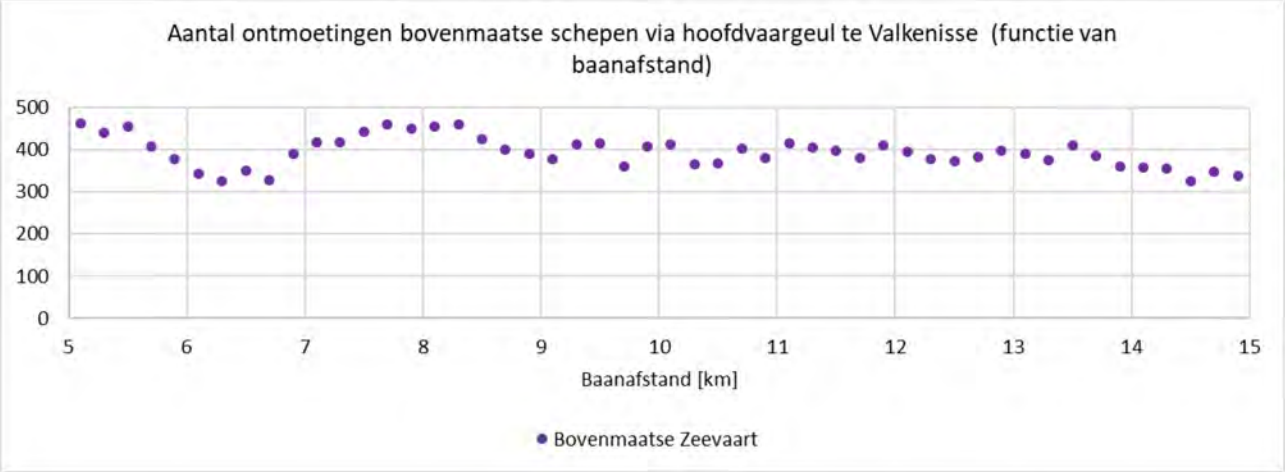
Figuur 94 – Weergave van het aantal ontmoetingen per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse voor verschillende scheepscombinaties voor de totale periode 2012-2022



Figuur 95 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse tussen bovenmaatse zeevaart



Figuur 96 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand tussen bovenmaatse schepen via de hoofvaargeul tussen Walsoorden en Baalhoek



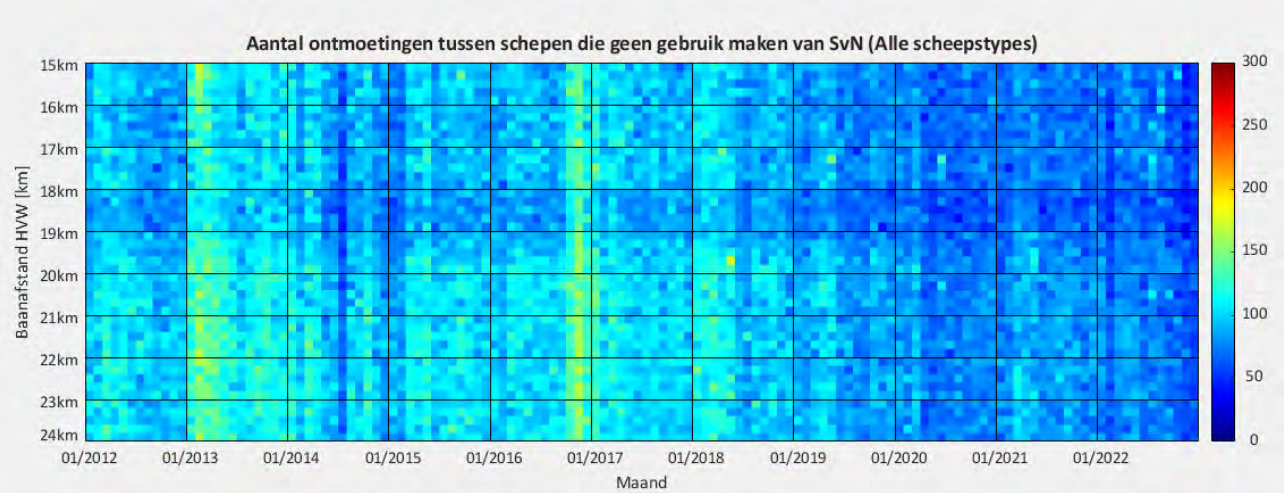
Figuur 97 – Weergave van het aantal ontmoetingen per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse voor interacties tussen bovenmaatse zeevaart voor de totale periode 2012-2022

5.6.2 Aantal ontmoetingen te Bath

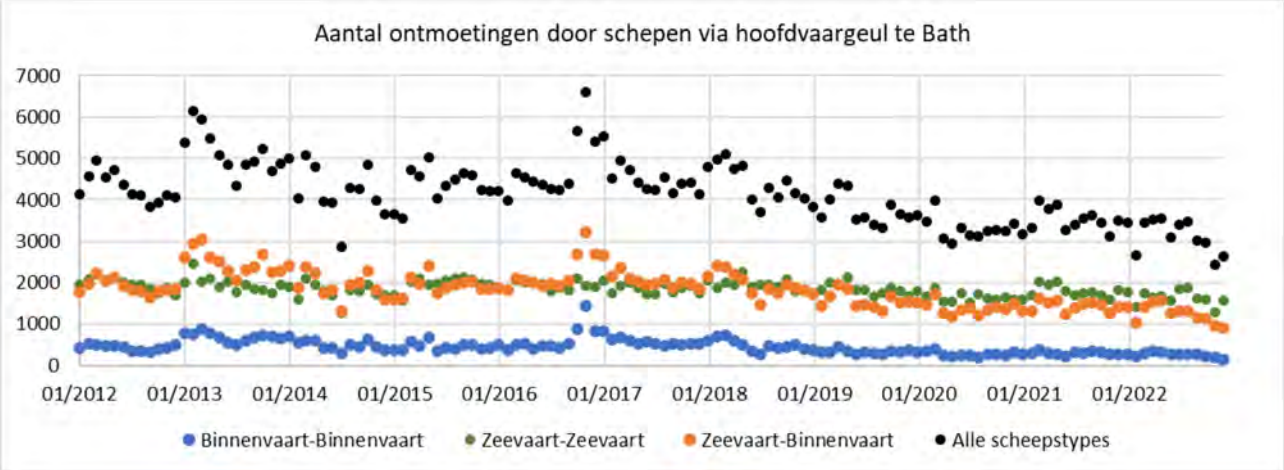
Een gelijkaardige analyse als uitgevoerd voor de hoofdvaargeul te Valkenisse werd uitgevoerd te Bath waarbij de toegankelijkheid van de Schaar van de Noord het aantal ontmoetingen in de bocht van Bath bepaalt. Uit voorgaande analyses bleek echter dat de toegankelijkheid van de Schaar van de Noord minder veranderingen vertoont dan de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse en dat het aantal schepen dat te Bath gebruik maakt van de nevengeul Schaar van de Noord zelfs stelselmatig toeneemt sinds 2017.

De resultaten voor het aantal ontmoetingen te Bath worden weergegeven in Figuur 100 en Figuur 101. De omgekeerde trend in het aantal ontmoetingen te Bath (dalend) en Walsoorden (stijgend) heeft als gevolg dat vanaf zomer 2019 het aantal ontmoetingen te Bath lager werd dan te Walsoorden.

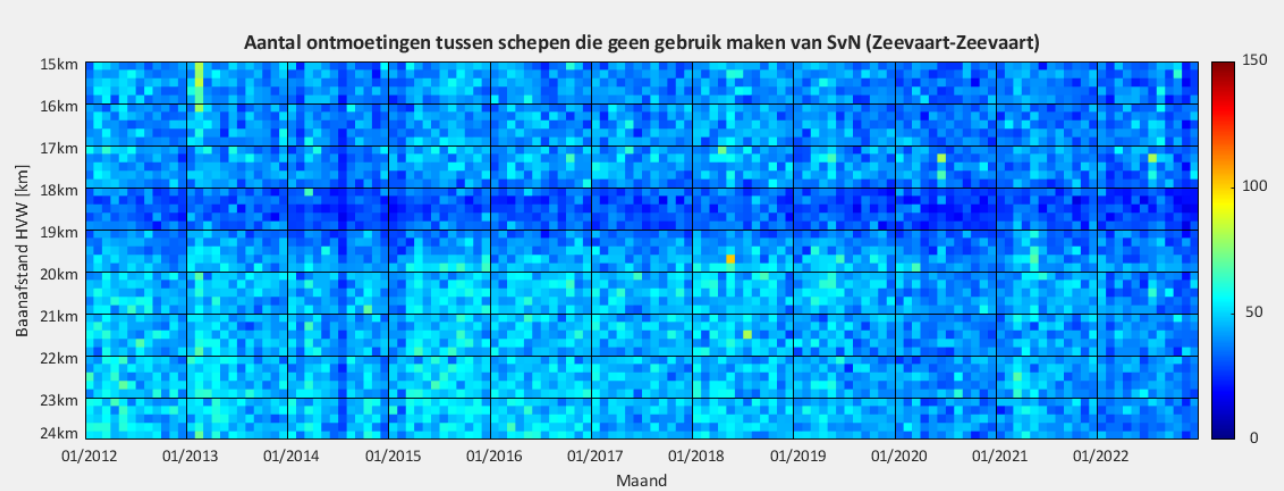
Wanneer de evolutie van het aantal ontmoetingen tussen zeevaart onderling bekeken wordt (Figuur 102), dan vertoont de zeevaart een duidelijk kleiner aantal ontmoetingen tussen de baanafstanden 18 km en 19 km. Deze zone stemt overeen met de vaarweg tussen de boeien 75 en 75A waar ontmoetingen tussen zeeschepen duidelijk vermeden worden. Een beter overzicht van de ontmoetingslocaties in de omgeving Bath wordt weergegeven in Figuur 103. Hieruit blijkt dat het vermijden van de ontmoetingslocatie tussen boeien 75 en 75A enkel geldt voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling.



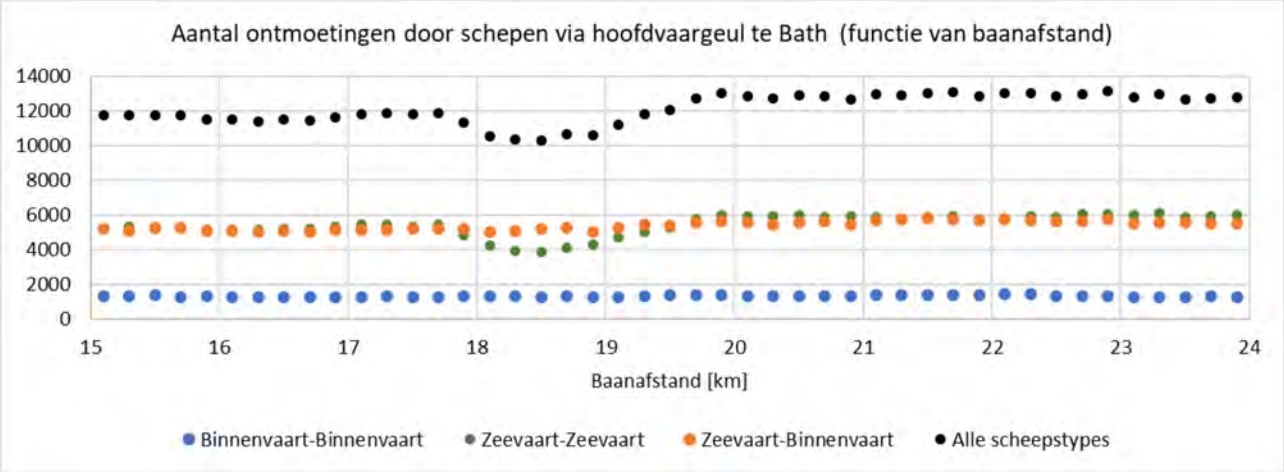
Figuur 98 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath



Figuur 99 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand door schepen via de hoofvaargeul te Bath voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart



Figuur 100 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath tussen zeevaart onderling



Figuur 101 – Weergave van het aantal ontmoetingen per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath voor verschillende scheepscombinaties voor de totale periode 2012-2022

5.6.3 Gemiddelde passeerafstand van schepen te Valkenisse

Om de evolutie van afstanden tussen de scheepvaart te kunnen beoordelen werden er visualisaties gegenereerd voor de gemiddelde afstand[6] tussen de AIS-ontmoetingen. De resultaten voor passeerafstanden worden weergegeven in Figuren 104, 105, 106 voor respectievelijk alle ontmoetingen, voor combinaties tussen zeevaart en binnenvaart en voor zeevaart onderling. Overzichtsfiguren van de gemiddelde passeerafstand in functie van de tijd (voor het volledige traject) en in functie van de baanafstand (voor de volledige onderzochte periode) worden weergegeven in Figuur 107 en Figuur 108.

[6] Hoewel in de tekst de gerapporteerde passeerafstand benoemd wordt als een gemiddelde passeerafstand zijn de gepresenteerde resultaten in feite de mediaan van de passeerafstanden. Voor een normale dataset aan passeerafstanden is het verschil tussen de mediaan en het gemiddelde verwaarloosbaar. Het voordeel van de mediaan is dat outliers in de data geen significante invloed hebben op het resultaat waardoor in de statistische analyse voor een mediaan gekozen werd. In de tekst worden deze waarden (voor de leesvlotheid) benoemd als gemiddelde.

Opvallend aan deze resultaten is dat er wel degelijk enkele plaats- en tijdsafhankelijke tendenzen waargenomen kunnen worden, maar dat er geen significante vermindering van de passeerafstanden lijkt op te treden door het verminderde gebruik van de nevengeul vanaf 2021. In 2022 blijken er zelfs gemiddeld grotere passeerafstanden tussen zeevaart en binnenvaart op te treden dan in de voorgaande jaren. Echter wanneer enkel de ontmoetingen tussen zeevaart beschouwd worden dan blijkt daarbij wel een beperkte verlaging van de passeerafstanden op te treden te Walsoorden in 2022.

In tegenstelling tot het aantal ontmoetingen vertonen de passeerafstanden wel een geografische variatie zoals blijkt uit Figuur 108. Zo blijken ontmoetingen uitgevoerd ter hoogte van baanafstanden 6.5 km en 12.5 km gepaard te gaan met de kleinste passeerafstanden. Deze locaties stemmen respectievelijk overeen met de bocht van Walsoorden en Baalhoek. Deze laatste locatie bevindt zich op korte afstand van de toegang tot de Schaar van Valkenisse.

Belangrijke veranderingen in de passeerafstanden bleken steeds het gevolg van aanpassingen aan de betonning. Zo zijn de ruimere passeerafstanden die vanaf 2013 gehanteerd worden te Baalhoek (12 km tot 13 km) het gevolg van een lokale verruiming van de rode boeienlijn zoals weergegeven in Figuur 109. Niet veel later (tweede helft 2013) werd de rode boeienlijn ter hoogte van baanafstand 12 km opnieuw verruimd. Ook deze verruiming is waarneembaar in de passeerafstanden.

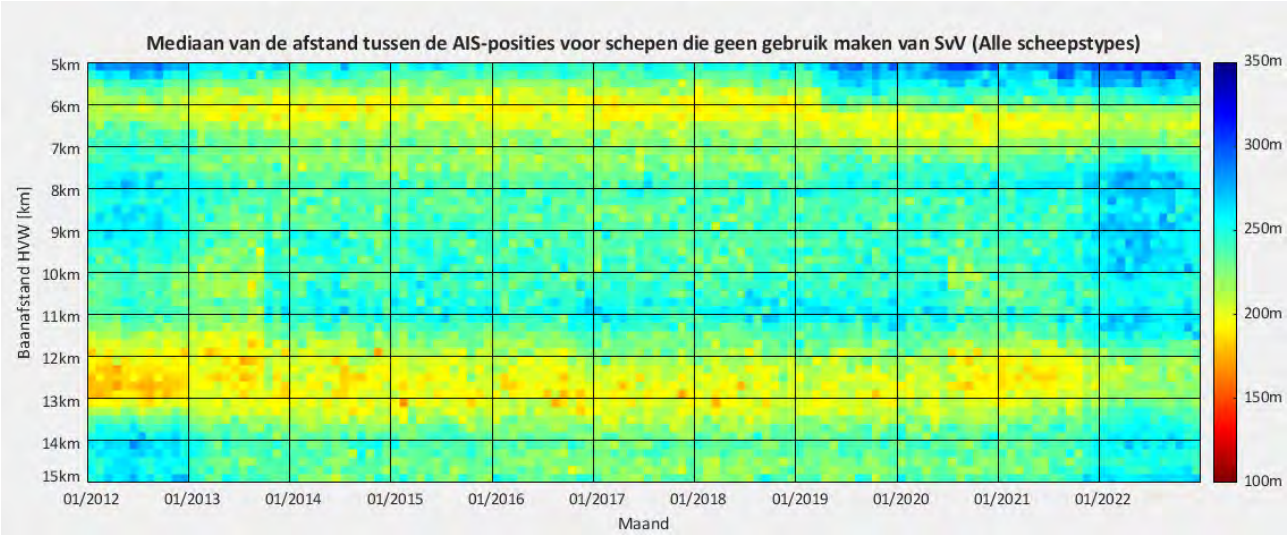
Een andere opvallende verandering in de passeerafstanden treedt op in maart 2019 ter hoogte van Walsoorden. Dit kan eveneens verklaard worden door een aanpassing van de rode boeienlijn zoals weergegeven in Figuur 111 waarbij afwaarts Walsoorden de vaarweg verplaatst werd naar het oosten. Deze aanpassing blijkt enerzijds aanleiding gegeven te hebben tot grotere passeerafstanden afwaarts de haven van Walsoorden maar anderzijds blijken sinds deze aanpassing de kleinste passeerafstanden in de bocht van Walsoorden net voor de haven van Walsoorden op te treden (baaanafstand 6.5 km).

Een minder uitgesproken verandering in de passeerafstanden treedt vanaf medio 2020 op ter hoogte van Baalhoek waarbij de passeerafstanden tussen zeevaart opnieuw blijken af te nemen. Deze vermindering van de passeerafstanden bleek opnieuw gerelateerd aan wijzigingen aan de rode boeienlijn op deze locatie.

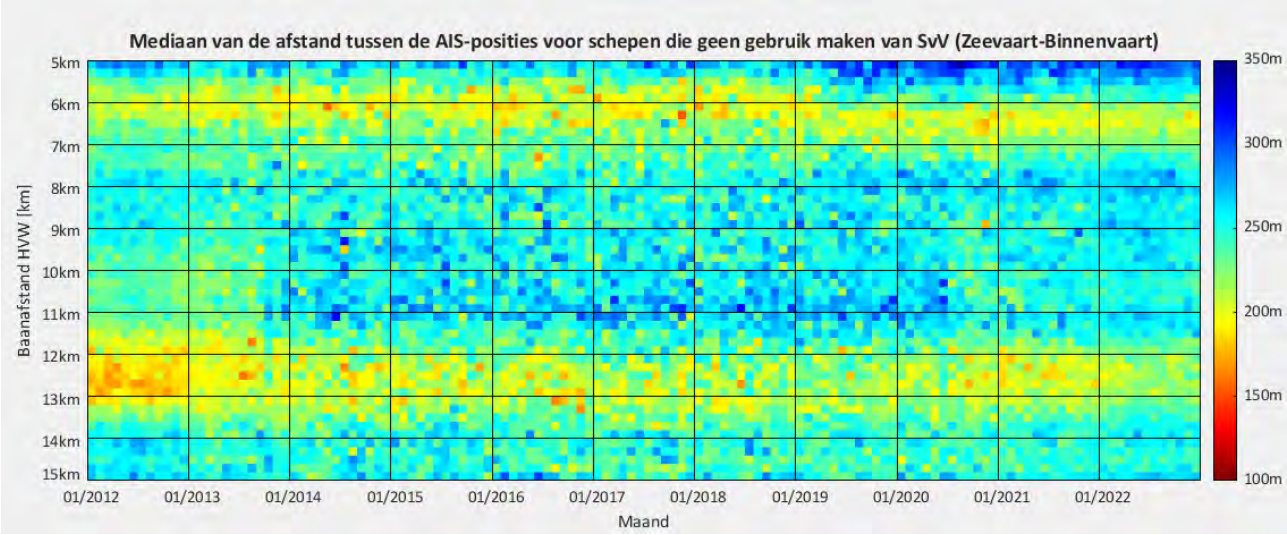
De enige wijziging in de passeerafstanden tussen zeevaart die niet gerelateerd kon worden aan een wijziging in de betonning betreft de beperkte vermindering van de passeerafstanden in de bocht van Walsoorden (6.5 km) in het jaar 2022. Er kan verondersteld worden dat de bijkomende binnenvaart die in 2022 via het hoofdvaarwater voer, aanleiding gaf tot een beperkte vermindering van de passeerafstanden tussen zeevaart in de bocht van Walsoorden.

In Figuur 105 worden de resultaten weergeven voor de passeerafstanden tussen zeevaart en binnenvaart. Voor deze interactie blijkt er in 2022 geen daling van de passeerafstanden waarneembaar. Op basis hiervan kan gesteld worden dat de toename van het aantal binnenschepen in het hoofdvaarwater in 2022 geen aanleiding gaf tot kleinere passeerafstanden tussen zeevaart en binnenvaart, maar dat het aantal ontmoetingen van dit type wel significant toenam. Voor de baanafstanden 7 km tot 13 km blijkt in 2022 zelfs een beperkte verhoging van de passeerafstanden tussen binnenvaart en zeevaart. Deze positieve evolutie kan toegeschreven worden aan de beschikbaarheid van de fietspaden in deze zone.

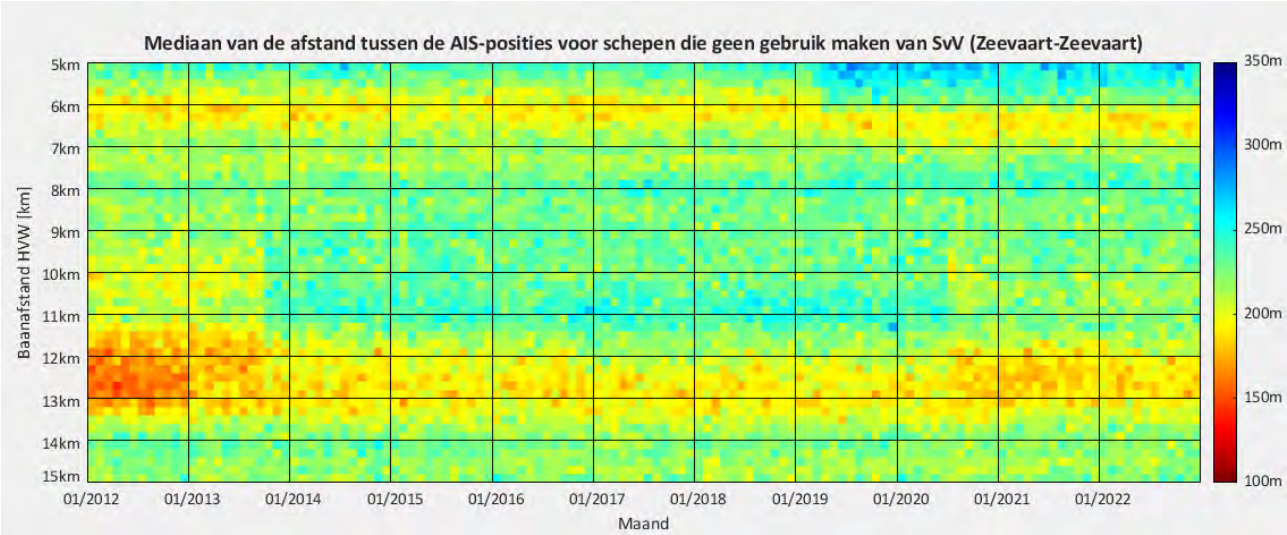
Samenvattend kan gesteld worden dat een verminderd gebruik van de nevengeul het aantal ontmoetingen tussen zeevaart en binnenvaart doet toenemen maar niet noodzakelijk ook aanleiding geeft tot kleinere passeerafstanden tussen deze scheepstypes. Een positieve evolutie in de passeerafstanden tussen zeevaart en binnenvaart in 2022 is gerelateerd aan de beschikbaarheid van fietspaden in deze periode. Voor ontmoetingen tussen zeevaart blijkt een beperkte vermindering van de passeerafstanden in het jaar 2022 zonder dat op deze locatie de laterale betonning aangepast werd. Er kan aangenomen worden dat deze beperkte vermindering van de passeerafstanden tussen zeevaart het gevolg is van het groter aantal binnenschepen dat gebruik maakt van het hoofdvaarwater en dan met name van de opvaart die op deze locatie niet beschikt over een fietspad. De vermindering van de passeerafstanden te Walsoorden in 2022 is echter veel beperkter dan de historische evolutie van passeerafstanden die waargenomen worden ten gevolge van betonningswijzigingen zoals te Baalhoek in 2013 en 2020 en te Walsoorden in 2019.



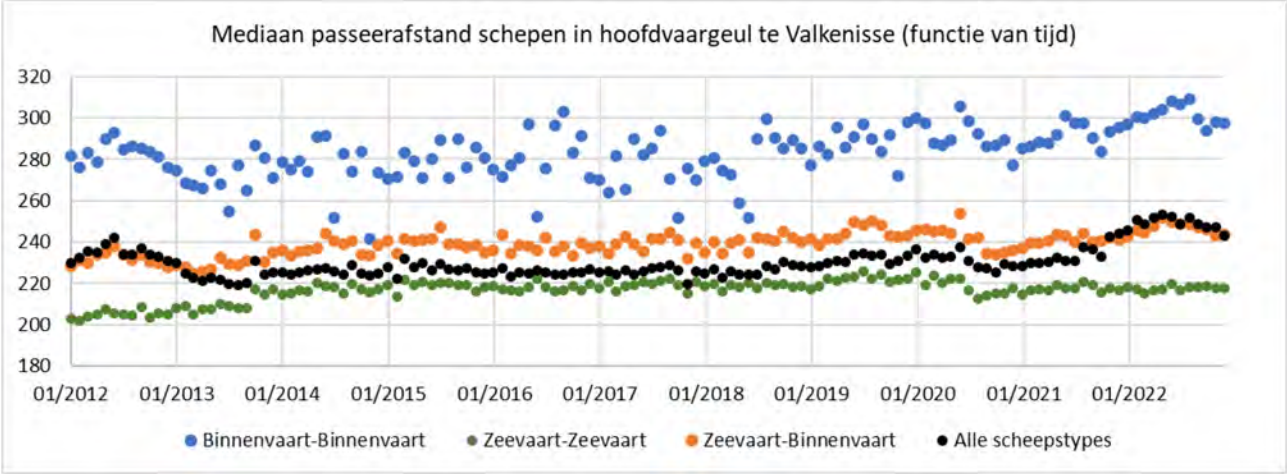
Figuur 102 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse voor alle scheepvaart



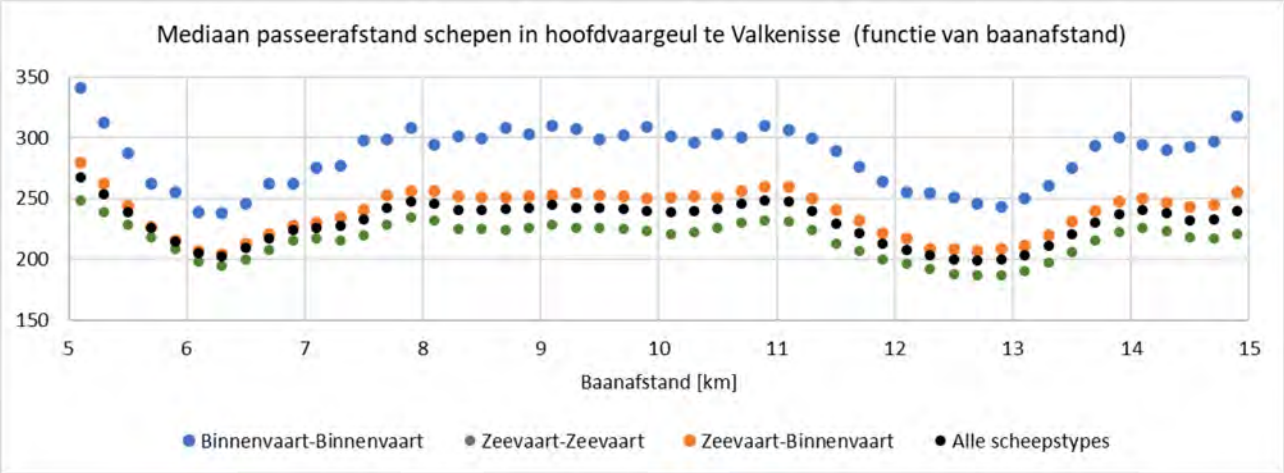
Figuur 103 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse voor ontmoetingen tussen binnenvaart en zeevaart



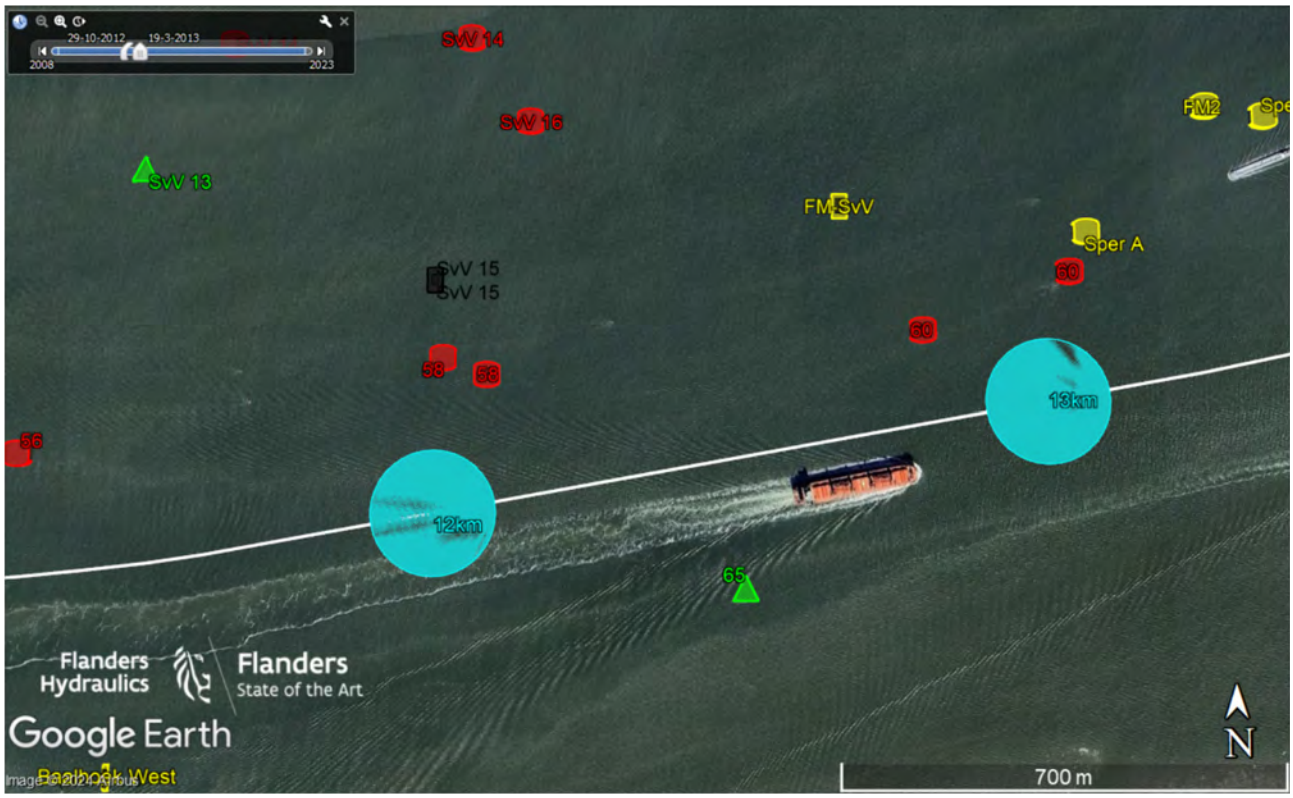
Figuur 104 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Valkenisse voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling



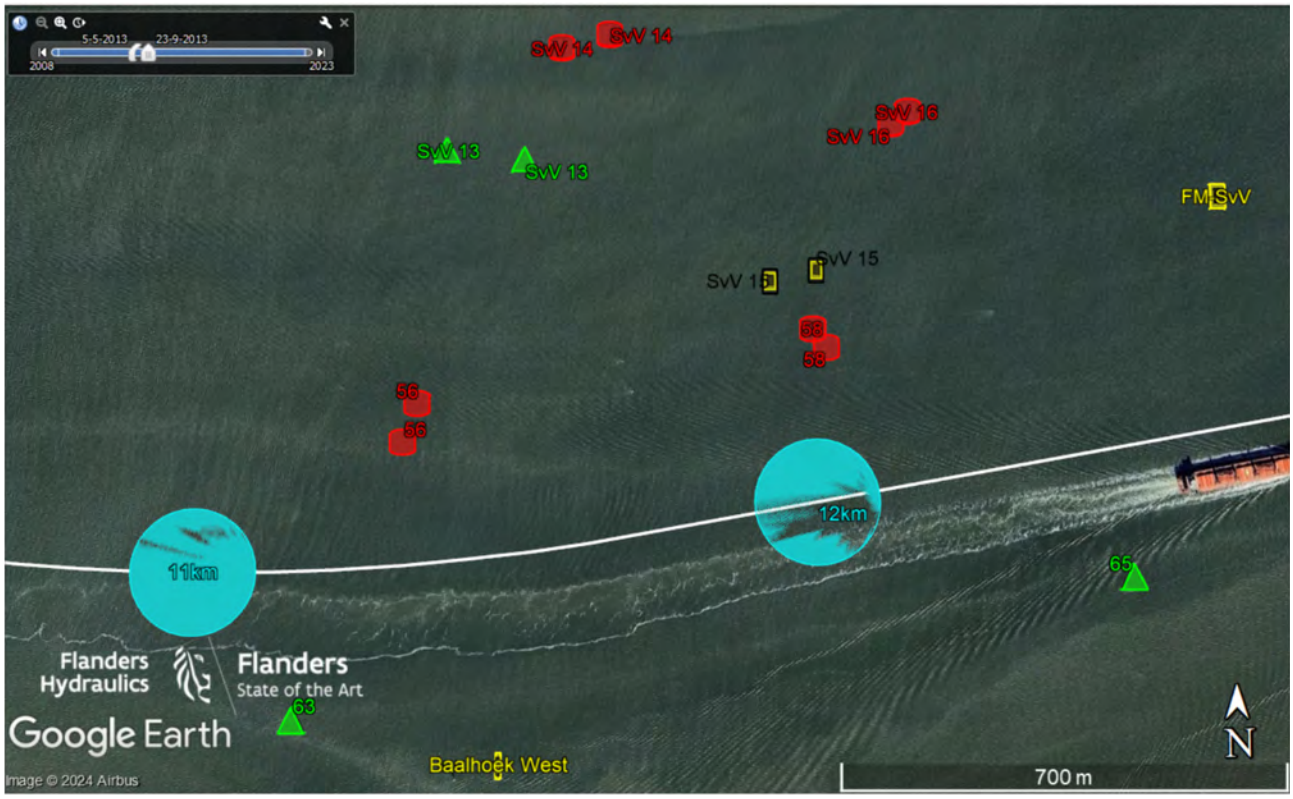
Figuur 105 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand door schepen via de hoofvaargeul tussen Walsoorden en Baalhoek voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart



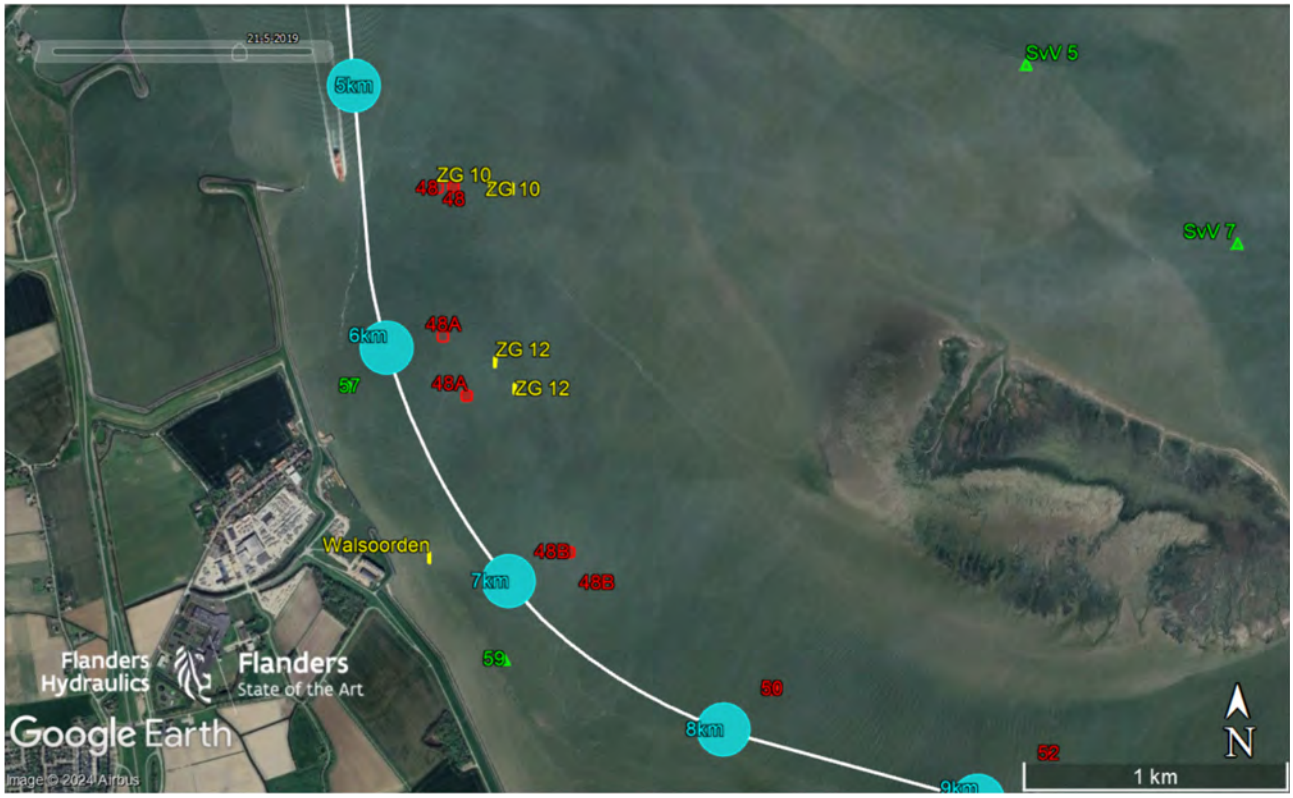
Figuur 106 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per sectie van 200 m door schepen via de hoofvaargeul tussen Walsoorden en Baalhoek voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart



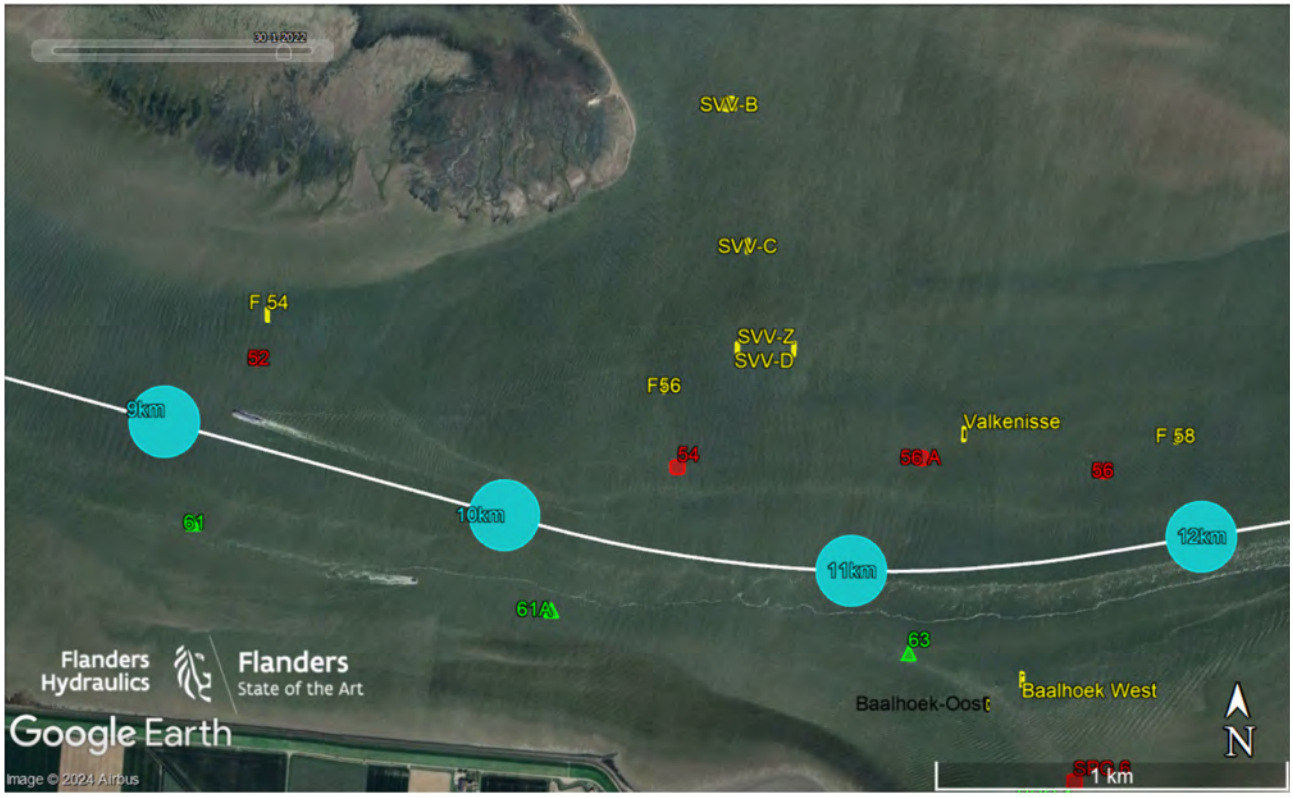
Figuur 107 – Verplaatsing van de boeien 58 en 60 naar een meer noordelijke positie begin 2013



Figuur 108 – Verplaatsing van de boeien 56 en 58 naar een meer noordelijke positie in zomer 2013



Figuur 109 – Verruiming van de rode boeienlijn (48A, 48, 46 en 44 in oostelijke richting en 48B in noordelijke richting) te Walsoorden in maart 2019



Figuur 110 – Installatie van een fietspad langs de rode boeienlijn in december 2021

5.6.4 Gemiddelde passeerafstand van schepen te Bath

Gelijkaardige resultaten als hierboven gepresenteerd voor Valkenisse werden vervolgens gegenereerd voor de hoofdvaargeul te Bath. De figuren 113 tot 115 illustreren de reden waarom dat ontmoetingen (voornamelijk door zeevaart) vermeden worden ter hoogte van de baanafstanden 17 km en 18 km (overeenkomstig de boeien 75 en 75A). Ontmoetingen die wel in deze zone uitgevoerd werden, gaan gepaard met significant kleinere passeerafstanden dan op andere locaties in de bocht van Bath en dan de eerder gepresenteerde locaties te Valkenisse.

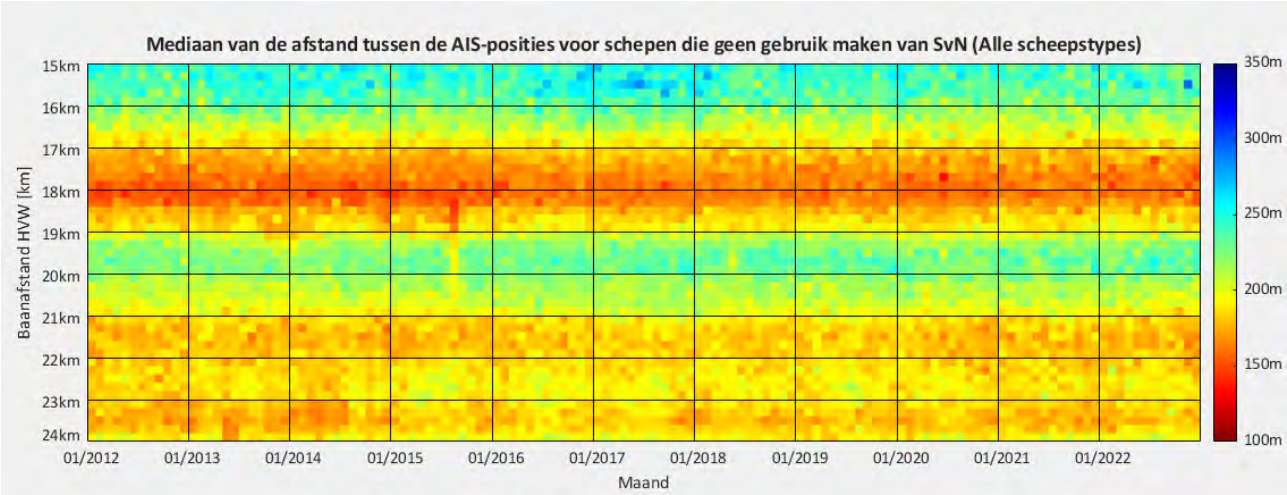
Figuur 108 toont de gemiddelde passeerafstanden die door verschillende scheepscombinaties gehanteerd werden voor de volledige onderzochte periode. Hieruit blijkt dat op de minst gunstige locatie (baanafstand 18.1 km) de gemiddelde passeerafstand tussen de AIS-posities van zeeschepen slechts 157 m bedroeg en dus ca. 45 m minder bedraagt dan de gemiddelde passeerafstand tussen zeeschepen zoals gehanteerd in de bocht van Walsoorden.

Omstreeks de baanafstand 19.7 km blijken er ontmoetingen in de bocht van Bath uitgevoerd te kunnen worden bij een ruimere passeerafstand (gemiddeld 228 m). Ook uit een eerdere analyse van mogelijke ontmoetingslocaties in de bocht van Bath op basis van vaarsimulaties (Verwilligen *et al.*, 2008) kwam deze locatie reeds naar voor.

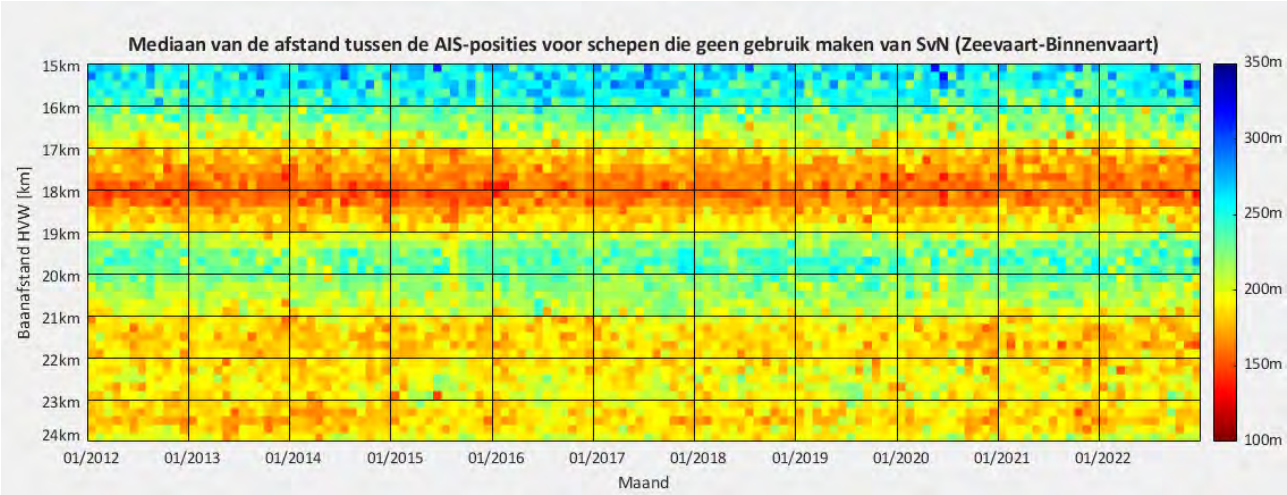
In Figuur 116 wordt de historische evolutie van de gemiddelde passeerafstanden genomen over het volledige vaartraject door de bocht van Bath (tussen baanafstand 15 km en 24 km) weergegeven. Hieruit blijkt dat met name voor ontmoetingen tussen zeevaart de afstand tussen de schepen een positieve trend vertoont. De verruiming van de passeerafstanden tussen zeevaart blijkt voornamelijk opgetreden tussen 2014 en 2016.

Wanneer de passeerafstanden tussen zeevaart in de bocht van Bath en bocht van Walsoorden met elkaar vergeleken worden, dan blijken belangrijk lagere passeerafstanden op te treden in de bocht van Bath (gemiddeld 157 m) ten opzichte van de gemiddelde passeerafstanden in de bocht van Walsoorden (195 m). In §2.2.10 werd reeds aangetoond dat ook de boogstraal en de koerswijziging in de bocht van Bath belangrijker zijn dan in de bocht van Walsoorden. Op basis van de uitgevoerde analyse blijkt dat de risico's voor ontmoetingen in de bocht van Walsoorden lager zijn dan in de bocht van Bath. Op basis van de uitgevoerde ontmoetingen tussen zeevaart kon niet vastgesteld worden dat de bocht van Walsoorden gemeden wordt als ontmoetingslocatie tussen zeevaart. Dit geldt wel voor de bocht van Bath, waar ontmoetingen tussen boeien 75 en 75A duidelijk gemeden worden.

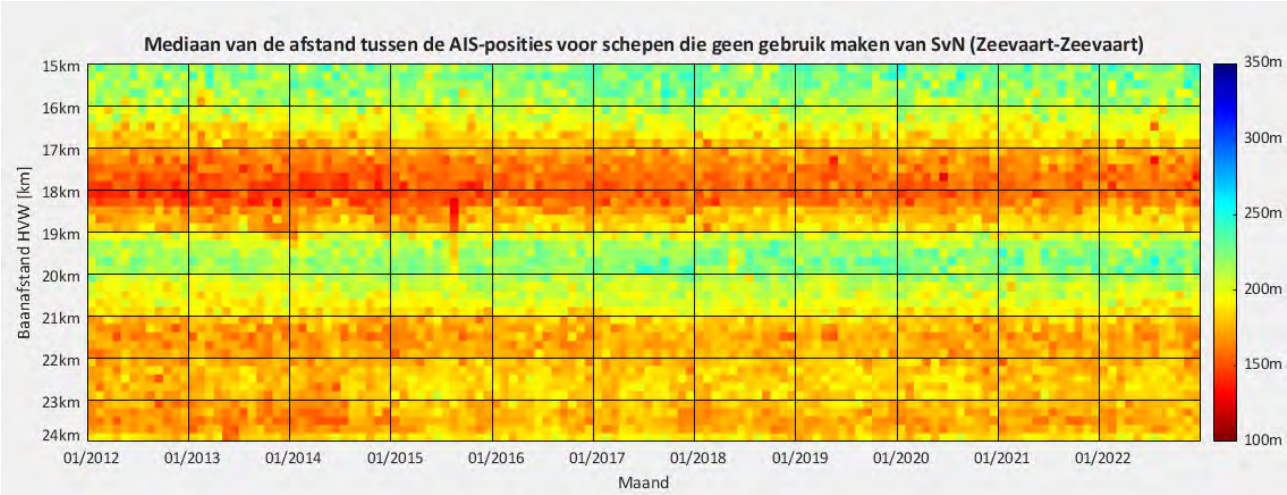
De passeerafstand tussen zeevaart kan beschouwd worden als een indicator voor de risico's voor scheepsontmoetingen waarbij kleine passeerafstanden overeenstemmen met hogere risico's. De analyse van passeerafstanden tussen zeevaart te Valkenisse en Bath illustreren het belangrijk hogere veiligheidsrisico dat gepaard gaat met ontmoetingen in de bocht van Bath vergeleken met de bocht van Walsoorden. De toegankelijkheid van de Schaar van de Noord teneinde het aantal ontmoetingen in de bocht van Bath te beperken heeft bijgevolg een veel hoger belang voor de nautische veiligheid dan de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse dit heeft voor de Bocht van Walsoorden.



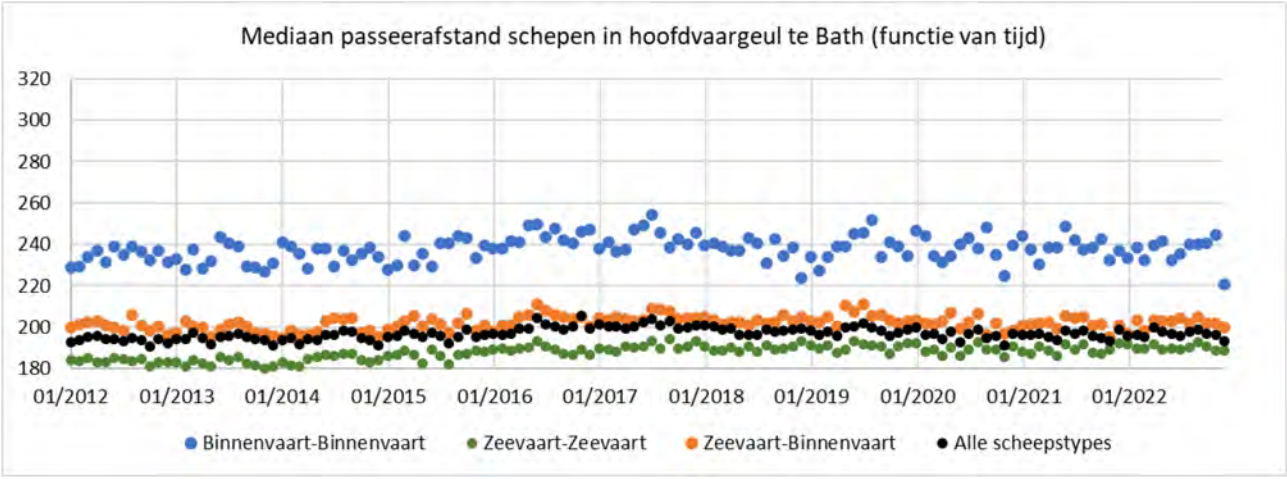
Figuur 111 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath voor alle scheepvaart



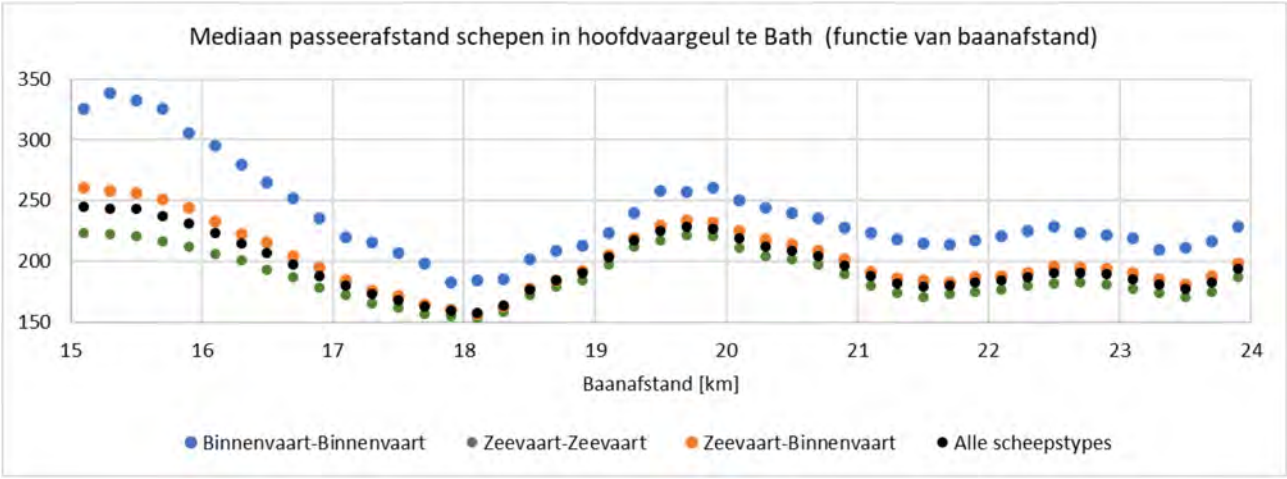
Figuur 112 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath voor ontmoetingen tussen binnenvaart en zeevaart



Figuur 113 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Bath voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling



Figuur 114 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand door schepen via de hoofvaargeul te Bath voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart



Figuur 115 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per sectie van 200 m door schepen via de hoofvaargeul te Bath voor verschillende combinaties van zeevaart en binnenvaart

5.6.5 Ontmoetingen zeevaart Westerschelde

Bovenstaande paragrafen tonen aan dat de gemiddelde passeerafstand bij zeevaartinteracties in combinatie tot het totale aantal zeevaartinteracties een goede maat zijn voor het veiligheidsniveau van ontmoetingen tussen zeevaart. Hoewel deze studie zich focust op de Schaar van Valkenisse en de onmiddellijke omgeving kan de gevoerde analyse ook uitgebreid worden naar de volledige Westerschelde.

In deze paragraaf wordt de methode uit §2.2.13 toegepast op verschillende sectoren langsheen de Westerschelde tussen de monding in Vlissingen en de locatie Ballastplaat. De posities langsheen de Westerschelde werden gedefinieerd op basis van de baanafstanden langsheen de midvaarwatercurve (zie Figuur 118). In Figuur 118 worden eveneens de passagelijnen weergegeven waartussen AIS-trajecten berekend werden volgens een gelijkaardige methode als gepresenteerd in §2.2.6 en de uitsluitingsgebieden voor havens zoals vermeld in §2.2.13.

De instellingen van de ontmoetingsberekeningen worden weergegeven in Tabel 6.

Samengevat werden op onderstaande wijze de ontmoetingen tussen zeeschepen langsheen het hoofdvaarwater bekomen:

- De trajecten tussen de opwaartse en afwaartse passagelijnen werden bekomen als de AIS-trajecten die binnen de 8 h de twee passagelijnen passeerden (methode in §2.2.6)
- De bekomen AIS-trajecten (op- en afvaart) worden gerefereerd naar de midvaarwatercurve (methode in §2.2.9)
- De trajecten die gepaard gaan met een gebruik van het hoofdvaarwater worden gedefinieerd door middel van een minimale afstand tot de midvaarwatercurve op een locatie waarvoor er een parallelle nevengeul beschikbaar is (zie “Criterium HVW” in Tabel 6).
- De trajecten via het hoofdvaarwater worden verwerkt tot ontmoetingen (aantal ontmoetingen en gemiddelde passeerafstanden) langs de midvaarwatercurve (methode in §2.2.13) waarbij ontmoetingen waarbij één van de schepen zich in de haven bevindt geweerd worden uit de analyse (zie “Uitsluiting Haven” in Tabel 6). Deze analyse werd enkel uitgevoerd voor interacties tussen zeevaart onderling.

Het resultaat van deze verwerking betreft de hittekaarten met het aantal ontmoetingen tussen zeevaart en de bijhorende gemiddelde passeerafstand. Voor de verschillende geïdentificeerde gebieden worden de ontmoetingen bepaald voor AIS-trajecten die voldoen aan de voorwaarden gepresenteerd in Figuren 126 tot 133. Voor de gebieden Valkenisse en Bath wordt verwezen naar de eerdere hoofstukken §5.6.1, §5.6.2, §5.6.3 en §5.6.4.

Om de reproduceerbaarheid van de methode aan te tonen werden de ontmoetingen tussen de baanafstanden 5 km en 7 km weergegeven voor zowel de gebieden Valkenisse als Hansweert.



Figuur 116 – Illustratie baanafstanden langsheen midvaarwatercurve (elke 5 km), passagelijnen voor analyse Westerschelde en uitsluitingsgebieden voor ontmoetingen te Walsoorden, Hansweert, Terneuzen-Braakman en Vlissingen-Sloehaven

Tabel 6 – Overzicht van instellingen voor de berekening van ontmoetingen voor trajecten via hoofdvaarwater Westerschelde

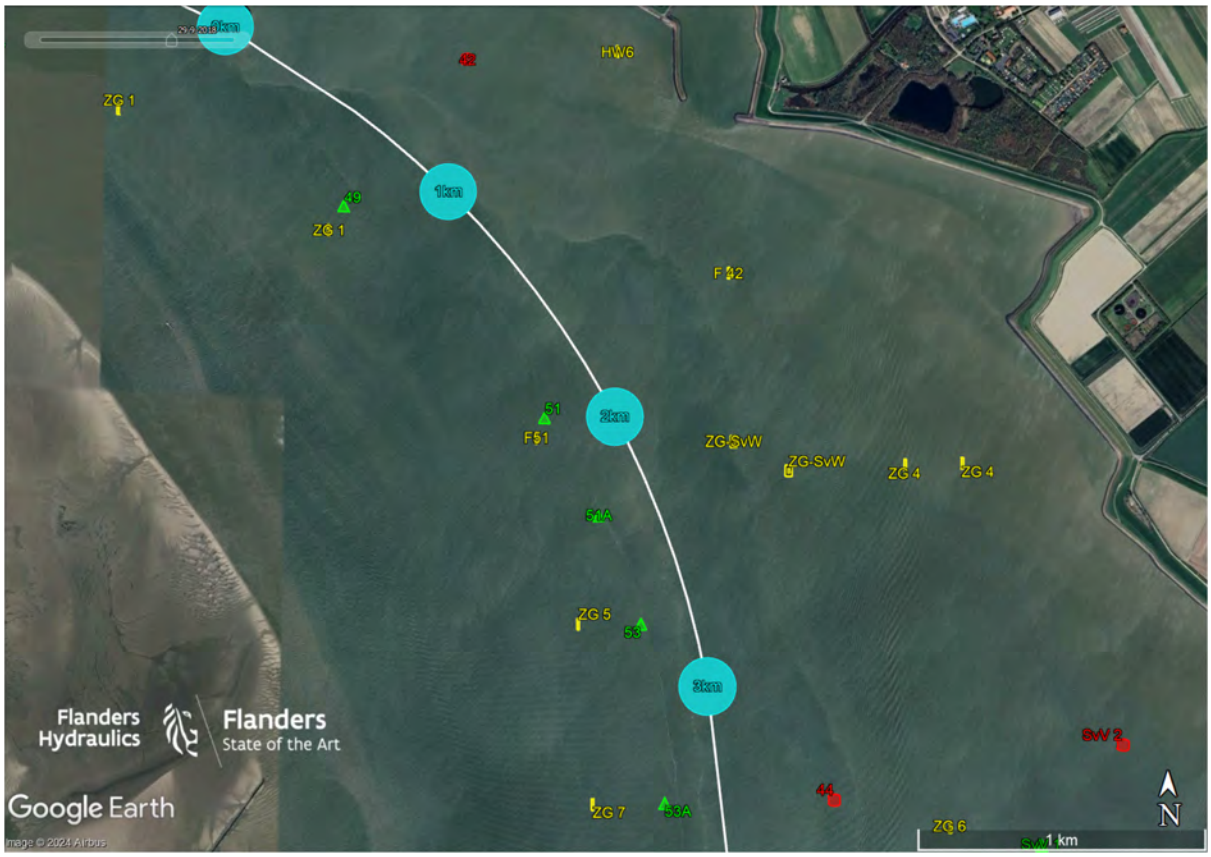
Gebied	Passagelijnen		Baanafstand [km]		Criterium HVW	Uitsluiting Haven
	Afw.	Opw.	Afw.	Opw.		
Vlissingen	Globaal Monding	Globaal Terneuzen	-41	-29	te Borssele binnen HVW (te -28 km dRef<500m)	Vlissingen + Sloehaven
Borssele	Globaal Monding	Globaal Terneuzen	-29	-19	te Borssele binnen HVW (te -28 km dRef<500m)	Braakman + Terneuzen
Terneuzen	HVW Pas van Terneuzen	Globaal Hansweert	-19	-3	te Overloop Hansweert binnen HVW (te -3 km dRef<1000m)	Braakman + Terneuzen
Hansweert	HVW Overloop Hansweert	Globaal Bath	-3	7	te Valkenisse binnen HVW (te +9km dRef<1000m)	Hansweert
Valkenisse	Globaal Hansweert	Globaal Bath	5	15	te Valkenisse binnen HVW (te +9km dRef<1000m)	Walsoorden
Bath	Globaal Baalhoek	Globaal Ballastplaat	15	24	te Bath binnen HVW (te +19km dRef<500m)	-

Hansweert

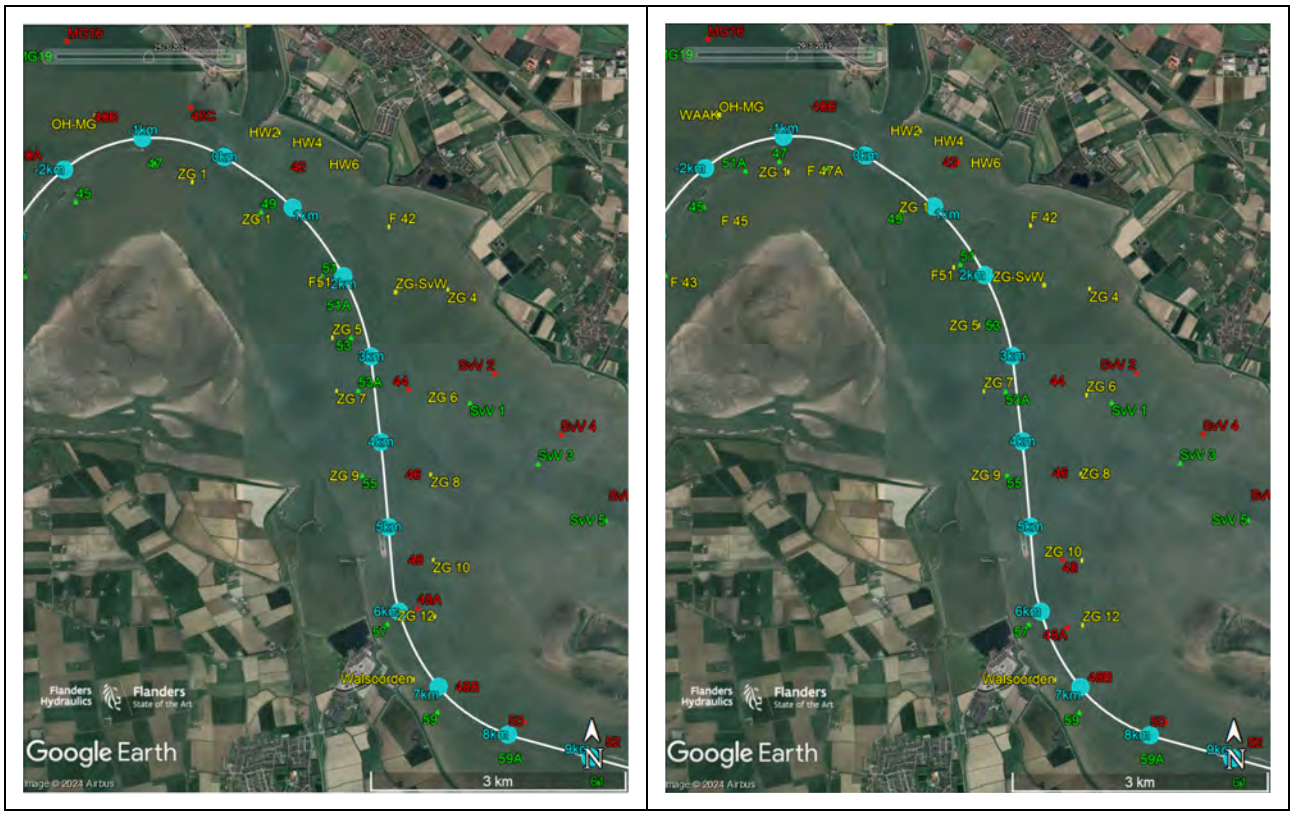
Ontmoetingen in de sector Hansweert worden gepresenteerd voor de baanafstanden -3km tot +7km en bevatten dus een overlap van 2 km met de resultaten die eerder gepresenteerd werden voor de sector Valkenisse. In de hittekaart voor het aantal ontmoetingen (Figuur 126) wordt er geen uitgesproken voorkeurslocatie waargenomen voor de ontmoetingen. De historische evolutie in het aantal ontmoetingen is gelijkaardig aan de evoluties die waargenomen werden voor de sector Valkenisse. Wanneer voor zeevaart en bovenmaatse zeevaart de ontmoetingslocaties voor de volledig onderzochte periode gepresenteerd worden (zie Figuur 121 en Figuur 122) dan blijkt hiervoor wel met name voor bovenmaatse schepen het aantal ontmoetingen te Walsoorden een minimum te vertonen. Deze resultaten voor Walsoorden werden eerder al besproken in §5.6.1.

Wanneer de gemiddelde passeerafstanden beschouwd worden dan blijkt er wel een belangrijke plaats- en tijdsafhankelijkheid. Zoals eerder opgemerkt bij de bespreking van de sector blijken de kortste passeerafstanden op te treden in de bocht van Walsoorden en vertonen deze in maart 2019 een verschuiving in de locatie ten gevolge van een aanpassing van de betonning. Figuur 127 toont aan dat ook tussen de baanafstanden 2 km en 3 km ontmoetingen gepaard gaan met kleinere passeerafstanden (tot september 2018) vergeleken met de andere zones. Deze afstanden zijn wel groter dan in de bocht van Walsoorden. De baanafstanden 2 km en 3 km stemmen overeen met de locatie van boei 51. Op deze locatie treedt vanaf september 2018 een belangrijke toename van de passeerafstanden op. Deze toename in passeerafstanden was het gevolg van een oostelijke verplaatsing (200 m) van de kardinaalboei ZG-SvW (zie Figuur 119) die als splitsingsboei geldt voor de rode boeienlijn. Het is duidelijk dat deze aanpassing een belangrijke invloed had op de vaartrajecten van de afvaart en een gunstige invloed had op de passeerafstanden tussen zeeschepen in de bocht van Hansweert.

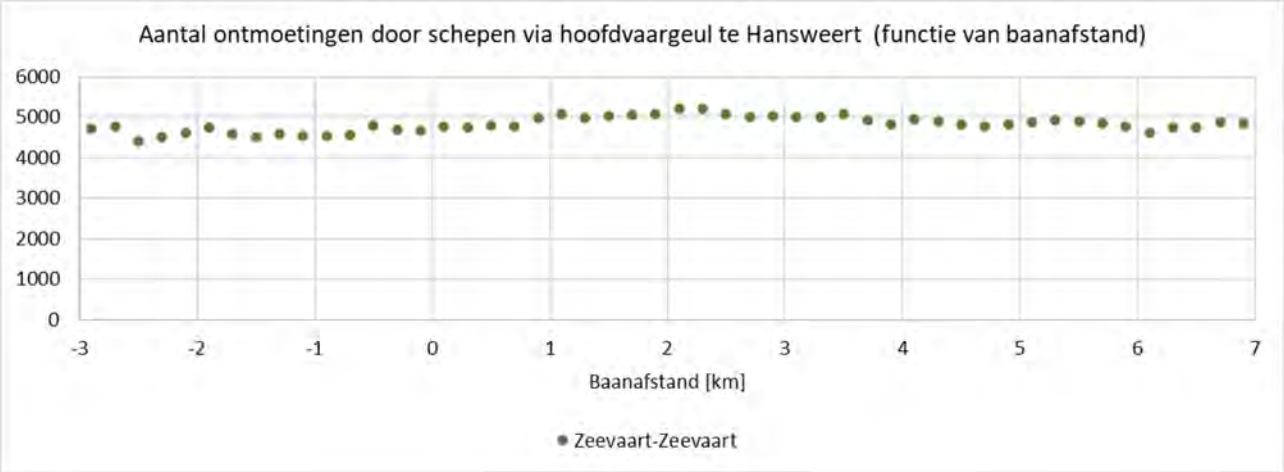
Zoals eerder vermeld trad er ook in maart 2019 een oostelijke verschuiving van de betonning van het Zuidergat op (zie Figuur 120). Ook deze aanpassing zorgde voor een toename van de passeerafstanden in het volledige gebied tussen baanafstanden 0 km en 5 km waarop deze betonwijziging betrekking had.



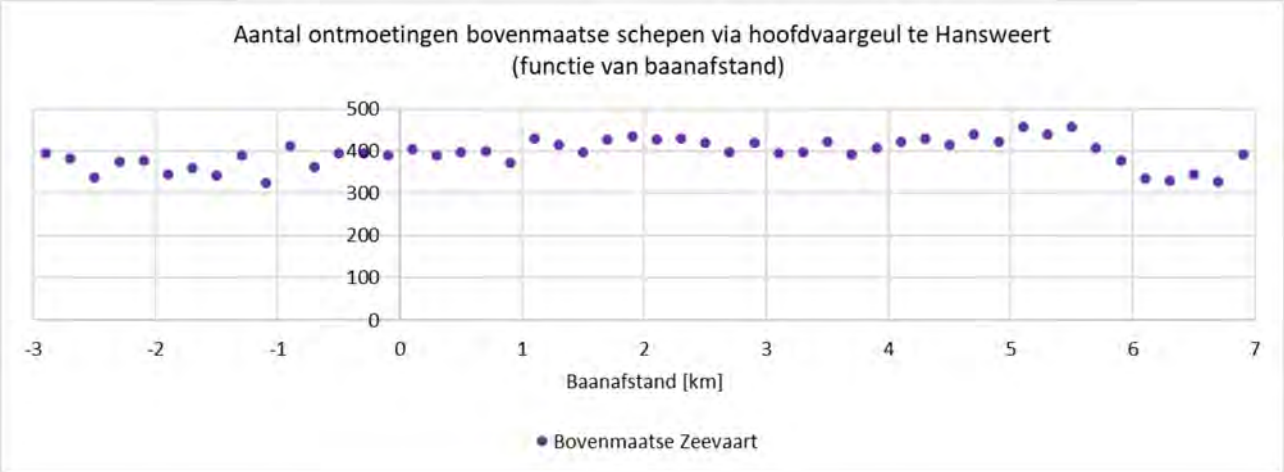
Figuur 117 – Oostelijke verplaatsing van de boeien ZG-SvW en ZG4 in september 2018



Figuur 118 – Oostelijke verplaatsing van de vaargeul van het zuidergat in maart 2019



Figuur 119 – Weergave van het aantal ontmoetingen per baanafstand door zeeschepen via de hoofvaargeul te Hansweert



Figuur 120 – Weergave van het aantal ontmoetingen per baanafstand door bovenmaatse zeeschepen via de hoofvaargeul te Hansweert

Terneuzen

Ook voor de meer afwaartse sectoren worden de hittekaarten voor de ontmoetingen tussen zeevaart weergegeven. Doordat er voor deze gebieden echter geen gedetailleerde verkeersanalyse of signalisatieanalyse uitgevoerd werd, konden de waargenomen evoluties op deze locaties niet steeds verklaard worden. De figuren worden voornamelijk toegevoegd om de meest kritische ontmoetingslocaties te identificeren doorheen de tijd en deze te vergelijken met de ontmoetingslocaties te Bocht van Walsoorden en Bocht van Bath die wel deel uitmaken van de scope van dit onderzoek.

In Figuur 128 wordt de hittekaart weergegeven voor het aantal ontmoetingen in de sector Terneuzen welke gedefinieerd werd tussen de baanafstanden -19 km en -3 km. De ontmoetingen vertonen geen uitgesproken voorkeur in locatie. De locatie heeft wel een grote impact op de ontmoetingsafstanden tussen zeevaart waarbij de kleinste afstanden geïdentificeerd worden ter hoogte van baanafstanden -13km en -18.5 km (Figuur 129). Deze laatste locatie bevindt zich ter hoogte van de toegang tot de West-Buitenhaven Terneuzen en gaat gepaard met de kleinste passeerafstanden in het hoofdvaarwater. De passeerafstanden in deze sector zijn wel steeds en overal groter dan waargenomen in de sectoren Valkenisse en Bath.

In de sector Terneuzen blijkt bovendien op sommige locaties een belangrijke tijdsevolutie in de passeerafstanden. Zo blijken er in de periode maart 2014 tot november 2014 opvallend kleinere passeerafstanden op te treden tussen de baanafstanden -9 km en -13.5 km. Aansluitend op deze periode blijken er tot maart 2016 dan weer grotere passeerafstanden op te treden tussen de baanafstanden -5 km tot -8 km. Vanaf maart 2016 blijken de passeerafstanden in deze sector relatief stabiel in functie van de tijd.

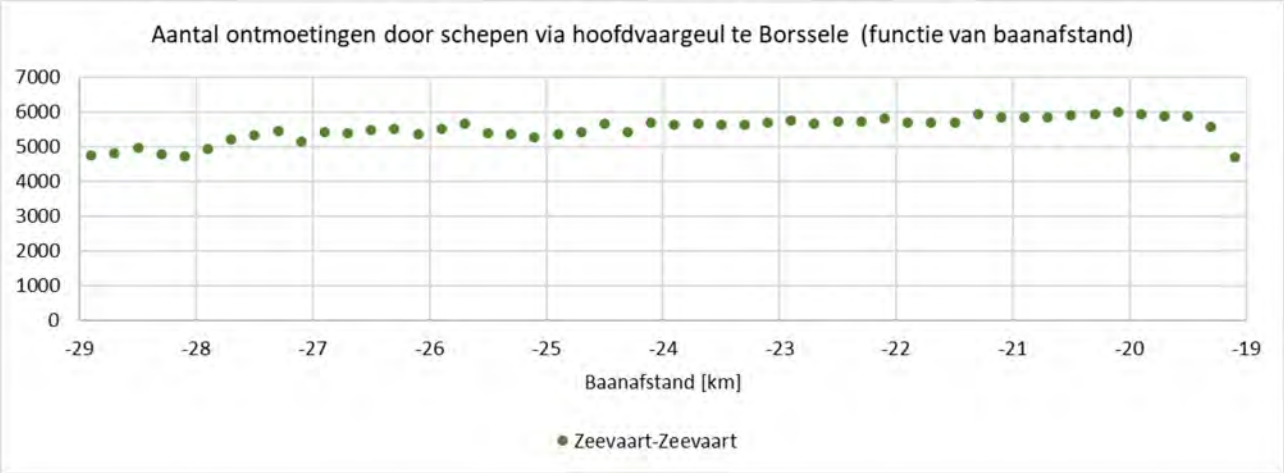
Borssele

De sector Borssele werd gedefinieerd tussen de baanafstanden -29 km en -19 km en stemt overeen met de zone tussen de Pas van Borssele en de haven van Terneuzen (exclusief). Door de ligging van de afwaartse passagelijn worden in deze analyse ook de schepen met bestemming Terneuzen opgenomen. Bijgevolg is het aantal ontmoetingen in deze sector gemiddeld groter dan in de meer opwaartse sectoren. De hittekaart met de ontmoetingen (Figuur 130) toont bovendien aan dat er minder ontmoetingen georganiseerd worden ter hoogte van Pas van Borssele vergeleken met de andere locaties langs de midvaarwatercurve (zie ook Figuur 123). Deze tendens is nog meer uitgesproken wanneer enkel de bovenmaatse zeeschepen beschouwd worden (zie Figuur 124).

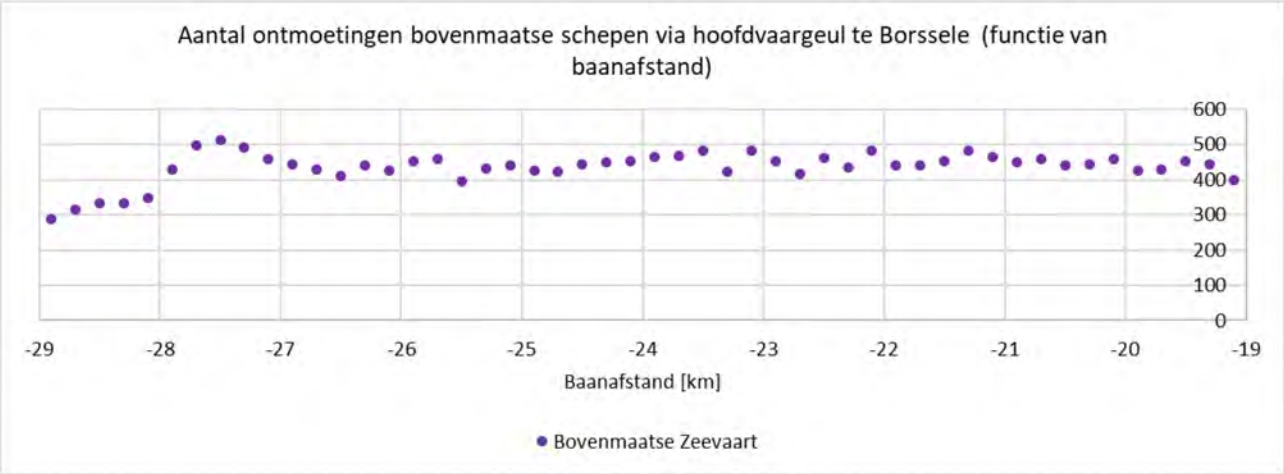
Ook in functie van tijd is er voor deze locatie een duidelijke daling in de tijd van het aantal ontmoetingen van schepen die via de Pas van Borssele varen (zie Figuur 125). Op basis van het gevoerde onderzoek kon er geen verklaring gevonden worden voor deze dalende tendens. Mogelijks wordt deze verklaard door een toenemend aantal zeeschepen dat gebruik maakt van andere vaarroutes dan via de Pas van Borssele (dus via de nevengeul Everingen).

Wanneer de passeerafstanden in de sector Borssele onderzocht worden (Figuur 131) dan blijkt de passage van Pas van Borssele hier als hotspot uit te springen. Om passeerafstanden te Pas van Borssele te relateren aan andere locaties kan opgemerkt worden dat deze passeerafstanden gemiddeld groter zijn dan in de bocht van Bath, maar kleiner zijn dan te Baalhoek. De passeerafstanden te Borssele stemmen relatief goed overeen met de passeerafstanden waargenomen te Pas van Rilland (zie §5.6.4) hoewel de scheepssnelheden op beide locaties wel belangrijk zullen verschillen.

Uit de passeerafstanden in Figuur 131 blijkt bovendien een belangrijke afname in de passeerafstanden te Pas van Borssele vanaf januari 2018. Er wordt aangenomen dat deze veroorzaakt werd door een lokale versmalling van de betonning van de vaargeul.



Figuur 121 – Weergave van het aantal ontmoetingen per baanafstand door zeeschepen via de hoofvaargeul te Borssele



Figuur 122 – Weergave van het aantal ontmoetingen per baanafstand door bovenmaatse zeeschepen via de hoofvaargeul te Borssele



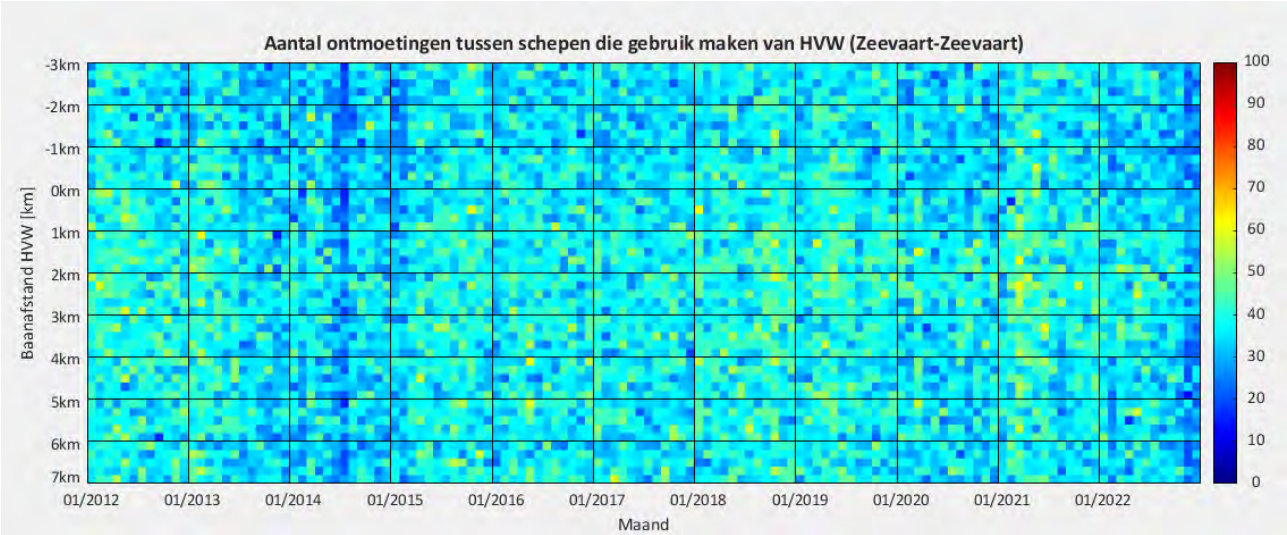
Figuur 123 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand door zeeschepen via de hoofvaargeul te Borssele

Vlissingen

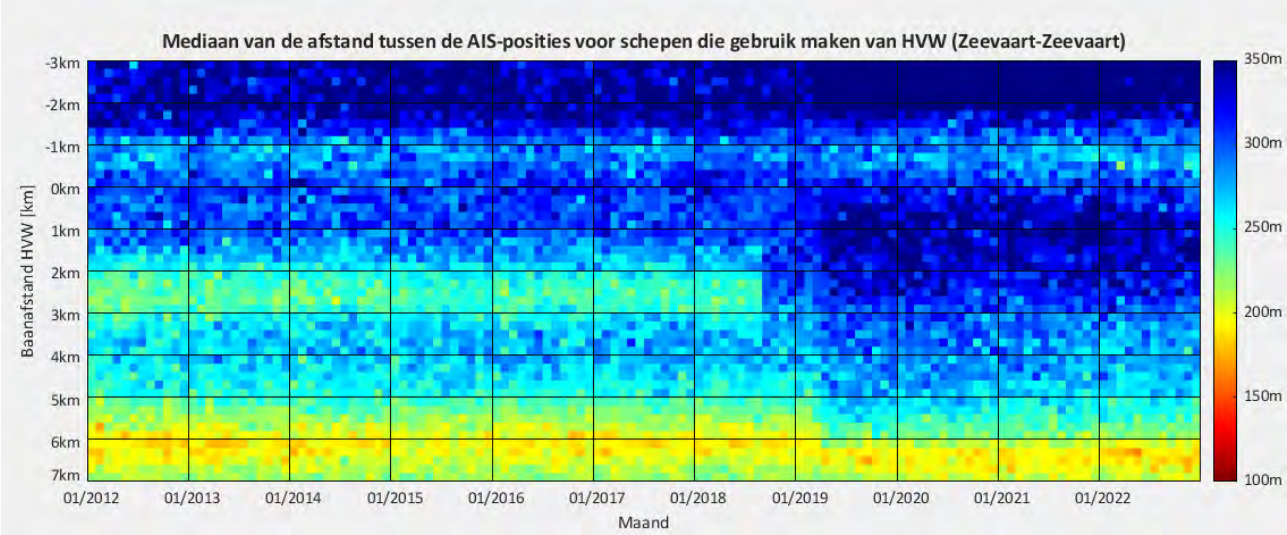
De sector Vlissingen stemt overeen met het meest afwaartse deel van de Westerschelde tussen de Pas van Borssele en de Scheldemonding.

In deze sector blijkt een groot aantal ontmoetingen (Figuur 132) plaats te vinden ter hoogte van de monding waar de loodswissel plaatsvindt en schepen dus aan lage snelheid varen (en bijgevolg langer verblijven en meer ontmoetingen realiseren). Ook voor deze sector blijkt een dalende trend in het aantal ontmoetingen doorheen de jaren. Opnieuw zou dit verklaard kunnen worden doordat in de hittekaarten enkel de trajecten weergeven worden die via de Pas van Borssele passeren en dat dit aandeel doorheen de jaren afnam doordat de nevengeul Everingen intensiever gebruikt werd door zeevaart (dit is een aanname en dient gestaafd te worden door specifiek onderzoek naar het gebruik van de nevengeulen in dit gebied).

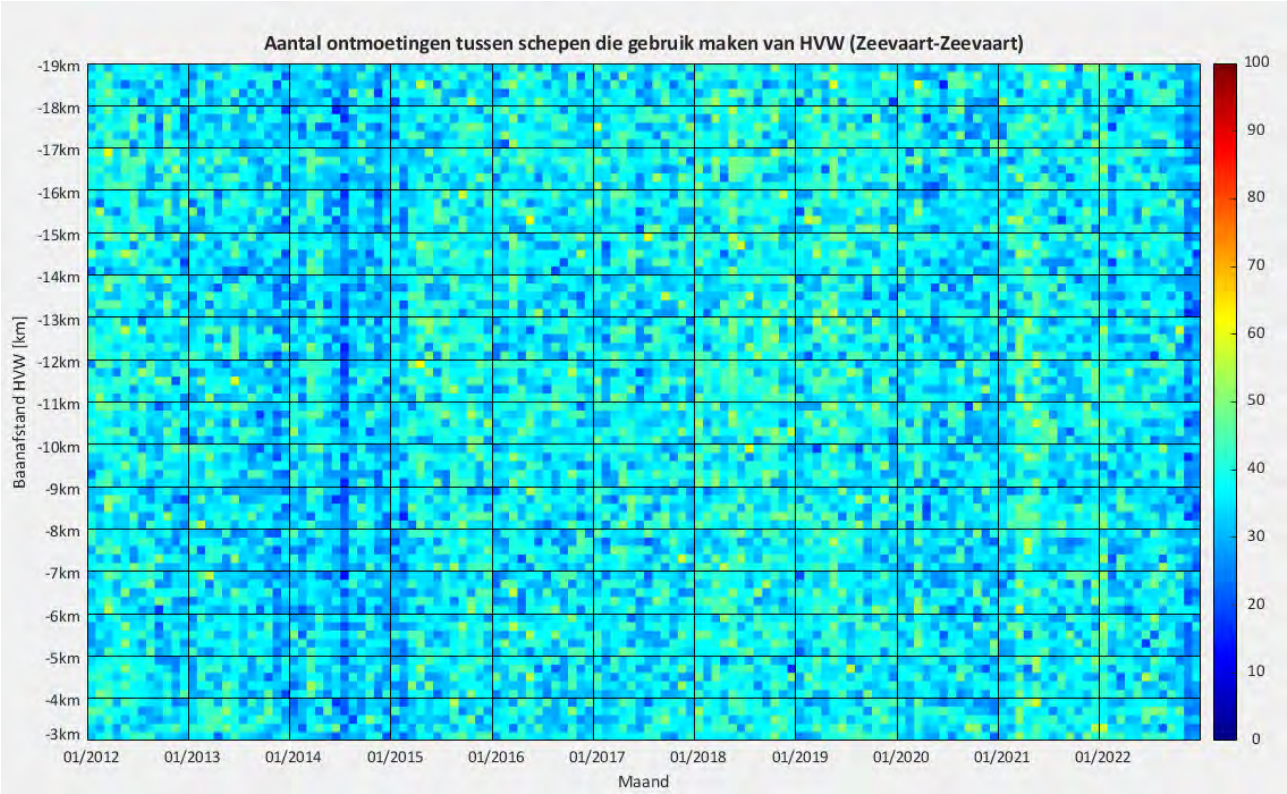
Figuur 133 toont aan dat de ontmoetingen in de sector Vlissingen (met uitzondering van de eerder besproken Pas van Borssele) gepaard gaan met (erg) ruime passeerafstanden.



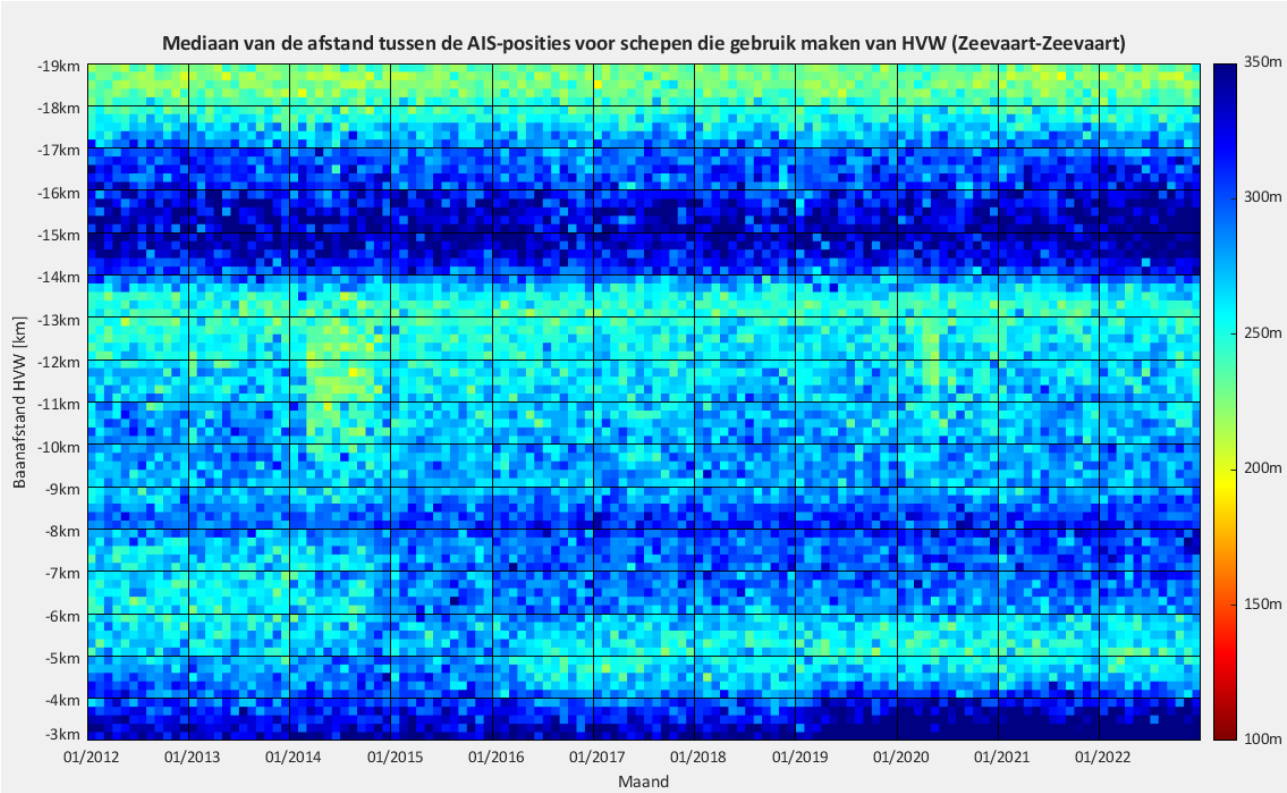
Figuur 124 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Hansweert tussen zeevaart onderling



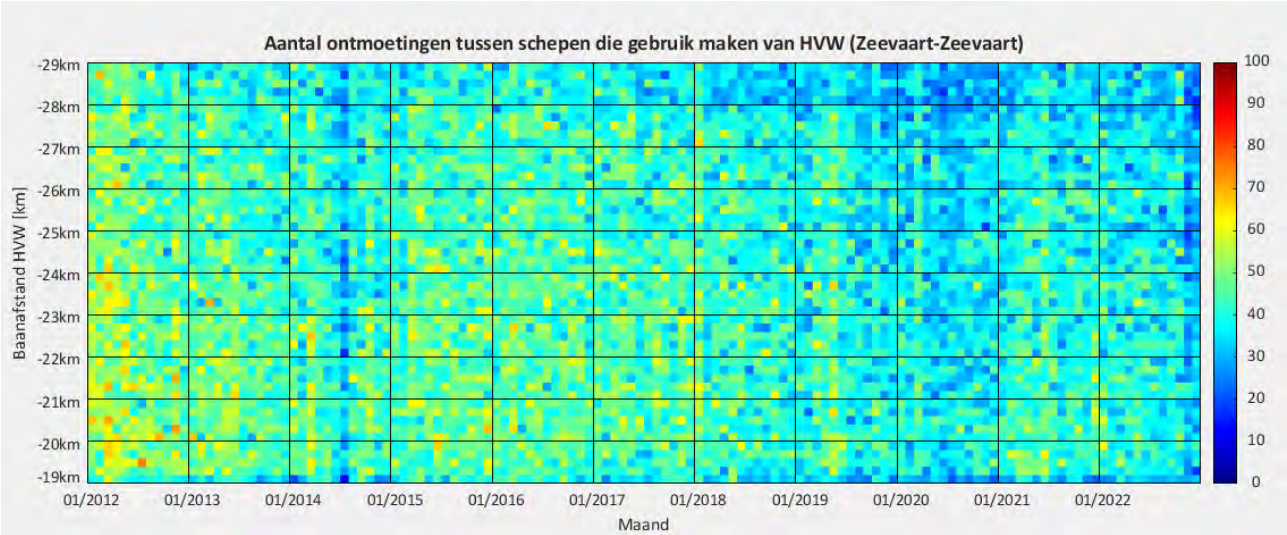
Figuur 125 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Hansweert voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling



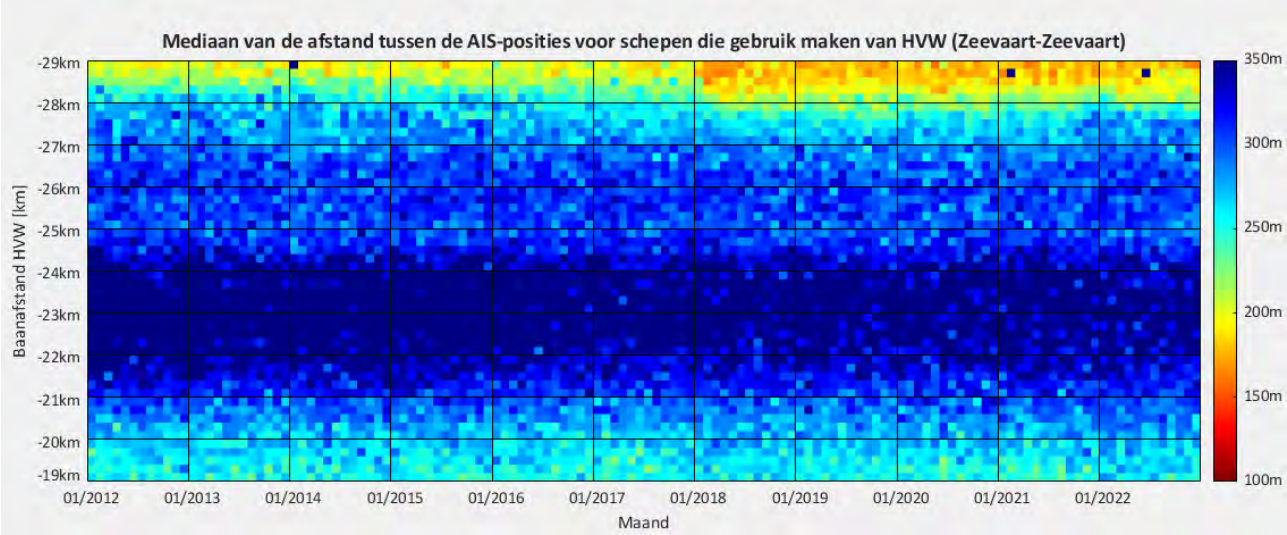
Figuur 126 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Terneuzen tussen zeevaart onderling



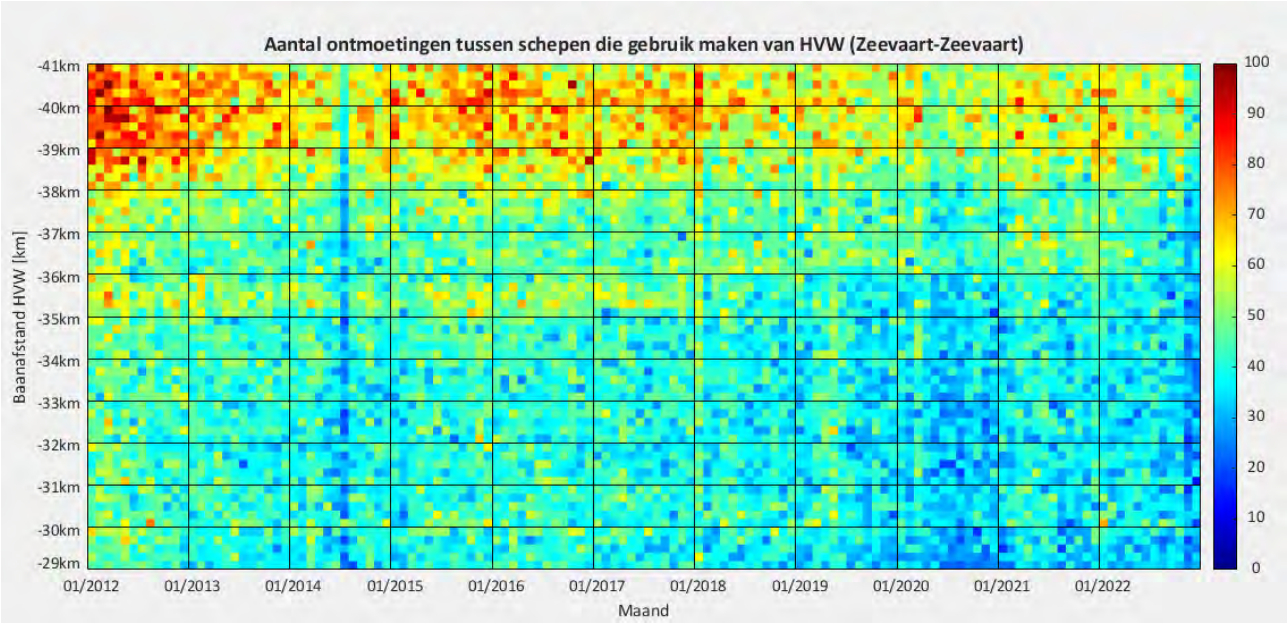
Figuur 127 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Terneuzen voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling



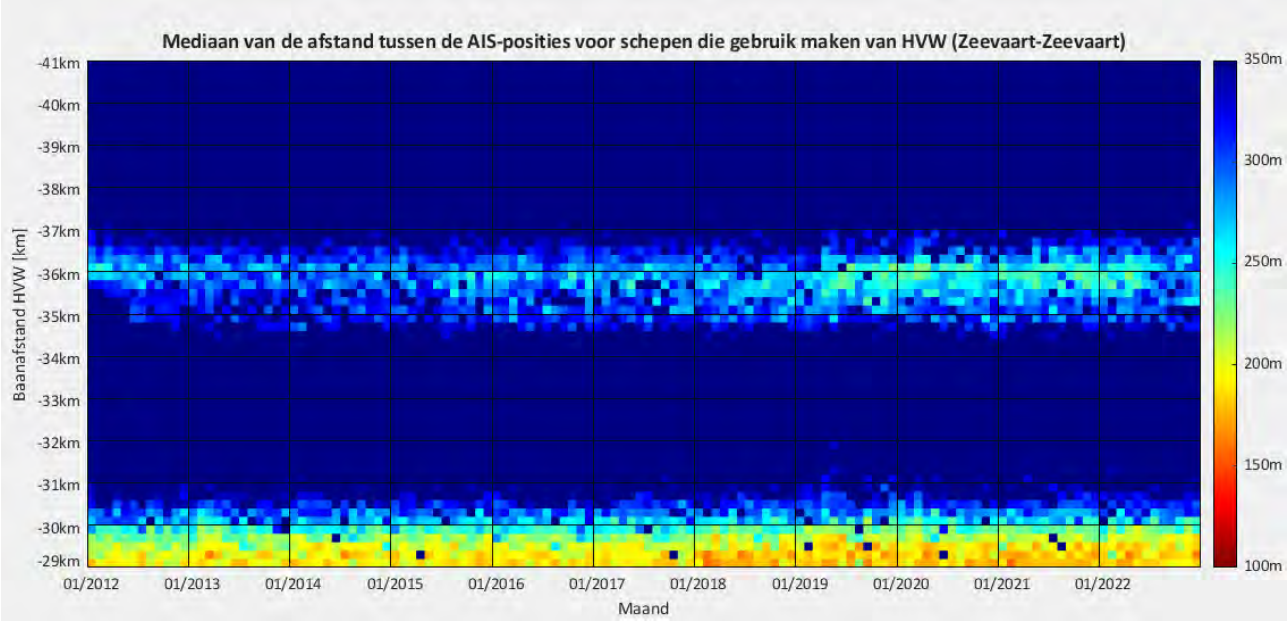
Figuur 128 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Borssele tussen zeevaart onderling



Figuur 129 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Borssele voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling



Figuur 130 – Weergave van het aantal ontmoetingen per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Vlissingen tussen zeevaart onderling



Figuur 131 – Weergave van de mediaan van de passeerafstand per maand en per sectie van 200 m in de hoofdvaargeul te Vlissingen voor ontmoetingen tussen zeevaart onderling

6 Analyse van incidenten

Om een overzicht te bekomen van de incidenten in het projectgebied werden alle incidenten uit de IVS databank opgevraagd voor de periode 2010 – 2022. Het betreft een totaal van 4253 incidenten die in een Excel-formaat aangeleverd werden (Incidenten R001017 v2.xlsx). De incidenten worden beschreven door middel van verschillende datavelden waarvan onderstaande de belangrijkste informatie bevatten:

- ongevalsnr: een unieke identificatie van het incident;
- tijddatum ongeval: tijdstip van het ongeval uitgedrukt in UTC;
- omschrijving: beknopte omschrijving van het incident;
- details: gedetailleerde beschrijving van het incident;
- schade: beschrijving van de eventuele schade die gepaard ging met het incident;
- incidentType: beschrijving van het type incident;
- GeoBlock: GeoBlock waarin het incident plaats vond (deze info is vaak onbekend);
- GeoRegion: centrale waar het incident plaats vond;
- plaats: plaatsbeschrijving van het incident (niet gestandaardiseerd en niet steeds ingevuld);
- latitude, longitude: coördinaten van het incident (onbekend voor het grootste deel van de incidenten);
- source: centrale waar het incident geregistreerd werd.

Op basis van de beschikbare gegevens over de aard en locatie van de incidenten werd een manuele selectie uitgevoerd van de incidenten die relevant geacht werden voor de interacties ter hoogte van de Schaar van Valkenisse.

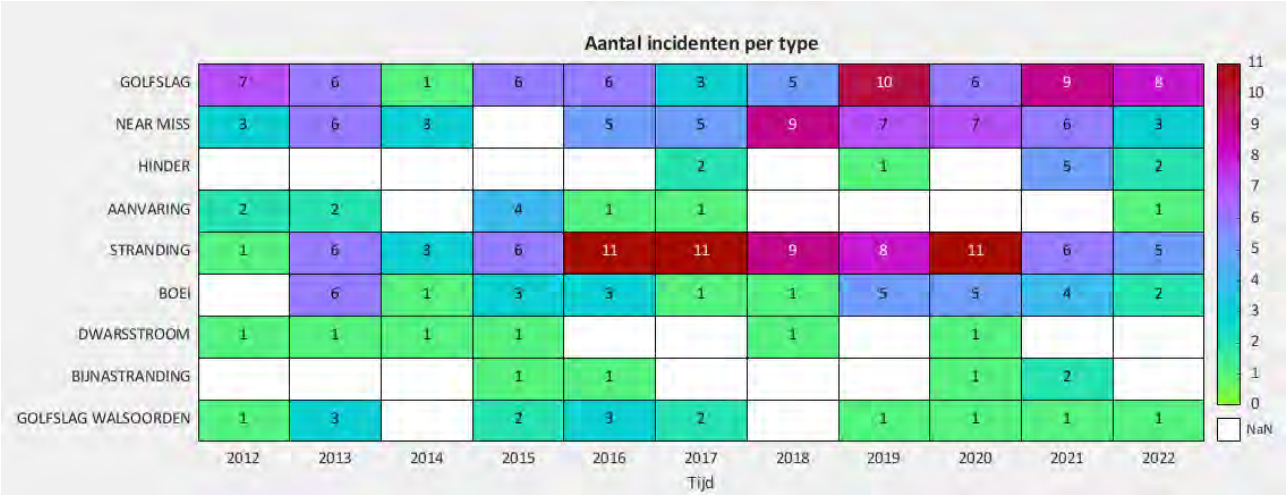
Hierbij werden onderstaande incidenttypes onderscheiden:

- Golfslag: Onderstaande incidenten met betrekking tot golfslag of zuiging werden weerhouden:
    - Hinder tussen twee varende schepen ten gevolge van golfslag en zuiging in het ruimere projectgebied tussen Overloop Hansweert en Pas van Rilland.
    - Hinderlijke golfslag voor de haven van Walsoorden onder invloed van passerende zeevaart.
- Aanvaring: Incident waarbij contact optrad tussen twee schepen
- Near-miss: Bijna aanvaring tussen twee schepen die gepaard ging met een korte passeerafstand of waarvan uit de beschrijving van het incident blijkt dat er uitzonderlijke maatregelen nodig waren (zoals maximale roerhoek of groen-groen passeren).
- Hinder: Hinderlijke beweging van één schip ten opzichte van een ander schip die niet gepaard gaat met golfslag en niet bestempeld kan worden als een near-miss.
- Dwarsstroom: gerapporteerde incidenten van zeevaart die problemen ervaart met dwarsstroom ten gevolge van giertij in het Zuidergat / Ossenisse. Voor deze incidenten werden locatie en tijdstip geselecteerd op basis van de grootste trajectafwijking die waargenomen kon worden ter hoogte van het giertij.
- Stranding of bijnastranding: incident waarbij een schip strand of contact maakt met de bodem. Tijdstip wordt geselecteerd als het begin van de stranding.
- Boei: incident waarbij een boei aangevaren wordt.

Meerdere incidenten in de IVS-databank gaan gepaard met een black-out van de machine of stuurinrichting van de schepen. Deze incidenten werden enkel weerhouden indien deze aanleiding gaven tot één van bovenstaande incidenttypes. Ook incidenten met betrekking tot hinderlijke golfslag ervaren door schepen binnen de voorhaven van Hansweert (of de sluizen) werden niet weerhouden.

6.1 Selectie van relevante incidenten

De incidenten die voldoen aan bovenstaande incidenttypes werden manueel geselecteerd uit de totale database van 4253 incidenten. Een totaal van 277 incidenten werd hierbij weerhouden. De spreiding van de geselecteerde incidenten over de verschillende incidenttypes wordt weergegeven in Figuur 134. Het grootste aantal incidenten stemt overeen met de incidenttypes stranding, golfslag en near-miss.



Figuur 132 – Historisch overzicht van het aantal geselecteerde incidenten met relatie tot Valkenisse per incidenttype per jaar

Voor elk van de geselecteerde incidenten werd op basis van het in de IVS-databank gedefinieerde tijdstip en de beschikbare locatie-informatie een AIS-animatie gegeneerd van het verkeersbeeld omstreeks het incident. Op basis van deze analyse werd (voor zover beschikbaar) onderstaande informatie toegevoegd aan de incidenten:

- Het mmsi-nr van het eerste schip betrokken bij het incident
- Het mmsi-nr van het tweede schip betrokken bij het incident (indien het een incidentstype betreft dat gepaard gaat met twee schepen).
- Voor de incidenttypes stranding, boei, aanvaring en dwarsstroom werd het tijdstip van het begin van het incident bijgehouden
- Voor de incidenttypes golfslag, near-miss en hinder werden een tijdstip voor en na het incident bijgehouden.

Indien bovenstaande informatie beschikbaar was, dan liet deze toe om het tijdstip en de locatie van het incident geautomatiseerd op te halen uit de AIS-gegevens. Voor meerdere incidenten waarbij pleziervaart betrokken was (en zeker in de eerste jaren van de analyse) waren er voor pleziervaart geen AIS-data beschikbaar. Voor deze incidenten werd de locatie van het incident manueel ingegeven op basis van de beschrijving van het incident. Voor de incidenten golfslag, near-miss en hinder werden het tijdstip en de locatie bepaald waarvoor de afstand tussen de twee betrokken schepen minimaal was. De locatie werd gedefinieerd als de locatie van het eerste schip. Het eerste schip werd steeds geselecteerd als het zeeschip in geval van een interactie tussen een zeeschip en een ander schip.

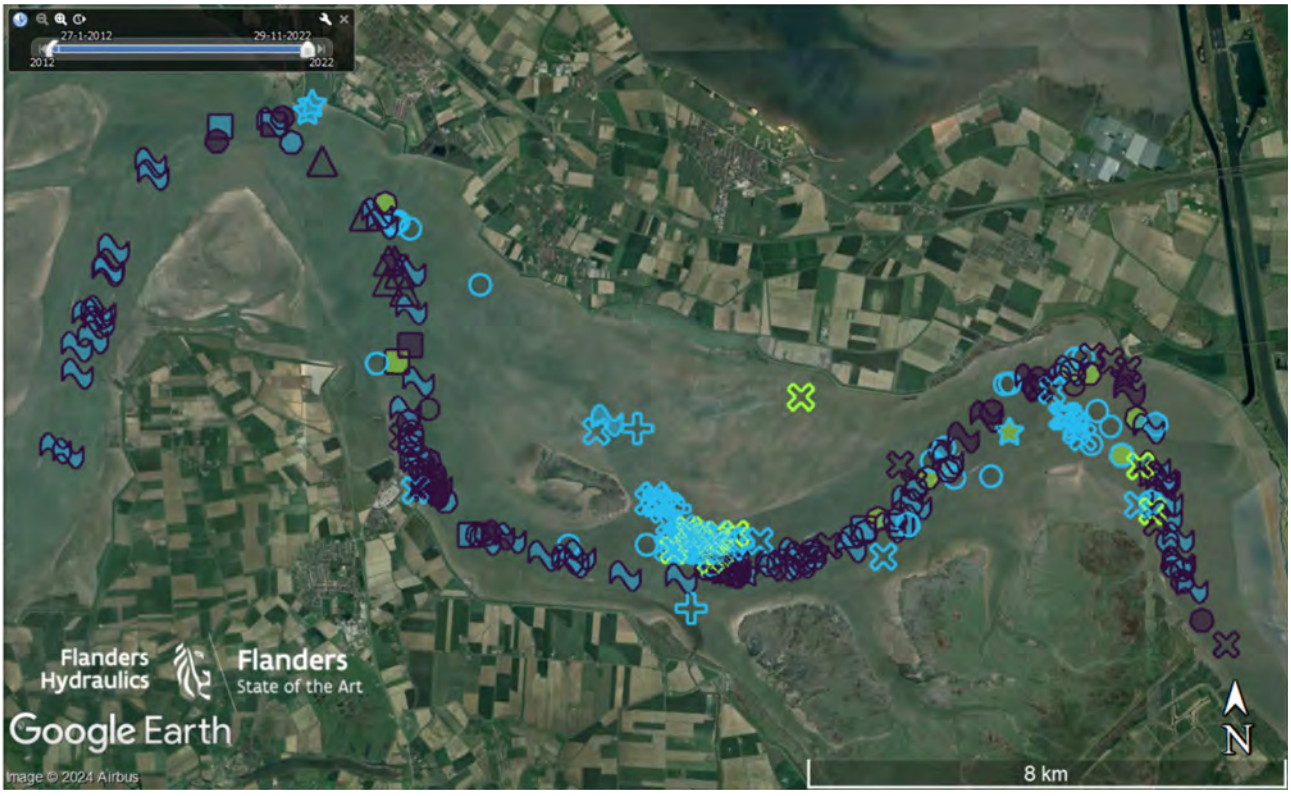
Op deze manier kon aan elk incident een tijdstip en een locatie toegekend worden en kon elk incident grafisch weergegeven worden. Hiervoor werd een verschillend symbool toegepast voor elk incidenttype:

- golfslag: golfje;
- near-miss: zevenhoek;
- hinder: vierkant;
- aanvaring: ster;
- stranding: kruis;
- boei: cirkel;
- dwarsstroom: driehoek;
- bijnastranding: plus;

De kleuren van de symbolen werden bepaald door de betrokken scheepstypes volgens de legende die ook toegepast werd in Figuur 69 en waarbij zeevaart in donkerblauw; binnenvaart in lichtblauw en pleziervaart in groen weergegeven wordt. De kleur van schip 1 werd toegekend aan de rand van het getekende symbool en de kleur van schip 2 werd toegepast om het symbool in te kleuren. Indien er maar één schip betrokken was bij het incident dan wordt het symbool niet ingekleurd.

Het resultaat van de hierboven beschreven visualisatie wordt weergegeven in Figuur 135. Het bijhorende kmz-bestand is ook digitaal toegevoegd aan dit rapport (zie Bijlage 3).

In de volgende hoofdstukken zal een meer gedetailleerde beschrijving van de incidenten per incidentstype gegeven worden.



Figuur 133 – Geografische spreiding van de geselecteerde incidenten per incidenttype (symbool) ingekleurd volgens de betrokken scheepstypes

6.2 Analyse van de geselecteerde incidenten

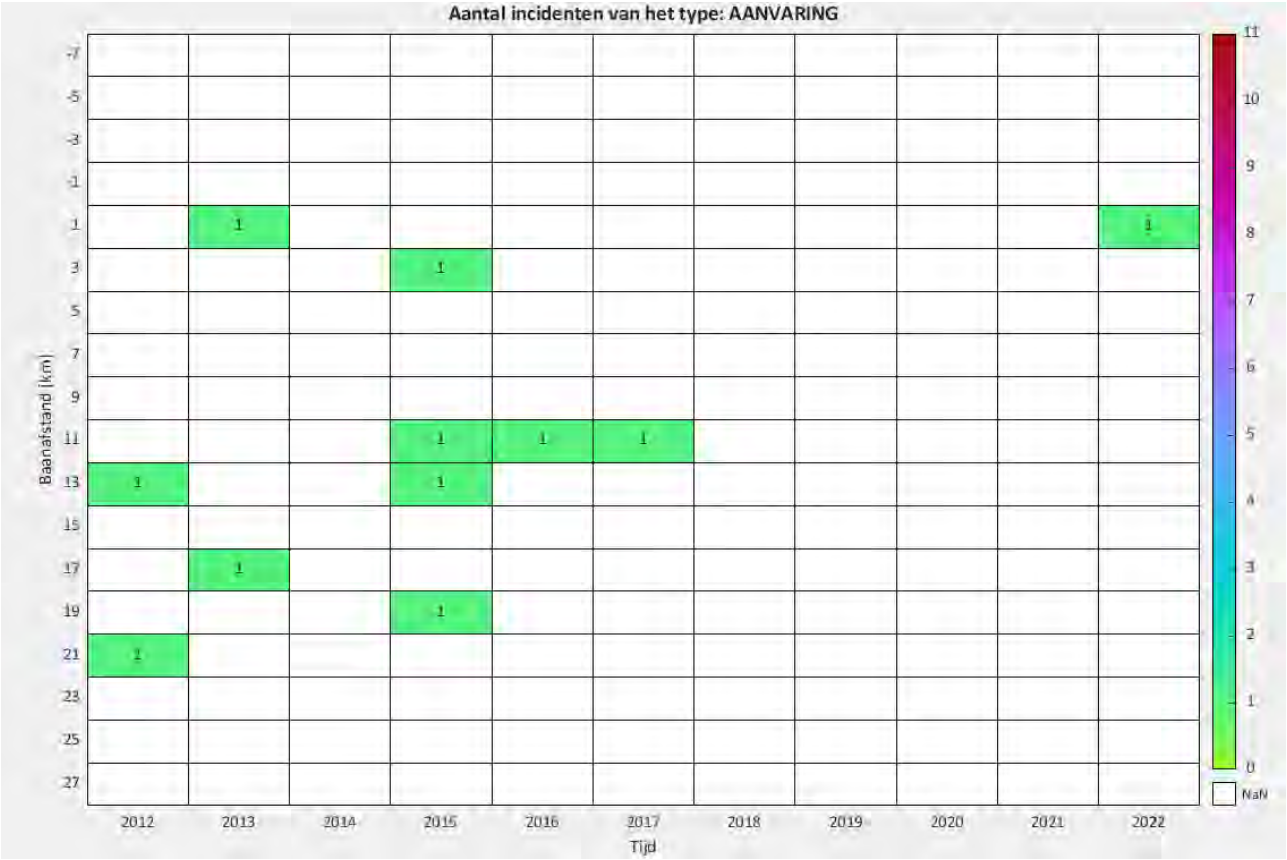
Voor de geselecteerde incidenten en de bijhorende geïdentificeerde schepen werd een geautomatiseerde verwerking uitgevoerd waarbij onderstaande parameters bepaald werden:

- De scheepseigenschappen op basis van AIS-gegevens;
- De tijconditie te Baalhoek op basis van het tijdstip van het incident;
- De waterdiepte ter hoogte van de betrokken schepen op het tijdstip van het incident;
- Voor de incidenttypes near-miss, golfslag en hinder onderstaande informatie voor het tijdstip waarop de schepen zich het dichtst bij elkaar bevonden:
    - De snelheid over de grond van beide schepen;
    - De snelheid door het water van beide schepen;
    - De minimale afstand tussen de contouren van beide schepen.

6.3 Aanvaringen

Een eerste type van incidenten dat meer in detail geanalyseerd werd betroffen de aanvaringen. Een gecombineerde weergave van de tijdsevolutie en de locatie van voorkomen wordt aangeboden op basis van een hittekaart-voorstelling waarbij het aantal incidenten per sectie van 2000 m en per jaar weergegeven worden. De vaarwegsecties met lengte 2000 m werden gedefinieerd op basis van de baanafstanden langsheen de midvaarwater curve (zie Figuur 137) voor de baanafstanden tussen -6 km en +26 km.

Er werden 11 incidenten gerapporteerd die gepaard gingen met een aanvaring tussen twee schepen. 10 van deze aanvaringen werden gerapporteerd in de periode 2012 tot 2018. Sinds 2018 werd er slechts één aanvaring gerapporteerd. Dit betrof een aanvaring tussen twee binnenschepen in de aanloop naar de haven van Hansweert. De geografische spreiding van de aanvaringen wordt weergegeven in Figuur 137. Hieruit blijkt dat 6 aanvaringen zich voordeden ter hoogte van de Schaar van Valkenisse of Schaar van Waarde (of aan de aansluiting van de nevengeul op de hoofdvaargeul). Twee van deze aanvaringen vonden plaats tussen twee zeeschepen, twee tussen een zeeschip en een binnenschip, één tussen twee binnenschepen en één tussen een binnenschip en een plezierschip. Deze laatste vond in 2016 plaats in de Schaar van Valkenisse.



Figuur 134 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van het aantal aanvaringen in het projectgebied

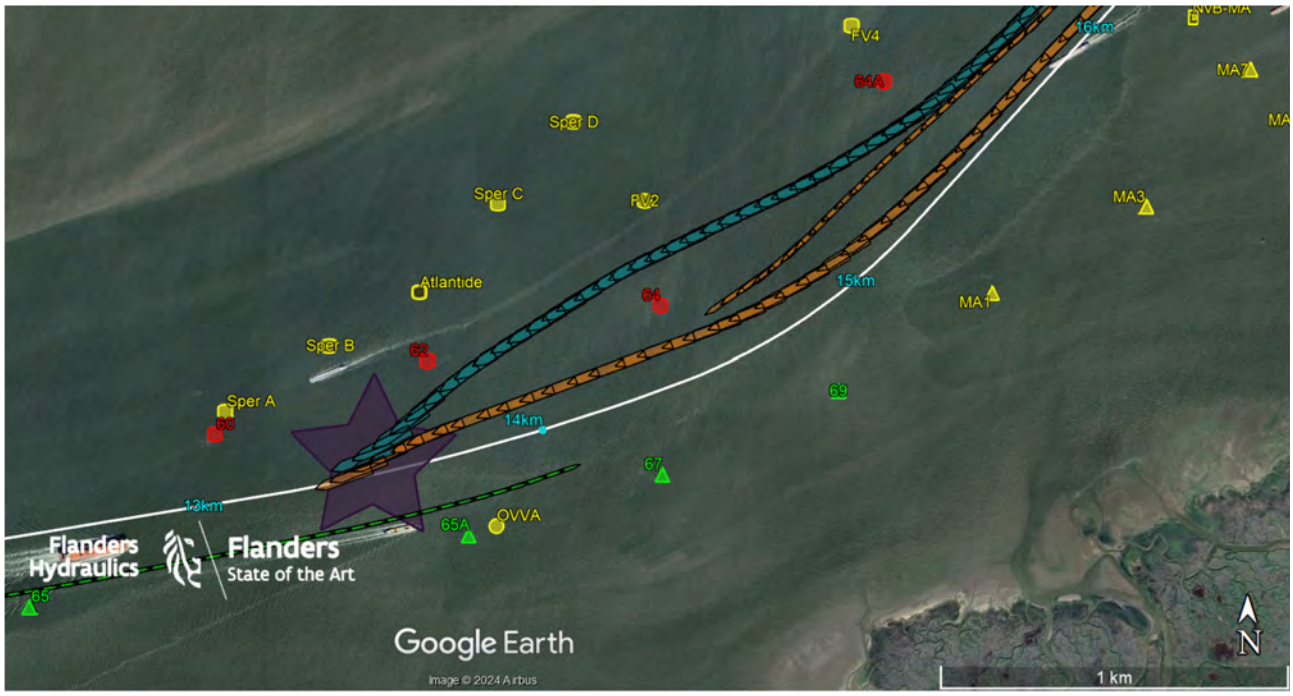


Figuur 135 – Geografische spreiding van de geselecteerde aanvaringen ingekleurd volgens de betrokken scheepstypes

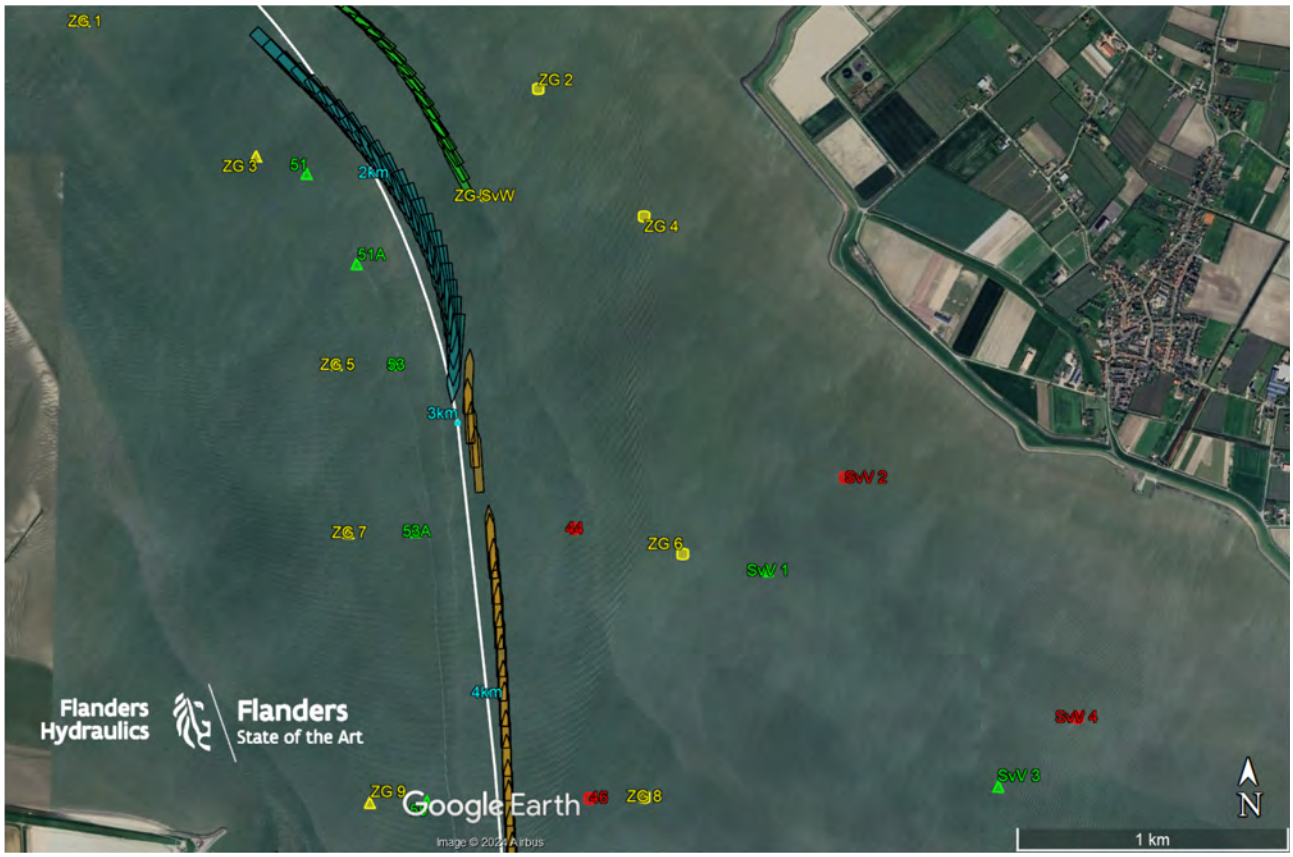
6.3.1 Aanvaringen tussen zeevaart en zeevaart

Een eerste aanvaring tussen twee zeeschepen vond plaats in november 2012. De vaarbaanplots van de betrokken schepen voorafgaand aan de aanvaring worden weergegeven in Figuur 138. In november 2012 was de Schaar van Valkenisse nog niet in gebruik. De aanvaring tussen de twee zeeschepen bleek het gevolg van belangrijke interactiekrachten tijdens een oploopmanoeuvre waarbij het buitenste schip buiten de rode boeienlijn gedrukt werd en vervolgens bij het terug inkomen van de vaargeul aangezogen werd naar het andere zeeschip waarbij beide schepen met elkaar in contact kwamen. Er waren bij dit incident geen andere schepen betrokken (waardoor aangenomen wordt dat dit incident niet beïnvloed wordt door de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse).

Een tweede incident betrof een aanvaring tussen een opvarend en een afvarend zeeschip in februari 2015 (Figuur 139) waarbij beide schepen elkaar schampten. Ook hier waren er geen andere schepen betrokken bij de aanvaring. De aanvaring trad op bij de getijconditie 30 min na HW. Hierdoor wordt vermoed dat de aanvaring deels het gevolg is van giertij waardoor het afvarende schip naar het midden van de vaargeul verzet werd. Het incident maakt hiervan echter geen melding.



Figuur 136 – Aanvaring in november 2012 tussen twee zeeschepen ter hoogte van boei 65A

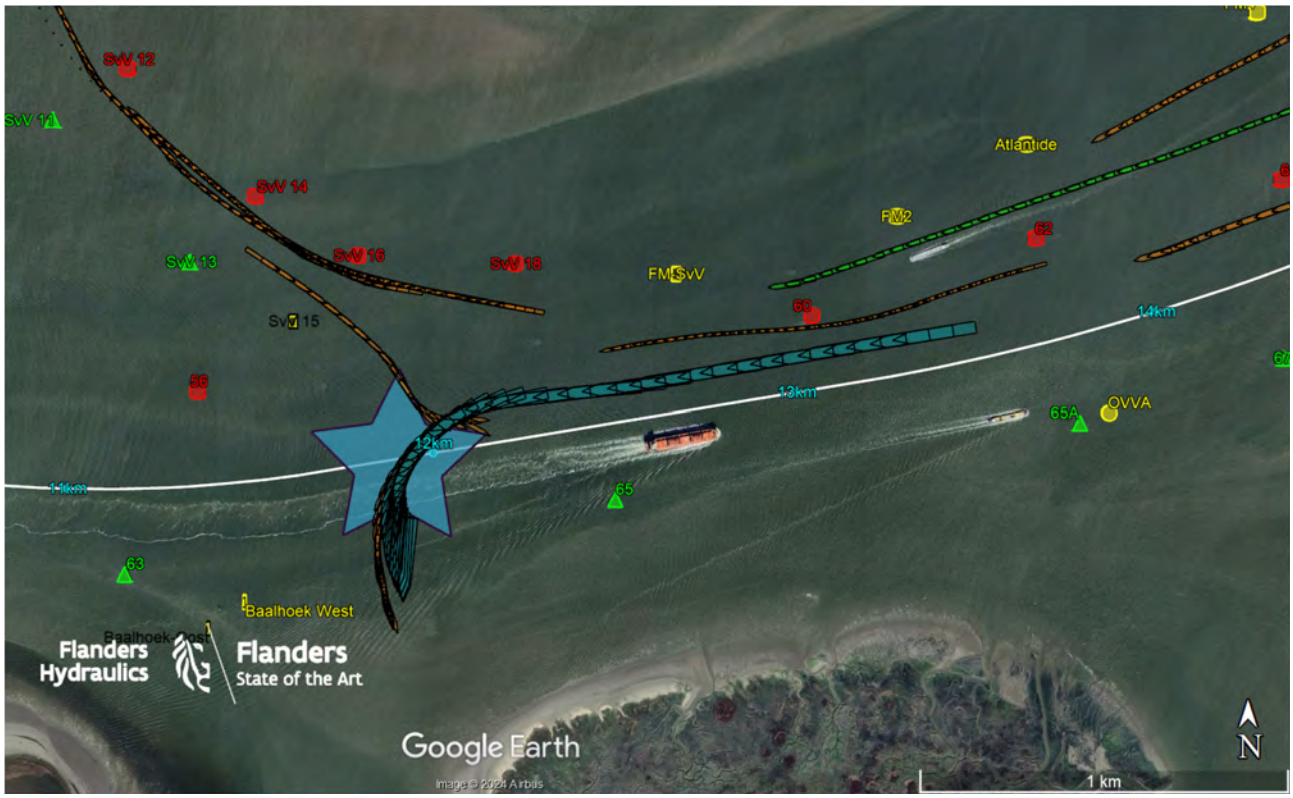


Figuur 137 –Aanvaring tussen twee zeeschepen ter hoogte van boei 53 in februari 2015

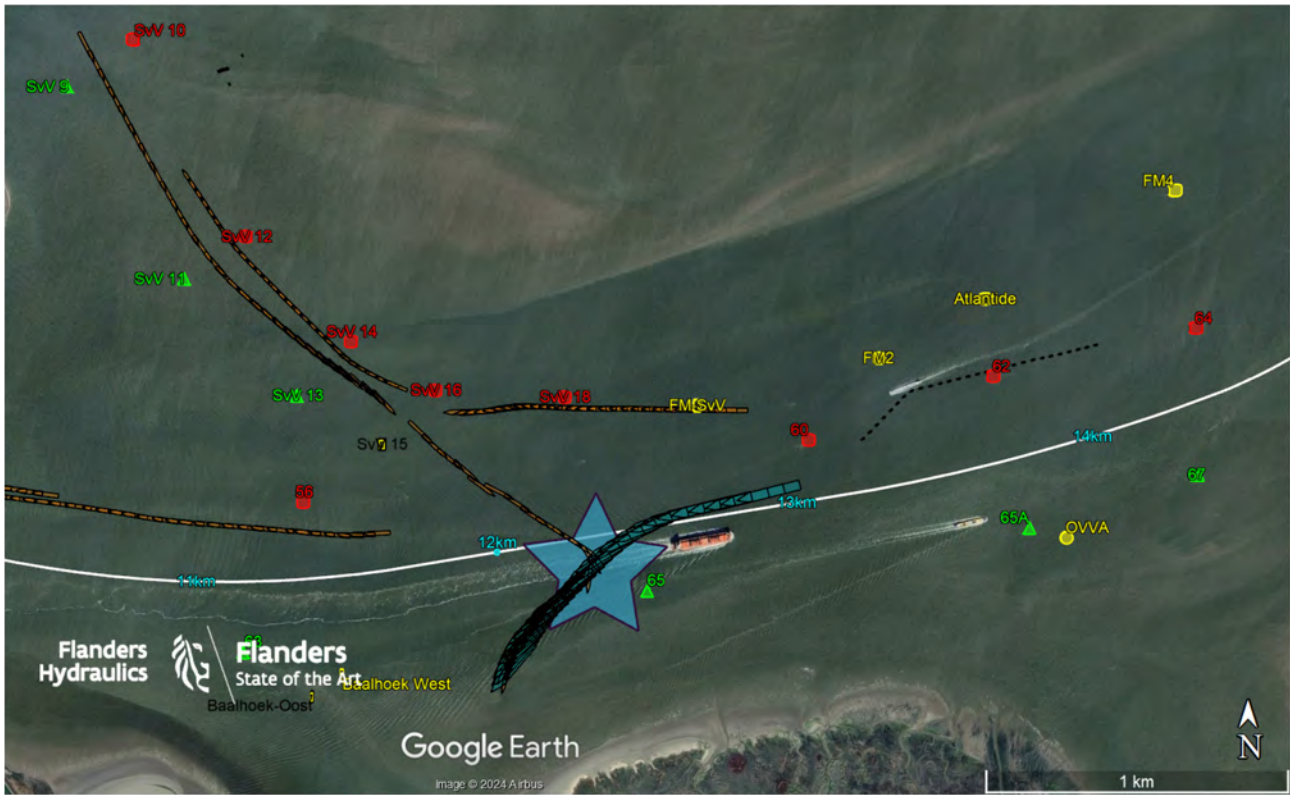
6.3.2 Aanvaringen tussen zeevaart en binnenvaart

Er traden ter hoogte van Baalhoek (de opwaartse toegang tot de Schaar van Valkenisse) twee aanvaringen op tussen binnenvaart en zeevaart.

Beide aanvaringen traden op begin 2015 en hadden een erg gelijkaardig verloop. In de twee gevallen trad een aanvaring op door een afvarend zeeschip met een opvarend binnenschip komende uit de Schaar van Valkenisse. Het opvarende binnenschip stak hierbij de hoofdvaargeul over voor de boeg van het zeeschip dat een aanvaring niet kon vermijden. Deze aanvaringen zijn duidelijk wel gerelateerd aan de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse en illustreren het belangrijkste risico dat verbonden is aan de Schaar van Valkenisse voor de periode 2013 tot 2021 (de periode waarin opvarende binnenvaart gebruik kon maken van de nevengeul). Dit risico betreft het kruisen van het hoofdvaarwater door opvarende binnenvaart uit de Schaar van Valkenisse.



Figuur 138 – Aanvaring tussen zeeschip en binnenschip uit SvV in januari 2015



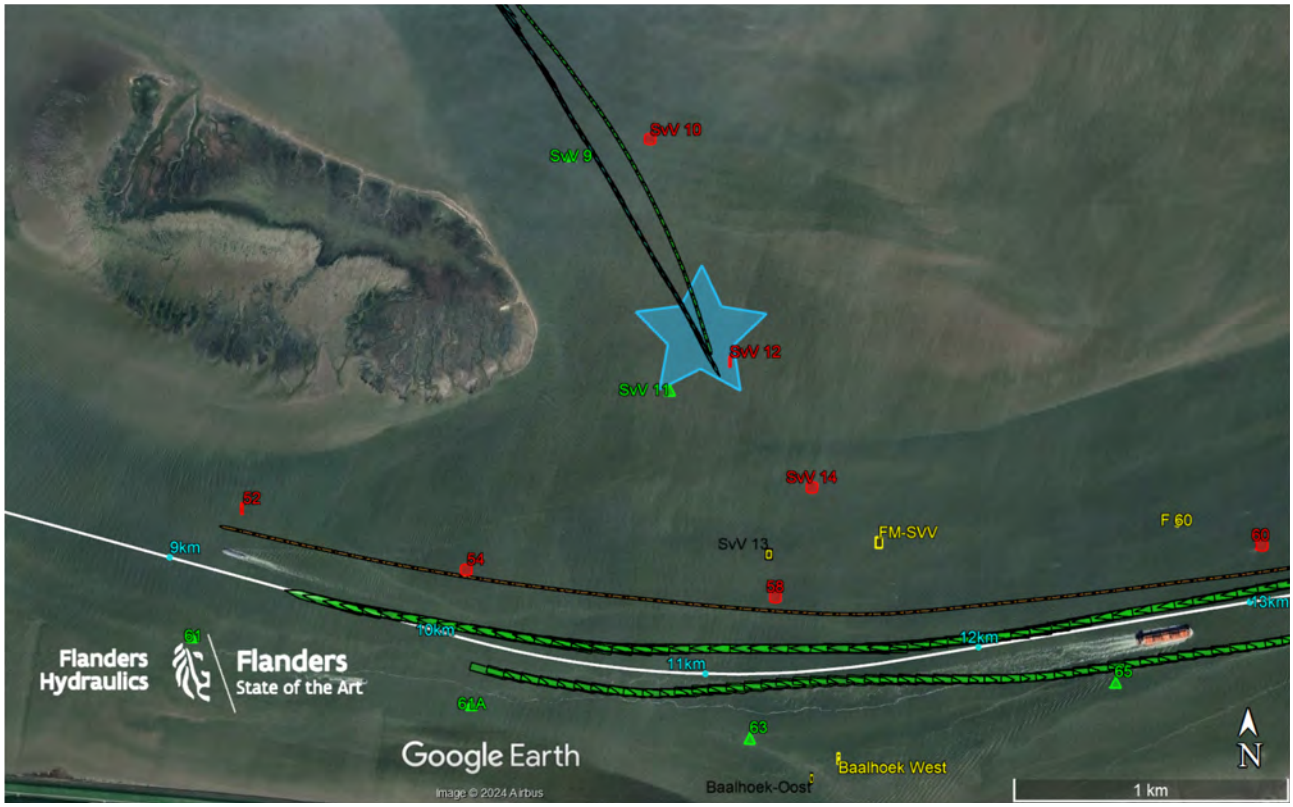
Figuur 139 – Aanvaring tussen zeeschip en binnenschip uit SvV in februari 2015

6.3.3 Aanvaringen zonder zeevaart

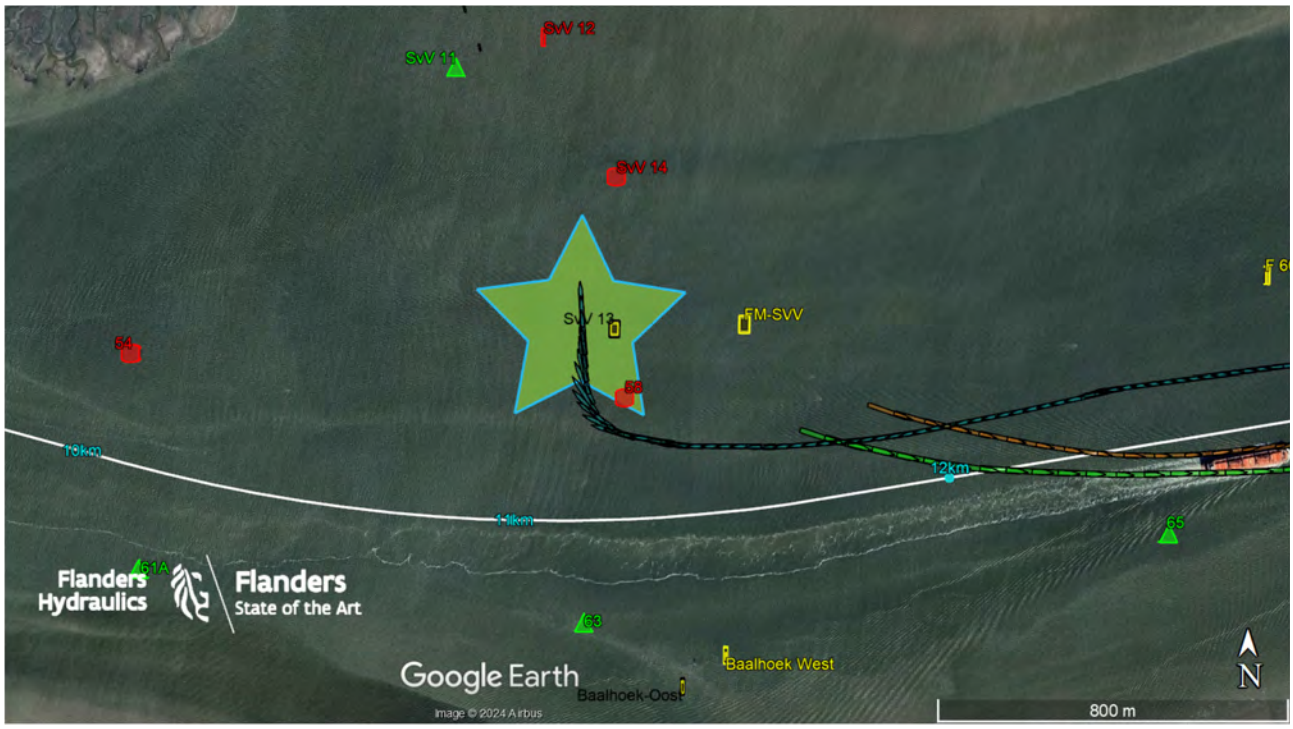
In de Schaar van Valkenisse bleken ook twee aanvaringen plaats te vinden waarbij geen zeevaart betrokken was. De locatie van deze aanvaringen en de positie van de schepen waarvoor AIS-gegevens beschikbaar waren worden weergegeven in Figuur 142 en Figuur 143. Er waren voor zover bekend geen andere schepen betrokken bij deze incidenten.

De aanvaring tussen twee binnenschepen weergegeven in Figuur 142 was mogelijks mede bepaald door zuiging tijdens het oploopmanoeuvre (waarbij het oplopende schip het opgelopen schip niet voorbij raakt). Aannemelijker echter is het dat het meest westelijke schip navigeerde op basis van een niet geüpdatete ENC-kaart waarbij de boeien nog op een meer oostelijke positie weergegeven werden en daardoor een te oostelijke positie aannam in de vaargeul. Er kan bijgevolg vermoed worden dat deze aanvaring vermoedelijk in de hand gewerkt werd door de dynamische betonning van het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse waardoor de binnenschippers niet steeds over de juiste en meest recente kaartinformatie beschikten.

Voor de aanvaring tussen een binnenschip en een pleziervaarttuig zoals weergeven in Figuur 143 was er geen AIS-informatie beschikbaar van het pleziervaartuig. De precieze locatie van deze aanvaring kon bijgevolg niet achterhaald worden en werd gedefinieerd op basis van de beschrijving van het incident. De oorzaak van de aanvaring betrof een verkeerd invaarmanoeuvre door het afvarende binnenschip zoals wel duidelijk waarneembaar in het vaartraject van dit schip. Hoewel het afvarende binnenschip de intentie heeft om de Schaar van Valkenisse te gebruiken maakte de schipper een verkeerde interpretatie van de aanwezige betonning en rondde hij de rode boei 58 (terwijl de toegang tot de nevengeul gemarkeerd werd door de twee kardinaalboeien SvV13 en FM-SvV). Hierdoor kwam het binnenschip buiten de betonning terecht. Bij het opnieuw invaren van de nevengeul zou volgens de beschrijving van het incident de aanvaring met een pleziervaartuig plaatsgevonden hebben.



Figuur 140 – Aanvaring tussen twee binnenschepen in de Schaar van Valkenisse in november 2016



Figuur 141 – Traject binnenschip voorafgaand aan aanvaring met plezierjacht (geen AIS) in december 2017

6.3.4 Samenvatting

Er kan samengevat worden dat tijdens het actieve gebruik van de Schaar van Valkenisse er twee aanvaringen optraden door kruisend verkeer door opvarende binnenvaart en zeevaart. Opvallend is dat beide aanvaringen plaatsvonden begin 2015. Een aanvaring tussen twee binnenschepen in de Schaar van Valkenisse werd vermoedelijk mede bepaald door de vele boeiverleggingen in het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse waardoor één van de schippers niet over de correcte (meest recente) boeiposities beschikte. Ten slotte was er een aanvaring tussen een binnenschip en een jacht die mede veroorzaakt werd door een foutieve interpretatie van de betonning van de nevengeul door het afvarende binnenschip en mogelijk eveneens in de hand gewerkt werd door de dynamische betonning van de Schaar van Valkenisse.

Er dient geconcludeerd te worden dat deze vier aanvaringen in het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse nadelig beïnvloed werden door de toegankelijkheid van de nevengeul.

6.4 Near-misses

Het aantal near-misses is duidelijk groter dan het aantal aanvaringen en kan daarom een betere parameter zijn om de impact van de Schaar van Valkenisse op de veiligheid te beoordelen.

In totaal werden er 54 near-misses gerapporteerd. Figuur 145 toont aan dat deze near-misses gespreid liggen over het studiegebied. Toch kunnen er een aantal belangrijkere locaties waargenomen worden. Algemeen kan gesteld worden dat het merendeel van de near-misses plaats vindt in de rivierbochten. Zo is het bijvoorbeeld opvallend dat er geen near-misses gerapporteerd zijn in het Zuidergat (km 3 in Figuur 145) ondanks de gebeurlijke aanwezigheid van dwarsstroom op deze locatie. In de onderzochte periode werd door het uitgeven van dwarsstroomwaarschuwingen ook vermeden dat schepen zich ter hoogte van het Zuidergat bevonden indien er een giertij verwacht werd.

Een eerste belangrijke locatie waar een groot aantal near-misses optreedt betreft de bocht van Walsoorden. De tijdsevolutie van de near-misses op deze locatie wordt weergegeven in Figuur 144 door de vaarwegsectie te 7 km te beschouwen (deze loopt tussen 6 km en 8 km). In deze vaarwegsectie blijken in totaal 11 near-misses gerapporteerd te worden. Waarbij er ook nog twee near-misses optreden net afwaarts dit vaarwegvak.

Andere locaties met een verhoogd aantal near-misses zijn de opwaartse aansluiting van de Schaar van Valkenisse (de vaarwegvakken 11 km en 13 km) en de hoofdvaargeul tussen de Schaar van Valkenisse en de Schaar van de Noord.

Opvallend zijn ook het grote aantal incidenten met pleziervaart (4) in de bocht van Bath.



Figuur 142 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van het aantal near-misses in het projectgebied



Figuur 143 – Geografische spreiding van de geselecteerde near-misses ingekleurd volgens de betrokken scheepstypes

6.4.1 Bocht van Walsoorden

In vorige paragraaf werd reeds opgemerkt dat er 13 interacties waren in de omgeving van de bocht van Walsoorden die gepaard gingen met een near-miss. Op basis van Figuur 144 lijkt er toename van het aantal near-misses te Walsoorden tussen 2018 en 2020.

In Tabel 7 wordt er een overzicht gegeven van de metadata die gepaard gaan met de near-misses. Hierbij blijkt dat er vanaf 2018 een belangrijke verschuiving optreedt in de schepen die betrokken zijn bij een near-miss in de haven van Walsoorden, zoals ook geïllustreerd wordt in Figuur 146.

Voor december 2018 blijken alle zes near-misses gerapporteerd te Bocht van Walsoorden gepaard te gaan met interacties tussen twee zeeschepen. Echter van de laatste zeven near-misses in de Bocht van Walsoorden was er slechts één tussen twee zeeschepen en waren alle andere interacties tussen zeevaart en binnenvaart.

Op basis hiervan blijkt dus dat sinds het begin van 2019 het aantal near-misses tussen zeevaart en binnenvaart in de bocht van Walsoorden sterk toegenomen is maar dat het aantal near-misses tussen zeevaart onderling afgenomen is.

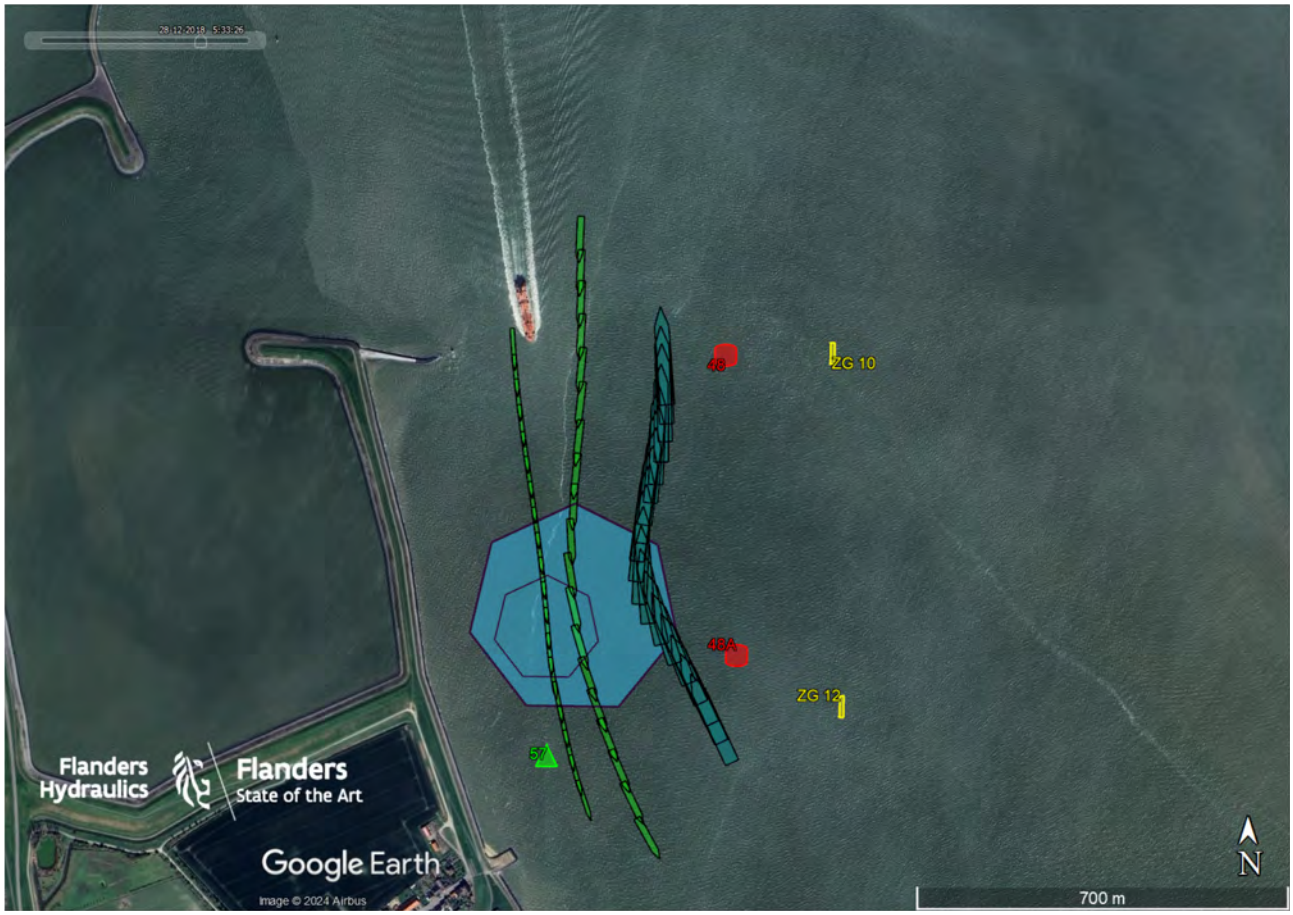
In §5.6.3 werd aangetoond dat in de bocht van Walsoorden (en meerbepaald net afwaarts de haven van Walsoorden) begin 2019 de betonning aangepast werd waardoor op deze locatie grotere passeerafstanden gerealiseerd werden (ten nadele van de passeerafstanden ter hoogte van de haven zelf). Vermoedelijk is deze aanpassing een verklaring voor het kleiner aantal near-misses tussen zeevaart en had deze dus een gunstig effect.

Voor de incidenten tussen zeevaart en binnenvaart blijkt dat hierbij een stijgende trend waarneembaar is met het toenemende aantal binnenschepen in het hoofdvaarwater ten gevolge van een verminderd gebruik van de nevengeul. Toch dient opgemerkt te worden dat voor de jaren 2018 en 2019 de toename van (opvarende) binnenvaart nog erg beperkt was (zie Figuur 77) en de trend tussen aantal binnenschepen in het hoofdvaarwater en aantal near-misses te Walsoorden niet eenduidig is. Een andere vaststelling betreft dat vijf van de zes near-misses tussen zeevaart en binnenvaart in de bocht van Walsoorden gepaard ging met opvarende binnenvaart. De reden hiervoor is tweeërlij. Enerzijds is er meer opvarende binnenvaart aanwezig in het hoofdvaarwater dan afvaart aangezien de nevengeul een kleinere attractiviteit heeft voor opvaart dan voor afvaart (en in 2022 zelf helemaal gesloten was voor opvaart) maar anderzijds maakt de afwezigheid van een uitwijkmogelijkheid voor de opvaart (door de afwezigheid van een fietspad in de groene kant) de aanwezigheid van opvarende binnenvaart in de bocht van Walsoorden kritischer dan afvarende binnenvaart (die wel in beperkte mate buiten de rode boeienlijn kan varen, al dan niet in aanwezigheid van een beboeid fietspad).

Een typisch voorbeeld van een near-miss tussen zeevaart en opvarende binnenvaart wordt weergegeven in Figuur 147. Tijdens dit incident bevonden zich drie schepen in de bocht van Walsoorden. Twee schepen (een binnenschip met lengte 80 m en een zeeschip met lengte 88 m) voerden in de bocht van Walsoorden een oploopmanoeuvre uit en ontmoetten ondertussen een afvarend zeeschip met lengte 184 m. Het opvarende zeeschip wou opschuiven naar de groene kant om het afvarende zeeschip meer ruimte te laten om het bochtmanoeuvre uit te voeren, maar werd hierbij gehinderd door de aanwezigheid van het binnenschip.



Figuur 144 – Historische evolutie van de near-misses tussen zeevaart en binnenvaart te Walsoorden (5 km – 8 km)



Figuur 145 – Illustratie van de vaarbaanplots van drie schepen betrokken bij een near-miss in de bocht van Walsoorden in december 2018

Tabel 7 – Metadata van near-misses ter hoogte van Bocht van Walsoorden

UTC Time	Baan-afstand	Passeer-afstand yBB	Schip 1 Type	Schip 1 Lengte	Schip 1 Breedte	Schip 1 Diepgang (obv AIS)	Schip 1 STW	Schip 2 Type	Schip 2 Lengte	Schip 2 Breedte	Schip 2 Diepgang (obv AIS)	Schip 2 STW
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m/s]
24/02/2012 1:08	5467	61	sea	210	30	10.6	7.9	sea	99	16	6.5	6.0
16/08/2013 9:17	6635	116	sea	305	40	9	5.0	sea	147	23	7.7	7.8
31/08/2014 13:16	6708	94	sea	300	45	11	6.5	sea	96	15	6.4	6.9
21/12/2016 17:13	7860	73	sea	368	51	14.5	7.6	sea	200	32	8.7	6.1
16/11/2017 20:10	6212	60	sea	296	37	10.9	7.2	sea	200	32	8.5	7.0
28/12/2018 5:29	6471	213	sea	184	27	11.5	5.1	sea	128	19	6.1	5.0
28/12/2018 5:32	5858	41	sea	88	13	3.7	6.2	inland	80	8.2	0.2	4.7
2/04/2019 18:22	6969	103	sea	293	32	11.5	7.2	inland	19	10	3	2.9
28/11/2020 20:05	6494	23	sea	147	23	6.4	7.4	sea	150	23	7.2	6.0
17/12/2020 23:35	6080	10	sea	281	32	10.8	7.3	inland	110	13	1.6	4.1
20/12/2020 17:04	6293	94	sea	88	13	5.3	4.8	inland	39	5	0.2	1.5
12/01/2022 2:08	5644	38	sea	319	40	13.1	6.3	inland	110	13.5	4.1	5.2
29/11/2022 8:36	7743	0	sea	75	12	2.7	3.8	inland	86	11	0	4.8

6.4.2 Hoofdvaargeul tussen Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord

In de hoofdvaargeul tussen Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord werden er 22 near-misses gerapporteerd waarvoor de metadata weergegeven worden in Tabel 8. Dit gebied wordt gedefinieerd tussen de baanafstanden 11 km en 16.5 km.

In Figuur 148 wordt aangetoond dat het merendeel van deze near-misses interacties tussen een zeeschip en een binnenschip betroffen. Er kan gesteld worden dat sinds 2018 het aantal near-misses tussen zeevaart en binnenvaart in dit gebied merkbaar toenam en een maximum bereikte in 2021. In dat jaar traden er vier near-misses op tussen een zeeschip en een binnenschip.

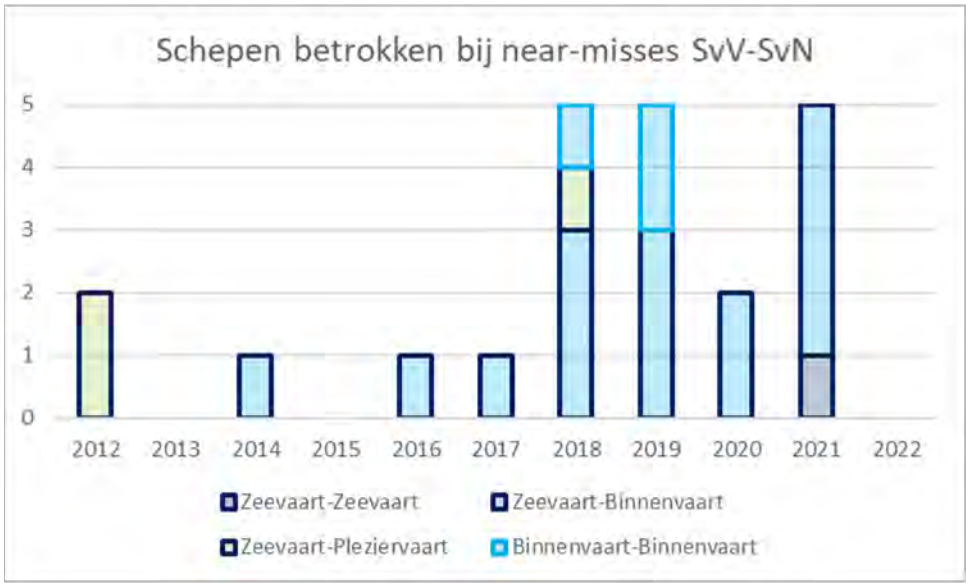
In Figuur 149 worden de near-misses in dit gebied ingedeeld op basis van de oorzaak van het incident. Hieruit blijkt dat het merendeel van de near-misses gerapporteerd in dit gebied (waaronder op één na alle near-misses tussen zeevaart en binnenvaart) werd veroorzaakt door een kruising van het hoofdvaarwater door een binnenschip of (in één geval) een pleziervaartuig.

In totaal werden er tussen 2014 en 2021 13 near-misses gerapporteerd die gepaard gingen met een opvarend binnenschip komende uit de Schaar van Valkenisse dat het hoofdvaarwater kruiste. Bovendien werden in §6.3.2 ook reeds twee aanvaringen gepresenteerd die eveneens het gevolg waren van kruisingen van het hoofdvaarwater door opvarende binnenvaart uit Schaar van Valkenisse. Het aantal near-misses door kruisingen uit de Schaar van Valkenisse vertoont een duidelijk stijgende trend doorheen de tijd. Waar er in 2013 nog geen incidenten gerapporteerd worden, blijkt vanaf 2014 elk jaar minstens één near-miss of aanvaring plaats te vinden met kruisend verkeer uit Schaar van Valkenisse. Sinds 2018 is er een duidelijke toename tot 3 incidenten met kruisend verkeer uit Schaar van Valkenisse. Vanzelfsprekend komen dergelijke incidenten niet voor in de jaren 2012 en 2022 waarin er geen opvaart gebruik maakte van de Schaar van Valkenisse. De toename van het aantal incidenten met kruisend verkeer vanaf 2014 en in belangrijkere mate vanaf 2018 wordt toegeschreven aan de haaksere aansluiting van de nevengeul op het hoofdvaarwater zoals geïllustreerd in Figuur 151 en Figuur 152.

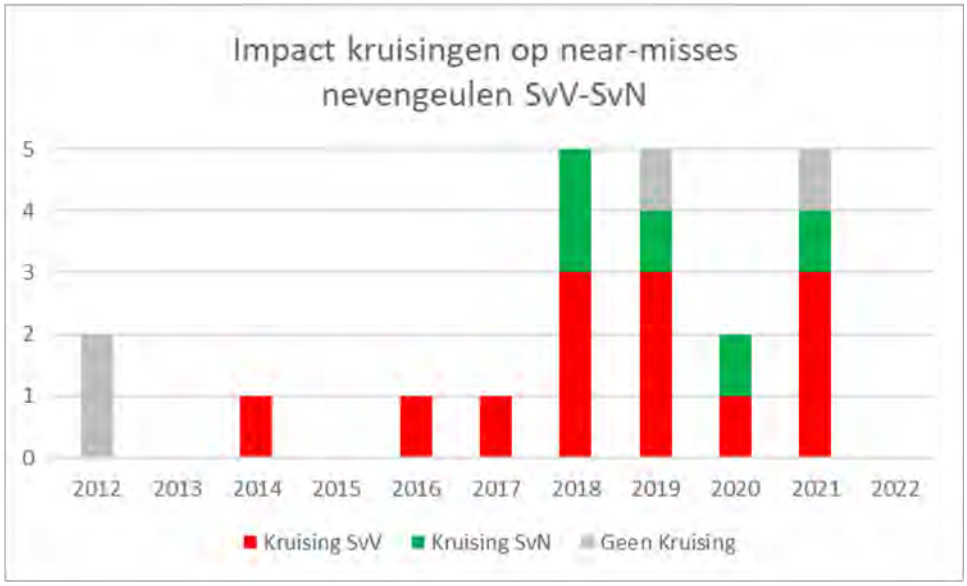
Een illustratie van één van de near-misses die toegeschreven werd aan een kruising van het hoofdvaarwater door een opvarend binnenschip uit de Schaar van Valkenisse wordt weergegeven in Figuur 150. Hierbij stak een opvarend binnenschip uit de Schaar van Valkenisse de hoofdvaargeul over tussen twee afvarende schepen in de hoofdvaargeul.

Figuur 149 toont verder aan dat ook de near-misses ten gevolge van kruisingen door afvarende binnenvaart uit Schaar van de Noord toenemen sinds 2018. In de periode 2012 tot 2018 was er geen enkele melding van een near-miss door een afvarend schip uit Schaar van de Noord, terwijl er in de periode 2018-2022 gemiddeld één incident per jaar gerapporteerd werd. Deze toename is toe te schrijven aan het verhoogde gebruik van de Schaar van de Noord sinds 2017 en kan niet verklaard worden door een minder gunstige aansluiting van deze nevengeul op het hoofdvaarwater. Algemeen wordt er opgemerkt dat de beschikbare ruimte om het hoofdvaarwater over te steken veel ruimer is voor afvarende schepen komend uit de Schaar van de Noord vergeleken met de beschikbare ruimte voor opvarende binnenvaart komende uit de Schaar van Valkenisse. Dit werd nog versterkt door de westelijke migratie van het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse en de bijhorende haaksere aansluiting van deze nevengeul op het hoofdvaarwater. De groene kant ter hoogte van Marlemonsche gaat immers gepaard met een belangrijke overbreedte en overdiepte buiten de boeienlijn waardoor de afvarende binnenvaart uit Schaar van de Noord meer mogelijkheden heeft om de kruising van het hoofdvaarwater op een geschikte locatie en tijdstip uit te voeren in functie van het verkeer in het hoofdvaarwater.

Met betrekking tot kruisend verkeer naar de Schaar van Valkenisse dient besloten te worden dat dit een belangrijke bijdrage leverde aan de gerapporteerde incidenten in het studiegebied. Zo bleken er tussen 2015 en 2021 twee aanvaringen en tien near-misses vastgesteld te zijn ten gevolge van kruisingen van de hoofdvaargeul door binnenvaart in functie van het gebruik van de Schaar van Valkenisse of door het uitkomen van de Schaar van Valkenisse door opvaart. Dit risico blijkt negatief beïnvloed te worden door de meer haakse aansluiting van de nevengeul op de hoofdvaargeul en positief beïnvloed te worden door het sluiten van de nevengeul voor opvaart.



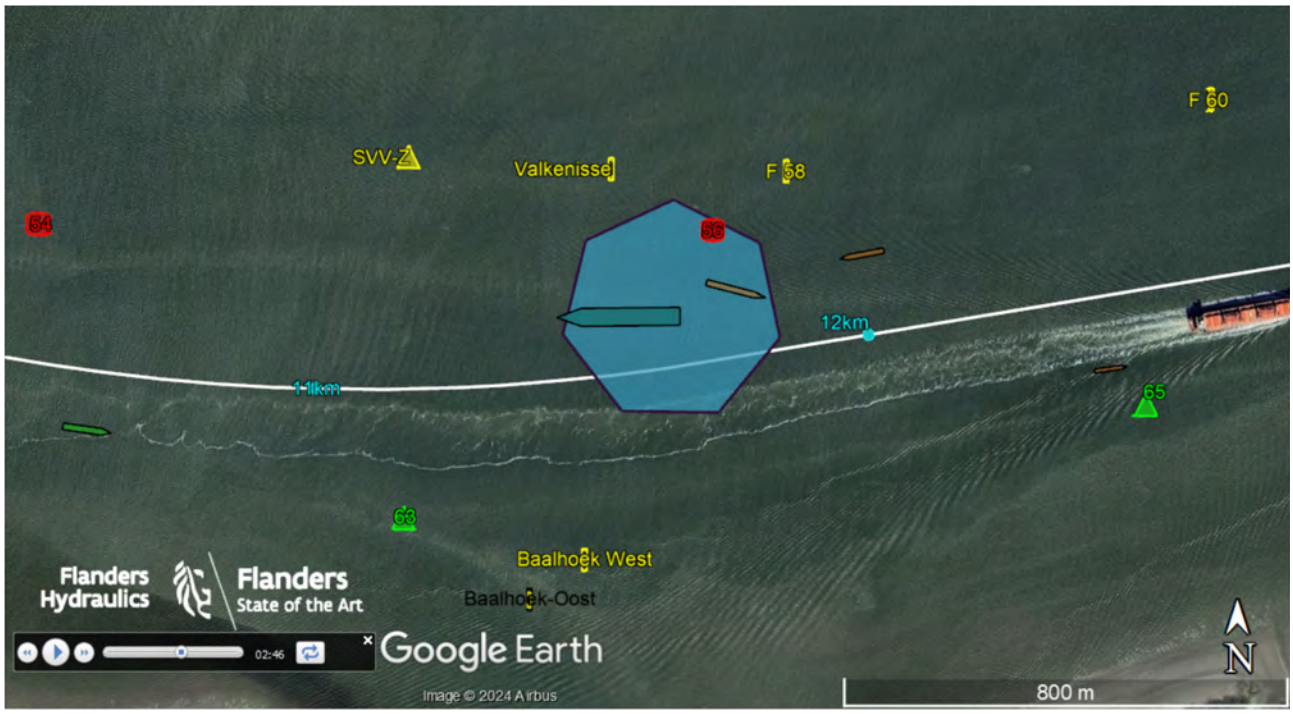
Figuur 146 – Historisch overzicht van de near-misses in het hoofdvaarwater tussen Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord ingedeeld per scheepstype betrokken bij de interactie



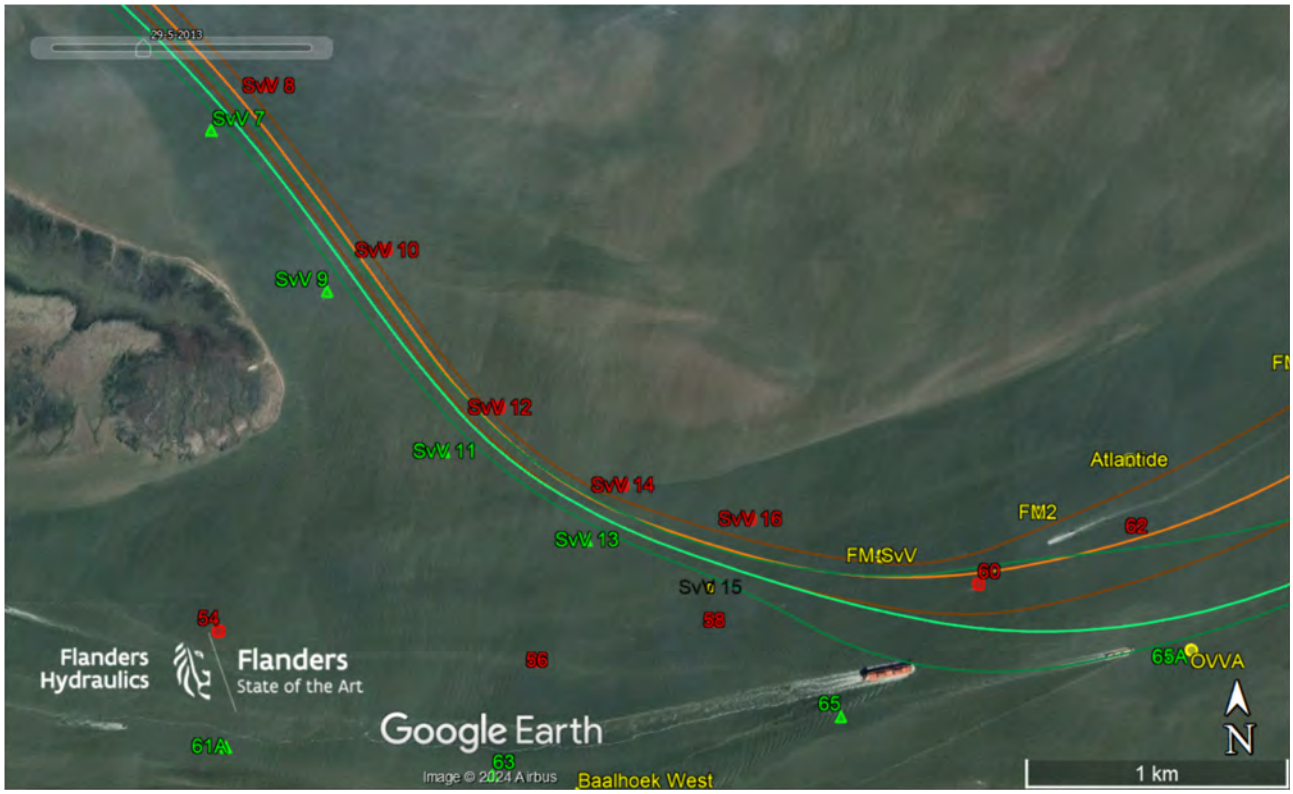
Figuur 147 – Historisch overzicht van de near-misses in het hoofdvaarwater tussen Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord ingedeeld naar oorzakelijk verband met kruisend verkeer uit de nevengeulen

Tabel 8 – Metadata van near-misses ter hoogte van de hoofdvaargeul tussen Schaar van Valkenisse en Schaar van de Noord

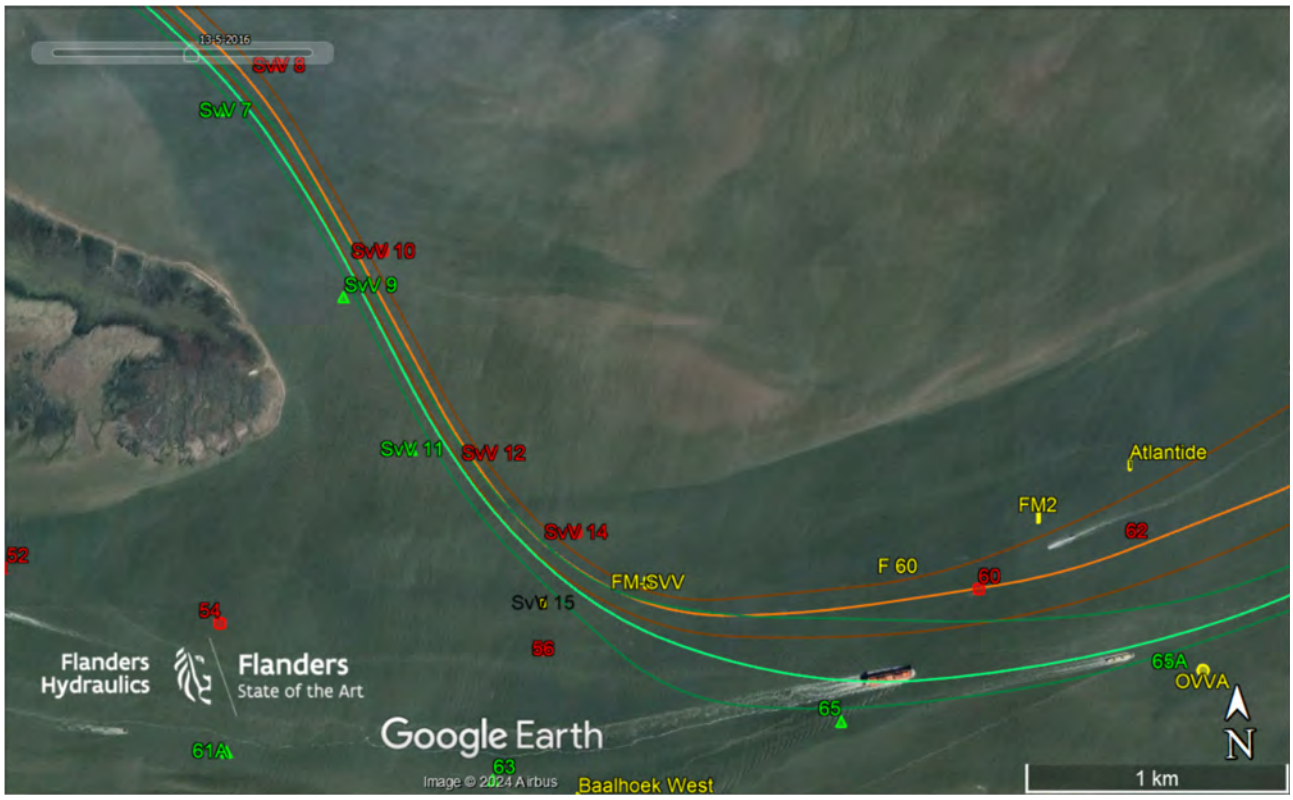
UTC Time	Baan-afstand	Passeer-afstand yBB	Schip 1 Type	Schip 1 Lengte	Schip 1 Breedte	Schip 1 Diepgang (obv AIS)	Schip 1 STW	Schip 2 Type	Schip 2 Lengte	Schip 2 Breedte	Schip 2 Diepgang (obv AIS)	Schip 2 STW
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kn]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kn]
21/06/2012 22:05	16246	#N/B	sea	116	20	5.7	#N/B	pleasure	NaN	#N/B	#N/B	#N/B
18/12/2012 23:15	14720	#N/B	sea	178	26	8.5	#N/B	pleasure	NaN	#N/B	#N/B	#N/B
7/10/2014 16:32	14162	320	sea	203	25	8	12.7	inland	110	10.5	2.4	6.7
15/04/2016 7:00	12061	#N/B	sea	368	51	12.3	#N/B	inland	NaN	#N/B	#N/B	#N/B
31/10/2017 20:56	12070	206	sea	108	11.4	3	8.9	inland	99	17	5.9	11.1
1/02/2018 15:58	16168	111	sea	161	25	9	13.2	inland	105	11	2.5	8.4
26/03/2018 13:45	14958	102	sea	270	40	13	14.2	inland	60	6.6	0.2	10.0
11/07/2018 16:51	15852	#N/B	sea	183	32	8.8	#N/B	pleasure	NaN	#N/B	#N/B	#N/B
9/10/2018 1:58	11745	41	inland	110	11.4	3	7.2	inland	110	12	0.1	7.0
29/10/2018 16:49	13266	176	sea	143	20	6.7	14.2	inland	110	12	0.2	10.3
20/03/2019 23:29	13468	33	sea	205	26	7.5	10.1	inland	110	9.8	1	9.8
23/04/2019 20:49	13426	245	sea	166	26	7.1	14.3	inland	86	11	4	8.1
29/08/2019 2:06	15065	0	inland	135	11.5	1.6	8.8	inland	86	9.5	0.4	8.8
8/10/2019 10:03	11427	39	inland	85	9.5	0	8.2	inland	80	8.6	0	6.1
14/12/2019 1:41	12718	96	sea	223	34	10.7	13.9	inland	135	11.4	4	8.5
18/09/2020 22:03	15583	62	sea	110	11	2.8	11.1	inland	82	6	3.4	8.9
8/10/2020 18:05	11771	21	sea	144	24	6.7	14.1	inland	110	11.4	0	7.3
12/02/2021 3:48	11770	30	sea	199	32	9.2	11.5	sea	88	13	5.6	10.0
25/03/2021 21:19	11987	0	sea	53	6.5	0.7	9.0	inland	88	13	5.4	9.2
8/04/2021 14:51	11658	33	sea	221	32	7.9	10.4	inland	110	10.5	2.4	8.8
23/06/2021 22:30	12181	57	sea	220	32	10.8	12.7	inland	135	11.5	2	9.7
5/07/2021 23:08	14413	64	sea	150	22	8.2	14.5	inland	135	14.2	2	9.0



Figuur 148 – Weergave van een near-miss tussen opvarende binnenvaart uit SvV en afvarende scheepvaart in de hoofdvaargeul in april 2021



Figuur 149 – Betonning van de opwaartse aansluiting van de Schaar van Valkenisse bij de opening van de nevengeul in 2013 inclusief de statistische vaartrajecten die in mei 2013 toegepast werden door de scheepvaart door SvV



Figuur 150 – Betonning van de opwaartse aansluiting van de Schaar van Valkenisse in mei 2016

6.5 Hinder

Het incidentstype hinder werd minder frequent toegepast dan het type near-miss (hoewel het onderscheid tussen beide niet altijd eenvoudig te maken is). Een incident werd gecategoriseerd als hinder indien een schip hinderlijk gedrag rapporteerde van een ander schip zonder dat dit aanleiding gaf tot een near-miss. Van de tien hinderincidenten waren er zes met binnenvaart, drie met een ander zeeschip en één met pleziervaart.

Het aantal hinderincidenten laat niet toe om hier conclusies aan te verbinden. Het aantal hinderincidenten tussen zeevaart en binnenvaart blijkt in 2021 wel een belangrijke toename te vertonen maar deze incidenten blijken slechts zelden gerelateerd aan de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse en waren in geen enkel geval het gevolg van kruisingen van het hoofdvaarwater ten gevolge van het gebruik van de nevengeul.

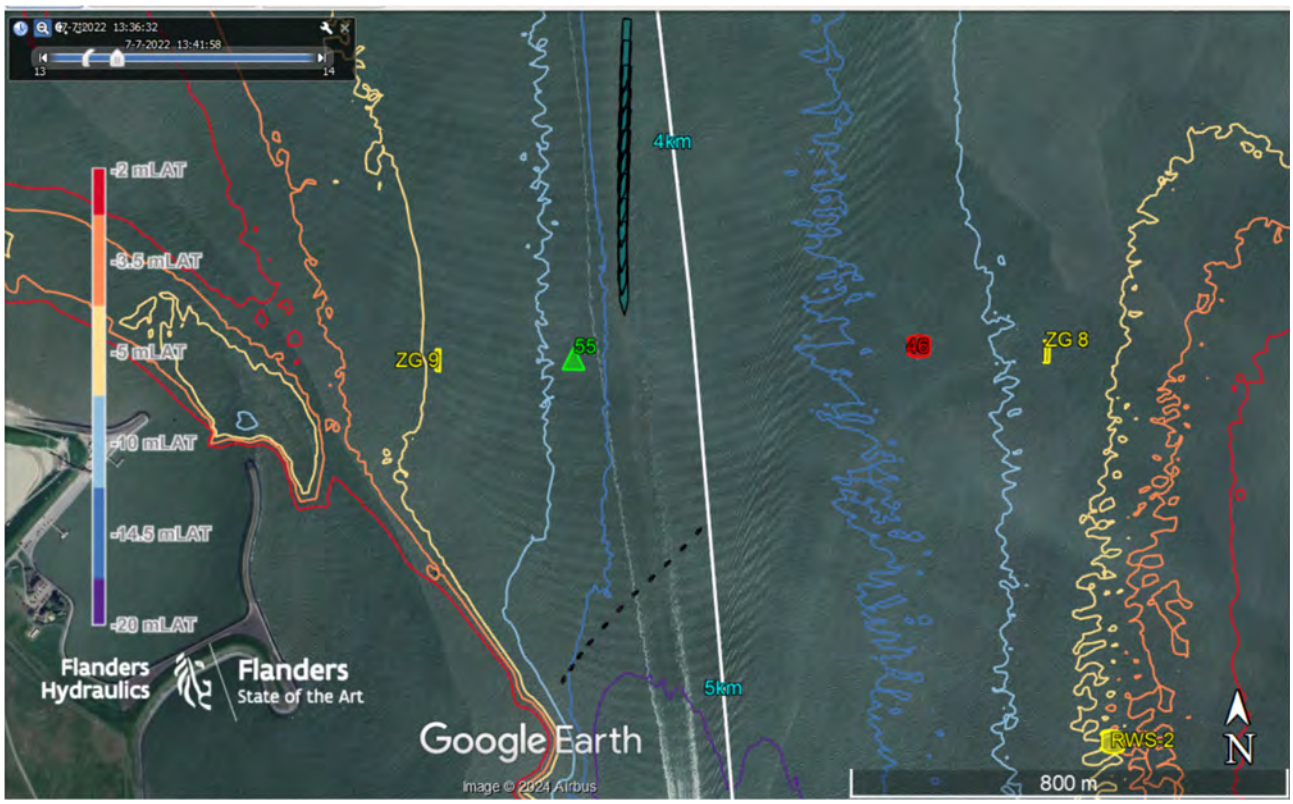
Het enige hinderincident dat hier meer in detail gepresenteerd wordt, betreft de hinder van een pleziervaartuig gerapporteerd door een zeeschip in juli 2022 in het Zuidergat (zie Figuur 155 en Figuur 156). Een afvarend zeiljacht had gebruik kunnen maken van de nevengeul maar verkiest om het hoofdvaarwater te gebruiken en voert verschillende kruisingen van het hoofdvaarwater uit om al zeilend het traject te kunnen afleggen. Dit incident illustreert de wenselijkheid van de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse voor pleziervaart.



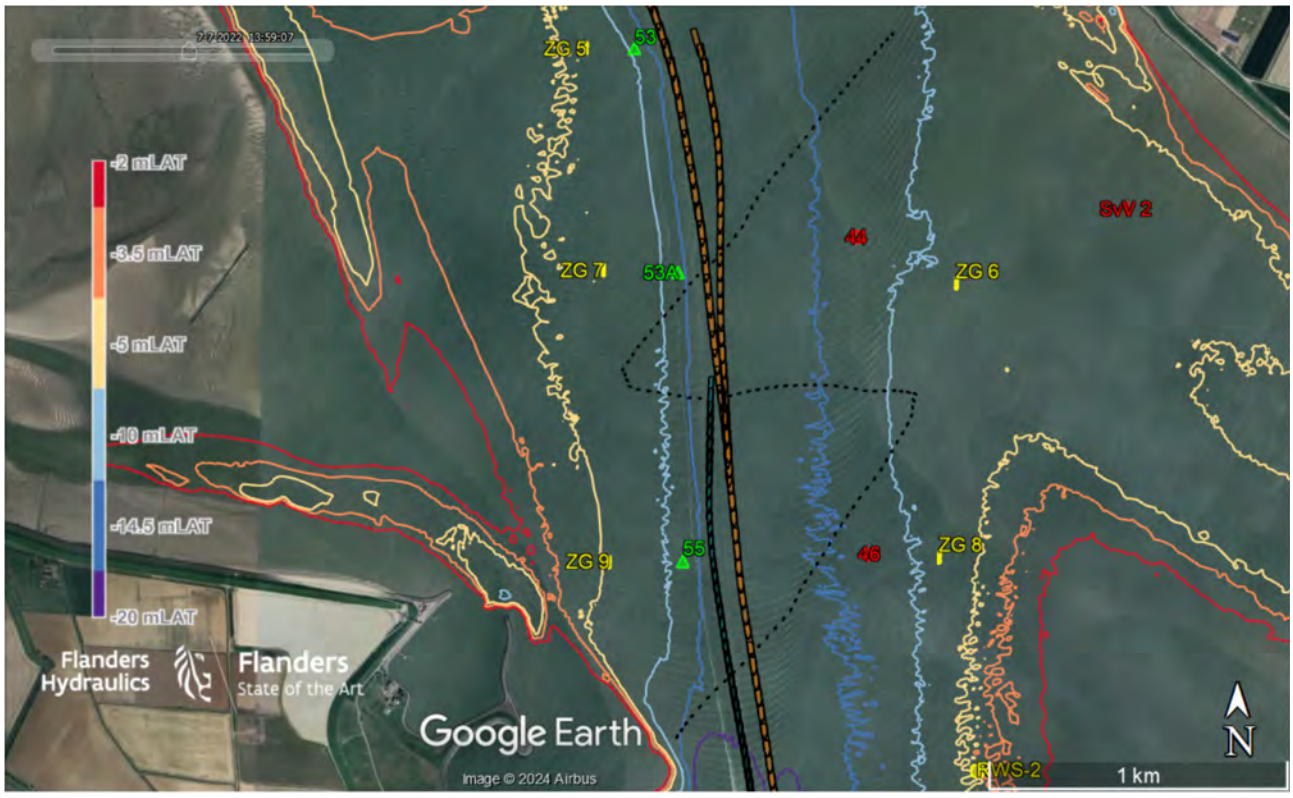
Figuur 151 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van het aantal incidenten van het type hinder in het projectgebied



Figuur 152 – Geografische spreiding van de geselecteerde incidenten van het type hinder ingekleurd volgens de scheepstypes



Figuur 153 – Hinder door afvarend pleziervaartuig dat opkruist via het hoofdvaarwater voor opvarende zeevaart (detail)



Figuur 154 – Hinder door afvarend pleziervaartuig dat opkruist via het hoofdvaarwater voor opvarende zeevaart

Tabel 9 – Metadata van hinderincidenten

UTC Time	Baan-afstand	Passeer-afstand yBB	Schip 1 Type	Schip 1 Lengte	Schip 1 Breedte	Schip 1 Diepgang (obv AIS)	Schip 1 STW	Schip 2 Type	Schip 2 Lengte	Schip 2 Breedte	Schip 2 Diepgang (obv AIS)	Schip 2 STW
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m/s]
9/03/2017 2:22	5798	96	sea	183	32	10.8	6.3	sea	130	21	5.3	8.6
15/12/2017 5:59	14977	52	sea	295	32	10.4	6.8	inland	135	15	1.5	3.3
20/12/2019 12:23	14400	56	sea	99	15	4.6	5.4	inland	57	6.6	2.3	3.7
10/02/2021 13:04	12052	96	sea	180	20	7.8	5.8	inland	110	11.4	0	3.2
27/06/2021 1:35	4217	155	sea	337	46	15	6.3	sea	210	32	9.7	6.4
6/07/2021 20:14	21891	106	sea	366	48	14.2	7.2	inland	110	17	3	4.5
5/08/2021 21:01	7639	90	sea	180	30	6.7	5.9	inland	86	11.5	4	2.7
6/10/2021 23:02	-1202	314	sea	293	40	10.4	NaN	inland	135	11.4	1.7	NaN
5/05/2022 23:37	-319	52	sea	319	40	13.3	8.5	sea	200	28	8	NaN
7/07/2022 13:42	4465	246	sea	135	15	0	4.3	pleasure	14	4	0	3.0

6.6 Strandingen

Een totaal van 77 strandingen werd gerapporteerd waarvan er 53 toegeschreven werden aan binnenvaart, 13 aan pleziervaart en 11 aan zeevaart.

De evolutie van strandingen in het studiegebied en de geografische spreiding van strandingen in het studiegebied worden weergegeven in Figuur 157 en Figuur 158. Op basis van deze figuren is het meteen duidelijk dat de opwaartse drempel van de Schaar van Valkenisse de belangrijkste locatie voor strandingen vormde. De Schaar van Valkenisse ging gepaard met 53 strandingen waarvan 43 door binnenvaart en 10 door pleziervaart zoals ook geïllustreerd in Figuur 159.

Op basis van Figuur 157 en Figuur 159 blijkt het aantal strandingen in het studiegebied toe te nemen in het jaar 2016 en blijft dit tot 2019 vrij constant (6 tot 7 strandingen per jaar). In 2020 werden er negen strandingen waargenomen in de Schaar van Valkenisse waarna dit aantal in 2021 en 2022 terugliep tot vijf.

Om de oorzaken van strandingen te bepalen dient een onderscheid gemaakt te worden tussen enerzijds strandingen die plaatsvonden binnen de betonde vaargeul en anderzijds strandingen buiten de betonde vaargeul. In Figuur 160 worden de strandingen weergegeven ten opzichte van de locatie waar de stranding plaatsvond. Hierbij valt op dat het merendeel van de strandingen plaats vond buiten de betonde vaargeul. In de periode zomer 2018 tot zomer 2020 traden er echter ook 10 strandingen op binnen de betonde vaargeul.

Als illustratie van een stranding in de zomer van 2018 is in Figuur 162 een stranding binnen de betonde nevengeul voorgesteld. Ondanks dat op basis van de meest recente beschikbare peilingen en rekening houdend met de tijstand, de waterdiepte ruim voldoende verwacht werd voor de diepgang van het schip (meer dan 1 m kielspeling), bleek het schip toch te stranden. De wijzigingen in de bathymetrie in deze periode waren dermate dynamisch dat er geen betrouwbare dieptegegevens beschikbaar waren in het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse. Vermoedelijk was dit de aanleiding om de laterale boeien te vervangen door bijzondere vaarwegmarkering in de zomer van 2018.

Tussen februari en juni 2020 traden er 5 strandingen op binnen de betonde vaargeul van de Schaar van Valkenisse. Voor deze strandingen was de diepgang van de betrokken schepen opgenomen in de beschrijving van het incident. De diepgang van de betrokken schepen varieerde tussen 2.5 m en 3.4 m.

De eerste twee strandingen vonden plaats in februari 2020 (Figuur 163). De bijhorende waterstanden betroffen +1.3 en +0.6 m LAT. Indien voor deze strandingen de verwachte kielspeling berekend wordt op basis van de toenmalige meest recente peiling en de toenmalige tijstand dan wordt voor deze schepen een kielspeling gelijk aan 0.7 tot 0.8 m bekomen. Toch liepen de schepen aan de grond. Er kan bijgevolg aangenomen worden dat in februari 2020 de Schaar van Valkenisse ca. 0.75 m ondieper was dan wat aangegeven werd in de peilingen.

Tussen 19/05/2020 en 06/06/2020 traden er opnieuw drie strandingen op binnen de betonde vaargeul. Voor de laatste stranding konden echter geen AIS-gegevens gevonden worden voor het betrokken binnenschip (hoewel op basis van het incident duidelijk is dat de stranding binnen de vaargeul plaatsvond). Voor de twee strandingen waarvoor er wel AIS-gegevens beschikbaar zijn (zie Figuur 164) blijkt dat deze op strandingen op een vrijwel identieke locatie plaatsvonden. Wanneer opnieuw de verwachte kielspeling berekend wordt op basis van de meest recente peilingen, dan bedroeg deze respectievelijk 1.5 m en 1.6 m (voor een bodemdiepte die -3.2 m LAT verondersteld werd) wat aangeeft dat de verondieping van de vaargeul ten opzichte van de meest recente peiling in deze periode 1.5 m bedroeg (of dus slechts -1.7 m LAT).

Kort na de drie strandingsincidenten kwam er een nieuwe peiling beschikbaar (zie Figuur 165) die inderdaad een lokale verondieping (-2 m LAT) vertoont ter hoogte van de twee strandingen in mei 2020 en die in juli 2020 aanleiding gaf tot een oostelijke verplaatsing van de betonning zoals eveneens weergegeven in Figuur 165. Vanaf de zomer van 2020 blijkt het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse veel frequenter gepeild te worden dan voorheen.

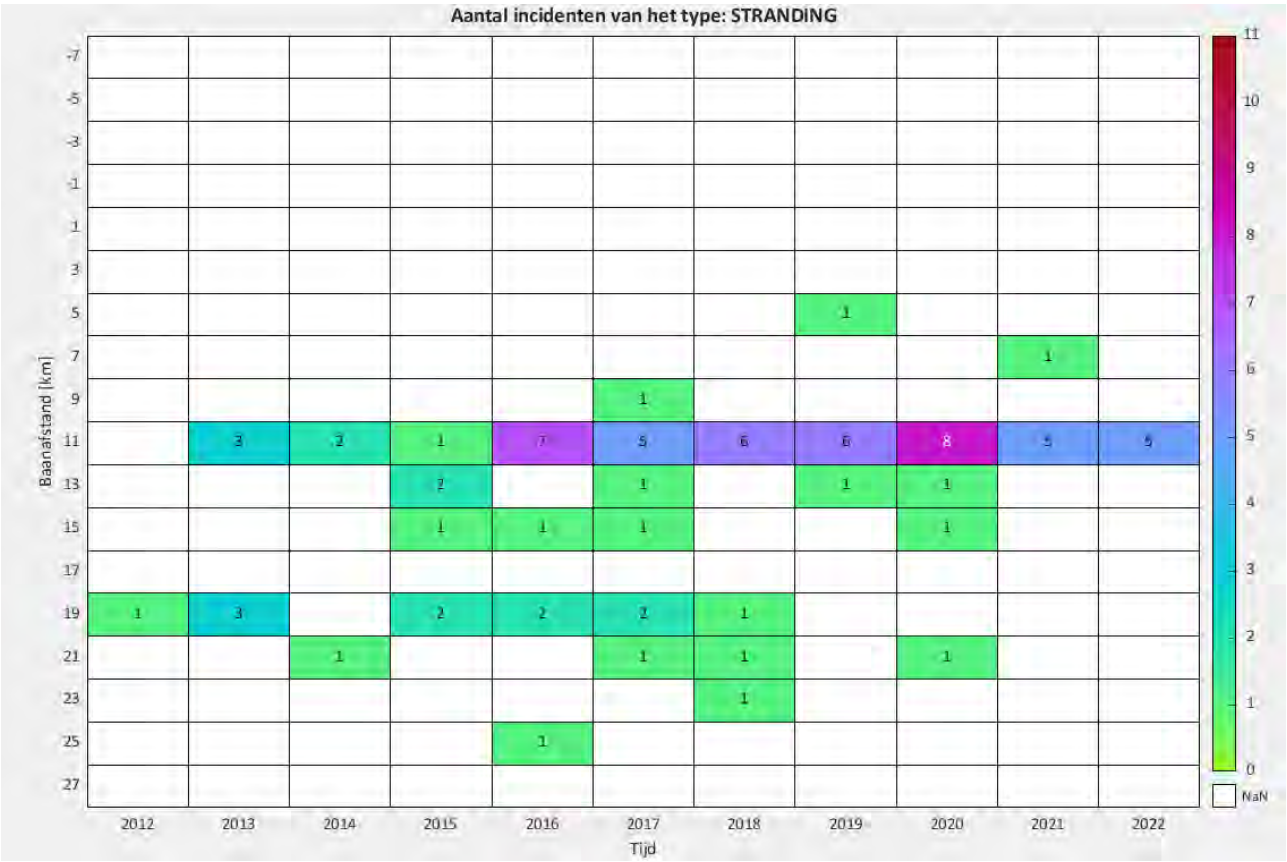
Later in 2020 blijken er vier strandingen op te treden tussen 21 en 27 augustus. De bijhorende locaties worden weergegeven in Figuur 161 en blijken zich allen net buiten het fietspad te bevinden en gepaard te gaan met laag water condities.

In 2021 blijken alle strandingen op te treden buiten de betonning en door schepen die de hoek afsnijden (zie Figuur 166). Dit geldt ook voor het jaar 2022.

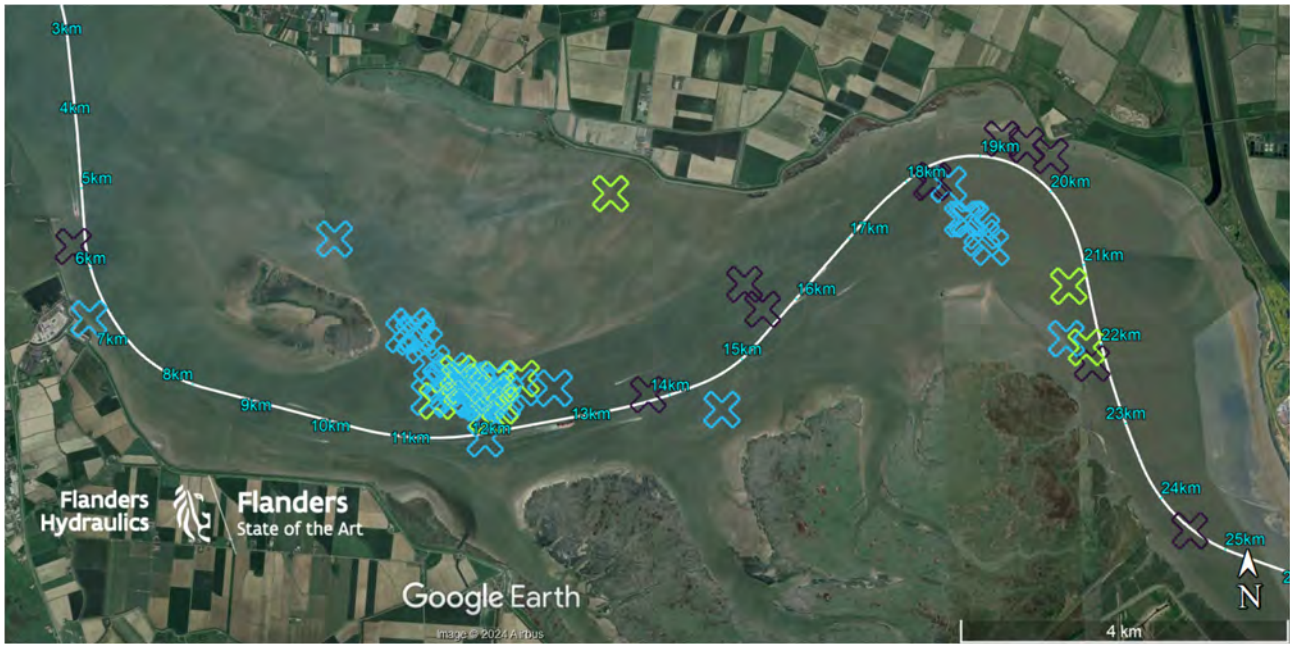
Samenvattend kan gesteld worden dat de Schaar van Valkenisse gepaard gaat met een hoog aantal strandingen waarbij met name vanaf 2016 een opmerkelijke toename van het aantal strandingen waarneembaar is. Deze zijn in de meeste gevallen het gevolg van (afvarende) schepen die de bocht afsnijden ter hoogte van de scheidingsboei FM-SVV en zo stranden buiten de betonde vaargeul. Het verhoogde aantal strandingen vanaf 2016 is bijgevolg deels bepaald door de haaksere aansluiting van de nevengeul op de hoofdvaargeul waardoor meer schepen deze hoek afsnijden. Een andere belangrijke factor bij de strandingen van schepen buiten de betonde vaargeul is de dynamische betonning die toegepast dient te worden in het gebied. Zoals geïllustreerd in Tabel 3 worden de boeien in het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse heel regelmatig verlegd waarbij deze aanpassingen niet altijd tijdig geüpdate werden in de ENC-kaarten van de binnenschippers. Hierdoor navigeerden de schippers vaak op oude boeiposities in de kaart wat eveneens het grote aantal strandingen buiten de boeienlijn kan verklaren.

In de periode tussen zomer 2018 en zomer 2020 werden er ook een belangrijk aantal strandingen binnen de betonde vaargeul waargenomen die veroorzaakt werden door een snelle verondieping van de vaargeul en een lage peilfrequentie. Vanaf zomer 2020 wordt het gebied opvallend frequenter gepeild en werd de betonning aangepast aan de veranderende bathymetrie. Dit blijkt ook uit het grote aantal boeiverleggingen vanaf 2021 (zie Tabel 3).

Tot slot wordt opgemerkt dat er ook in de Schaar van de Noord zes strandingen door binnenvaart optraden. De laatste stranding in de Schaar van de Noord vond plaats in oktober 2016 (deze stranding gaf vermoedelijk aanleiding tot de BASS 145/2016). In §4.3.3 werd reeds opgemerkt dat sinds eind 2016 de beschikbare dieptes in de Schaar van de Noord toenemen. Dit kan beschouwd worden als de belangrijkste reden voor de vermindering van het aantal strandingen in deze zone.



Figuur 155 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van strandingen in het projectgebied

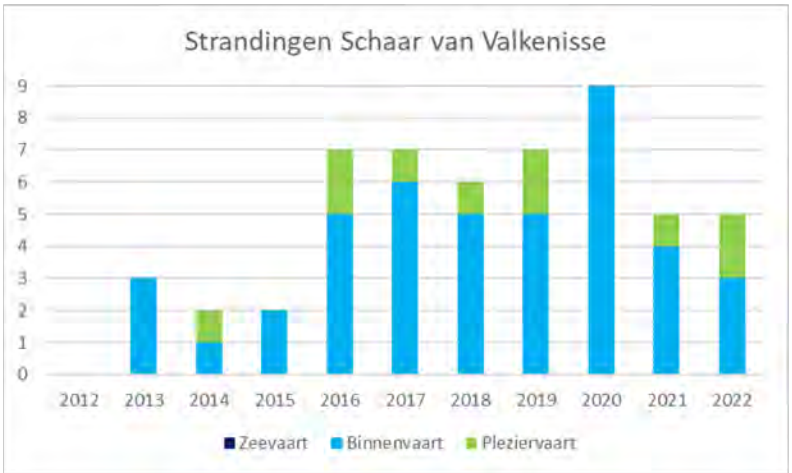


Figuur 156 – Geografische spreiding van strandingen ingekleurd volgens de scheepstypes

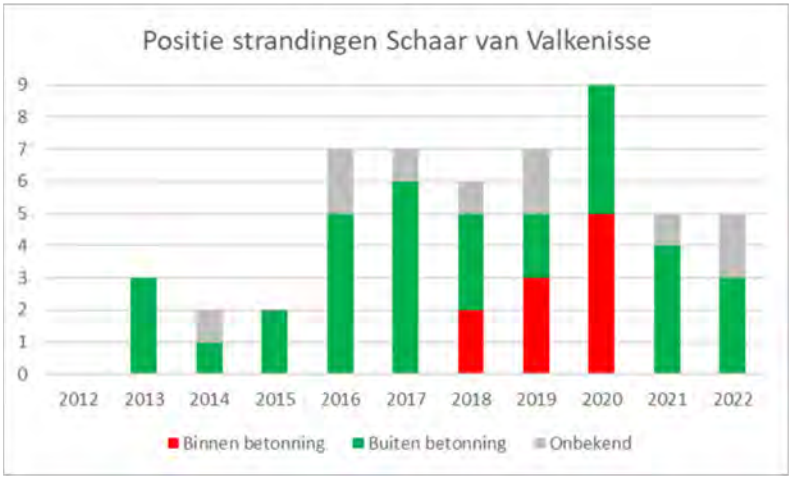
Tabel 10 – Overzicht van de strandingen in de Schaar van Valkenisse

UTC Time	Baan-afstand	Waterstand Baalhoek	Tijdstip tov HW Baalhoek	Schip 1 Type	Schip 1 Lengte	Schip 1 Breedte
[-]	[m]	[m NAP]	[-]	[-]	[m]	[m]
29/01/2013 21:30	10479	-1.6	05:50 na HW Baalhoek	inland	29	5.4
11/02/2013 6:45	11184	-1.1	04:01 na HW Baalhoek	inland	110	11.4
29/03/2013 20:01	11170	-1.1	04:23 na HW Baalhoek	inland	22	5
19/04/2014 20:30	11962	-0.3	03:28 na HW Baalhoek	pleasure	NaN	NaN
30/12/2014 12:41	11929	-0.7	03:59 na HW Baalhoek	inland	110	11
11/11/2015 21:38	12208	-1.4	04:40 voor HW Baalhoek	inland	110	12
16/12/2015 22:40	11588	-1.5	05:16 na HW Baalhoek	inland	NaN	NaN
27/04/2016 12:25	11827	-1.1	04:52 voor HW Baalhoek	inland	NaN	NaN
16/05/2016 18:52	11687	-0.8	04:07 voor HW Baalhoek	inland	92	11.6
2/09/2016 7:00	11444	-0.8	04:15 na HW Baalhoek	pleasure	NaN	NaN
4/09/2016 12:33	11444	-0.1	03:34 voor HW Baalhoek	pleasure	NaN	NaN
6/12/2016 2:28	11558	-0.6	03:40 voor HW Baalhoek	inland	67	6.6
7/12/2016 7:45	11398	1.7	00:51 na HW Baalhoek	inland	83	8.8
14/12/2016 18:37	11489	-1	04:24 na HW Baalhoek	inland	110	12
19/04/2017 23:44	11397	-1.2	04:16 na HW Baalhoek	inland	193	11.5
28/06/2017 13:20	11812	-0.8	04:14 voor HW Baalhoek	inland	80	8
11/07/2017 8:48	11868	-1.6	05:20 na HW Baalhoek	inland	110	11.4
13/08/2017 10:08	12235	-1	04:27 na HW Baalhoek	pleasure	NaN	NaN
13/10/2017 11:48	11826	-0.9	04:09 na HW Baalhoek	inland	80	8.2
17/11/2017 3:58	9221	1.3	02:32 na HW Baalhoek	inland	110	11.4
16/12/2017 12:03	11314	2.1	01:14 voor HW Baalhoek	inland	106	9.5
23/01/2018 10:14	11520	-1.2	04:24 na HW Baalhoek	inland	80	9.5
23/01/2018 10:14	11566	-1.2	04:24 na HW Baalhoek	inland	66	6.6
28/08/2018 21:30	11151	-2.2	05:56 na HW Baalhoek	inland	86	10
21/10/2018 15:49	11870	-0.3	03:35 na HW Baalhoek	pleasure	15	4
7/11/2018 20:06	11676	-2.4	06:17 na HW Baalhoek	inland	106	22.8
16/12/2018 12:40	11962	-1.2	04:43 na HW Baalhoek	inland	110	11.4
25/01/2019 11:11	11257	-2.6	06:07 na HW Baalhoek	inland	125	15
14/05/2019 4:44	10692	-1.9	05:26 voor HW Baalhoek	inland	0	0
2/06/2019 5:35	11421	-1.1	04:22 na HW Baalhoek	pleasure	NaN	NaN
30/08/2019 20:36	11005	-2.5	06:33 na HW Baalhoek	inland	71	11.4
1/09/2019 12:12	11697	-0.4	03:21 voor HW Baalhoek	inland	198	22.8
27/09/2019 17:55	11487	-1.5	05:01 na HW Baalhoek	pleasure	NaN	NaN
16/11/2019 13:00	12011	-0.4	03:22 voor HW Baalhoek	inland	11	1.3
7/02/2020 7:40	10664	-1.6	05:06 voor HW Baalhoek	inland	110	12
24/02/2020 9:35	10743	-2.3	05:37 voor HW Baalhoek	inland	7	0.7
19/05/2020 18:25	10593	-2	05:54 na HW Baalhoek	inland	57	7
27/05/2020 11:30	10629	-2	05:41 voor HW Baalhoek	inland	85	9

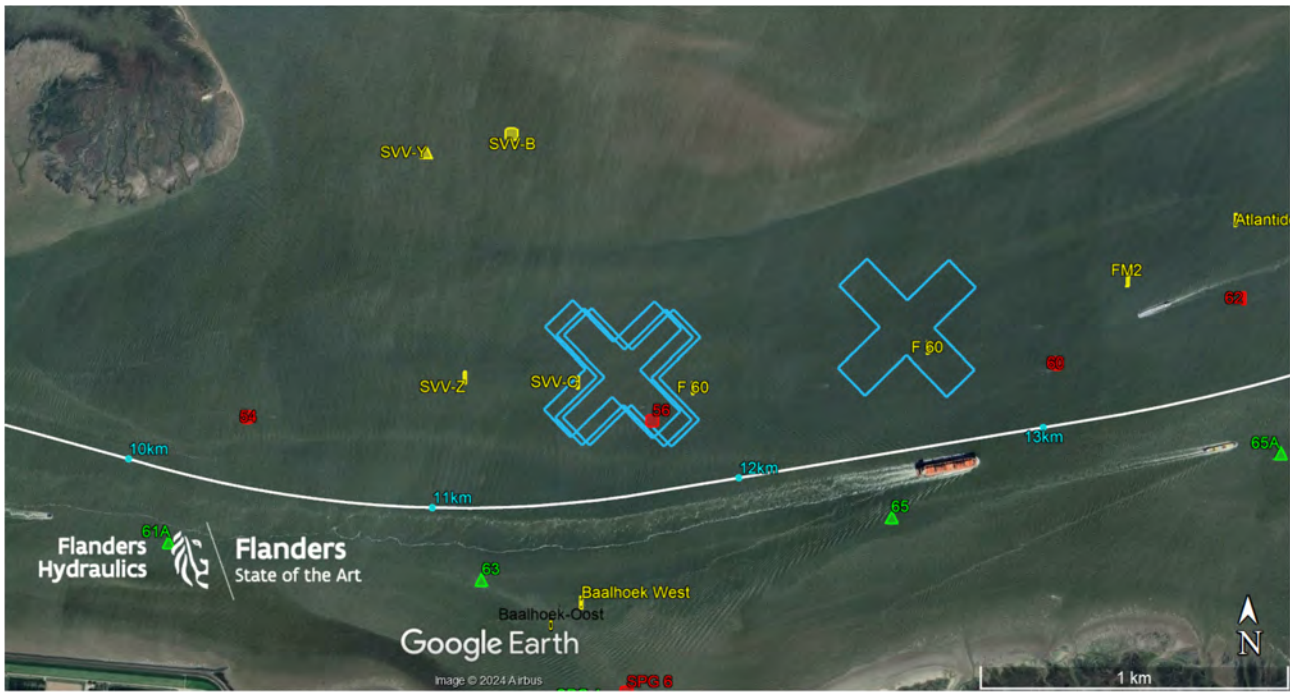
UTC Time	Baan-afstand	Waterstand Baalhoek	Tijdstip tov HW Baalhoek	Schip 1 Type	Schip 1 Lengte	Schip 1 Breedte
[-]	[m]	[m NAP]	[-]	[-]	[m]	[m]
6/06/2020 8:20	10872	-2.4	06:19 na HW Baalhoek	inland	NaN	NaN
21/08/2020 10:53	11686	-1.7	04:58 voor HW Baalhoek	inland	77	10
22/08/2020 11:33	11654	-1.7	05:02 voor HW Baalhoek	inland	85	10
24/08/2020 11:45	12616	-2	06:00 na HW Baalhoek	inland	105	10
27/08/2020 2:16	11710	-2	06:18 na HW Baalhoek	inland	11	1.4
14/04/2021 17:53	11765	1.4	01:56 na HW Baalhoek	inland	11	1.2
21/04/2021 15:29	11732	-1.1	05:28 voor HW Baalhoek	inland	55	6.7
5/05/2021 15:30	11752	-1.3	06:19 na HW Baalhoek	inland	84	9
8/07/2021 7:58	11764	-1.8	05:29 voor HW Baalhoek	inland	9	1
18/07/2021 14:15	11923	-1.9	06:05 na HW Baalhoek	pleasure	NaN	NaN
1/05/2022 7:50	11090	-2	05:20 na HW Baalhoek	pleasure	NaN	NaN
14/07/2022 7:03	11754	-1.4	04:52 na HW Baalhoek	pleasure	NaN	NaN
28/09/2022 21:15	11462	-1.8	05:27 na HW Baalhoek	inland	110	12
14/11/2022 11:43	10982	-2	06:24 na HW Baalhoek	inland	110	11.4
27/11/2022 19:54	11290	0.2	03:20 na HW Baalhoek	inland	135	15



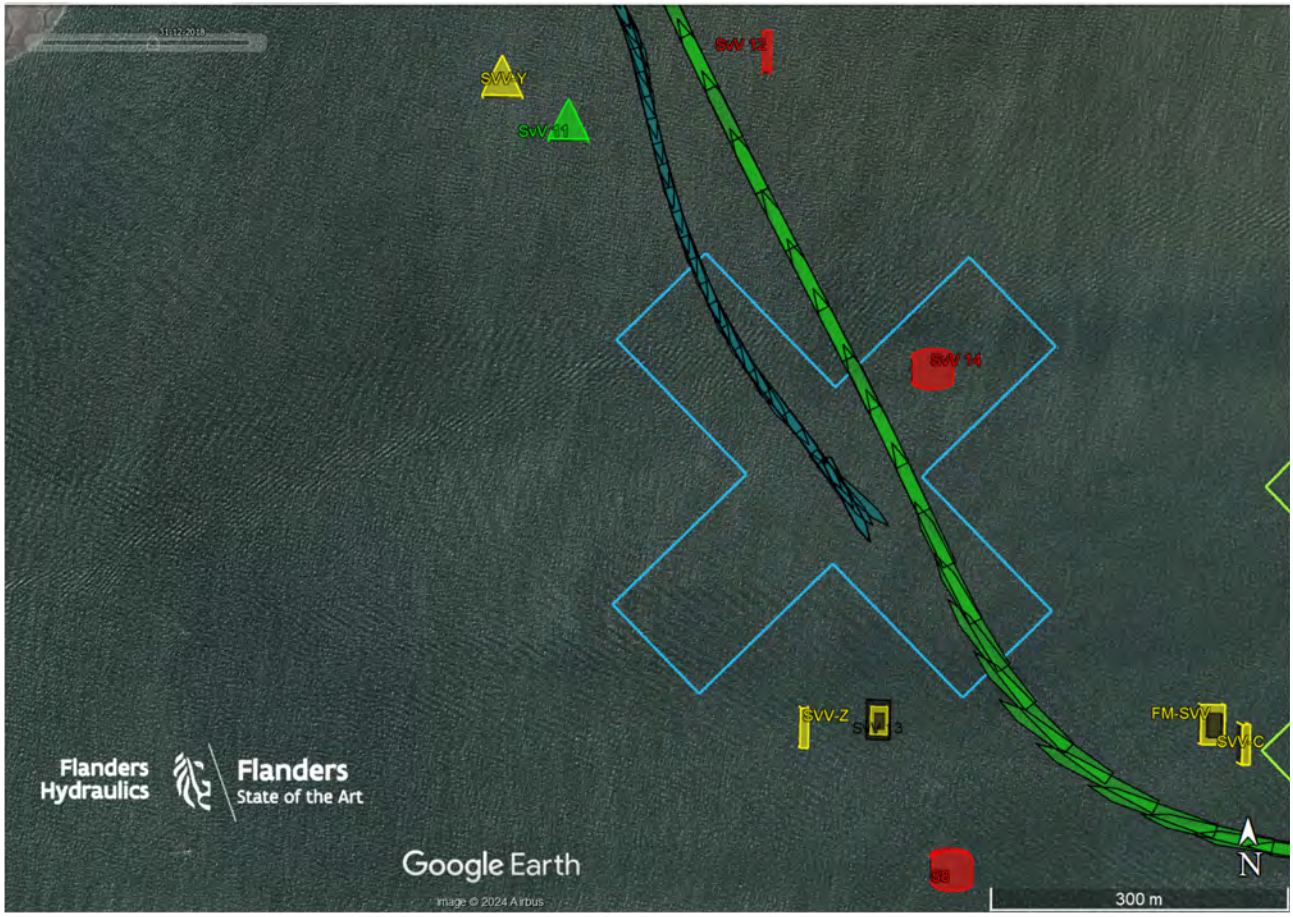
Figuur 157 – Historisch overzicht van de strandingen in de Schaar van Valkenisse ingedeeld per scheepstype



Figuur 158 – Historisch overzicht van de strandingen in de Schaar van Valkenisse ingedeeld per locatie van de stranding



Figuur 159 – Locaties van vier strandingen in de Schaar van Valkenisse tussen 21/08 en 27/08/2020



Figuur 160 – Stranding van binnenschip binnen de boeienlijn (gele betonning) in augustus 2018 bij waterstand -2.2 m NAP



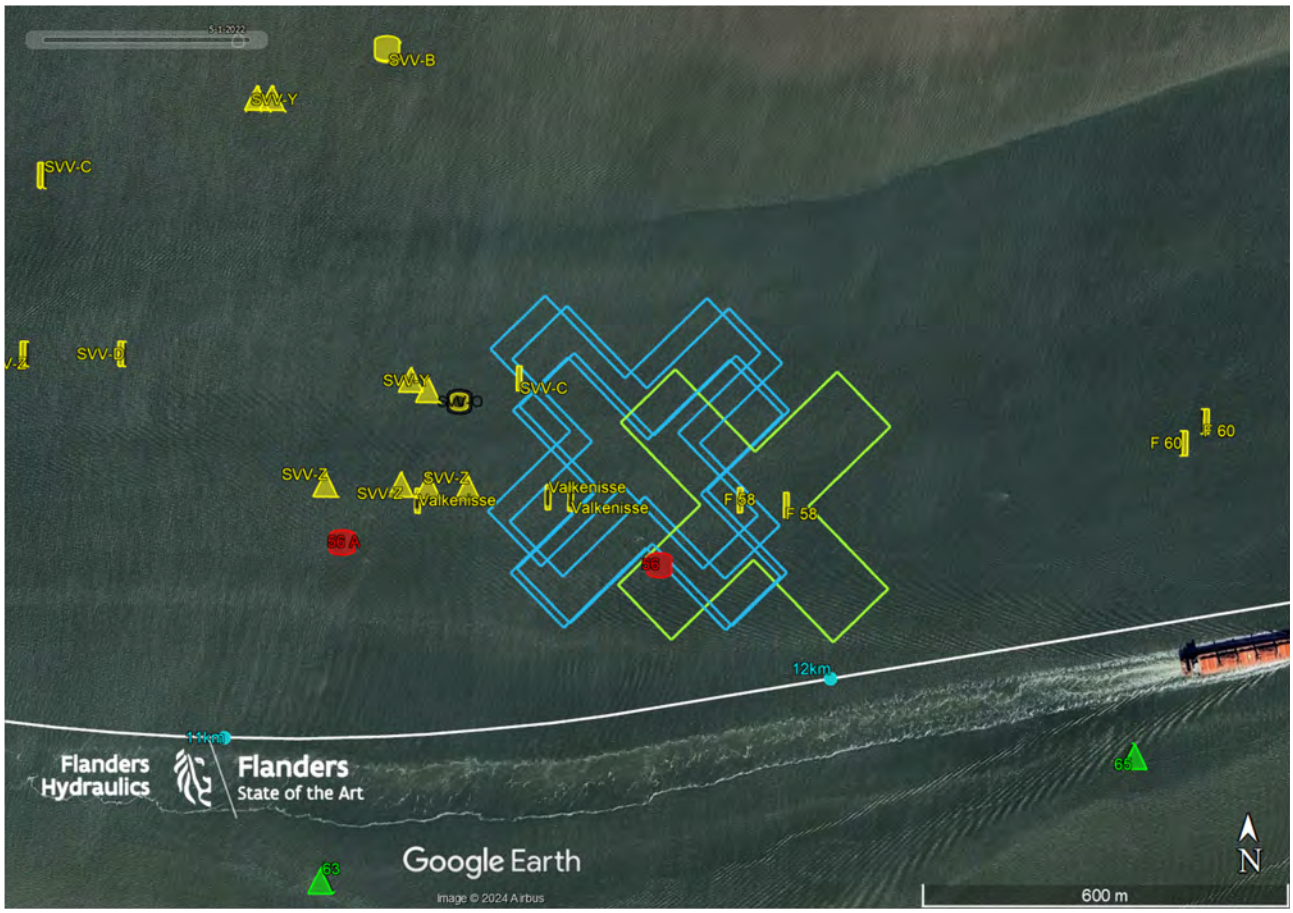
Figuur 161 – Locaties van twee strandingen binnen de betonde nevengeul Schaar van Valkenisse in februari 2020



Figuur 162 – Locaties van twee strandingen binnen de betonde nevengeul Schaar van Valkenisse in mei 2020 weergegeven ten opzichte van de toenmalige meest recente peiling



Figuur 163 – Locaties van twee strandingen binnen de betonde nevengeul Schaar van Valkenisse in mei 2020 weergegeven ten opzichte van de eerste peiling na het incident met weergave van de boeiverlegging in juli 2020



Figuur 164 – Locaties van strandingen in Schaar van Valkenisse in het jaar 2021

6.7 Golfslag

Het grootste aantal incidenten waren de incidenten van het type golfslag. In totaal waren er 83 meldingen van hinderlijke golfslag of zuiging. Het overgrote deel van deze meldingen (61) betroffen hinderlijke golfslag van zeeschepen gerapporteerd door (golfslaggevoelige) binnenvaart. 15 meldingen hadden betrekking op hinderlijke golfslag in de haven van Walsoorden. 6 meldingen waren het gevolg van hinderlijke waterbeweging (zuiging) bij ontmoetingen tussen zeevaart onderling en in één geval betrof de melding een interactie tussen twee binnenschepen.

In Figuur 167 en Figuur 168 worden opnieuw de overzichtsfiguren weergeven van de golfslag doorheen de tijd en langsheen de vaarweg. Deze figuren bevatten enkel de meldingen van golfslag voor varende schepen en niet voor de haven van Walsoorden. De evolutie van het aantal meldingen van golfslag voor de haven van Walsoorden wordt weergegeven in Figuur 169. Vanzelfsprekend zijn deze laatste incidenten allen toegekend aan het vaarwegvak met baanafstand 7 km.

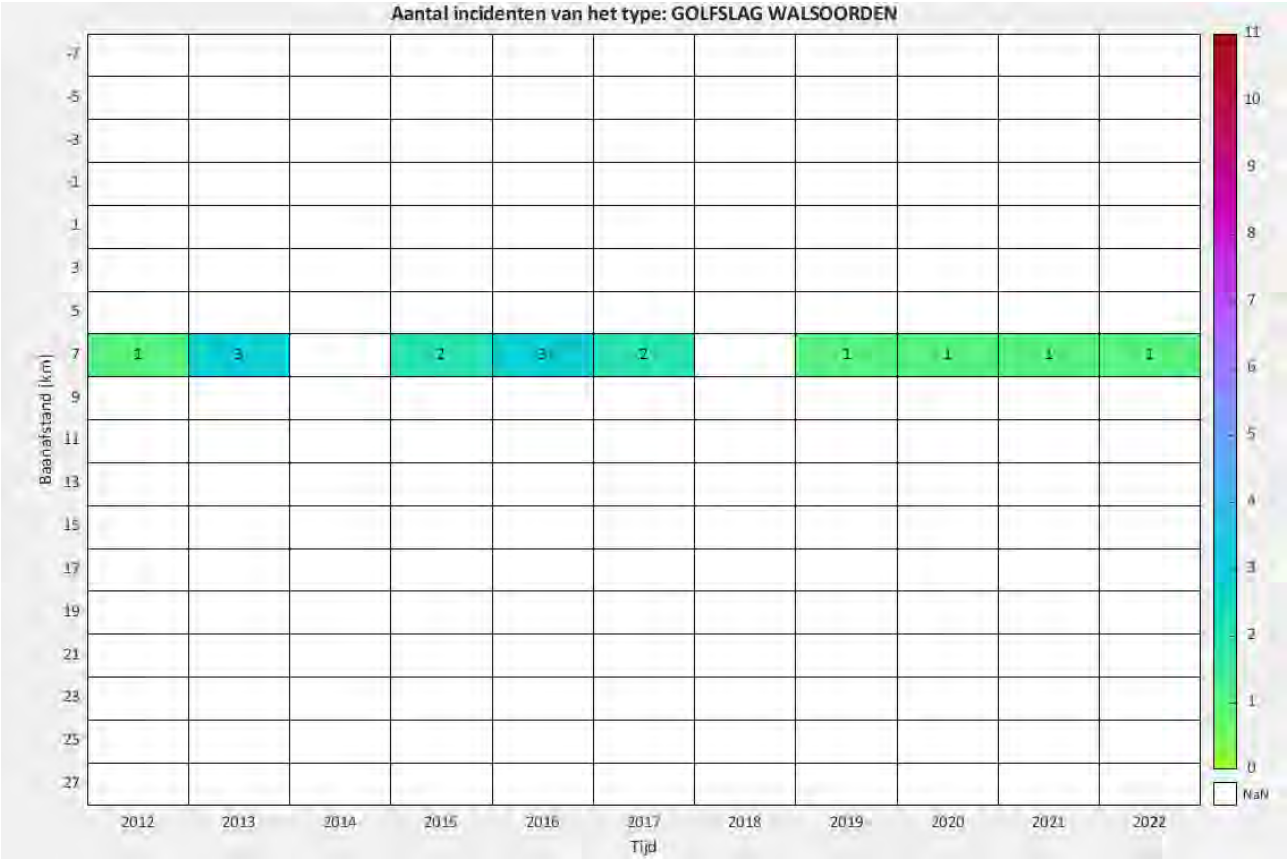
Verder blijkt uit Figuur 168 dat meldingen van hinderlijke scheepsgolven verspreid liggen over het volledige vaargebied. Een groter aantal meldingen geldt voor de Overloop van Hansweert (baanafstand -5 km en -3 km), Baalhoek (of aanloop Schaar van Valkenisse, baanafstand 11 km en 13 km) en Pas van Rilland (baanafstand 21 km tot 23 km).



Figuur 165 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van golfslag tussen twee schepen in het projectgebied



Figuur 166 – Geografische spreiding van golfslag op basis van de locatie van het zeeschip en ingekleurd volgens de scheepstypes



Figuur 167 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van golfslag gemeld in haven van Walsoorden

6.7.1 Golfslag te haven Walsoorden

Er werden 15 incidenten gerapporteerd door schepen uit de haven van Walsoorden over hinderlijke golfslag ten gevolge van zeevaart op de rivier.

Voor deze incidenten werd een bijkomende analyse uitgevoerd waarbij voor de kortste passeerafstand tussen het vermelde zeeschip en de haventoegang van Walsoorden onderstaande gegevens bijgehouden werden:

- Het tijdstip van de passage;
- De afmetingen van het zeeschip;
- De positie en heading van het zeeschip;
- De vaarsnelheid van het zeeschip ten opzichte van de grond en door het water;
- De passeerafstand van het schip tot de haventoegang;
- De tijstand te Baalhoek op het tijdstip van de passage.

Deze gegevens worden weergegeven in Tabel 11.

Opvallend is dat 14 van de hinderlijke zeevaartpassages gepaard gingen met opvaart waarvoor de afstand tussen het scheepstraject en de haven (zie Figuur 170) het kleinst is (al kan niet uitgesloten worden dat er ook nog andere redenen zijn waarom opvaart maatgevend blijkt). Verder blijken alle schepen een lengte groter dan of gelijk aan 200 m te hebben en een breedte groter of gelijk aan 27 m. Boven deze scheepsafmetingen blijken alle schepen aanleiding te kunnen geven tot hinderlijke golfslag in de haven van Walsoorden (zie Figuur 171).

Hinderlijke golfslag wordt bovendien vastgesteld bij een grote variatie aan vaarsnelheden van de zeeschepen. In vier gevallen bedroeg de passeersnelheid door het water meer dan 14 kn (wat een eerder hoge vaarsnelheid beschouwd kan worden voor de passage van Walsoorden). Hierbij dient opgemerkt dat twee van deze passages aan hoge snelheid uitgevoerd werden in de periode 2019 tot 2022. Het betroffen tweemaal panamax schepen met diepgang 10 tot 11.4 m.

Twee incidenten werden veroorzaakt door zeeschepen die geen bovenmaatse zeeschepen waren maar wel een lengte en diepgang hadden die de maten van een bovenmaats zeeschip (L≥210 m of T≥10m) benaderden. Beide niet bovenmaatse zeeschepen passeerden de haven aan een vaarsnelheid gelijk aan 13.5 kn door het water.

In twee gevallen werd er golfslag gemeld voor een scheepspassage bij een vaarsnelheid kleiner dan of gelijk aan 11 kn. In maart 2016 werd deze passage uitgevoerd door een bovenmaats containerschip met diepgang 14.5 m die passeerde aan 10.2 kn (door het water). De snelheidsgrafiek van dit schip wordt weergegeven in Figuur 172. Hieruit blijkt dat het zeeschip wel degelijk de snelheid afbouwde in functie van de passage van Walsoorden. In het Zuidergat (4 km) bedroeg de vaarsnelheid nog ca. 13.5 kn door het water en ook na de passage van Walsoorden werd de snelheid opnieuw opgebouwd tot ca. 12.5 kn ter hoogte van Baalhoek (11 km). De passage van Walsoorden (6.5 km) werd uitgevoerd aan iets meer dan 10 kn door het water zoals ook aangegeven in Tabel 11.

Een tweede voorbeeld betreft de passage van een containerschip met lengte 337 m en diepgang 11.6 m die de haven passeerde aan een vaarsnelheid door het water gelijk aan 11.0 kn wat bij de geldende ebconditie overeenstemt met een vaarsnelheid over de grond gelijk aan 8.8 kn. In Figuur 173 wordt de evolutie van de vaarsnelheid van het schip over het volledige traject tussen Hansweert en Bath weergegeven. De snelheidsvermindering die het schip hanteerde bij het naderen van de haven van Walsoorden is nu nog meer uitgesproken dan in het vorige voorbeeld. De snelheid in het Zuidergat bedroeg voor dit schip nog ca. 14 kn door het water (km 4) en werd ter hoogte van Walsoorden afgebouwd tot 10.5 kn door het water.

Beide voorbeelden tonen aan dat de betrokken schepen hun vaarsnelheid afbouwden in functie van de passage van de haven van Walsoorden. Mogelijks worden de hinderlijke golven voor de haven van Walsoorden echter gegenereerd ter hoogte van het Zuidergat waarbij de schepen respectievelijk een vaarsnelheid gelijk aan 13 kn tot 14 kn door het water hadden. Anderzijds dient gesteld te worden dat deze vaarsnelheden niet uitzonderlijk zijn. De mogelijkheid dat hinderlijke scheepsgolven voor de haven van Walsoorden mede gegenereerd worden door opvaart in het Zuidergat (waar de koers van de schepen in het verlengde van de haventoegang ligt) zou ook een verklaring zijn voor de dominantie van opvaart in de gerapporteerde golfslagincidenten te Walsoorden.

Ook met betrekking tot de tijstand blijken er zowel bij hoog water als bij laag water incidenten op te treden.

Er dient opgemerkt dat er geen correlatie gevonden kan worden tussen de meldingen van hinderlijke golfslag en de onderzochte parameters.

De hinder van passerende zeevaart op de haven van Walsoorden resulteerde in december 2018 tot de kennisgeving passage Haven van Walsoorden (BASS 104/2018) waarin onderstaande voorschriften vastgesteld werden:

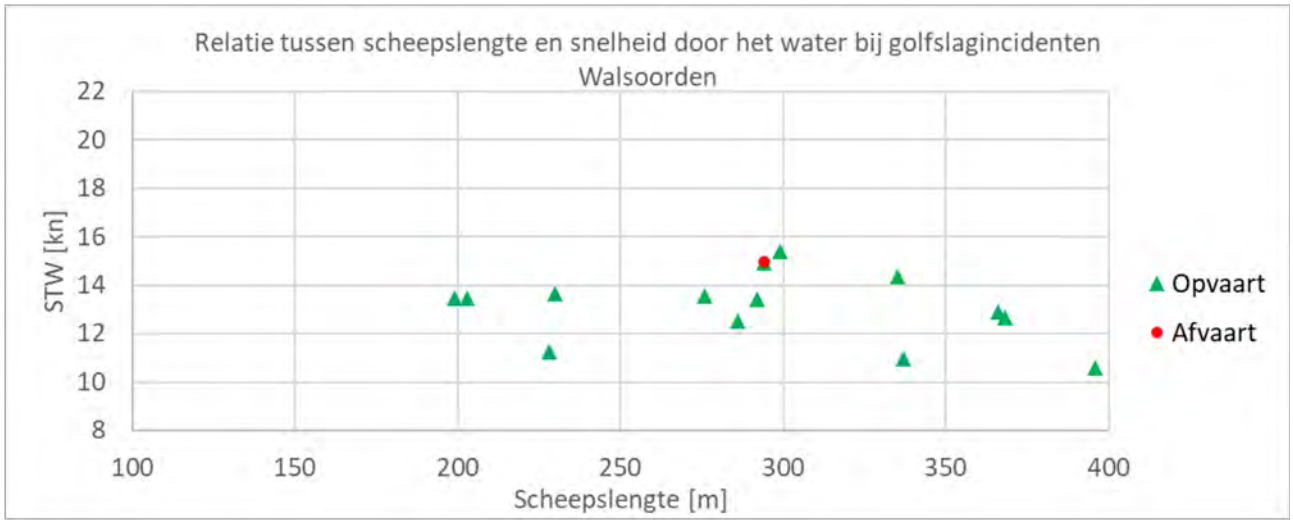
1. alle op- en afvarende scheepvaart die door haar snelheid, scheepsvorm of waterverplaatsing hinder zou kunnen opleveren op afgemeerde vaartuigen of werken in de haven van Walsoorden dient tijdig vaart te minderen zodat de havenmond met een veilige en aangepaste snelheid gepasseerd wordt;
2. bovenmaatse schepen[7] worden verboden om onderling elkaar op te lopen tijdens de passage van de haven van Walsoorden;
3. bovenmaatse schepen dienen te vermijden om elkaar te ontmoeten (bij tegengestelde koersen) ter hoogte van de haven van Walsoorden.

[7] Bovenmaatse schepen voor de Westerschelde zijn schepen met een lengte groter dan of gelijk aan 210 m en/of een diepgang groter dan of gelijk aan 10.0 m (GB 03/2019)

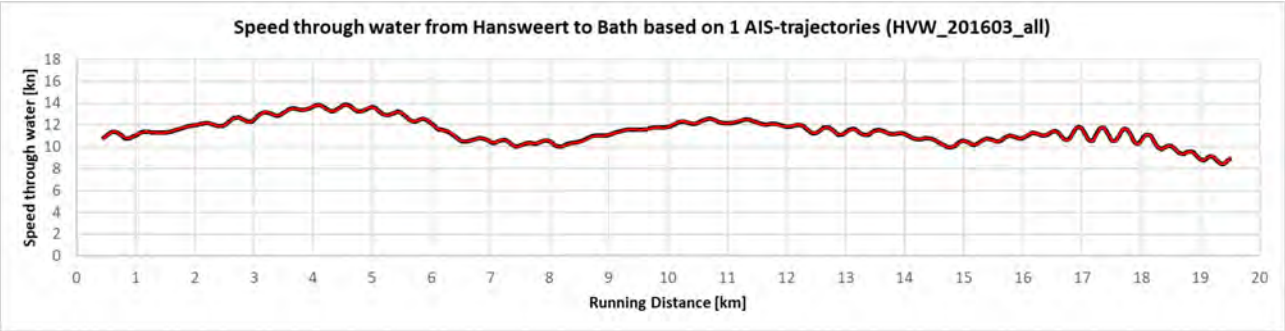
In de volgende paragrafen wordt bijgevolg meer aandacht besteed aan de condities waarin bovenmaatse zeeschepen de haven van Walsoorden passeren.



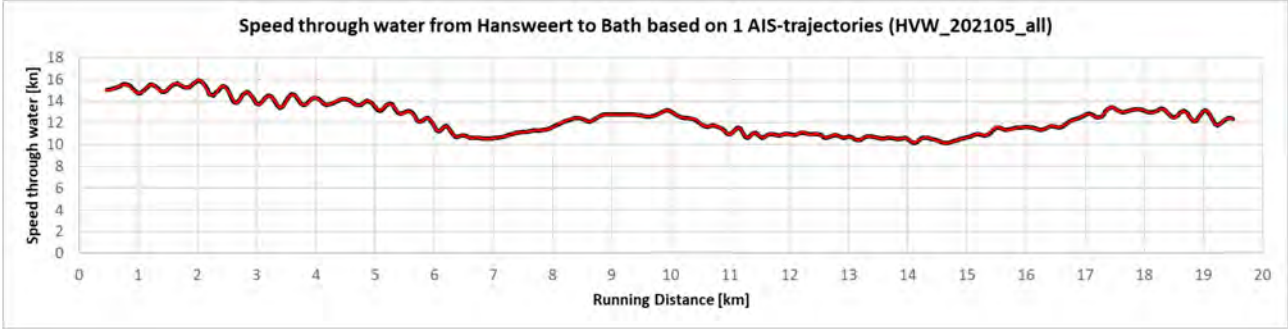
Figuur 168 – Snelheid door het water en passeerafstand van zeevaart die hinderlijke golfslag veroorzaakte in de haven van Walsoorden



Figuur 169 – Snelheid door het water en scheepslengte van zeevaart die hinderlijke golfslag veroorzaakte in de haven van Walsoorden



Figuur 170 – Evolutie van de vaarsnelheid door het water tussen Hansweert (links) en Bath (rechts) voor het opvarende zeeschip dat op 30/03/2016 een belangrijke golf veroorzaakte in de haven van Walsoorden (baanafstand 6.5 km)



Figuur 171 – Evolutie van de vaarsnelheid door het water water tussen Hansweert (links) en Bath (rechts) voor het opvarende zeeschip dat op 06/05/2021 een belangrijke golf veroorzaakte in de haven van Walsoorden (baanafstand 6.5 km)

Tabel 11 – Metadata van passages van zeeschepen te haven Walsoorden die aanleiding gaven tot een melding van hinderlijke golfslag in de haven

UTC Time	Tij Baalhoek	Passeer-afstand yBB	Vaar-richting	Schip 1 Type	Schip 1 Lengte	Schip 1 Breedte	Schip 1 Diepgang (obv AIS)	Schip 1 SoG	Schip 1 STW	Schip 1 heading
[-]	[m LAT]	[m]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kn]	[kn]	[°]
27/10/2012 9:43	3.5	270	opvaart	sea	276	40	13.6	14.9	13.5	145.9
23/02/2013 23:58	4.2	231	opvaart	sea	228	32	13.3	12.6	11.2	149.2
5/04/2013 11:13	4.5	252	opvaart	sea	366	48	13.3	12.5	12.9	141.4
18/08/2013 18:03	1.2	264	opvaart	sea	335	42	13.2	13.4	14.4	136.7
18/05/2015 20:35	0.4	272	opvaart	sea	199	35	8.8	12.0	13.5	151.1
21/10/2015 9:27	3.7	261	opvaart	sea	368	51	12.5	11.4	12.7	147.8
30/03/2016 16:27	4.1	255	opvaart	sea	396	59	14.7	12.2	10.6	144.4
11/04/2016 11:28	0.2	219	opvaart	sea	203	27	9.7	12.2	13.5	145
2/05/2016 1:51	1.5	312	opvaart	sea	292	32	13.2	11.4	13.4	156.3
27/04/2017 18:10	3.3	307	opvaart	sea	299	49	12.6	13.2	15.4	145
8/07/2017 14:26	5.6	253	opvaart	sea	286	40	10	12.7	12.5	147
15/03/2019 7:53	5.3	431	afvaart	sea	294	32	10	14.0	15.0	332
11/12/2020 10:12	5.1	185	opvaart	sea	230	37	10.3	14.7	13.7	143.4
6/05/2021 15:12	1.9	284	opvaart	sea	337	47	11.6	8.8	11.0	144.8
20/06/2022 0:36	0.5	253	opvaart	sea	294	32	11.4	13.2	14.9	141

Evolutie van vaarsnelheden bovenmaatse zeevaart te Walsoorden

Uit bovenstaande voorbeelden blijkt dat de vaarsnelheid daadwerkelijk aangepast wordt bij het passeren van de haven. Anderzijds blijkt dat voor de recente incidenten de vaarsnelheden langs de haven relatief hoog zijn in vergelijking tot de eerdere jaren. Om inzicht te geven in de historische evolutie van de vaarsnelheden die gehanteerd werden in de omgeving van Walsoorden werd er een statistische analyse gemaakt van de vaarsnelheden van de op- en afvarende bovenmaatse zeeschepen waarvoor de lengte groter was dan 210 m of de diepgang groter was dan 10 m. Voor deze schepen werd per maand de gemiddelde vaarsnelheid bepaald voor de baanafstanden 3.5 km, 4.5 km, 5.5 km, 6.5 km, 7.5 km, 8.5 km en 9.5 km (ofwel van 3000 m afwaarts de haven van Walsoorden tot 3000 m opwaarts de haven van Walsoorden). De resultaten van deze analyse worden in Figuur 174 en Figuur 175 weergegeven voor de snelheid over de grond van respectievelijk opvarende en afvarende bovenmaatse zeevaart en in Figuur 176 en Figuur 177 voor de snelheid door het water. De resultaten tonen aan dat zowel in op- als afvaart de vaarsnelheid belangrijk verminderd wordt te Walsoorden. Deze snelheidsreductie is vermoedelijk niet enkele ingegeven door de aanwezigheid van de haven, maar ook door het bochtmanoeuvre dat in de bocht van Walsoorden uitgevoerd dient te worden. In de opvaart blijkt de belangrijkste snelheidsreductie gerealiseerd te worden in de laatste km voordat de haven gepasseerd wordt (dus tussen 5.5 km en 6.5 km). Waarbij voor de afvaart de belangrijkste snelheidsreductie vroeger uitgevoerd wordt en voornamelijk wanneer het schip zich 2 km tot 1 km van de haven bevindt (dus tussen 8.5 km en 7.5 km). Dit heeft vermoedelijk te maken met de eerder afwaartse positie van de haven in de bocht.

Een andere vaststelling betreft het verschil in gemiddelde vaarsnelheid die door op- en afvarende schepen toegepast wordt. Hierbij blijken afvarende schepen gemiddeld aan een hogere snelheid te varen. Zo blijkt de vaarsnelheid door het water van de afvarende bovenmaatse schepen omstreeks boei 61 (baanafstand 9.5 km of 3 km opwaarts Walsoorden) in de eerste jaren van de analyse gepaard te gaan met een vaarsnelheid gelijk aan ca. 14.3 kn waarbij opvarende schepen in het Zuidergat (baanafstand 3.5 km of 3 km afwaarts Walsoorden) ruim 1 kn trager voeren. Wanneer deze vergelijking gemaakt wordt voor de passeersnelheid te Walsoorden dan is een gelijkaardig verschil waarneembaar. In de eerste jaren van de geanalyseerde periode passeerde de afvaart gemiddeld aan 12.5 kn de haven van Walsoorden, waarbij dit voor opvaart minder dan 11.5 kn was (ca. 11.3 kn).

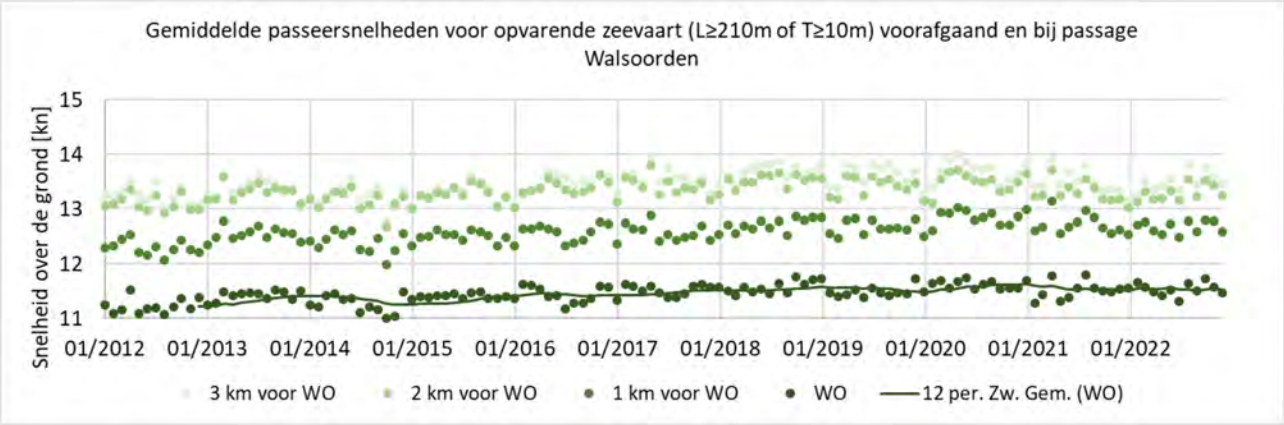
Nog opvallend is dat doorheen de tijd de vaarsnelheden voor op- en afvarende schepen elkaar meer benaderen waarbij voor de meest recente jaren (2021 en 2022) gesteld kan worden dat de afvarende vaarsnelheden te Valkenisse en de opvarende vaarsnelheden te Zuidergat nog slechts ca. 1.0 kn verschillen. Voor de afvarende schepen is er een stelselmatige daling van de vaarsnelheden door de tijd waarneembaar. Voor de opvaart is deze evolutie minder uniform, waarbij een stijging van de vaarsnelheden opgemerkt kan worden tot en met 2017 en de passeersnelheden (door het water) daarna constant blijven. Ook voor de passeersnelheden te Walsoorden geldt voor de meest recente jaren een kleiner verschil tussen af- en opvarende passeersnelheden gelijk aan ca. 0.7 kn (opvaart 11.6 kn en afvaart 12.3 kn).

In december 2018 werd de bovenvermelde kennisgeving passage van Walsoorden gepubliceerd. Voor opvarende bovenmaatse zeevaart blijkt inderdaad een opvallende vermindering van de passeersnelheden langs de haven van Walsoorden in de eerste maanden van 2019 maar deze vermindering blijkt in de daaropvolgende maanden opnieuw uit te doven waarbij de passeersnelheden dezelfde waarden bereiken als voor de kennisgeving.

De grotere vaarsnelheden over de grond voor afvaart zijn opmerkelijk aangezien 14 van de 15 golfslagincidenten in de haven van Walsoorden veroorzaakt werden door opvaart (hoewel voor afvaart de passeerafstand tot de haven vanzelfsprekend hoger is). Ook het verminderde aantal meldingen uit de haven van Walsoorden blijkt niet verklaard te kunnen worden door de gemiddelde opvarende passeersnelheid aan de haven van Walsoorden aangezien deze parameter relatief constant blijft. Voor de afvaart is wel een dalende trend waarneembaar in de passeersnelheid van Walsoorden maar zoals eerder opgemerkt was maar 1 van de 15 meldingen uit Walsoorden veroorzaakt door een afvarend schip.

Op basis van de gerapporteerde incidenten (zie Figuur 169) kan gesteld worden dat er sinds 2018 een vermindering geldt van het aantal meldingen van hinderlijke golfslag in de haven van Walsoorden (ondanks een toename van het aantal bovenmaatse zeeschepen). Aangezien deze hinder uitsluitend veroorzaakt wordt door zeeschepen wordt er geen impact verwacht van de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse op de golfslag in de haven van Walsoorden. De positieve evolutie van het dalend aantal incidentsmeldingen is vermoedelijk toe te schrijven aan een groter bewustzijn van deze hinder bij de loodsen (mede door de publicatie van de bijhorende kennisgeving). Nochtans blijkt uit Figuur 174 dat er in deze periode geen daling waar te nemen was van de gemiddelde vaarsnelheid van de opvaart.

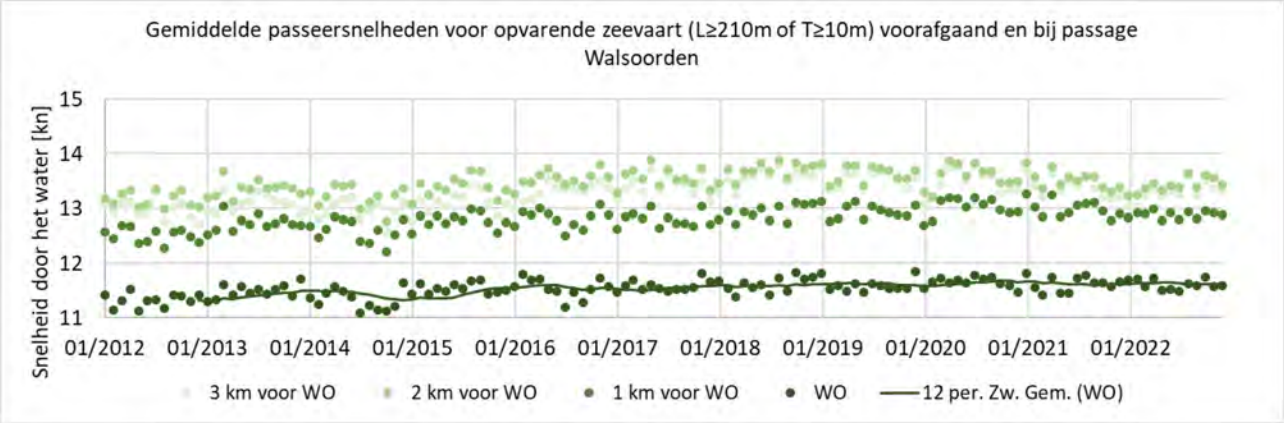
In dit verband dient opgemerkt te worden dat snelheidsverminderingen op de rivier niet gemakkelijk uitgebreid kunnen worden naar bijkomende locaties (zoals de passages van de havens te Terneuzen en Hansweert) aangezien een algemene daling van de vaarsnelheden een ongunstig effect heeft op de tijpoorten voor marginale diepgangen en bijgevolg een nadelig effect heeft op de toegankelijkheid van de haven van Antwerpen voor grote diepgangen. Bovendien dienen de schepen een minimum toerental te behouden om het schip voldoende manoeuvreerbaar te houden. Er dient bijgevolg omzichtig omgegaan te worden met het opleggen of adviseren van snelheidsbeperkingen aan de zeevaart.



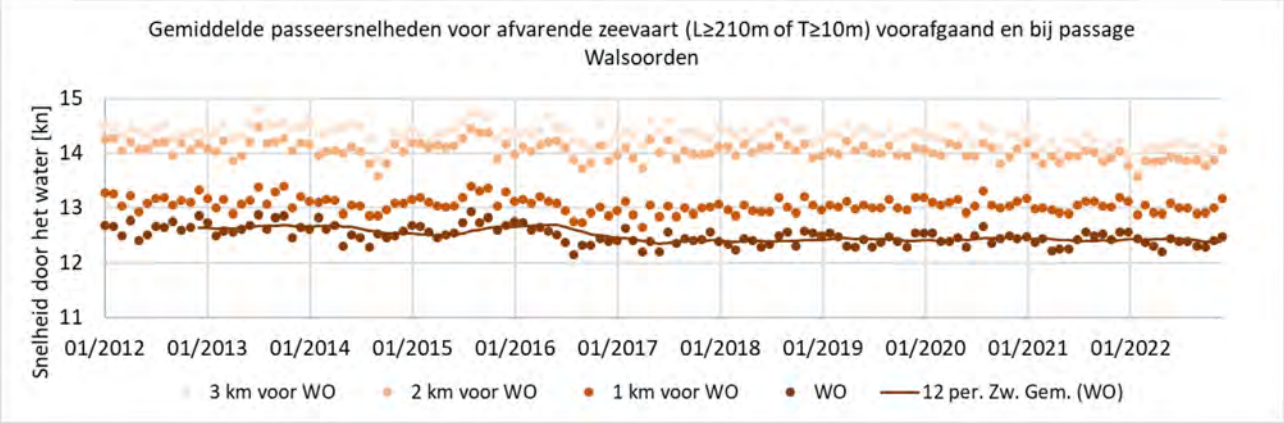
Figuur 172 – Historische evolutie van de gemiddelde passeersnelheden over de grond van opvarende bovenmaatse zeevaart te Walsoorden en op drie afstanden afwaarts Walsoorden



Figuur 173 – Historische evolutie van de gemiddelde passeersnelheden over de grond van afvarende bovenmaatse te Walsoorden en op drie afstanden opwaarts Walsoorden



Figuur 174 – Historische evolutie van de gemiddelde passeersnelheden door het water van opvarende bovenmaatse zeevaart te Walsoorden en op drie afstanden afwaarts Walsoorden



Figuur 175 – Historische evolutie van de gemiddelde passeersnelheden over de grond van afvarende bovenmaatse te Walsoorden en op drie afstanden opwaarts Walsoorden

Evolutie van interacties tussen bovenmaatse schepen te Walsoorden

In §5.6.1 werd reeds een evaluatie uitgevoerd van het aantal ontmoetingen tussen bovenmaatse schepen in het vaargebied Valkenisse. Hierbij werd waargenomen dat het aantal ontmoetingen effectief een minimum vertoont ter hoogte van de haven van Walsoorden wat impliceert dat ontmoetingen tussen bovenmaatse schepen effectief vermeden worden op deze locatie.

In de volgende paragraaf wordt een meer gedetailleerde analyse van de interacties tussen bovenmaatse schepen in het studiegebied weergegeven. Waar de analyse uit §5.6.1 de scheepsontmoeting weergeeft als één punt waarvoor de AIS-posities van de betrokken schepen zich op dezelfde baanafstand bevinden wordt er nu een detailanalyse uitgevoerd waarin voor alle ontmoetingen tussen bovenmaatse zeeschepen de scheepscondities voor de volledige duur van de interactie bijgehouden worden. Hierbij wordt de duur van een interactie gedefinieerd als het tijdstip waarbij de schepen zich voor een bepaald deel van hun scheepslengte langszij bevinden. Voor een kop-kop ontmoeting betreft dit het tijdstip waarop de boeg van beide schepen zich op dezelfde hoogte bevindt tot wanneer het hek van beide schepen zich op dezelfde hoogte bevindt. Voor oploopmanoeuvres wordt de duur van de interactie gedefinieerd vanaf het tijdstip waarop de boeg van het oplopende schip zich ter hoogte van het hek van het opgelopen schip bevindt tot wanneer het hek van het oplopende schip de boeg van het opgelopen schip gepasseerd is.

In de detailanalyse worden er ook (in overeenstemming met de kennisgeving) afzonderlijke resultaten weergegeven voor kop-kop ontmoetingen en voor oploopmanoeuvres.

De resultaten van de detailanalyse worden opnieuw voorgesteld op basis van een hittekaart waarop zowel de tijdsvariatie (horizontale as) als de geografische spreiding (verticale as) weergegeven worden. Doordat het aantal ontmoetingen tussen bovenmaatse schepen eerder beperkt is, worden de resultaten in deze analyse gecombineerd per kalenderjaar en niet per maand. De geografische spreiding wordt opnieuw gebaseerd op de baanafstanden langsheen de midvaarwatercurve waarin er secties met lengte 200 m geëvalueerd werden. Om het aantal interacties binnen deze secties te berekenen werden de secties opgedeeld in 10 subsecties met lengte 20 m en werd binnen deze subsecties het aantal interacties geteld (ofwel passages tussen schepen die zich langszij van elkaar bevonden). De resultaten per subsectie werden geïntegreerd tot een resultaat per sectie door elke subsectie een aandeel van 10% te geven. Doordat de interacties steeds beoordeeld worden vanuit het perspectief van elk deelnemend schip, wordt het aantal interacties gedeeld door twee in de gepresenteerde visualisaties.

In Figuur 178 wordt de hittekaart weergegeven voor het aantal kop-kop ontmoetingen tussen bovenmaatse zeeschepen. Omdat de interpretatie van hittekaarten niet altijd even intuïtief is worden deze resultaten ook in een alternatieve weergave gepresenteerd in Figuur 179. In deze figuur wordt het verloop van het aantal ontmoetingen langs de baanafstand weergegeven per kalenderjaar. Beide visualisaties presenteren dezelfde data en worden dan ook samen behandeld.

In §5.6.1 werd reeds opgemerkt dat het aantal interacties tussen bovenmaatse zeeschepen een stijgende trend kent tijdens de onderzochte periode en dit blijkt ook duidelijk uit de detailanalyse. Het merendeel van de interacties tussen bovenmaatse zeeschepen betreffen kop-kop ontmoetingen en de afstand waarover deze interacties uitgevoerd worden zijn relatief beperkt, waardoor de gegevens van de detailanalyse vrij goed overeenstemmen met de resultaten van de globale analyse in §5.6.1. Op basis van de figuren wordt duidelijk aangetoond dat het aantal kop-kop ontmoetingen ter hoogte van de haven van Walsoorden (s = 6.5 km) een minimum vertoont. Deze evolutie is het ene jaar meer uitgesproken dan het andere jaar maar is waarneembaar voor alle kalenderjaren met uitzondering van het jaar 2012. Algemeen kan gesteld worden dat doorheen de jaren de locatie te Walsoorden meer en meer vermeden werd als ontmoetingslocatie. Vanaf 2017 is de voorkeur voor ontmoetingen op- en afwaarts van de haven van Walsoorden erg uitgesproken en met uitzondering van het jaar 2020 blijkt dit het geval voor de volledige periode 2017 tot 2022. Het is opmerkelijk dat in het jaar 2020 een relatief hoog aantal ontmoetingen waargenomen wordt ter hoogte van Walsoorden en de kennisgeving dus minder opgevolgd werd. Deze waarneming kon niet verklaard worden.

Wanneer de jaren 2018 en 2019 met elkaar vergeleken worden dan is er een beperkt verschil waarneembaar in het gebruik van de ontmoetingslocatie Walsoorden voor beide jaren. 2019, 2021 en 2022 zijn immers de jaren waarin de kop-kop ontmoetingen het duidelijkst vermeden worden ter hoogte van Walsoorden en waarvoor er een belangrijke oververtegenwoordiging waarneembaar is van ontmoetingen afwaarts (te Zuidergat) en opwaarts (te Valkenisse) van de haven van Walsoorden.

Behalve de locatie Walsoorden blijken ook de baanafstanden 14 tot 15 km (Marlemonsche) gepaard te gaan met een verminderd aantal ontmoetingen. Dit minimum is wel veel minder uitgesproken dan te Walsoorden.

De resultaten voor kop-kop ontmoetingen vertonen (met uitzondering van 2020) een duidelijk minimum in het aantal ontmoetingen ter hoogte van Walsoorden waarbij de waarnemingen inderdaad overeenstemmen met de bepalingen uit de kennisgeving. In de kennisgeving wordt echter gesteld dat kop-kop ontmoetingen vermeden dienen te worden maar dat oploopmanoeuvres verboden zijn. De resultaten voor oploopmanoeuvers worden weergegeven in Figuur 180 en in Figuur 181. Op basis van deze figuren blijkt dat de variatie van de oplooplocaties langsheen de vaarweg meer uitgesproken is dan voor de kop-kop ontmoetingen. Een eerste vaststelling is vanzelfsprekend dat het aantal oploopmanoeuvres tussen bovenmaatse schepen lager is dan het aantal kop-kop ontmoetingen (ongeveer een factor 3.5).

De stijging van het aantal oploopmanoeuvres tussen bovenmaatse zeeschepen doorheen de tijd is duidelijk meer uitgesproken dan voor de kop-kop ontmoetingen met een belangrijke toename van het aantal interacties in het jaar 2017.

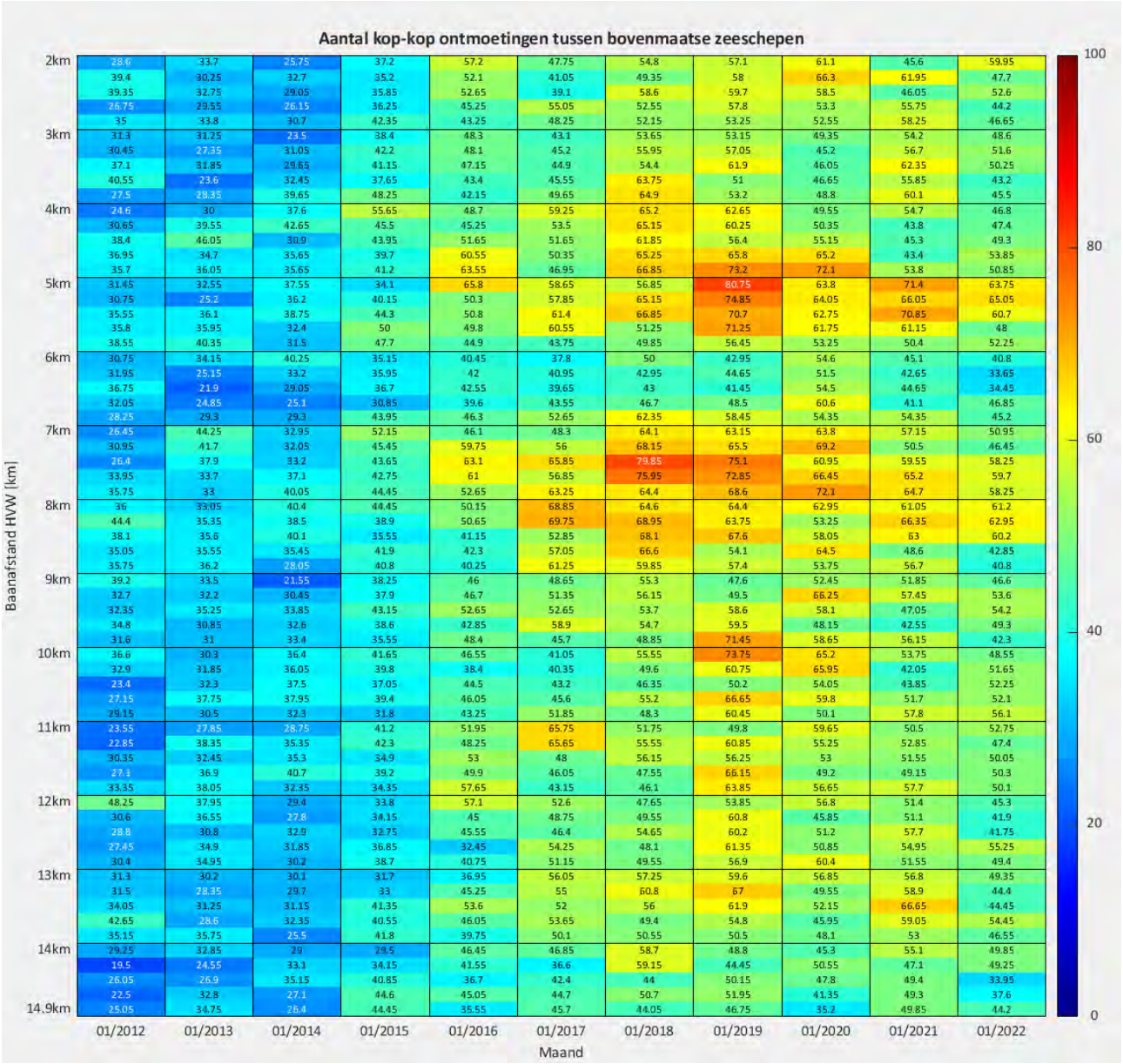
In 2012 is het aantal oploopmanoeuvres tussen bovenmaatse zeeschepen relatief beperkt. Voor dat jaar kan er ook geen uitgesproken minimum waargenomen worden te Walsoorden waardoor er voor dat jaar geconcludeerd dient te worden dat noch kop-kop ontmoetingen noch oploopmanoeuvres vermeden werden te Walsoorden.

Vanaf 2013 blijkt er wel een duidelijk minimum waarneembaar te Walsoorden. Het aantal oploopmanoeuvres is voor dat jaar nog steeds laag, maar er is wel een uitgesproken voorkeur waarneembaar voor oplooplocaties te Zuidergat (baanafstand 2 tot 5 km) en te Overloop Valkenisse (baanafstand 8 km tot 12 km). Voor het kalenderjaar 2013 is er slechts 1.5 oploopmanoeuvre geregistreerd tussen bovenmaatse schepen ter hoogte van Walsoorden. Voor het jaar 2014 kan gesteld worden dat er relatief veel oploopmanoeuvres plaatsvinden te Walsoorden maar vanaf 2015 blijft het aantal oploopmanoeuvres te Walsoorden opnieuw beperkt ondanks dat het totale aantal oploopmanoeuvres voor die jaren wel in belangrijke mate toenemen. Vanaf 2015 en meer uitgesproken vanaf 2017 worden oploopmanoeuvres tussen bovenmaatse schepen voornamelijk georganiseerd in het Zuidergat (tussen baanafstanden 2 km en 4.5 km). Een tweede locatie waar meerdere oploopmanoeuvres uitgevoerd worden betreft de Overloop van Valkenisse tussen de baanafstanden 10 km en 13 km.

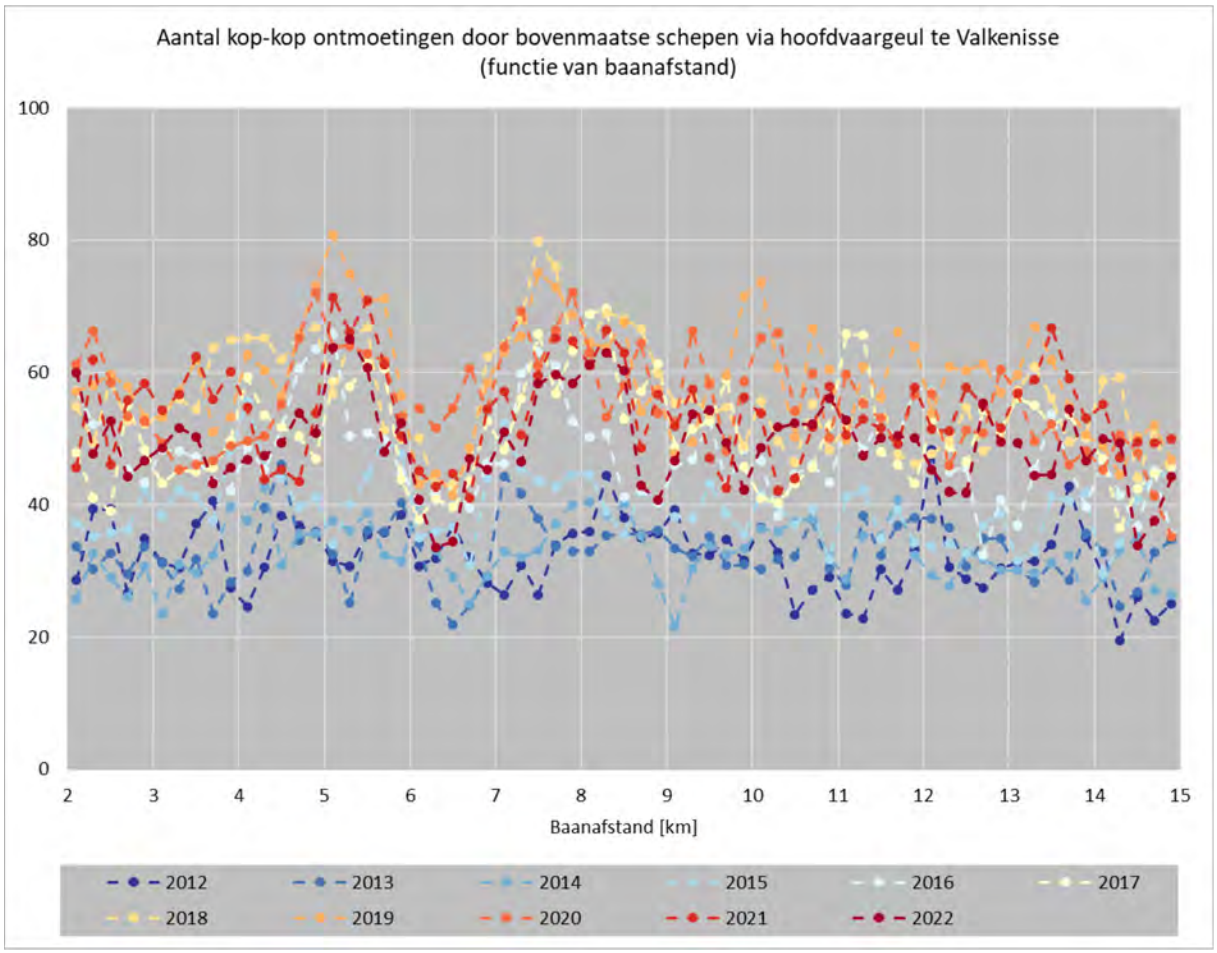
Voor het jaar 2022 is het minimum in oploopmanoeuvres te Walsoorden het meest uitgesproken. Zo blijkt er in dat jaar geen enkel oploopmanoeuvre geregistreerd te zijn in de zone 6.2 km – 6.6 km overeenkomstig de haven van Walsoorden. Bovendien blijkt er voor een vrij groot gebied rond de haven van Walsoorden (baanafstanden 5 km tot 9 km) een verminderd aantal oploopmanoeuvres op te treden in 2022. Het is erg aannemelijk dat deze vermindering van het aantal oploopmanoeuvres ingegeven is door het hogere aantal opvarende binnenvaart dat zich in deze zone binnen het hoofdvaarwater bevindt aangezien er op deze locatie geen fietspad beschikbaar was in de groene kant.

De kennisgeving werd gepubliceerd in december 2018. Voor de jaren 2018 en 2019 kan er echter geen belangrijke verschuiving waargenomen worden in het aantal oploopmanoeuvres te Walsoorden. Er kan gesteld worden dat reeds vanaf 2015 de haven van Walsoorden vermeden werd als oplooplocatie.

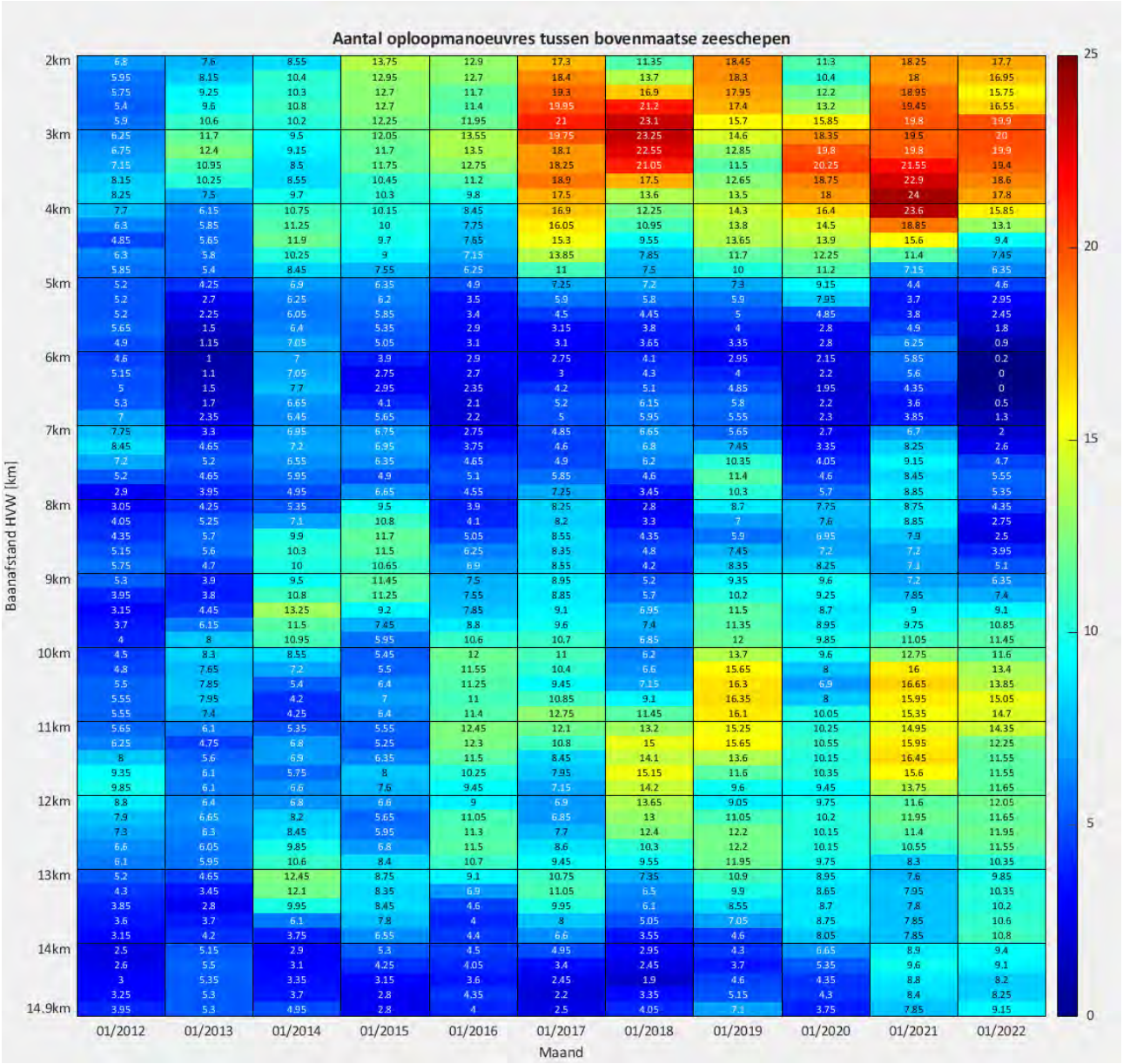
In tegenstelling tot de kop-kop ontmoetingen blijkt er voor de oploopmanoeuvres geen trendbreuk waarneembaar in 2020. Voor dat jaar is er voor wat de oploopmanoeuvres betreft ook een duidelijk minimum waarneembaar te Walsoorden.



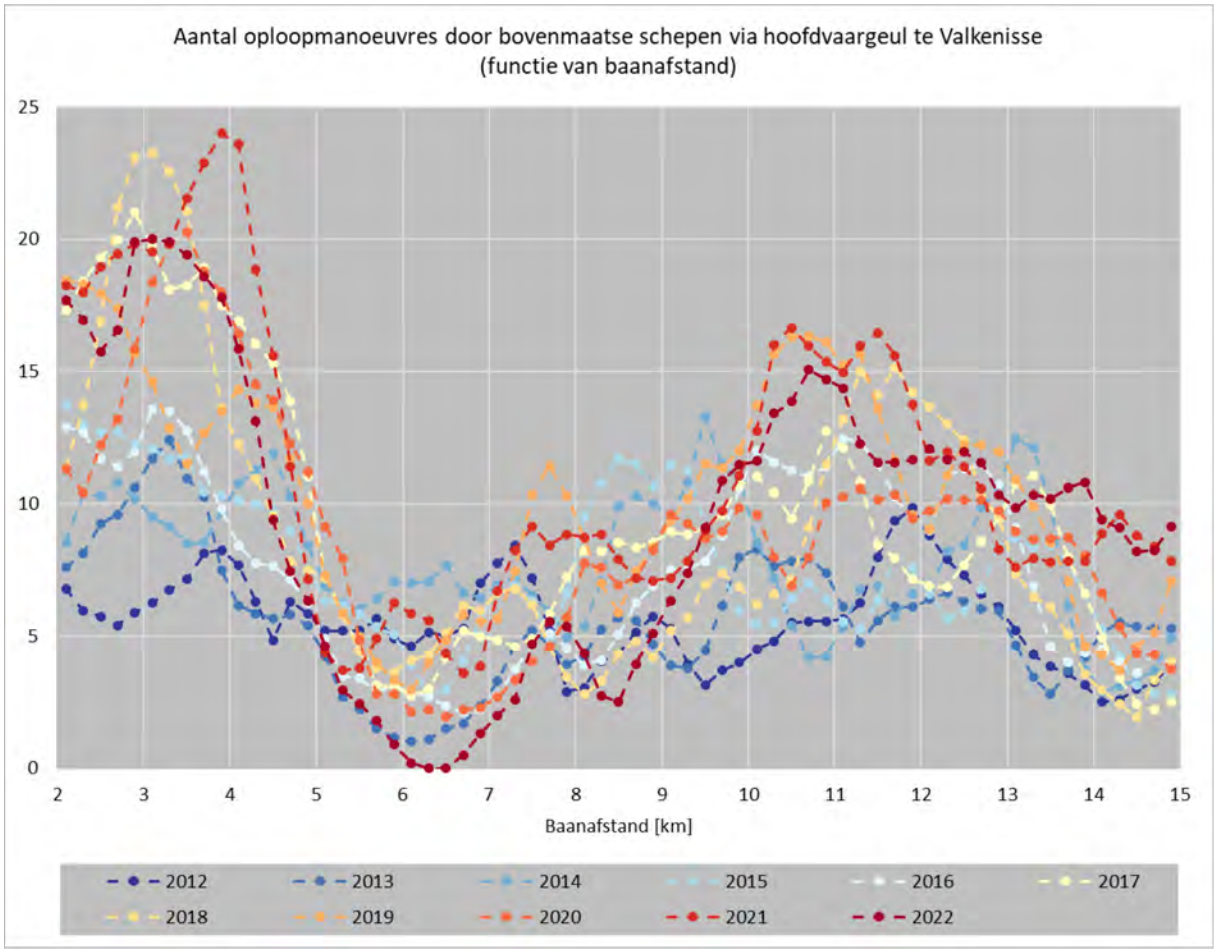
Figuur 176 – Historische evolutie van het aantal kop-kop ontmoetingen tussen bovenmaatse zeevaart te Valkenisse door middel van hittekaartweergave



Figuur 177 – Historische evolutie van het aantal kop-kop ontmoetingen tussen bovenmaatse zeevaart te Valkenisse door weergave van de geografische spreiding per jaar



Figuur 178 – Historische evolutie van het aantal oploopmanoeuvres tussen bovenmaatse zeevaart te Valkenisse door middel van hittekaartweergave



Figuur 179 – Historische evolutie van het aantal oploopmanoeuvres tussen bovenmaatse zeevaart te Valkenisse door weergave van de geografische spreiding per jaar

6.7.2 Evolutie van incidenten golfslag te Valkenisse

Om een meer gedetailleerd overzicht te bekomen van de golfslag incidenten tussen varende schepen te Valkenisse wordt in Tabel 12 en Figuur 182 een overzicht weergegeven van de metadata van deze scheepsinteracties binnen dit gebied. Zoals verwacht vertoont de hinderlijke golfslag van zeevaart op binnenvaart een belangrijke correlatie met het gebruik van de nevengeul Schaar van Valkenisse. Bijgevolg worden in deze analyse enkel interacties tussen binnenvaart en zeevaart in rekening gebracht.

Om de relatie tussen de golfslagincidenten en de toepassing van de nevengeul te verduidelijken wordt in Figuur 183 het aantal incidenten per jaar weergegeven in functie van het traject van het binnenschip. Deze illustratie toont de belangrijke relatie tussen de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse en het aantal meldingen van hinderlijke golfslag. Zo werden er in 2012 5 meldingen gemaakt door binnenvaart in de hoofdvaargeul te Valkenisse met betrekking tot hinderlijke golfslag veroorzaakt door zeevaart. Deze hadden allen betrekking op het hoofdvaarwater te Valkenisse waarvoor de Schaar van Valkenisse een alternatief zou geweest zijn (maar in 2012 nog niet gebruikt werd). In 2013 opende de Schaar van Valkenisse en maakt meer dan de helft van de binnenvaart gebruik van deze nevengeul.

Toch blijkt dat de enige melding uit dat jaar plaats vond in het hoofdvaarwater door een binnenschip dat geen gebruik maakte van de nevengeul. In de periode 2014 tot en met 2021 maakt het merendeel van de binnenvaart gebruik van de nevengeul. In deze periode blijken er slechts 4 meldingen van golfslag door schepen die zich in de Schaar van Valkenisse bevinden. De toepassing van de nevengeul blijkt dus geen garantie voor de afwezigheid van hinder door golfslag maar doet dit risico wel in belangrijke mate dalen. Vanaf eind 2021 wordt de opvaart niet langer toegestaan om de nevengeul te gebruiken. Dit resulteert onmiddellijk in een stijging van het aantal golfslagincidenten voor binnenschepen die gebruik maken van het hoofdvaarwater. Voor het jaar 2022 is het aantal golfslagincidenten opnieuw op hetzelfde niveau als in 2012 (5 incidenten per jaar).

Er kan geconcludeerd worden dat het aantal golfslagmeldingen van binnenvaart 5/jaar zal bedragen indien de Schaar van Valkenisse niet of slechts erg beperkt toegankelijk is voor de binnenvaart. Voor een normaal toegankelijke Schaar van Valkenisse (zoals voor de jaren 2013 tot 2020) waarbij 70% tot 80% van de binnenvaart gebruik maakt van de nevengeul dan zal het aantal golfslagmeldingen van binnenvaart te Valkenisse ca. 1/jaar bedragen (door schepen die gebruik maken van de nevengeul of door binnenschepen (30%-20%) die toch gebruik maken van het hoofdvaarwater. Het sluiten van de Schaar van Valkenisse geeft dus aanleiding tot 4 bijkomende golfslagincidenten per jaar.

Er dient opgemerkt te worden dat bij hinderlijke golfslag tussen zeevaart en binnenvaart niet enkel het zeeschip maatgevend blijkt te zijn. Zo blijkt dat 5 van de 16 meldingen die in 2021 en 2022 ontvangen werden in het volledige studiegebied gemeld werden door hetzelfde (golfgevoelige) binnenschip.

Behalve de hinder van golfslag van zeevaart op binnenvaart, zijn er in Valkenisse ook twee ontmoetingen tussen andere scheepscombinaties waarvoor er een incident aangemaakt werd.

In 2016 werd er melding gemaakt van hinderlijke golfslag bij een oploopmanoeuvre tussen twee binnenschepen in de Schaar van Valkenisse waarbij het ene schip klaagde dat het ander schip hem aan een te hoge snelheid opliep (nochtans blijkt de vaarsnelheid van de twee schepen erg gelijkaardig en eerder gemiddeld).

In 2019 trad er een stranding van een klein zeeschip (lengte 66 m) op ter hoogte van Walsoorden ten gevolge van een oploopmanoeuvre door een groot zeeschip (lengte 398 m). Het kleine schip kon op eigen kracht loskomen en de reis verderzetten. Doordat er in de incidentendatabank geen melding gemaakt werd van de stranding werd deze eerder niet opgenomen in de beschrijving van strandingen. De trajecten van de betrokken schepen tijdens de hinderlijke waterbewegingen tussen twee zeeschepen worden weergegeven in Figuur 186.

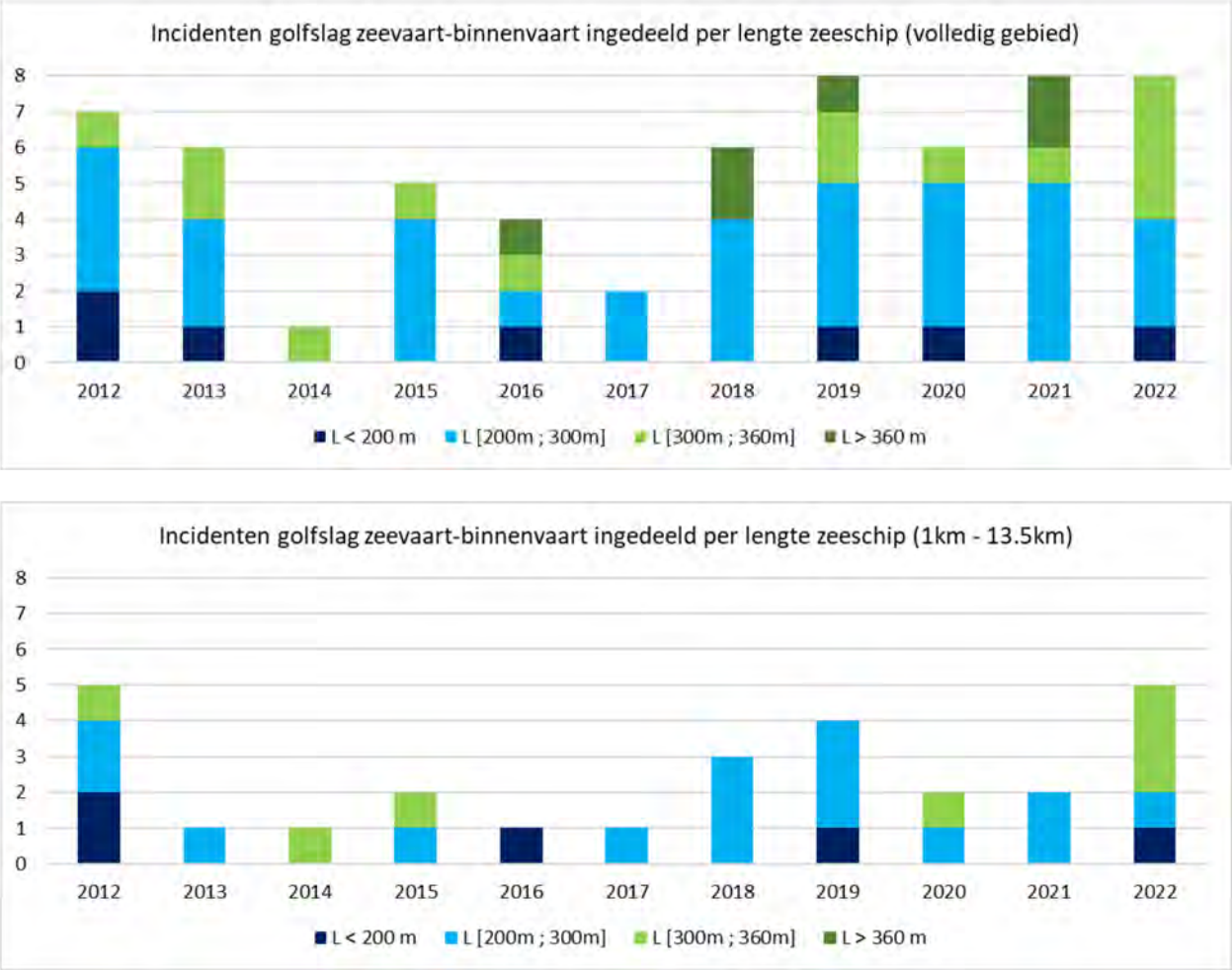
Van de incidenten geregistreerd te Valkenisse in 2012 waren er twee interacties waarbij de golf veroorzaakt werd door een zeeschip met een vaarsnelheid van meer dan 18 kn. Wanneer de vaarsnelheden gecorrigeerd worden naar snelheid door het water dan blijkt het grootste schip (met lengte 306 m) op dat ogenblik 16.1 kn te lopen door het water. Bij de beschrijving van het incident wordt gemeld dat de loods aangaf dat deze snelheid de Dead Slow Snelheid van het schip was.

Bij het incident 17/10/2012 voer een zeeschip met lengte 168 m aan een vaarsnelheid door het water gelijk aan 19.2 kn. Dit kan beschouwd worden als een uitzonderlijk hoge scheepssnelheid die de hinderlijke golfslag veroorzaakte.

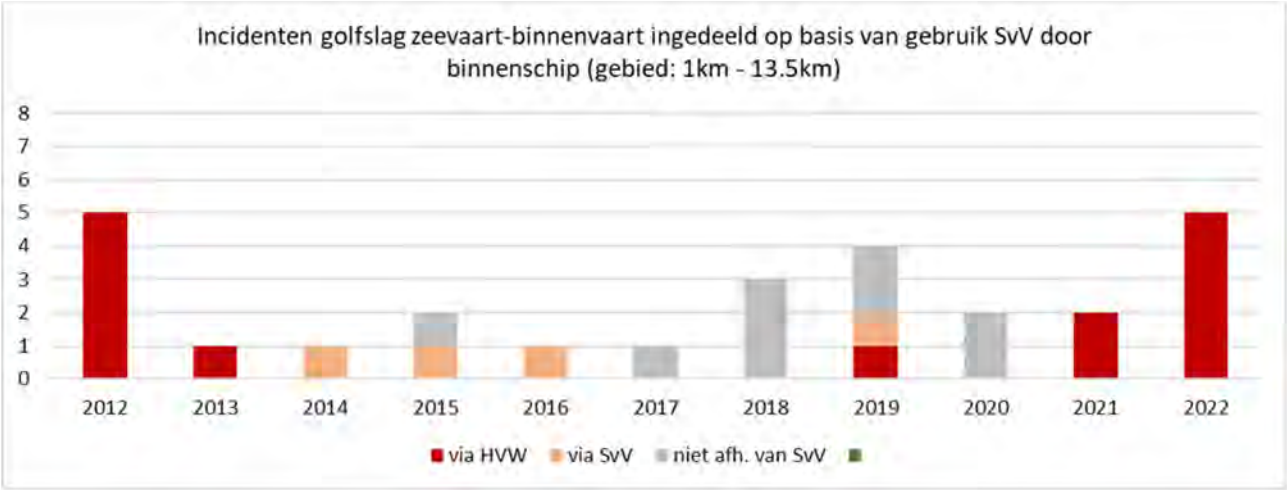
Andere incidenten van hinderlijke golfslag veroorzaakt door zeeschepen te Valkenisse gingen echter gepaard met relatief lage vaarsnelheden. Dit is bijvoorbeeld het geval voor het incident op 01/08/2012 waarbij het zeeschip met lengte 294 m slechts 11.3 kn vaarsnelheid door het water had of op 03/02/2022 waarbij het zeeschip met lengte 300 m slechts een vaarsnelheid door het water had gelijk aan 10.2 kn. Nochtans werd voor dit laatste zeeschip door twee binnenschepen melding gemaakt van een hinderlijke golf met hoogte 2 m. Deze laatste case wordt hieronder meer in detail onderzocht.

Voor het bewuste schip wordt in Figuur 184 het verloop van de vaarsnelheid weergegeven voor het volledige traject tussen Bath en Hansweert. Hierbij valt op dat de vaarsnelheid van het zeeschip een belangrijke variatie vertoonde met hogere vaarsnelheden in de bochten en sterk verlaagde vaarsnelheden op de rechte stukken. Zo bedroeg de vaarsnelheid ter hoogte van Marlemonsche (15 km) nog 17.5 kn door het water. Figuur 185 toont de vaarbaanplots van de beide betrokken schepen tijdens het gemelde oploopmanoeuvre waarop duidelijk de verstoring van het vaartraject voor de binnenvaart zichtbaar is. Op de effectieve ontmoetingslocatie bedroeg de vaarsnelheid van het schip nochtans slechts 9.5 kn door het water. Echter ook bij de passage van Marlemonsche waarbij het zeeschip aan 17.5 kn door het water voer werd een melding gerapporteerd van een binnenschip met hinder (beide meldingen werden als één incident gerapporteerd).

Op basis van het beperkte aantal golfslagincidenten te Valkenisse dient opgemerkt te worden dat de relatie tussen de vaarsnelheid van het schip tijdens de passage en de hinderlijke waterbeweging die het andere schip ervaart niet eenduidig is. Een meer uitgebreide analyse van de invloed van de vaarsnelheid van het zeeschip op de golfopwekking wordt weergegeven in §6.7.3.



Figuur 180 – Historische evolutie van het aantal incidenten met hinderlijke golfslag van zeeschepen gerapporteerd door binnenschepen in het volledige projectgebied (boven) en binnen de hoofdvaargeul van Valkenisse (onder)



Figuur 181 – Historisch overzicht van de golfslag incidenten te Valkenisse ingedeeld op basis van het traject dat toegepast werd door het binnenschip (al dan niet via SvV)

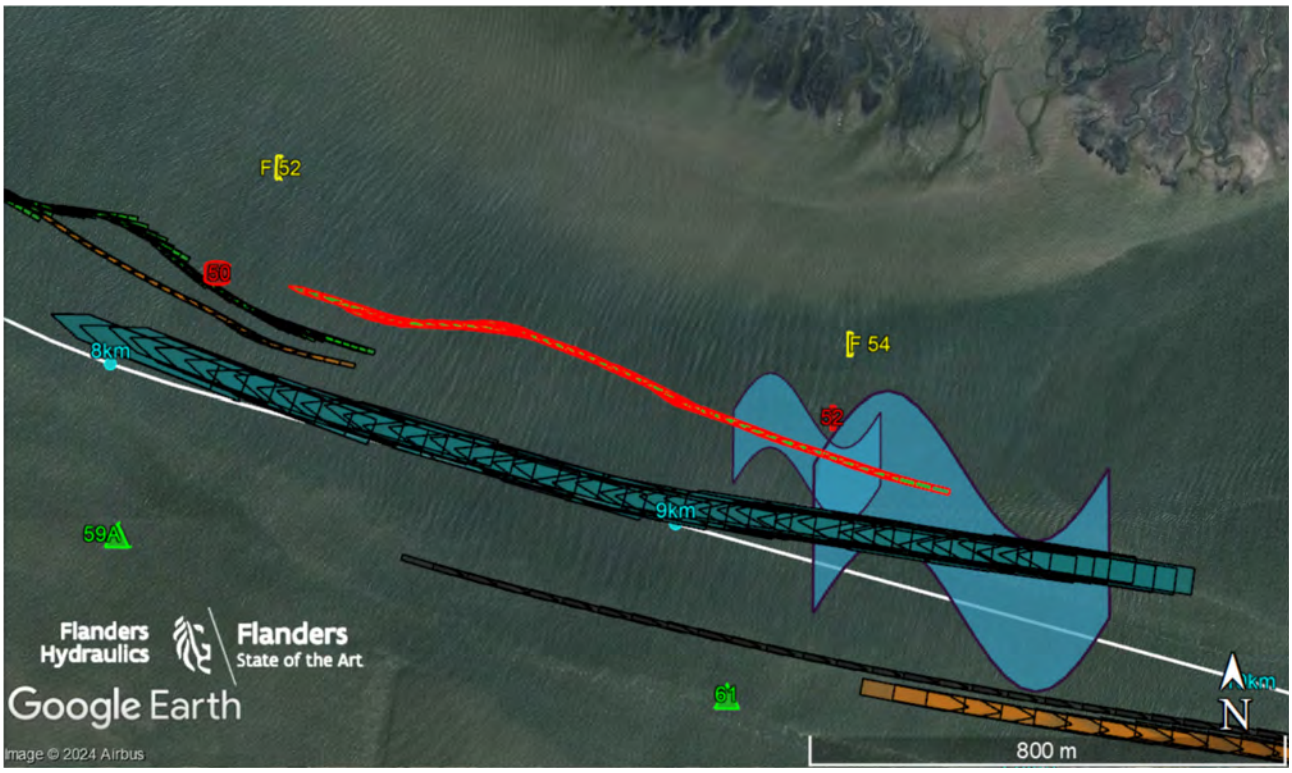
Tabel 12 – Metadata van interacties tussen zeeschip en binnenschip met melding van golfslag in het vaargebied Valkenisse (baanafstand 1 km tot 13.5 km)

UTC Time	Baan-afstand	Tij Baalhoek	Interactie	Schip 1 Type	Schip 1 Lengte	Schip 1 Breedte	Schip 1 Diepgang (obv AIS)	Schip 1 h	Schip 1 SoG	Schip 1 STW	Schip 2 Type	Schip 2 STW
[-]	[m]	[m LAT]		[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kn]	[kn]	[-]	[kn]
24/03/2012 8:31	5301	0.9	headOnMeeting	sea	259	32	10.7	20	12.2	14.3	inland	8.1
1/08/2012 17:54	6138	1.9	headOnMeeting	sea	294	32	11.1	23.2	9.1	11.3	inland	11.7
17/08/2012 17:09	9396	3.3	headOnMeeting	sea	306	40	11.6	22.7	18.2	16.1	inland	14.0
17/10/2012 10:50	8277	1.8	headOnMeeting	sea	168	27	7.7	22.4	18.1	19.2	inland	-1.2
31/10/2012 12:05	12135	2.7		sea	155	24	8	#N/B	#N/B	#N/B	inland	#N/B
22/08/2013 17:38	7892	3.9	headOnMeeting	sea	294	32	10.1	26.9	11.5	12.9	inland	13.1
17/04/2014 11:37	13218	1.6	isOvertaking	sea	301	42	13	19.7	15.4	13.8	inland	12.9
19/02/2015 8:38	12057	0.3	isOvertaking	sea	334	42	11.9	18.3	13.9	15.2	inland	7.4
18/09/2015 12:17	12131	1.6	headOnMeeting	sea	294	33	8.3	19.5	15.7	14.7	inland	9.0
7/01/2016 15:01	3627	3.3	isOvertaking	sea	190	26	7.7	19.2	21.1	20.1	inland	4.7
4/05/2017 21:30	13029	4.8	headOnMeeting	sea	259	38	11.6	23.7	16.3	15.1	inland	9.3
10/01/2018 18:21	13150	3	isOvertaking	sea	275	32	10.5	18.8	14.2	16.3	inland	7.0
20/07/2018 5:19	2154	3.2	headOnMeeting	sea	259	37	11.7	19.9	14.1	16.6	inland	10.8
4/09/2018 22:26	12138	4.2	headOnMeeting	sea	299	42	10.4	22.1	15.8	14.8	inland	7.2
27/10/2019 15:21	3001	4.5	headOnMeeting	sea	124	17	6.9	20.1	17.5	16.0	inland	7.2
28/11/2019 8:07	13248	1.2	isOvertaking	sea	295	40	11.4	21.1	16.7	14.6	inland	7.4
13/12/2019 10:59	1960	2.1	headOnMeeting	sea	277	40	10.5	19.5	13.8	15.5	inland	9.8
18/12/2019 0:20	9290	1	isOvertaking	sea	292	32	9.4	21.8	16.0	15.0	inland	4.9
14/02/2020 20:32	11763	4.1	headOnMeeting	sea	300	40	10.4	22.8	19.8	17.9	inland	8.8
16/04/2020 9:56	12009	4.6	isOvertaking	sea	277	40	11.1	22.5	12.9	13.1	inland	8.2
12/02/2021 19:21	4831	1.5	headOnMeeting	sea	238	32	8.7	17	16.5	14.2	inland	8.1
24/11/2021 10:39	12921	0.8	headOnMeeting	sea	283	40	10.4	19.3	13.5	15.3	inland	5.6

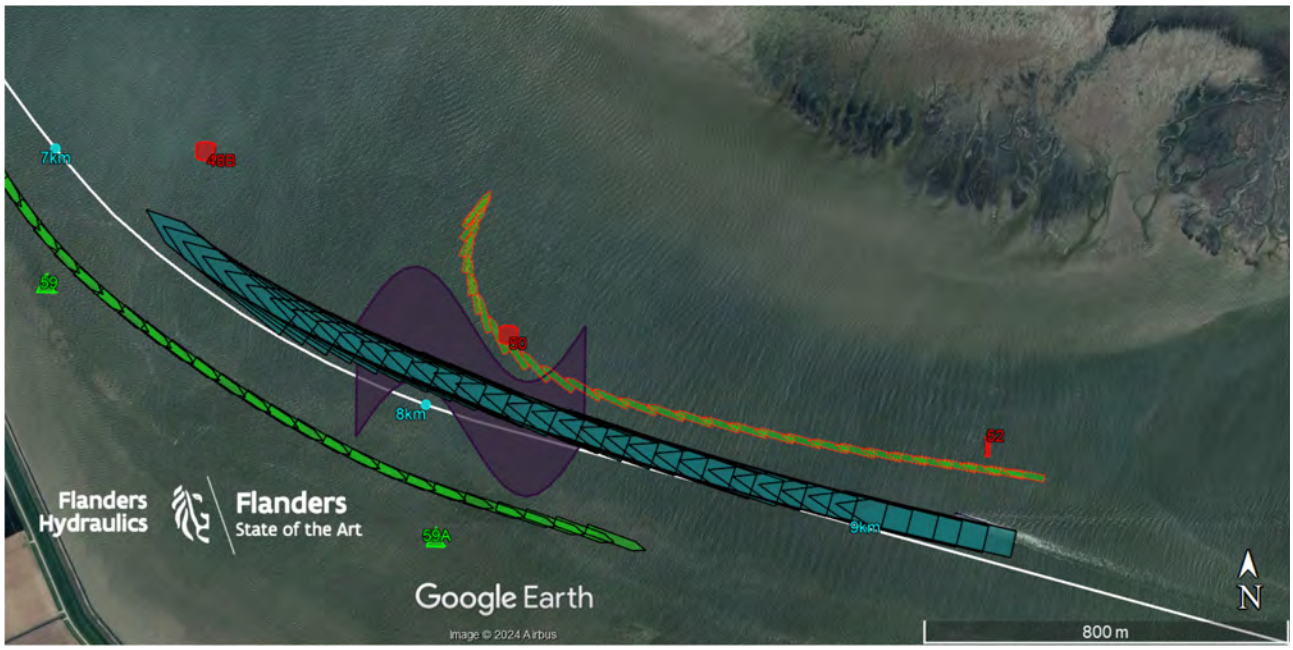
3/02/2022 15:08	9473	5.8	isOvertaking	sea	300	45	9	22	7.6	10.2	inland	8.1
24/03/2022 17:30	10291	4.8	headOnMeeting	sea	332	44	9.1	27.1	19.7	17.1	inland	7.9
21/04/2022 1:57	11215	2.6	headOnMeeting	sea	333	43	11.4	19.4	18.0	16.3	inland	7.6
26/06/2022 14:38	6207	4.2	headOnMeeting	sea	280	40	13.3	24.8	13.7	15.0	inland	9.2
23/07/2022 9:12	8893	4.8	headOnMeeting	sea	199	31	9.6	26.4	15.8	13.8	inland	6.0



Figuur 182 – Evolutie van de vaarsnelheid door het water tussen Bath (rechts) en Hansweert (links) voor het afvarende zeeschip dat op 03/02/2022 een belangrijke golf veroorzaakte ter hoogte van baanafstand 9 km



Figuur 183 – Verkeersbeeld tijdens het oploopmanoeuvre van een zeeschip met een binnenschip op 03/02/2022 waarbij melding gemaakt wordt van hinderlijke golfslag inclusief aanduiding van locatie waarvoor het golfslagincident geïdentificeerd werd op basis van de kortste afstand tussen beide schepen



Figuur 184 – Interactie effecten op klein zeeschip door oploopmanoeuvre door groot zeeschip te Walsoorden op 05/02/2019

6.7.3 Hinderlijke golfslag voor binnenvaart door zeevaart

In totaal werden er 61 meldingen gerapporteerd door binnenvaart met betrekking tot hinderlijke golfslag veroorzaakt door zeevaart. In Figuur 182 wordt het aantal incidenten per jaar weergegeven voor zowel het volledige projectgebied als voor de hoofdvaargeul ter hoogte van Valkenisse. In Figuur 187 worden de scheepstypes weergegeven die betrokken waren bij de hinderlijke golfslag. Op basis van deze figuur blijkt in het ruime projectgebied het aantal meldingen van hinderlijke golfslag toe te nemen met voor de vier meest recente onderzochte jaren drie jaren waarbij er 8 of meer meldingen gerapporteerd werden. Wanneer de evolutie van deze incidenten binnen de hoofdvaargeul te Valkenisse bekeken worden, dan blijkt hiervoor een andere trend die eerder al gerapporteerd werd in §6.7.2. Te Valkenisse wordt het aantal incidenten voornamelijk bepaald door de toegankelijkheid van de nevengeul met een merkelijke toename van het aantal incidenten in de jaren 2012 (gesloten nevengeul) en 2022 (beperkte toegankelijkheid nevengeul).

Een overzicht van de zeeschepen en de condities die aanleiding gaven tot de hinderlijke golfslag worden weergegeven in Tabel 13.

In Figuur 188 worden de vaarsnelheden door het water en de scheepslengtes van de zeeschepen die de golfslag veroorzaakten gepresenteerd. Deze resultaten zijn enkel beschikbaar voor de 43 incidenten die plaats vonden binnen de basismesh waarin bathymetrie en stroomvelden gedefinieerd werden (zie Figuur 37). Dit was het geval voor de meeste incidenten in de Overloop van Hansweert (of nog meer opwaarts). Figuur 188 toont aan dat de golfslagincidenten gepaard gaan met een erg grote variatie aan vaarsnelheden. Zo blijkt voor het grootste zeeschip de hinderlijke golfslag veroorzaakt te zijn bij een vaarsnelheid door het water kleiner dan 9.5 kn. In het incident, daterend van 8/12/2021, werd dan ook geen melding gemaakt van golfslag maar eerder van zuiging ervaren door het binnenschip die aanleiding gaf tot een vermoedelijk contact tussen het binnenschip en het zeeschip (passeerafstand 0 m in Tabel 13).

Hoewel de vaarsnelheden van de zeeschepen een grote variatie vertonen blijken toch 20 van de 43 incidenten gepaard te gaan met een vaarsnelheid door het water die groter is dan 16 kn. In 8 gevallen bedroeg de vaarsnelheid door het water meer dan 18 kn en bij 3 incidenten bedroeg de vaarsnelheid meer dan 20 kn. Dit is een indicatie dat de vaarsnelheid wel degelijk een belangrijke impact heeft op de golfslag.

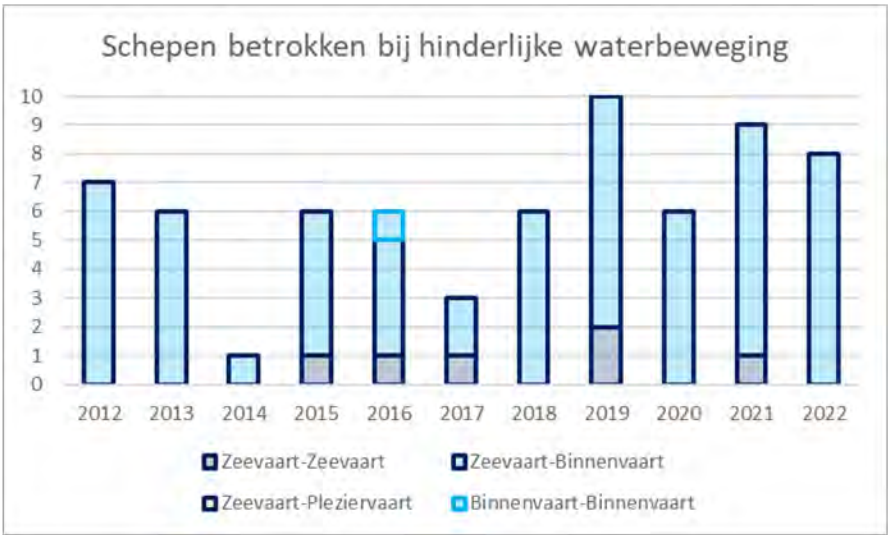
De laagste vaarsnelheid waarvoor er golfslag gerapporteerd werd betrof het incident van 03/02/2022 dat eerder in §6.7.2 in detail gepresenteerd werd en waarvoor geconcludeerd werd dat de hinderlijke golfslag vermoedelijk op een andere locatie gegeneerd werd (op het ogenblik dat het zeeschip een veel hogere vaarsnelheid had) dan wanneer de twee schepen elkaar ontmoetten.

Op 17/04/2014 werd er een golfslagincident gerapporteerd waarbij de kortste afstand tot het zeeschip (L 301 m) en het binnenschip meer dan 2000 m bedroeg en de vaarsnelheid door het water van het schip 13.8 kn. Het blijkt hinderlijke golfslag gerapporteerd door een binnenschip varend in de Schaar van Valkenisse ten gevolge van een zeeschip in de hoofdvaargeul. De volgende incidenten werden gerapporteerd door een binnenschip in de Schaar van Valkenisse.

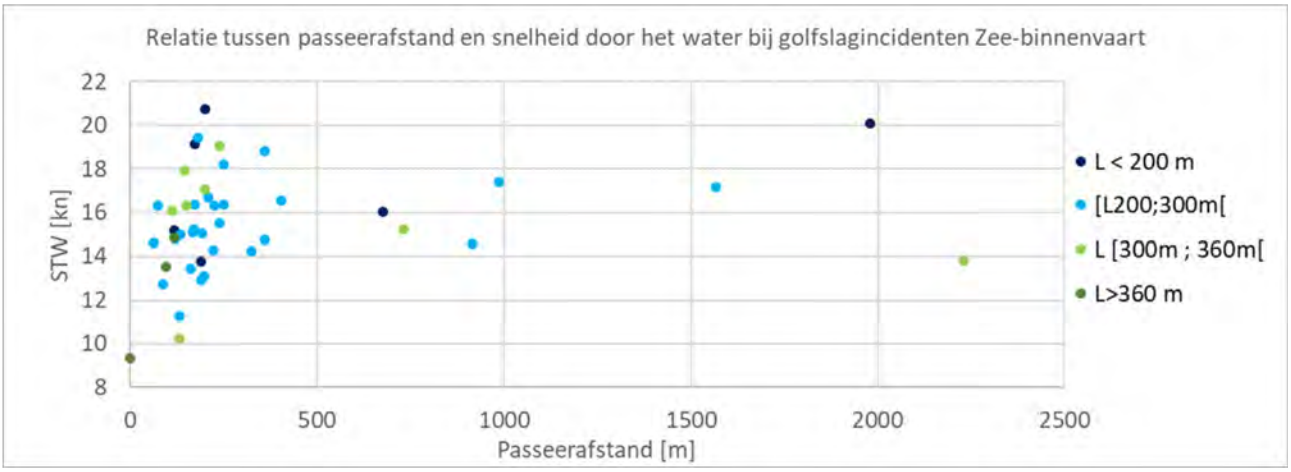
- 17/04/2014 door een opvarend zeeschip met lengte 301 m varend aan 15.4 kn SOG en 13.8 kn STW
- 19/02/2015 door een opvarend zeeschip met lengte 334 m varend aan 13.9 kn SOG en 15.2 kn STW
- 07/01/2016 door een afvarend zeeschip met lengte 190 m varend aan 21.1 kn SOG en 20.0 kn STW
- 27/10/2019 door een afvarend zeeschip met lengte 124 m varend aan 17.5 kn SOG en 16.0 kn STW

In de Figuren 189 tot 192 worden de golfslagincidenten gerapporteerd door een binnenschip in de Schaar van Valkenisse weergegeven op basis van de scheepsposities van de betrokken schepen op het tijdstip van de kleinste passeerafstand. In deze figuren wordt eveneens het snelheidsverloop van het betrokken zeeschip weergegeven in het studiegebied.

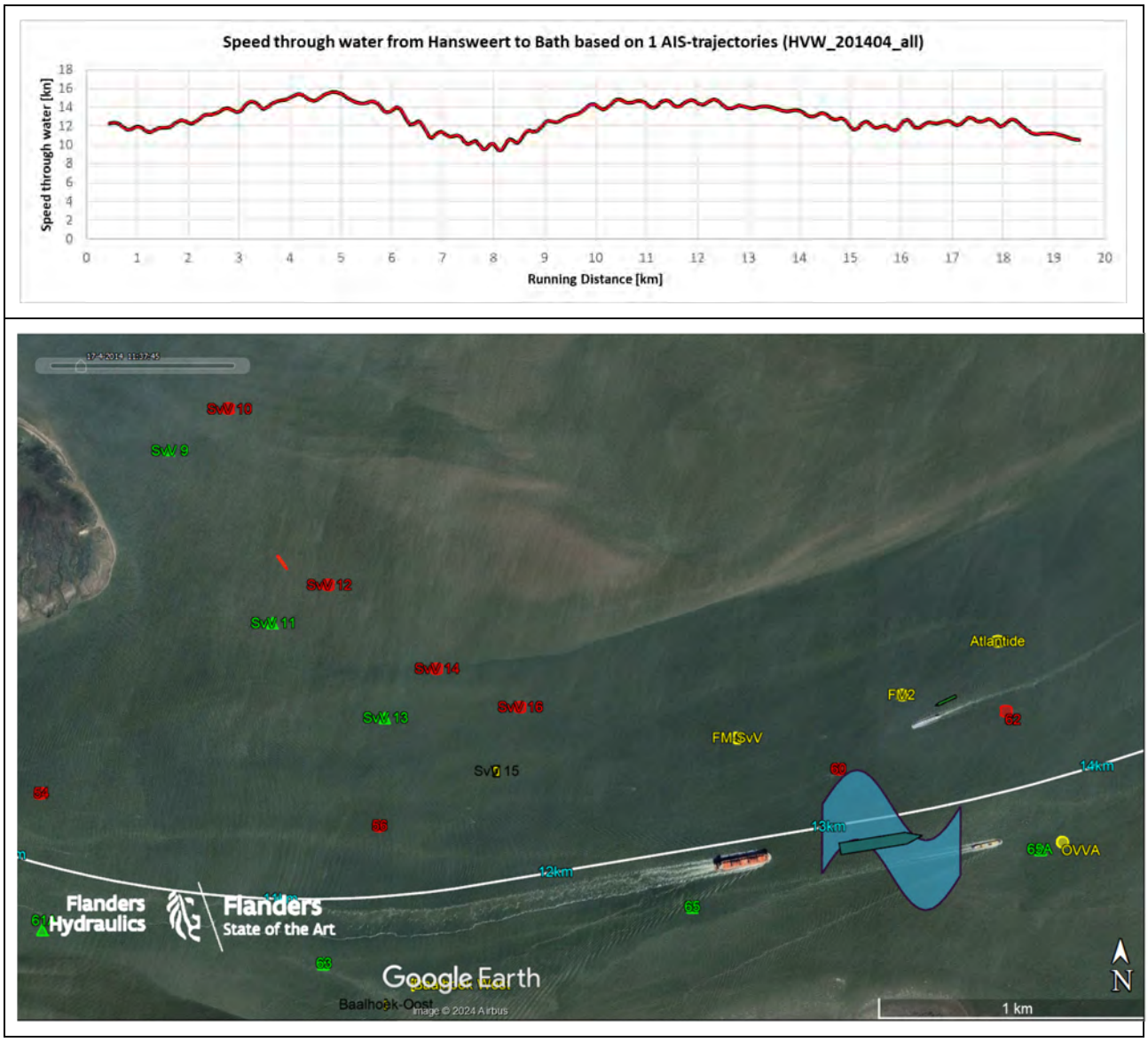
Er wordt geconcludeerd dat het gebruik van de Schaar van Valkenisse geen garantie is op de afwezigheid van hinderlijke golfslag maar wel gepaard gaat met een belangrijke reductie van dit risico ten opzichte van het gebruik van het hoofdvaarwater.



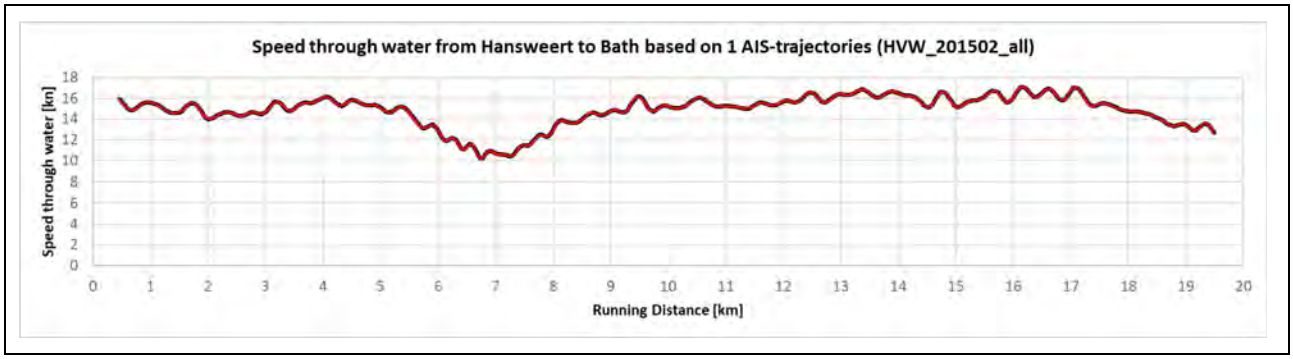
Figuur 185 – Historisch overzicht van de golfslag incidenten tussen schepen ingedeeld per scheepstype betrokken bij de interactie

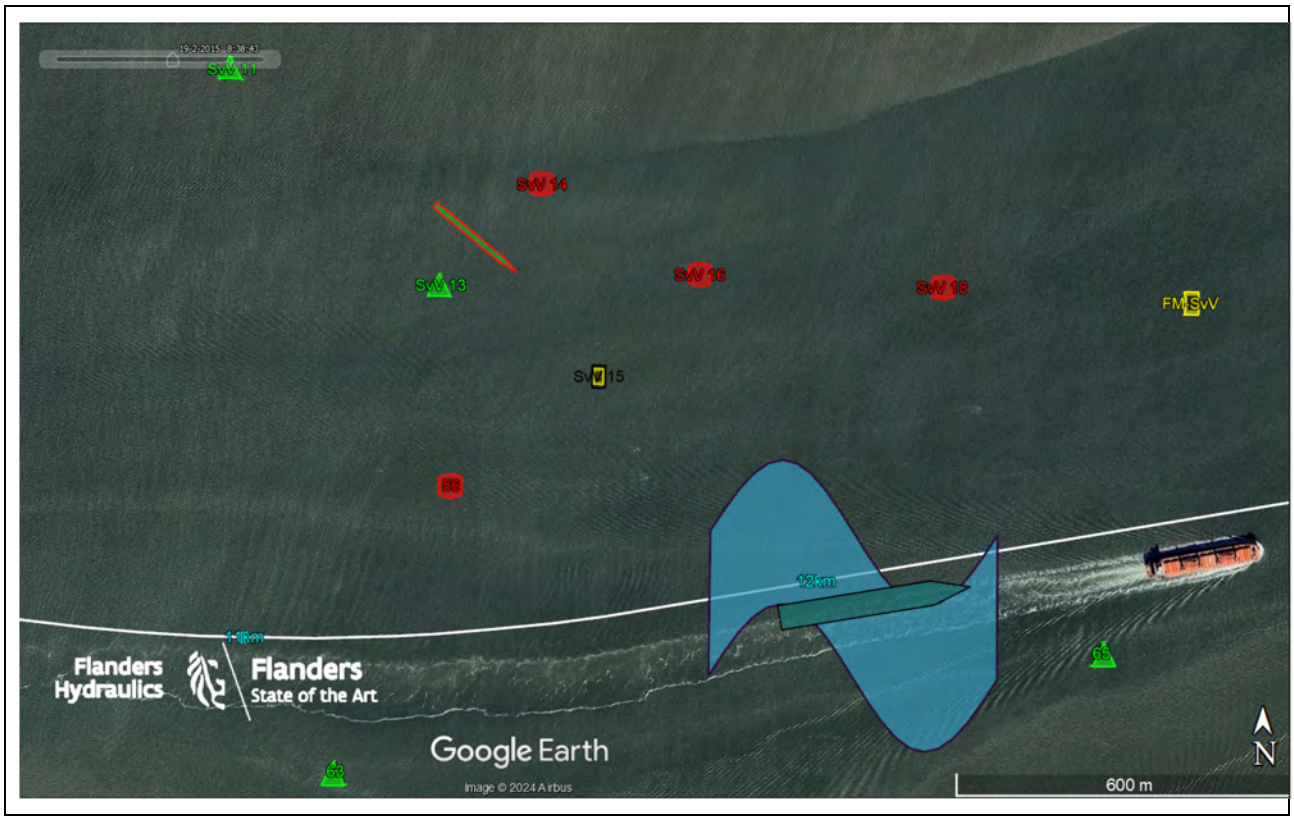


Figuur 186 – Relatie tussen de scheepslengte en de vaarsnelheid door het water van de zeeschepen die een hinderlijke golfslag veroorzaakten op een binnenschip

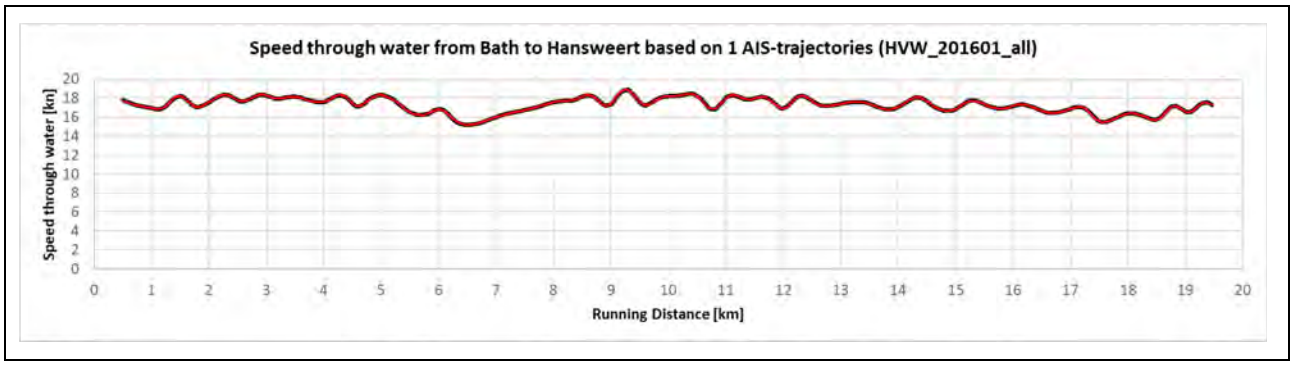


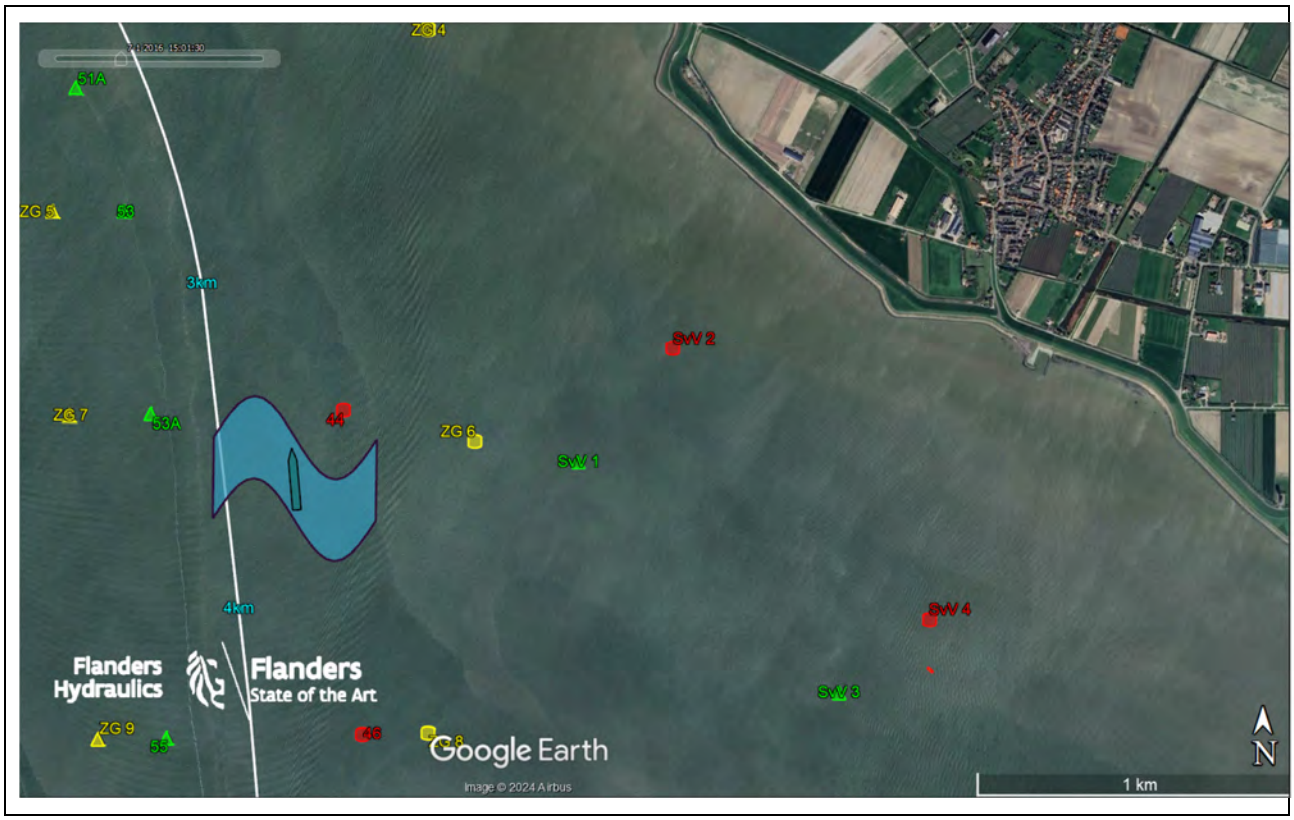
Figuur 187 – Golfslag op 17/04/2014 ervaren door een opvarend binnenschip te SvV12 en een opvarend zeeschip in de hoofdvaargeul met de snelheidsgrafiek van de zeevaart.



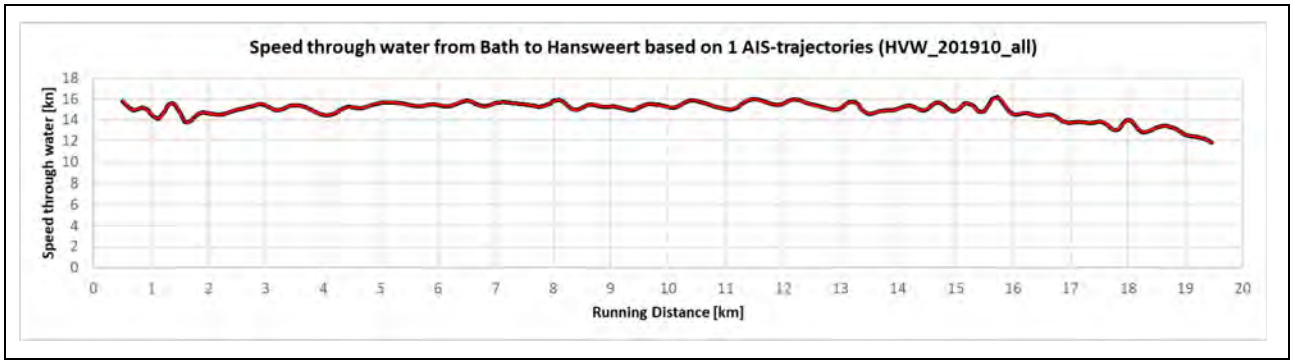


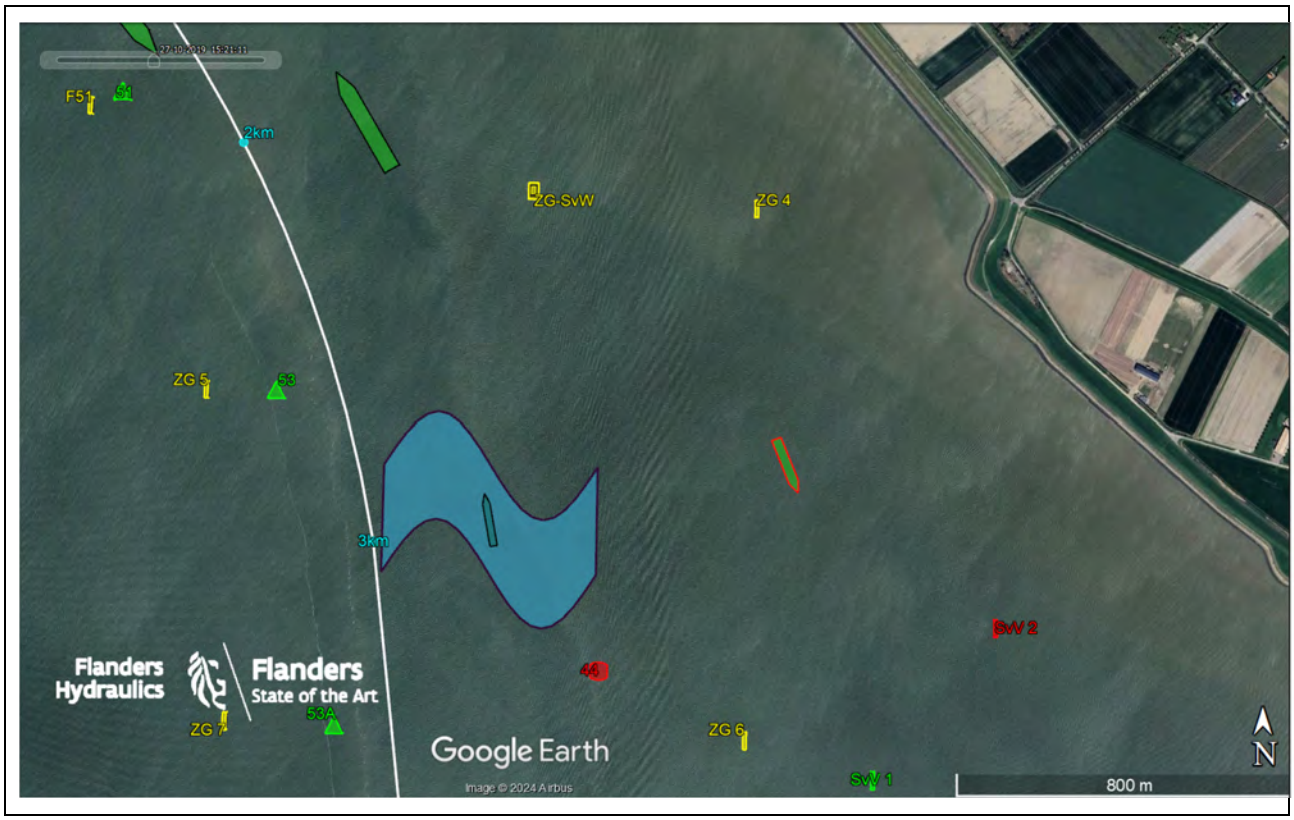
Figuur 188 – Golfslag op 19/02/2015 ervaren door een opvarend binnenschip te SvV14 en een opvarend zeeschip in de hoofdvaargeul





Figuur 189 – Golfslag op 07/01/2016 ervaren door een afvarend konvooi te SvV4 (enkel duwboot wordt geplot) en afvarend zeeschip in de hoofdvaargeul





Figuur 190 – Golfslag op 27/10/2019 ervaren door een opvarend binnenschip in aanloop Schaar van Waarde en een afvarend zeeschip in de hoofdvaargeul

Tabel 13 – Metadata van hinderlijke golfslag door zeeschepen gerapporteerd door binnenschepen

UTC Time	Baan-afstand	Tij Baalhoek	Passeer-afstand yBB	Ontmoetingstype	Interactie	Schip 1 Lengte	Schip 1 Breedte	Schip 1 Diepgang (obv AIS)	Schip 1 SoG	Schip 1 STW	Schip 1 heading
[-]	[m]	[m LAT]	[m]	[-]		[m]	[m]	[m]	[kn]	[kn]	[°]
27/01/2012 17:02	26628	5.8	0	2	isOvertaken	261	32	9.7	0.0	NaN	164.1
24/03/2012 8:31	5301	0.9	221	1	headOnMeeting	259	32	10.7	12.2	14.3	169
1/08/2012 17:54	6138	1.9	132	1	headOnMeeting	294	32	11.1	9.1	11.3	154.7
17/08/2012 17:09	9396	3.3	112	1	headOnMeeting	306	40	11.6	18.2	16.1	285
4/10/2012 19:34	14813	3.4	249	1	headOnMeeting	260	32	10.4	14.5	16.4	50
17/10/2012 10:50	8277	1.8	171	1	headOnMeeting	168	27	7.7	18.1	19.2	290
31/10/2012 12:05	12135	2.7	NaN	NaN		155	24	8	NaN	NaN	NaN
4/07/2013 6:44	-6219	1.5	208	3	isOvertaking	274	32	8.5	17.8	NaN	20
15/08/2013 16:03	-5783	2.1	347	1	headOnMeeting	349	46	13.4	13.6	NaN	195
22/08/2013 17:38	7892	3.9	188	1	headOnMeeting	294	32	10.1	11.5	12.9	114
14/11/2013 16:28	-4431	2.1	299	1	headOnMeeting	242	32	7.9	17.2	NaN	200
15/11/2013 19:47	-338	0.6	200	1	headOnMeeting	163	21	5.8	20.5	20.7	283
27/11/2013 8:53	-7530	4.8	434	1	headOnMeeting	332	42	12.7	14.1	NaN	14.6
17/04/2014 11:57	21002	1.8	702	2	isOvertaken	301	42	13	10.7	9.6	170.9
19/02/2015 8:38	12057	0.3	731	3	isOvertaking	334	42	11.9	13.9	15.2	80.4
18/09/2015 12:17	12131	1.6	358	1	headOnMeeting	294	33	8.3	15.7	14.7	85
21/09/2015 20:05	23239	4.9	228	1	headOnMeeting	102	11	2.6	8.9	8.7	160
23/09/2015 21:27	15345	5.1	249	1	headOnMeeting	280	32	11.5	16.7	18.2	225
17/10/2015 14:39	21265	3.9	224	1	headOnMeeting	294	32	11.4	15.1	16.3	345
7/01/2016 15:01	3627	3.3	1979	3	isOvertaking	190	26	7.7	21.1	20.1	354.3
26/02/2016 19:56	-5271	3	117	3	isOvertaking	299	48	10.8	13.0	NaN	18
3/11/2016 9:13	22134	1.3	94	1	headOnMeeting	366	52	11.5	11.4	13.5	164.9

UTC Time	Baan-afstand	Tij Baalhoek	Passeer-afstand yBB	Ontmoetingstype	Interactie	Schip 1 Lengte	Schip 1 Breedte	Schip 1 Diepgang (obv AIS)	Schip 1 SoG	Schip 1 STW	Schip 1 heading
[-]	[m]	[m LAT]	[m]	[-]		[m]	[m]	[m]	[kn]	[kn]	[°]
10/12/2016 6:47	-5160	2.6	158	3	isOvertaking	300	45	9.3	15.3	NaN	20
3/02/2017 21:35	16312	3.4	358	3	isOvertaking	277	40	12.4	20.4	18.8	222
4/05/2017 21:30	13029	4.8	166	1	headOnMeeting	259	38	11.6	16.3	15.1	80
10/01/2018 18:16	15389	2.9	117	3	isOvertaking	364	51	11.7	16.5	14.8	48
10/01/2018 18:21	13150	3	73	3	isOvertaking	275	32	10.5	14.2	16.3	260
12/01/2018 11:20	-2642	5	266	1	headOnMeeting	240	32	11.9	15.0	NaN	221.4
5/04/2018 4:20	-18304	5.5	304	3	isOvertaking	400	58	10.5	16.9	NaN	97
20/07/2018 5:19	2154	3.2	404	1	headOnMeeting	259	37	11.7	14.1	16.6	314.4
4/09/2018 22:26	12138	4.2	121	1	headOnMeeting	299	42	10.4	15.8	14.8	268
18/01/2019 14:57	14088	2.8	237	1	headOnMeeting	332	43	10.3	17.0	19.1	70.9
21/01/2019 22:38	-4047	2	192	1	headOnMeeting	277	40	10.7	15.1	NaN	201
4/02/2019 15:08	-5247	5.5	252	1	headOnMeeting	337	48	12.8	13.9	NaN	195
13/07/2019 9:09	-7521	3.4	272	1	headOnMeeting	400	59	11.9	12.4	NaN	201
27/10/2019 15:21	3001	4.5	674	1	headOnMeeting	124	17	6.9	17.5	16.0	348.7
28/11/2019 8:07	13248	1.2	61	3	isOvertaking	295	40	11.4	16.7	14.6	258.4
13/12/2019 10:59	1960	2.1	239	1	headOnMeeting	277	40	10.5	13.8	15.5	331.7
18/12/2019 0:20	9290	1	190	3	isOvertaking	292	32	9.4	16.0	15.0	284
14/02/2020 20:32	11763	4.1	144	1	headOnMeeting	300	40	10.4	19.8	17.9	269.6
8/04/2020 3:16	21557	5.2	914	1	headOnMeeting	245	32	8.1	14.9	14.6	345
15/04/2020 14:31	21507	1.3	986	1	headOnMeeting	208	30	9.5	17.9	17.4	345.6
16/04/2020 9:56	12009	4.6	196	3	isOvertaking	277	40	11.1	12.9	13.1	85
27/04/2020 12:32	22937	1.6	116	1	headOnMeeting	133	22	7.8	14.2	15.2	343
16/07/2020 21:32	17628	4.1	194	1	headOnMeeting	281	32	10.8	21.6	20.3	45
12/02/2021 19:06	-5581	1.7	147	3	isOvertaking	283	40	10.5	12.3	NaN	15
12/02/2021 19:21	4831	1.5	324	1	headOnMeeting	238	32	8.7	16.5	14.2	5
15/03/2021 15:33	-4376	6.2	144	1	headOnMeeting	260	32	10.6	14.8	NaN	24

UTC Time	Baan-afstand	Tij Baalhoek	Passeer-afstand yBB	Ontmoetingstype	Interactie	Schip 1 Lengte	Schip 1 Breedte	Schip 1 Diepgang (obv AIS)	Schip 1 SoG	Schip 1 STW	Schip 1 heading
[-]	[m]	[m LAT]	[m]	[-]		[m]	[m]	[m]	[kn]	[kn]	[°]
15/04/2021 20:17	20642	2.1	180	1	headOnMeeting	292	32	11.3	20.7	19.4	339
19/10/2021 8:23	-2503	1.3	373	1	headOnMeeting	318	40	10.1	10.7	NaN	214
23/11/2021 20:31	-5161	2.2	187	3	isOvertaking	398	51	12.7	11.6	NaN	19
24/11/2021 10:39	12921	0.8	170	1	headOnMeeting	283	40	10.4	13.5	15.3	75.8
8/12/2021 14:45	22521	2.8	0	3	isOvertaking	398	59	13.7	8.0	9.4	344
3/02/2022 15:08	9473	5.8	132	3	isOvertaking	300	45	9	7.6	10.2	278
17/02/2022 19:51	-5097	2	198	3	isOvertaking	335	42	10.6	14.0	NaN	18
24/03/2022 17:30	10291	4.8	199	1	headOnMeeting	332	44	9.1	19.7	17.1	95
21/04/2022 1:57	11215	2.6	149	1	headOnMeeting	333	43	11.4	18.0	16.3	86.9
25/04/2022 4:30	26601	1.5	18	3	isOvertaking	275	32	11.1	0.0	NaN	196.9
26/06/2022 14:38	6207	4.2	134	1	headOnMeeting	280	40	13.3	13.7	15.0	162
12/07/2022 8:39	23401	1.7	171	1	headOnMeeting	280	32	9.4	15.2	16.4	339.6
23/07/2022 9:12	8893	4.8	188	1	headOnMeeting	199	31	9.6	15.8	13.8	102

6.8 Aanvaring van boeien

Er werden in het studiegebied 31 aanvaringen van boeien gerapporteerd waarvan in 27 gevallen een binnenschip en in 4 gevallen een zeeschip betrokken was.

Op basis van Figuur 193 blijkt dat boeiaanvaring ter hoogte van de opwaartse aansluiting van de Schaar van Valkenisse (baanafstanden 11 km-13 km) pas optreden vanaf 2019. Vanaf maart 2019 tot eind 2022 traden er echter acht boeiaanvaringen door binnenvaart op ter hoogte van de opwaartse drempel van Schaar van Valkenisse. De locaties van de boeiaanvaringen worden weergeven in Figuur 194.

Een andere vaststelling is dat in de periode 2015 tot 2019 de boei 42A (of ZG-SvW zoals deze boei ook soms noemt) viermaal aangevaren werd door binnenvaart. In één geval ging het over een patrouillevaartuig dat hier ook onder binnenvaart gecategoriseerd werd. Het hoge aantal aanvaringen van deze boei is opmerkelijk en is mogelijks gerelateerd aan vloedstroom hoewel hier geen melding van gemaakt werd bij de beschrijving van de incidenten. Voor twee aanvaringen van boei 42A geldt dat deze gepaard gingen met tijconditie 1h voor HW en 40 min voor HW welke gepaard gaan met een maximale vloedstroming.

In de bocht van Bath werd er tussen de boeien 75 en 75A tweemaal een groene boei aangevaren door zeevaart en viermaal een rode boei aangevaren door binnenvaart. Dit illustreert het kritieke karakter van deze rivierbocht.

Ook boei 66 werd drie keer aangevaren (waarvan éénmaal door een zeeschip). Ook aan de overzijde van het vaarwater werd de boei Nvb-MA eenmaal aangevaren. Het opmerkelijk hoge aantal aanvaringen van deze boei(en) kon niet verklaard worden.

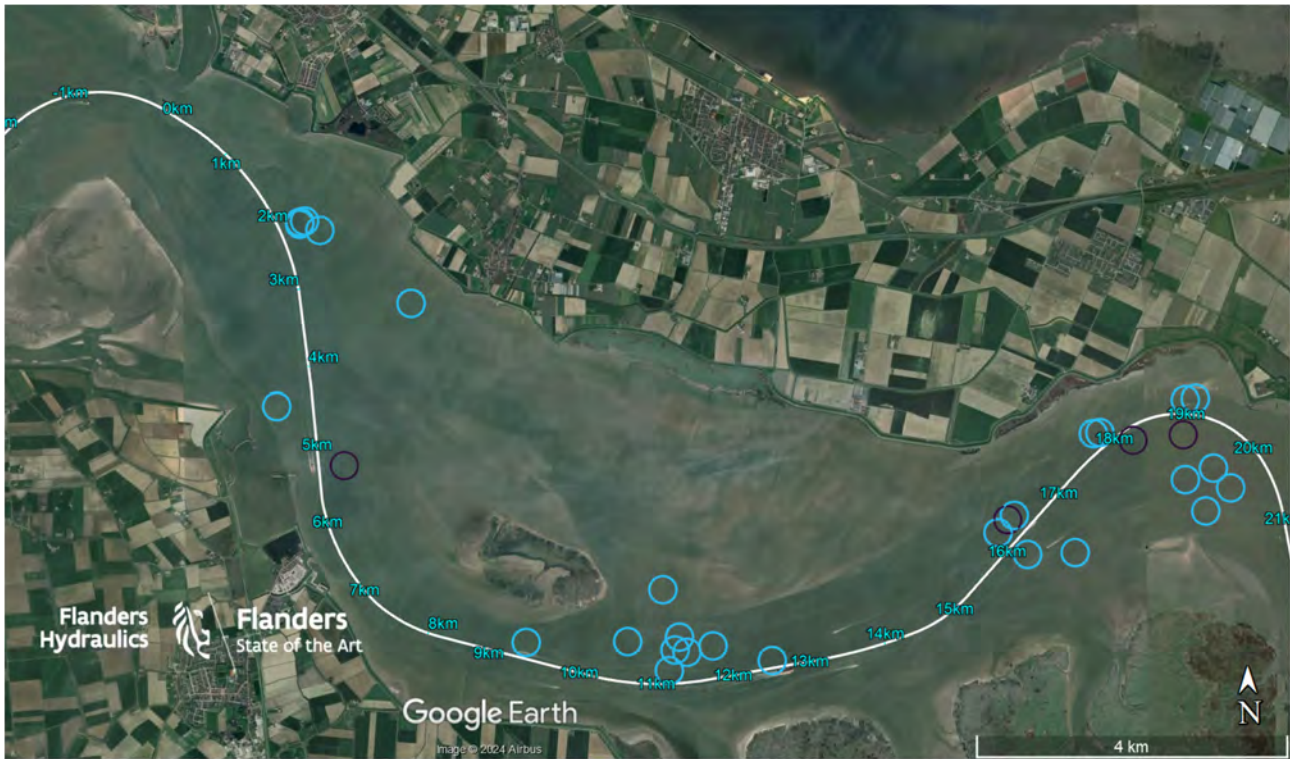
Tot slot wordt opgemerkt dat er in de onderzochte periode ook zes aanvaringen van gele vaarwegmarkering in de Schaar van de Noord gemeld werden.

Op basis van het aantal aanvaringen van boeien in de Schaar van Valkenisse kan opgemerkt worden dat dit incident pas optreedt vanaf 2019 en dus kort nadat de laterale beboeiing aangepast werd naar gele boeien.

De oorzaken van boeiaanvaring zijn dezelfde als deze voor strandingen buiten de betonde vaargeul en worden vooral bepaald door en in de hand gewerkt door het grote aantal boeiverleggingen in het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse waardoor de binnenvaart niet steeds over de juiste boeiïnformatie beschikte in de ENC-kaarten. Ook de haaksere aansluiting van de nevengeul op het hoofdvaarwater en de smallere breedte van de nevengeul verhogen het risico op boeiaanvaringen in de Schaar van Valkenisse.



Figuur 191 – Tijds- en plaatsafhankelijke evolutie van boeiaanvaringen in het projectgebied



Figuur 192 – Geografische spreiding van boeiaanvaringen ingekleurd volgens de scheepstypes

7 Risicobepaling condities (Workshop 09/2024)

Op basis van de incidentenanalyse uit H6 werd voor verschillende condities van het studiegebied en voor verschillende incidenttypes een beoordeling opgesteld van de risico's die hiermee verbonden waren. Deze beoordeling vormde de input voor een workshop met verschillende stakeholders die op 13/09/2024 georganiseerd werd op het Waterbouwkundig Laboratorium in Antwerpen. Tijdens deze workshop werd de risicobeoordeling afgestemd met de deelnemers en werden eveneens mogelijke beheersmaatregelen beoordeeld.

Voor de beoordeling van risico's worden incidenten gescoord op basis van hun bijdrage tot het globale veiligheidsniveau in het studiegebied (d.i. de Westerschelde tussen Hansweert en Bath). Hiervoor werden zeven veiligheidsniveaus gehanteerd zoals weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14 – Zeven veiligheidsniveaus die toegepast werden voor de beoordeling van incidenten op het globale veiligheidsniveau van het studiegebied

10	Dominant voor veiligheid
7	Zeer grote impact op veiligheid
5	Grote impact op veiligheid
3	Gemiddelde impact op veiligheid
2	Matige impact op veiligheid
1	Beperkte impact op veiligheid
0	Geen impact op veiligheid

7.1 Workshop 13/09/2024

Op 13 september werd in het auditorium van het Waterbouwkundig Laboratorium te Antwerpen een workshop georganiseerd in aanwezigheid van onderstaande betrokkenen:

- Uitvoerders onderzoek
  - Waterbouwkundig Laboratorium, WL (4 deelnemers)
  - Universiteit Gent, UGent (1 deelnemer)
- Opdrachtgevers onderzoek
  - Gemeenschappelijk Nautisch Beheer, GNB (1 deelnemer)
  - Vlaamse overheid Departement Mobiliteit en Openbare Werken, afdeling Beleid (1 deelnemer, enkel eerste deel workshop)
- Loodwezens
  - Nederlands Loodswezen regio Scheldemonden (1 deelnemer)
  - DAB Loodswezen (2 deelnemers)
- Vessel Traffic Services
  - Regioverkeersleider centrale Zandvliet (1 deelnemer)
  - Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit, afdeling Scheepvaartbegeleiding (1 deelnemer)
  - Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit, Rijkswaterstaat (1 deelnemer)

- Vaarwegbeheerder
    - Rijkswaterstaat Zee en Delta (3 deelnemers)
    - Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (2 deelnemers)
- Binnenvaart
    - CITBO (1 deelnemer, enkel eerste deel workshop)
- Havenbedrijven
    - Port of Antwerp-Bruges (1 deelnemer)
    - North Sea Port (1 deelnemer)

De agenda van de workshop bestond uit twee delen met daartussen een koffiepauze. De agenda van de workshop was als volgt:

- 13h30: Introductie onderzoek door opdrachtgevers
- 13h40: Presentatie nautisch onderzoek SvV door WL
- 14h40: Pauze
- 14h55: Workshop incidenten + relatie gebruik nevengeul
    - Beoordeling van risico's incidenten
    - Beoordeling van beheersmaatregelen op incidenten
- 16h30: einde.

7.2 Risicobepaling cases

In volgende secties wordt voor verschillende scenario's de impact op het globale veiligheidsniveau op de Westerschelde beoordeeld. De feedback uit de workshop werd mee opgenomen in deze beoordeling.

7.2.1 Kruisend verkeer door opvaart uit SvV

Referentiescenario begin 2021

In de periode 2014 tot 2021 bleek kruisend verkeer door opvaart komende uit de Schaar van Valkenisse aanleiding te geven tot 2 aanvaringen en 13 near-misses. Een belangrijke toename in het aantal near-misses wordt waargenomen in de periode 2018-2021.

Als referentiescenario werd hierbij de situatie begin 2021 gedefinieerd. In deze conditie was de nevengeul toegankelijk voor opvarende binnenvaart (die daar dan ook in belangrijke mate gebruik van maakte) maar had de nevengeul een haakse oriëntatie ten opzichte van het hoofdvaarwater. Bovendien ging deze periode gepaard met een groot aantal boeiverleggingen. Beide factoren (oriëntatie en boeiverleggingen) gaven aanleiding tot een groot aantal strandingen en boeiaanvaringen.

Voor de conditie van het studiegebied overeenkomstig de situatie begin 2021 wordt verwacht dat deze gepaard gaat met 1 aanvaring per vier jaar en 3 near-misses per jaar. Er wordt gesteld dat dergelijke incidenten gepaard gaan met het belangrijkste risico verbonden aan de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse en dat dit scenario gepaard gaat met een *zeer grote impact op de veiligheid*. Hierbij wordt rekening gehouden met het grote risico dat verbonden is aan een aanvaring op de Westerschelde (met mogelijks grote menselijke en economische impact).

De deelnemers aan de workshop bevestigden bovenstaande.

Vergelijking 2021 vs. 2022

Bovendien werd tijdens de workshop in dit verband ook een ja-neen vraag gesteld waarbij met betrekking tot de opvarende binnenvaart het minst gunstige scenario geselecteerd diende te worden. Het eerste scenario betrof de situatie voor de opvarende binnenvaart in het jaar 2022. In deze conditie werd alle opvarende binnenvaart via het hoofdvaarwater gestuurd waardoor er geen kruisingen van het hoofdvaarwater meer plaatsvinden en er minder strandingen en boeiaanvaringen zullen optreden. Het tweede scenario betrof de situatie voor opvarende binnenvaart begin 2021. Dit scenario heeft als voordeel dat er minder interacties tussen binnenvaart en zeevaart plaatsvinden in de bocht van Walsoorden, dat er minder golfslagincidenten optreden en dat de binnenvaart beschikt over een kortere vaarweg.

De deelnemers aan de workshop waren unaniem over de voorkeur voor het eerste scenario (2022) ten opzichte van het tweede scenario (2021) en verkozen het hoofdvaarwater boven de nevengeul (conditie 2021) voor de opvarende binnenvaart.

Met betrekking tot het kruisende verkeer in het eerste scenario werd opgemerkt dat indien de opvarende binnenvaart via het hoofdvaarwater geleid wordt, dat er dan meer kruisend verkeer ontstaat uit de haven van Hansweert. Bij een gebruik van de nevengeul zal de opvarende binnenvaart uit de haven van Hansweert immers de rode kant aanhouden en geen kruising van het hoofdvaarwater uitvoeren waar dit bij een opvaart via het hoofdvaarwater wel het geval is. De deelnemers aan de workshop oordeelden dat de kruising van het hoofdvaarwater ter hoogte van Hansweert gepaard gaat met een veel kleiner risico dan de kruising van het hoofdvaarwater ter hoogte van Schaar van Valkenisse omdat de beschikbare ruimte te Hansweert veel groter is. Dit wordt bevestigd door de incidentanalyse waarbij er slechts één near-miss gerapporteerd werd door kruisend verkeer uit Hansweert (28/08/2021 door binnenvaart). Ook voor kruisend verkeer door opvaart naar Schaar van Waarde werd slechts één near-miss gerapporteerd (21/09/2017 door pleziervaart). Beide aantallen illustreren het grotere risico van kruisingen door opvarende binnenvaart via Schaar van Valkenisse (2 aanvaringen en 13 near-misses).

Beheersmaatregel opvarende binnenvaart via HVW

De beheersmaatregel om de opvarende binnenvaart via het hoofdvaarwater te sturen komt overeen met de conditie in 2022 en werd in de vorige paragraaf reeds positief beoordeeld. Er werd gesteld dat door deze beheersmaatregel de impact van opvarende binnenvaart op aanvaringen en near-misses teruggebracht kan worden tot een *gemiddelde impact op de veiligheid*.

Beheersmaatregel conditie nevengeul

Een tweede beheersmaatregel die gedefinieerd werd, betreft het verbeteren van de conditie van de nevengeul. Hieronder wordt verstaan dat de Schaar van Valkenisse gepaard zou gaan met een stabiele bathymetrie en bijhorende betonning en dat de Schaar van Valkenisse met een klein oriëntatieverschil zou aansluiten op het hoofdvaarwater tussen Baalhoek en Marlemonsche (cfr. conditie 2013 en voorgaande jaren zoals gepresenteerd in Figuur 42). Deze conditie van de Schaar van Valkenisse zou dan gelijkaardig zijn aan de conditie van de afwaartse aansluiting van de Schaar van de Noord die inderdaad voldoet aan bovenstaande eisen met betrekking tot oriëntatie, beschikbare ruimte en stabiele betonning.

Onder bovenstaande voorwaarde wordt gesteld dat de impact van opvarende binnenvaart via de Schaar van Valkenisse gepaard gaat met eveneens een *gemiddelde impact op de veiligheid* (situatie 2013 zonder belangrijke morfologische dynamiek).

7.2.2 Kruisend verkeer door afvaart uit SvN

Referentiescenario 2018-2022

De uitgevoerde analyse toont aan dat de toepassing van de Schaar van de Noord in belangrijke mate toenam tussen 2018 en 2022 en dat hierdoor ook een toename waarneembaar is in het aantal near-misses tussen afvarende binnenvaart uit de Schaar van de Noord en zeevaart in het hoofdvaarwater. Voor de periode 2018-2022 wordt er gemiddeld 1 near-miss per jaar gerapporteerd door dit scenario dat dus een belangrijk kleinere impact op de veiligheid heeft dan de kruising van opvaart uit Schaar van Valkenisse.

Er werd er gesteld dat dit scenario gepaard gaat met een *gemiddelde impact op de veiligheid*.

Beheersmaatregel afvarende binnenvaart via HVW

Ook voor de Schaar van de Noord en de hinder door vaarwegkruisingen door afvarende binnenvaart kan als beheersmaatregel voorgesteld worden om de afvarende binnenvaart via het hoofdvaarwater te sturen en bijgevolg via de bocht van Bath.

De verkeersafwikkeling in de bocht van Bath gaat echter gepaard met een belangrijk risico dat vele male groter is dan de verkeersafwikkeling in de bocht van Walsoorden. Dit werd eerder in de nautische analyse aangetoond op basis van onderstaande argumenten:

1. De koerswijziging in de bocht van Bath (98°) is veel groter en de boogstraal van de bocht veel kleiner (1250 m) dan in de bocht van Walsoorden (71° voor 1900 m) waardoor het bochtmanoeuvre in Bath gepaard gaat met een hogere moeilijkheidsgraad dan te Walsoorden (zie §2.2.10).
2. Ontmoetingen tussen zeeschepen worden actief gemeden in de bocht van Bath ter hoogte van de boeien 75 en 75A (zie §5.6.2) waar dit niet waarneembaar is in de bocht van Walsoorden.
3. De gemiddelde passeerafstanden bij ontmoetingen tussen zeevaart in de bocht van Bath ter hoogte van boeien 75 en 75A (zie §5.6.4) is ca 45 m kleiner dan ontmoetingen tussen zeevaart in de bocht van Walsoorden (zie §5.6.3)

De maatregel om de afvarende binnenvaart die in de onderzochte periode (en in het bijzonder tussen 2018 en 2022) gebruik maakte van de Schaar van de Noord via het hoofdvaarwater te sturen zou dus een belangrijk nadelige impact hebben op het veiligheidsniveau van het studiegebied. Er wordt gesteld dat deze beheersmaatregel gepaard zou gaan met een *dominante impact op de veiligheid*.

7.2.3 Interactie tussen opvarende binnenvaart en zeevaart te Walsoorden

Referentiescenario 11/2021 – 12/2022

Sinds november 2021 dient alle opvarende binnenvaart via het hoofdvaarwater te varen en blijken er ca. twee near-misses op te treden tussen zeevaart en binnenvaart in de onmiddellijke omgeving van de bocht van Walsoorden. De near-misses blijken vrijwel steeds gepaard te gaan met opvarende binnenvaart die in de bocht van Walsoorden geen fietspad ter beschikking heeft in de groene kant (wat door ruimtelijke beperkingen ook niet mogelijk is en dus niet als beheersmaatregel meegenomen wordt).

De hierboven geschetste situatie stemt overeen met de beheersmaatregel gedefinieerd in §7.2.1 en krijgt bijgevolg dezelfde beoordeling. Er werd gesteld dat de situatie waarbij alle opvarende binnenvaart dient te passeren in de bocht van Walsoorden gepaard gaat met een *gemiddelde impact op de veiligheid*.

Beheersmaatregel opvarende binnenvaart via SvV

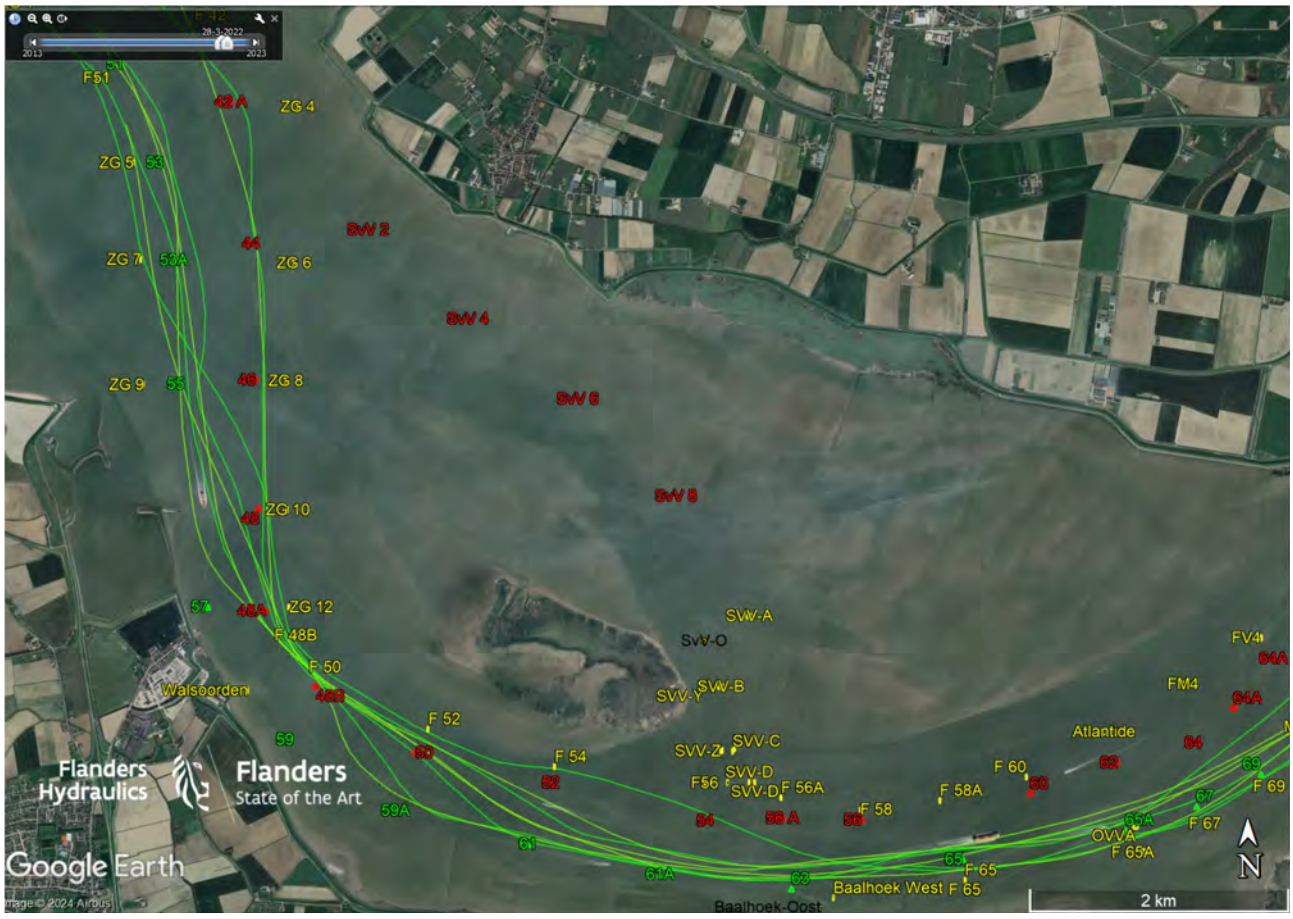
Een beheersmaatregel om geen opvarende binnenvaart via de bocht van Walsoorden te sturen kan eruit bestaan om alle opvarende binnenvaart via de Schaar van Valkenisse te sturen. Op die manier ontstaat de situatie zoals beoordeeld in §7.2.1 die gepaard ging met een *zeer grote impact op de veiligheid*.

Beheersmaatregel opvarende binnenvaart via fietspad rode kant

Om het aantal near-misses tussen opvarende binnenvaart en zeevaart te beperken zou de opvarende binnenvaart gebruik kunnen maken van het fietspad in de rode kant. Enkele typische vaartrajecten van schepen die in maart 2022 gebruik maakten van het fietspad in de rode kant worden weergegeven in Figuur 195.

De toepassing van het fietspad in de rode kant door opvarende binnenvaart zal aanleiding geven tot verschillende kruisingen van het hoofdvaarwater op relatief korte afstand van de bocht van Walsoorden. Bovendien is de beschikbare breedte van het fietspad in de rode kant onvoldoende (door de steile oever van de plaat van Walsoorden) voor ontmoetingen tussen opvarende en afvarende binnenvaart. Tijdens de workshop werd als bijkomende reden gesteld dat de blokovergang tussen de marifoonkanalen (ter hoogte van boei 55) het sturen of begeleiden van de binnenvaart in deze zone bemoeilijkt.

Om bovenstaande redenen werd de voorgestelde beheersmaatregel negatief beoordeeld en werd gesteld dat deze gepaard zou gaan met een *zeer grote impact op de veiligheid*. Deze maatregel wordt dan ook niet verder behandeld.



Figuur 193 – Trajecten van opvarende binnenschepen die in maart 2022 gebruik maakten van het fietspad in de rode kant te Walsoorden

Beheersmaatregel verbieden oploopmanoeuvres tussen zeevaart te Walsoorden

Tijdens de workshop werd opgemerkt dat er sinds december 2018 de kennisgeving passage Haven van Walsoorden (BASS 104/2018) geldt die het oplopen van bovenmaatse zeevaart in de bocht van Walsoorden verbiedt (zie §6.7.1) en ontmoetingen afraadt. De kennisgeving heeft als doel om de hinderlijke golfslag in de haven van Walsoorden te vermijden, maar heeft vanzelfsprekend ook een nuttige impact op het aantal near-misses in de bocht van Walsoorden.

De loodsen die deelnamen aan de workshop stelden dat het vermijden van oploopmanoeuvres voor alle zeevaart (niet enkel bovenmaatse zeevaart zoals momenteel bepaald in de kennisgeving) in de bocht van Walsoorden niet noodzakelijk een gunstige invloed zal hebben op de globale veiligheid aangezien dit zou impliceren dat er meer oploopmanoeuvres uitgevoerd dienen te worden in het Zuidergat waar de voorbije jaren een toenemend risico ontstaan is met betrekking tot dwarsstroom ten gevolge van het giertij Ossenisse. Ook een opwaartse verplaatsing van de oploopmanoeuvres wordt door de loodsen niet wenselijk geacht door de versmalling van de vaarweg in die richting.

In §6.7.1 wordt aangetoond dat de snelheden en interacties (ontmoetingen en oploopmanoeuvres) tussen bovenmaatse zeeschepen effectief aangepast worden aan de aanwezigheid van de haven van Walsoorden. Met name voor het jaar 2022 blijkt er een erg grote vermindering van het aantal oploopmanoeuvres in de ruime omgeving van de haven van Walsoorden die vermoedelijk mede beïnvloed wordt door het hoger aandeel binnenvaart die in dat jaar gebruikmaakt van het hoofdvaarwater. Voor bovenmaatse schepen blijken de oploopmanoeuvres in hoofdzaak in het Zuidergat uitgevoerd te worden.

Er wordt gesteld dat de beheersmaatregel om oploopmanoeuvres in de bocht van Walsoorden te verbieden voor alle zeevaart, geen positieve impact zal hebben op het globale veiligheidsniveau in het studiegebied. De beheersmaatregel gaat dus eveneens gepaard met een *gemiddelde impact op de veiligheid*.

Beheersmaatregel verbieden van ontmoetingen te bocht van Walsoorden

Om dezelfde redenen als gepresenteerd in vorige paragraaf met betrekking tot oploopmanoeuvres in de bocht van Walsoorden wordt gesteld dat het verbieden van ontmoetingen in de bocht van Walsoorden geen gunstige invloed zal hebben op de globale veiligheid in het studiegebied.

Beheersmaatregel verbieden oploopmanoeuvres tussen alle scheepvaart te Walsoorden

Een verbod op oploopmanoeuvres tussen zeevaart en binnenvaart in de bocht van Walsoorden wordt als te beperkend beschouwd voor de vlotte doorstroming van het verkeer in het studiegebied en zal een negatieve invloed hebben op de veiligheid in het studiegebied. Er wordt gesteld dat deze maatregel gepaard zou gaan met een negatieve impact op de veiligheid doordat schepen tijdens het afstemmen van de interacties in de bocht van Walsoorden hun vaargedrag in te grote mate zullen dienen aan te passen (bvb. varen aan erg lage snelheid).

7.2.4 Interactie tussen afvarende binnenvaart en zeevaart te Walsoorden

Referentiescenario 2022

In 2022 gold ook voor de afvaart een sterk verminderd gebruik van de Schaar van Valkenisse waarbij minder dan 30% van de afvarende binnenvaart nog gebruik maakte van de nevengeul (zie Figuur 74). Nog in 2022 was er een fietspad beschikbaar in de rode kant ter hoogte van Walsoorden. Uit de analyse in §5.5.1 bleek dat het fietspad slechts in beperkte mate gebruikt werd door de afvarende binnenvaart. De deelnemers aan de workshop beoordeelden de beschikbaarheid over een fietspad wel degelijk als een belangrijke maatregel voor het vermijden van near-misses en aanvaringen tussen zeevaart en afvarende binnenvaart.

Op basis van de incidentenanalyse wordt gesteld dat de aanwezigheid van afvarende binnenvaart in de bocht van Walsoorden zoals in 2022 gepaard gaat met een *matige impact op de veiligheid*.

Aanbeveling lichtboeien fietspad

De leden van de workshops benadrukten het nut van de fietspaden voor het scheiden van de zeevaart en binnenvaart. Sinds 2022 zouden er verschillende promotiecampagnes gevoerd zijn voor het gebruik van het fietspad. Ook de verkeersbegeleiding roept de binnenvaart regelmatig op om gebruik te maken van het fietspad. De deelnemers van de workshop gaan er dan ook van uit dat het gebruik van het fietspad sinds 2022 (het einde van de evaluatieperiode in deze studie) gestegen is.

Een aanbeveling werd geformuleerd om op de hoeken van het fietspad ook lichtboeien te voorzien. Hierbij werd verwezen naar een gunstige evolutie in het gebruik van de nevengeul Middelgat-Everingen door het uitleggen van lichtboeien.

Beheersmaatregel afvarende binnenvaart via de Schaar van Valkenisse

Afvarende binnenvaart afleiden via de Schaar van Valkenisse geeft geen aanleiding tot kruisingen van het hoofdvaarwater en vermindert het scheepvaartverkeer in de bocht van Walsoorden. Deze beheersmaatregel zal bijgevolg een gunstige invloed hebben op de near-misses en aanvaringen met afvarende binnenvaart in de bocht van Walsoorden. Er wordt gesteld dat door deze beheersmaatregel het veiligheidsniveau toeneemt tot *beperkte impact op de veiligheid*.

Beheersmaatregel fietspad rode kant

In de referentiesituatie 2022 is er een fietspad beschikbaar in de rode kant. Wanneer dit fietspad niet beschikbaar zou zijn dan werd gesteld dat het veiligheidsniveau afneemt tot een *gemiddelde impact op de veiligheid*. Dit is dezelfde beoordeling als voor opvarende binnenvaart in de bocht van Walsoorden. Toch wordt genuanceerd dat in dit geval de veiligheidssituatie iets gunstiger blijft voor afvarende binnenvaart dan voor opvarende binnenvaart aangezien ook zonder fietspad er een overbreedte beschikbaar blijft in de rode kant, waardoor de afvarende binnenvaart toch in beperkte mate buiten de rode boeienlijn kan varen.

7.2.5 Interactie tussen binnenvaart en zeevaart in HVW Valkenisse

Referentiejaar 2022

In het hoofdvaarwater te Valkenisse werd er tussen Baalhoek en Walsoorden (exclusief deze locaties) geen enkele near-miss of aanvaring gerapporteerd in de onderzochte periode. Interacties op deze locaties worden bijgevolg minder belangrijk geacht voor de globale veiligheid in het studiegebied.

Voor de situatie in 2022 waarbij er op deze locatie ook fietspaden in de rode kant beschikbaar waren werd gesteld dat deze locatie gepaard gaat met een *beperkte impact op de veiligheid* (hinder ten gevolge van golfslag wordt later afzonderlijk beoordeeld).

Beheersmaatregel fietspad rode kant

Ook op deze locatie was in het referentiejaar 2022 een fietspad aanwezig. Hoewel er ook in afwezigheid van een fietspad (bvb. 2012) geen incidenten gerapporteerd werden tussen Baalhoek en Walsoorden, wordt gesteld dat het verwijderen van de fietspaden in het hoofdvaarwater te Valkenisse aanleiding zou geven tot een verlaging van het globale veiligheidsniveau tot een *matige impact op de veiligheid*.

Beheersmaatregel fietspad groene kant

Tijdens de workshop werd verder opgemerkt dat de beschikbare vaarwegbreedte te Baalhoek de voorbije jaren afnam (uit de analyse van passeerafstanden bleek dat deze zone ook in 2012 aanleiding gaf tot de kleinste passeerafstanden tussen zeevaart waarna aanpassingen aan de rode boeienlijn in 2013 resulteerden in grotere passeerafstanden).

Dankzij het baggeronderhoud wordt het baggertracé (breedte 370 m) wel gegarandeerd maar de overbreedte die in het verleden beschikbaar was, zou sinds 2022 afgenomen zijn. De aanwezigheid van een ruim fietspad in de groene kant op deze locatie, zoals aangelegd in maart 2022 (zie §5.5.3) wordt door de deelnemers aan de workshop gezien als een belangrijke beheersmaatregel voor de beschikbare ruimte in dit vaargebied.

7.2.6 Interactie tussen pleziervaart en zeevaart in HVW Valkenisse

Referentiejaar 2022

In totaal zijn er in de incidentendatabank vijf incidenten geregistreerd waarbij ongepast gedrag van pleziervaart in het hoofdvaarwater gemeld werd.

Er wordt verwacht dat er voor de conditie zoals aanwezig in 2022 er één near-miss per jaar verwacht wordt. Deze frequentie wordt beoordeeld met een *matige impact op de globale veiligheid*.

Door de deelnemers aan de workshop werd gesteld dat er maar beperkte mogelijkheden zijn om de pleziervaart te sturen. Zo blijkt een groot deel van de pleziervaart niet bereikbaar via de VHF. De loodsen stellen dat geluidssignalen vaak de enige (maar erg doeltreffende) manier is om de pleziervaart te wijzen op een gevaarlijke situatie.

Beheersmaatregel pleziervaart via Schaar van Valkenisse

Hoewel de pleziervaart niet vertegenwoordigd was op de workshop werd via de vaarwegbeheerder aangegeven dat de pleziervaart vragende partij is voor de toegankelijkheid van de nevengeul voor pleziervaart.

Om rekening te houden met deze wens en in overeenstemming met de inschatting van de deelnemers aan de workshop wordt gesteld dat deze beheersmaatregel gepaard zou gaan met een verbetering van het veiligheidsniveau tot een *beperkte impact op de veiligheid*.

Sinds 2023 wordt de Schaar van Valkenisse tijdens de zomermaanden (mei tot oktober) betond door recreatieboeien (BASS 2023/040 en BASS 2024/042).

Beheersmaatregel sensibilisering van pleziervaart

Doordat de pleziervaart moeilijk te sturen is door de VTS (Vessel Traffic Services) dient er volgens de deelnemers van de workshop verder ingezet worden op het informeren en sensibiliseren van de pleziervaart. Hiertoe werden onderstaande initiatieven geformuleerd die een positieve impact kunnen hebben op de verkeersafwikkeling met pleziervaart op de Westerschelde:

1. Toelichting van loodsen over risico's en procedures op de Westerschelde aan jachtclubs en zeescouts (zoals momenteel reeds zou gebeuren in Antwerpen).
2. Uitgeven en verspreiden (digitaal en fysiek) van een digitale informatiefolder met de aanbevolen vaarroutes voor pleziervaart en de toe te passen procedures (melding) in het vaargebied.

7.2.7 Strandingen binnen de betonde vaargeul Schaar van Valkenisse

Referentiejaar 2019

Uit §6.6 bleek dat er in de periode augustus 2018 tot juni 2020 er verschillende strandingen van binnenvaart waargenomen werden binnen de betonde vaargeul. Het jaar 2019 ging gepaard met vier incidenten waarbij binnenvaart strandde binnen de betonde vaargeul. Bij strandingen binnen de vaargeul is er een risico dat deze schepen hinder (of aanvaringen) veroorzaken voor de andere scheepvaart via de nevengeul. Hierdoor werd besloten dat de situatie in 2019 gepaard ging met een *gemiddelde impact op de veiligheid*.

Beheersmaatregel frequente peiling en dynamische betonning van de vaargeul

Het sterk dynamische karakter van het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse werd vanaf half 2020 opgevolgd door het studiegebied frequenter te peilen. Hierdoor is er een beter begrip van de beschikbare diepte in de vaargeul en kan de betonning hieraan aangepast worden. De dynamische betonning van de vaargeul in functie van de gepeilde dieptes zal een gunstige invloed hebben op het aantal strandingen in de vaargeul, maar zal een nadelige invloed hebben op andere risico's die verbonden zijn aan een sterk variërende betonning. De informatiedoorstroming van nieuwe boeiposities naar binnenschippers is vaak vertraagd, waardoor schippers in de feiten vaak navigeren op basis van (elektronische) kaarten waarin de boeiposities niet geupdate zijn. Hierdoor zal het aantal verkeerde interpretaties van de betonning toenemen wat een toename van het aantal strandingen buiten de vaargeul en het aantal aanvaringen van boeien doet toenemen.

Er werd geconcludeerd dat het dynamisch betonnen van de vaargeul op basis van frequente peilingen gepaard gaat met een *matige impact op de veiligheid*.

7.2.8 Strandingen van binnenvaart buiten de betonde vaargeul en boeiaanvaringen

Referentiejaar 2016

In §7.2.7 werd reeds aangegeven dat de dynamische betonning van de nevengeul het aantal strandingen buiten de vaargeul doet toenemen doordat de schippers niet steeds op de hoogte zijn van de actuele boeiposities. In het referentiejaar 2016 leidde de dynamische betonning van de nevengeul tot ca. 4 strandingen buiten de vaargeul per jaar.

De beoordeling van deze conditie stemt overeen met de beheersmaatregel uit §7.2.7 en wordt meegenomen in de globale beoordeling van de impact van dynamische betonning van de nevengeul. Hierbij werd gesteld dat deze situatie aanleiding geeft tot een *matige impact op de veiligheid*. Deze situatie wordt aangenomen voor de jaren 2015-2017 en voor het jaar 2021.

Beheersmaatregel AIS boeien

Als beheersmaatregel voor de risico's verbonden aan het dynamisch betonnen van de nevengeul wordt de toepassing van AIS-boeien geopperd. Hierbij wordt vooropgesteld dat de actuele positie van de fysisch uitgelegde betonning van de nevengeul via AIS beschikbaar gesteld wordt en aldus automatisch weergegeven wordt in de elektronische kaarten van de binnenvaart. De vaarwegbeheerder RWS heeft MMSI-nrs aangevraagd voor 10 AIS-boeien en onderzoekt momenteel de inzet van AIS-boeien op de Westerschelde (die gebonden zijn aan bijkomende voorwaarden).

Er wordt verwacht dat de toepassing van AIS-boeien (in combinatie met fysische boeien) het risico op boeiaanvaringen en strandingen buiten de vaargeul doet afnemen van initieel *matige impact op veiligheid* naar *beperkte impact op veiligheid*.

7.2.9 Strandingen van pleziervaart buiten de betonde vaargeul en boeiaanvaringen

Ook de pleziervaart ervaart een nadelige invloed van de dynamische betonning op het aantal strandingen buiten de vaargeul waarbij er ca. 2 incidenten per jaar gerapporteerd worden. Er wordt aangenomen dat het verhoogde risico voor strandingen van pleziervaart door het gebruik van de nevengeul mee opgenomen is in de globale risicoanalyse van het gebruik van de nevengeul door pleziervaart zoals beoordeeld in §7.2.6. Er wordt slechts een beperkt bijkomende veiligheidsimpact toegekend aan het toepassen van dynamische betonning op het stranden van pleziervaart. Het risico wordt bepaald als één vierde van het risico voor binnenvaart gekoppeld aan dynamische betonning.

7.2.10 Hinderlijke golfslag voor binnenvaart door zeevaart

Een bijzondere vorm van interactie tussen zeevaart en binnenvaart die niet beschouwd werd in de bovenvermelde verkeersinteracties betreft de hinder van golfslag veroorzaakt door zeevaart op varende binnenvaart. Deze hinder kan onder andere gepaard gaan met het breken van trossen in een koppelverband of konvooi of kan aanleiding geven tot het innemen van water door het binnenschip.

Referentiejaar 2012/2022

De incidentenanalyse in §6.7.3 toont een duidelijk verband aan tussen het gebruik van het hoofdvaarwater door binnenvaart en het aantal golfslagmeldingen door binnenvaart. Voor de jaren 2012/2022 werden er gemiddeld vier dergelijke incidenten per jaar gerapporteerd te Valkenisse (dit aantal is gelijkaardig aan het aantal golfslagincidenten in gelijkaardige locaties zoals Overloop van Hansweert en Pas van Rilland).

Er wordt gesteld dat voor de jaren 2012/2022 waarbij vrijwel alle binnenvaart via het hoofdvaarwater dient te varen de golfslagincidenten een *matige impact hebben op de globale veiligheid*.

Beheersmaatregel binnenvaart via Schaar van Valkenisse

Voor de periode 2013 – 2021 maakte een groot deel van de binnenvaart gebruik van de nevengeul en blijkt het aantal golfslagmeldingen terug te vallen tot één incident per jaar. Er wordt gesteld dat in een dergelijke situatie de hinder ten gevolge van golfslag een *beperkte impact heeft op de globale veiligheid*.

Beheersmaatregel golfmelding op basis van wave rider keten

Op basis van de uitgevoerde incidentenanalyse naar hinderlijke golfslag blijkt dat de vaarsnelheid van zeeschepen een belangrijke parameter is, maar dat anderzijds de golfslag opgewekt door zeeschepen (en de bijhorende hinder) eveneens bepaald wordt door andere scheepseigenschappen welke minder eenduidig bepaald kunnen worden.

De loodsen geven aan zich niet altijd bewust te zijn van de scheepsgolven die ze veroorzaken en zeker bij nacht ook geen visuele informatie te hebben van de opgewekte scheepsgolf. Op heden lopen er, in opdracht van Rijkswaterstaat, in verschillende havens langsheen de Westerschelde meetcampagnes om de impact van passerende zeevaart op het ligcomfort in de havens te bepalen. Een eerste studie met betrekking tot de voorhaven van Hansweert werd gerapporteerd in Heijboer (2024) en voorziet in een formule om de waterstandsverlaging (verschillend van golfslag) in de voorhaven van Hansweert te voorspellen op basis van de verwachte vaarsnelheid van het schip door het water, de passeerafstand tot de haveningang, de waterstand en de scheepslengte.

Rijkswaterstaat onderzoekt de mogelijkheid om een keten aan wave rider boeien (of andere metingen van de waterstandsschommelingen) uit te leggen langsheen de Westerschelde en om op basis van deze registraties een realtime golfslagwaarschuwing uit te sturen naar de zeeschepen die deze golfslag veroorzaken. Een dergelijk waarschuwingssysteem wordt nuttig bevonden door de op de workshop aanwezige loodsen en wordt geacht een gunstige impact te hebben op de hinder door scheepsgolven, zowel voor varende binnenvaart als voor de hinder in (voor-)havens en sluizen die uitkomen op de Westerschelde. De impact van deze beheersmaatregel op de golfslaghinder kon echter met de huidige informatie niet begroot worden en wordt niet meegenomen in de risicomatrix.

7.2.11 Incidenten studiegebied zonder verband toegankelijkheid Schaar van Valkenisse

Behalve de hierboven vermelde risico's werden er in het studiegebied nog onderstaande incidenten geïdentificeerd waarvan er geen significante afhankelijkheid aangenomen wordt van de beschikbaarheid van de nevengeul Schaar van Valkenisse:

1. Impact van dwarsstroom Ossenisse (giertij) op de vaartrajecten in het Zuidergat. Hiervoor wordt aangenomen dat deze een *grote impact hebben op de globale veiligheid* maar dat de impact van de toepassing van de nevengeul door binnenvaart hierop geen significante invloed zal hebben.
2. Interactie tussen zeevaart. Verschillende incidenten worden gerapporteerd met betrekking tot interactie-effecten tussen zeeschepen onderling. Het betreffen voornamelijk oploopmanoeuvres. Er wordt aangenomen dat de interacties tussen zeevaart onderling niet beïnvloed worden door de aanwezigheid van binnenvaart en bijgevolg niet beïnvloed worden door de beschikbaarheid van de Schaar van Valkenisse. De analyse van scheepsontmoetingen tussen zeevaart (§5.6.3) en bovenmaatse zeevaart (§6.7.1) toont aan dat een toenemend gebruik van het hoofdvaarwater door de binnenvaart (2022) een beperkte impact heeft op de passeerafstanden tussen zeevaart in de bocht van Walsoorden en een relatief grote impact heeft op het aantal oploopmanoeuvres dat door bovenmaatse schepen uitgevoerd wordt te Walsoorden (zie Figuur 181). De impact van deze evoluties op de globale nautische veiligheid wordt neutraal geacht.
3. Golfslag in de haven van Walsoorden. Er wordt aangenomen dat de beschikbaarheid van de nevengeul Schaar van Valkenisse geen invloed heeft op de hinder in de haven van Walsoorden veroorzaakt door scheepsgolven opgewekt door zeevaart. De aanwezigheid van binnenvaart in het hoofdvaarwater wordt immers geacht geen invloed te hebben op de vaarsnelheid of excentriciteit van zeevaart.

7.3 Globaal risico historische condities en beheersmaatregelen

De beoordeling van de nautische risico's zoals beschreven in §7.2 werden geëvalueerd voor de kalenderjaren 2012 tot 2022 en werden gescoord op basis van de scoretabel weergegeven in Tabel 14. De som van de gescoorde risico's wordt gezien als een globale nautische risicoscore voor het onderzochte scenario.

In Tabel 15 worden de resultaten voor de historische risico's weergegeven. Uit deze matrix blijkt de meest gunstige nautisch situatie gepaard te gaan met het jaar 2013 (en in mindere mate 2014). Deze gunstige score is ingegeven doordat in deze periode de voordelen van de nevengeul aanwezig waren en omdat anderzijds de aansluiting van de Schaar van Valkenisse op het hoofdvaarwater gunstig was om het hoofdvaarwater op een gecontroleerde manier te kruisen. Bovendien worden er in Tabel 16 alternatieve scenario's beschreven die de invloed van enkele beheersmaatregelen inzichtelijk maakt.

De belangrijkste oorzaak van de verslechtering van de nautische risico's in de periode 2015 tot 2020 betreffen de toenemende risico's voor hinderlijke kruisingen van het hoofdvaarwater door opvarende binnenvaart uit de Schaar van Valkenisse. De periode 2018-2020 wordt gekenmerkt door de minst gunstige situatie doordat in deze periode het dynamische gedrag van de Schaar van Valkenisse slechts erg beperkt gepeild werd, wat aanleiding gaf tot verschillende strandingen binnen de betonde vaargeul. Vanaf 2021 werd de Schaar van Valkenisse wel frequent gepeild waardoor er geen strandingen binnen de betonde vaargeul optraden en het risico voor 2021 opnieuw verminderde ten opzichte van de voorgaande jaren. Eén van de risico's die in 2021 bleef bestaan, is het risico op strandingen buiten de vaargeul of het aanvaren van boeien doordat de frequente boeiverleggingen niet tijdig bekend zijn bij de binnenschippers. Uit Tabel 16 blijkt dat de toepassing van AIS-boeien (zoals beschreven in §7.2.8) de risico's van het gebruik van de nevengeul kan verminderen.

Voor de meest recente onderzochte jaren kreeg het jaar 2022 de meest gunstige beoordeling. Het verbod voor de opvaart om gebruik te maken van de Schaar van Valkenisse reduceerde het belangrijkste risico in het studiegebied dat gepaard gaat met kruisingen van het hoofdvaarwater. In Tabel 16 wordt verder het ongunstige effect getoond wanneer er geen fietspaden beschikbaar zouden zijn.

Het minst gunstige scenario (Tabel 16) ontstaat wanneer de Schaar van de Noord gesloten zou worden. De concentratie van alle scheepvaartverkeer in het hoofdvaarwater van de Bocht van Bath wordt hierbij als een dominant risico beschouwd.

Wanneer de volledige periode en alle beheersmaatregelen in acht genomen worden dan blijkt de situatie zoals beschikbaar in 2013 gepaard te gaan met de minste risico's. Echter om deze situatie opnieuw te bereiken is een grote verandering van de bathymetrie noodzakelijk en wordt er uitgegaan van een stabiele morfologie die op heden niet aanwezig is in het studiegebied.

Het meest gunstige scenario uitgaande van de bathymetrie en morfologie van 2022 betreft een scenario waarbij de opvarende binnenvaart via het hoofdvaarwater vaart, de afvarende binnenvaart via het nevenwater vaart maar waarbij de dynamische boeiposities (ten gevolge van frequent peilen) mede door middel van AIS gepubliceerd worden en waarbij de nevengeul eveneens opengehouden wordt voor de pleziervaart. Het enkel openhouden van de Schaar van Valkenisse voor de pleziervaart (en in dat geval dus sluiten voor afvarende binnenvaart) heeft slechts een beperkt hogere score wat aangeeft dat het al dan niet openhouden van de Schaar van Valkenisse voor binnenvaart slechts een beperkte impact heeft op het globale risico en dat de informatiedoorstroming over de actuele boeiposities een aandachtspunt vormt wanneer de nevengeul open gesteld wordt voor (afvarende) binnenvaart.

Tabel 15 – Weergave van de historische risicomatrix voor 2012-2022 met berekening van het globale nautische risico

Risico	Historische scenario's										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hinder ten gevolge van opvarende binnenvaart Valkenisse / SvV	3.0	3.0	5.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	3.0
Hinder ten gevolge van afvarende binnenvaart Bath / SvN	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Verkeersinteractie tussen binnenvaart en zeevaart te Walsoorden	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
Verkeersnteractie tussen binnenvaart en zeevaart te HVW Valkenisse	2.0	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	1.0
Verkeersinteractie tussen pleziervaart en zeevaart te HVW Valkenisse	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
Strandingen + boeiaanvaringen binnenvaart in Schaar van Valkenisse	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	2.0	1.0
Strandingen + boeiaanvaringen pleziervaart in Schaar van Valkenisse	0.0	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
Hinder ten gevolge van golfslag zeevaart	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
Hinder ten gevolge van dwarsstroom Ossenisse	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Globale nautische risicoscore	**19.0**	**15.8**	**17.7**	**20.9**	**20.9**	**20.8**	**21.9**	**21.9**	**21.9**	**21.0**	**19.3**

Tabel 16 – Weergave van de risicomatrix voor alternatieve scenario's met toepassing van beheersmaatregelen

Risico	Aangepaste scenario's						
	Sluiting SvV	Sluiting SvV en SvN	2022 + opvarende binnenvaart in Walsoorden via fietspad rode kant	2022 zonder fietspad rode en groene kant	Opvaart via HVW, afvaart via SvV en AIS-boeien + recreatieboeien	2021 + AIS boeien	Sluiting SvV + recreatieboeien
Hinder ten gevolge van opvarende binnenvaart Valkenisse / SvV	3.0	3.0	7.0	3.0	3.0	7.0	3.0
Hinder ten gevolge van afvarende binnenvaart Bath / SvN	3.0	10.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Verkeersinteractie tussen binnenvaart en zeevaart te Walsoorden	2.5	2.5	2.0	3.0	2.0	1.0	2.5
Verkeersnteractie tussen binnenvaart en zeevaart te HVW Valkenisse	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	0.5	1.0
Verkeersinteractie tussen pleziervaart en zeevaart te HVW Valkenisse	2.5	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0
Strandingen + boeiaanvaringen binnenvaart in Schaar van Valkenisse	0.0	0.0	1.0	1.0	0.5	1.0	0.0
Strandingen + boeiaanvaringen pleziervaart in Schaar van Valkenisse	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3
Hinder ten gevolge van golfslag zeevaart	2.5	3.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.5
Hinder ten gevolge van dwarsstroom Ossenisse	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Globale nautische risicoscore	**19.5**	**26.5**	**23.3**	**21.3**	**17.8**	**20.0**	**18.3**

8 Geautomatiseerde routebepaling

Om het potentieel voor faciliteren van scheepvaart te bepalen voor verschillende condities van het studiegebied werd door de Universiteit Gent, afdeling Schepen en Mariene technologie, een methodologie ontwikkeld die uitgaande van de scheepseigenschappen, en de bijhorende vereiste vaarwegafmetingen, het meest optimale pad doorheen de bathymetrie bepaalt. Behalve met de bathymetrie en scheepseigenschappen houdt de methodologie ook rekening met een minimale boogstraal voor bochten, de waterstand en de stroomconditie. Bovendien kunnen ook bijkomende beperkingen of voorkeuren ingesteld worden op basis van bijzondere reglementering (bvb. sluiting van de nevengeul voor opvaart) en betonning (bvb. voorkeur voor de stuurboordzijde van de vaarweg en/of voorkeur voor het gebruik van fietspaden).

He *et al.* (2024) bevat een wetenschappelijke publicatie waarin de methodologie van deze geautomatiseerde routebepaling (global path planning tool) in detail beschreven wordt. Hieronder wordt een meer beknopte beschrijving van de methodologie voor routebepaling opgenomen.

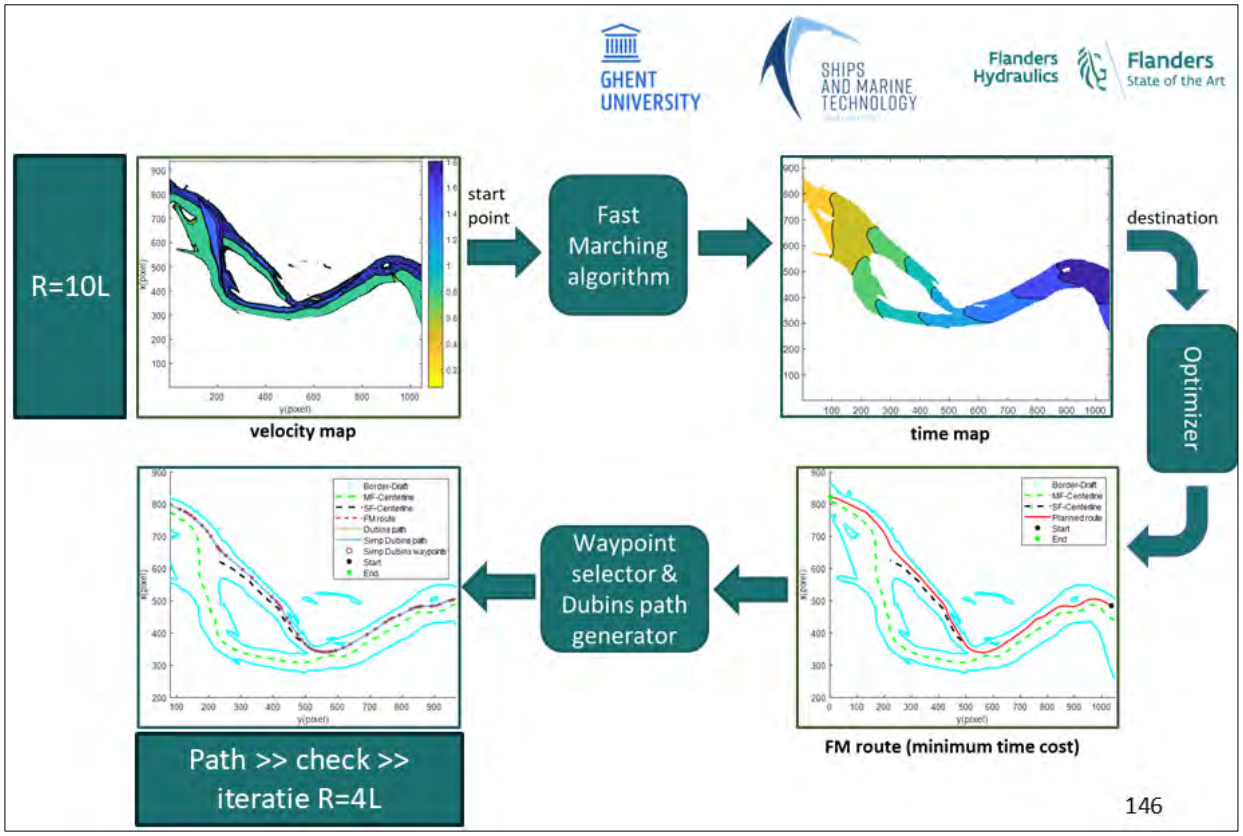
8.1 Methodologie

De methodologie die toegepast wordt om de meest optimale route te bepalen binnen een bepaalde omgeving is gebaseerd op het Fast Marching Algorithm zoals beschreven in Derveaux (2021) en verder uitgewerkt en toegepast voor het studiegebied Schaar van Valkenisse in He *et al.* (2024).

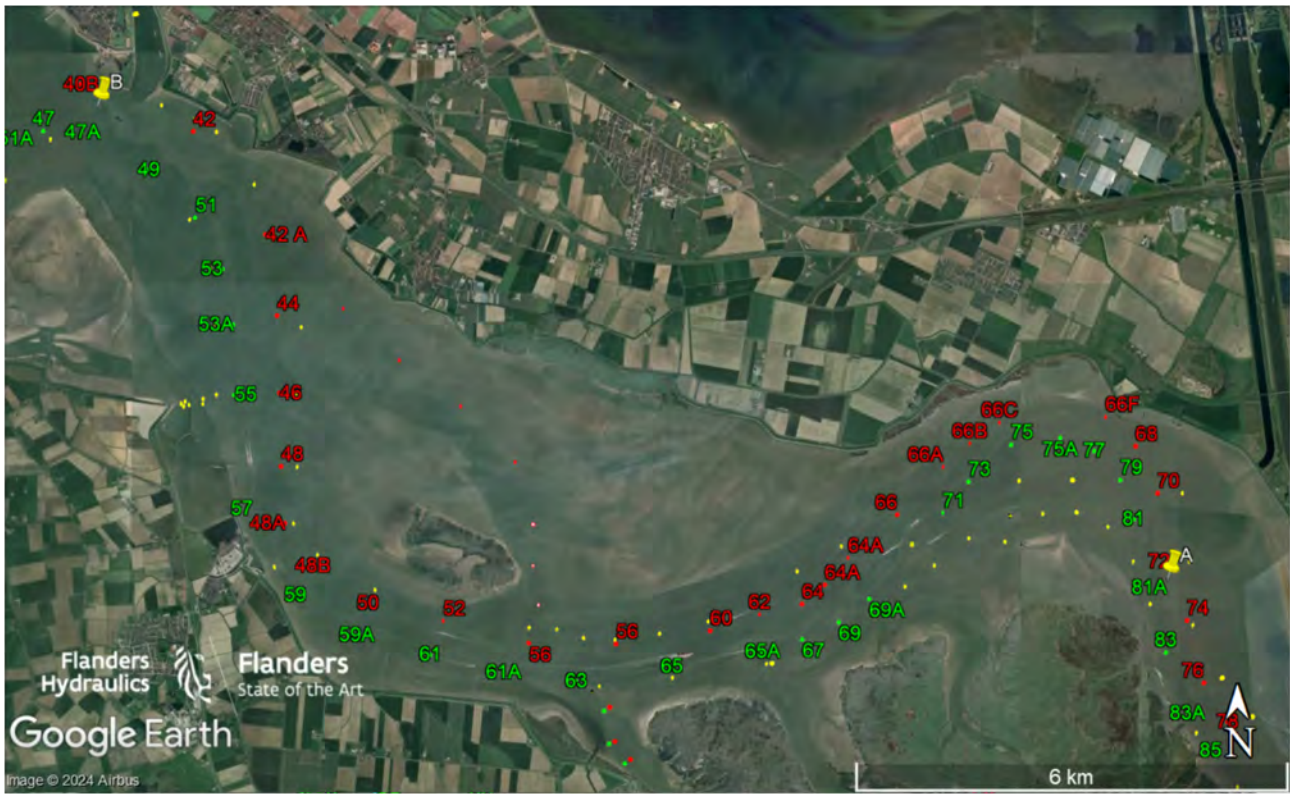
De toegepaste methodologie wordt schematisch weergegeven in Figuur 196 en bestaat uit onderstaande tussenstappen:

1. Definiëren van geografische (snelheids-)gewichtsmatrices (zie §8.1.2) die onder andere identificeren welke gebieden bevaarbaar zijn voor het te onderzoeken schip uitgaande van een minimale bochtstraal gelijk aan tien scheepslengtes.
2. Toepassen van het Fast Marching Algorithm om de meest optimale route doorheen de snelheidsgewichtsmatrices te bepalen en de optimalisatie van deze route tot een bevaarbaar (Dubins) pad met een minimale boogstraal gelijk aan vier scheepslengtes.
3. Controleren of de beschikbare vaarwegbreedte omheen het pad overeenkomt met de vooropgestelde vaarwegbreedte (zie §8.2) op basis van de effectieve boogstraal van het pad.
4. Indien bovenstaande controle geen positieve uitkomst kent, dan wordt de procedure opnieuw uitgevoerd met gewichtsmatrices berekend voor een minimale bochtstraal gelijk aan vier scheepslengtes.

De methode werd toegepast op de conditie van het studiegebied zoals aanwezig in maart 2022. De omgevingscondities zoals beschreven in §2.2.14, §2.2.15, §3 en §4 werden als input gebruikt voor de routebepaling. Het algoritme werd ingezet om de optimale route te bepalen tussen een punt opwaarts de Bocht van Bath en een punt ter hoogte van Hansweert (zie Figuur 197) waardoor de methode zowel het gebruik van de Schaar van de Noord als van de Schaar van Valkenisse beoordeelde.



Figuur 194 – Schematische voorstelling methodologie geautomatiseerde routebepaling



Figuur 195 – Start- en eindposities voor de bepaling van de route

8.1.1 Fast Marching Algorithm

Het Fast Marching Algorithm is gebaseerd op een geografisch rechtshoekig rooster (grid) waarop per roosterpunt een snelheid gedefinieerd wordt. Het Fast Marching Algorithm zal vervolgens de snelste manier berekenen om van een eerste punt (A) naar een tweede punt (B) te bewegen. Hiervoor wordt doorheen het grid een golffront gegenereerd dat zich voortbeweegt op basis van de snelheden op de roosterpunten en waarbij de minimale vaartijd tot elk punt in het grid berekend wordt (Sethian, 1996). Hierdoor ontstaat de 'time map' zoals weergegeven in Figuur 196. De time map kan vervolgens geïntegreerd worden tot het pad dat overeenkomt met deze kortste tijd door toepassing van de "gradient descent" methode.

De basis voor het Fast Marching Algorithm is het snelheidsgrid dat bepaalt in welke richting het golffront zich het snelst zal voortplanten. Hoewel in de literatuur de term snelheidsgrid gebruikt wordt, is dit in de huidige toepassingen verwarrend omdat deze grids niet overeenstemmen met een fysische scheepssnelheid maar eerder een manier zijn om de voorkeur van een bepaalde locatie te definiëren. Zo zullen voor de toepassing in de Schaar van Valkenisse verschillende snelheidsmatrices met elkaar gecombineerd worden en bij elkaar opgeteld worden waardoor de referentie naar snelheid verwarrend kan zijn. Er werd dan ook voor gekozen om de snelheidsgrids in dit rapport te benoemen als gewichtsmatrices.

8.1.2 Instellingen gewichtsmatrices

Om de totale gewichtsmatrix te bekomen werden onderstaande matrices met elkaar gecombineerd:

1. gewichtsmatrix met voorkeur op basis van de beschikbare diepte;
2. gewichtsmatrix met voorkeur ten opzichte van de beschikbare afstand tot de oever;
3. gewichtsmatrix met voorkeur op basis van betonning en reglementering.

Voor de toepassing in dit onderzoek werden de gewichtsmatrices gedefinieerd op een rechthoekig rooster met resolutie 20 m.

Gewichtsmatrix voor kielspeling

Een eerste gewichtsmatrix wordt bepaald op basis van de beschikbare diepte in het studiegebied en de vereiste kielspeling voor het schip. De beschikbare waterdiepte wordt hierbij bekomen door de bathymetrie (geprojecteerd op het rooster) te vermeerderen met de waterstand te Baalhoek. Voor de evaluatie in deze studie werd de waterstand gekozen in overeenstemming met de laagste waterstand te Baalhoek gedurende de vaart van het schip tussen Bath en Hansweert. Er werd geen rekening gehouden met veranderende waterstanden tijdens de reis. De gemaakte keuze is bijgevolg een conservatieve aanname.

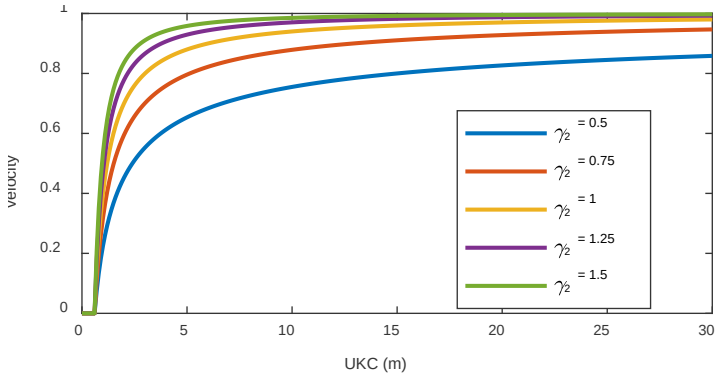
Om het gewicht (of de voorkeur) te bepalen van elk roosterpunt op basis van de lokaal beschikbare waterdiepte wordt onderstaande formule toegepast:

$$\begin{cases} V_{UKC}^{i,j} = 1 - \left(\frac{h_{min}-T}{h^{i.j}-T}\right)^{\gamma_{UKC}}, h^{i.j} > h_{min} \\ V_{UKC}^{i,j} = 0, h^{i.j} \leq h_{min} \end{cases} \quad (1)$$

Waarbij:

- V_{UKC}: het gewicht (-) gerelateerd aan de kielspeling;
- i,j de indices van het roosterpunt;
- h_{min} de minimale aanvaardbare waterdiepte (m) zoals gedefinieerd in §8.2;
- T scheepsdiepgang (m);
- h lokale waterdiepte (m);
- γ_{UKC} vormfactor van de kielspelingsafhankelijkheid (>0) ingesteld als 1.5.

De relatie tussen de beschikbare kielspeling en het op basis van (1) gedefinieerde gewicht voor waterdiepte wordt weergegeven in Figuur 198 voor verschillende vormfactoren. Alle roosterpunten waarvoor de waterdiepte kleiner is dan de minimale waterdiepte krijgen op basis van (1) een gewicht gelijk aan nul. Hierdoor zullen deze roosterpunten niet toegepast worden door het Fast Marching algoritme. Voor waterdieptes groter dan de minimale waterdiepte worden er gewichten groter dan nul toegepast waarbij de impact van de kielspeling op de aantrekkelijkheid van de locatie bepaald wordt door middel van de vormfactor. Zo zal een vormfactor gelijk aan 0.5 ook voor grote kielspelingen (>200% T) nog een bijkomende voorkeur tonen terwijl bij een vormfactor gelijk aan 1.5 slechts een significante toename van het gewicht berekend wordt voor kielspelingen kleiner dan 5 m (voor een binnenschip).



Figuur 196 – Relatie tussen de gewichtsfactor voor waterdiepte V_{UKC} en de vormfactor γ_{UKC} (1.5 in deze studie)

Gewichtsmatrix voor vaarwegbreedte

Een tweede gewichtsmatrix die gedefinieerd wordt, gaat opnieuw uit van de beschikbare ruimte die een schip nodig heeft. Echter ditmaal wordt de horizontale ruimte rond het schip beoordeeld. De horizontale ruimte die een schip nodig heeft wordt gedefinieerd als de minimale vaarwegbreedte. In §8.2 wordt de methode gedefinieerd voor de bepaling van de minimale vaarwegbreedte voor alle te evalueren schepen.

De minimale vaarwegbreedte wordt gedefinieerd op een gewichtsmatrix op basis van een oeverafstandsrooster waarbij de oever gedefinieerd wordt als de dieptelijn in de bodem die overeenkomt met de minimale waterdiepte gedefinieerd voor het te onderzoeken schip (zie §8.2). Het oeverafstandsrooster bevat voor elke roosterpunt de afstand van het roosterpunt tot de meest nabije dieptelijn overeenkomstig de minimale waterdiepte voor het schip. Indien gegarandeerd dient te worden dat een pad steeds minimaal de breedte heeft gelijk aan de minimale vaarwegbreedte, dan dient voor elk roosterpunt te gelden dat de oeverafstand groter is dan de helft van de minimale vaarwegbreedte. Het gewicht voor de vaarwegbreedte wordt dan ook berekend als:

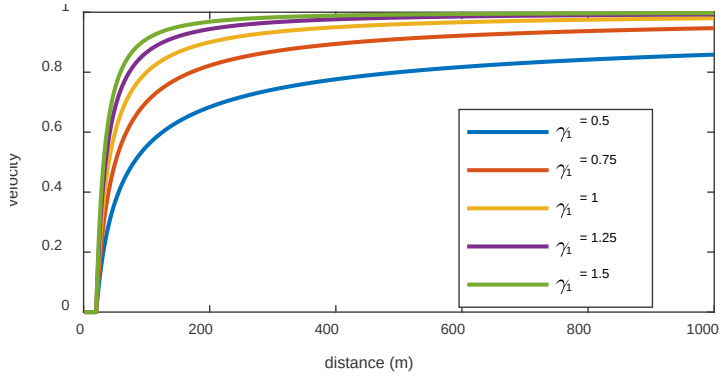
$$\begin{cases} V_W^{i,j} = 1 - \left(\frac{W_{min}}{2d^{i,j}}\right)^{\gamma_W}, d^{i,j} > \frac{W_{min}}{2} \\ V_W^{i,j} = 0, d^{i,j} \leq \frac{W_{min}}{2} \end{cases} \quad (2)$$

Waarbij:

- V_W: het gewicht (-) gerelateerd aan de vaarwegbreedte;
- W_{min} de minimale aanvaardbare vaarwegbreedte (m) zoals gedefinieerd in §8.2;
- d lokale oeverafstand (m);
- γ_W vormfactor van de vaarwegbreedteafhankelijkheid (>0) ingesteld als 0.9.

Gelijkaardig als voor de waterdieptematrix krijgen ook voor de vaarwegbreedtematrix de roosterpunten een waarde nul indien het punt zich dichter dan een halve vaarwegbreedte van de dieptelijn bevindt. Voor punten die voldoende ver van de dieptelijn liggen wordt de afhankelijkheid van de afstand tot de dieptelijn en het gewicht bepaald door de vormfactor zoals geïllustreerd in Figuur 199. Een lage vormfactor geeft hierbij aanleiding tot een langere toename van het gewicht in functie van de oeverafstand waardoor een grotere voorkeur bestaat om het midden van de beschikbare vaargeul op te zoeken. Een grote vormfactor zal minder onderscheid maken tussen een positie op korte afstand van de oever (uitgedrukt als de helft van de minimale vaarwegbreedte) en een positie op ruimere afstand van de oever. Doordat de vaarwegbreedtematrix gecombineerd wordt met de kielspelingsmatrix, zal in deze gevallen het pad meer rekening houden met de beschikbare diepte in de roosterpunten dan met de afstand tot de oever.

Uit §8.2 zal blijken dat de minimale vaarwegbreedte bepaald wordt in functie van de maximale boogstraal die aangenomen wordt in het vaargebied. Bij een eerste toepassing van het Fast Marching algoritme wordt aangenomen dat de maximale boogstraal in het studiegebied gelijk is aan tien scheepslengtes (R=10L). Wanneer uit de controleberekening (zie §8.1.4) vervolgens een conflict blijkt tussen de bekomen route en de vooropgestelde vaarwegbreedte dan wordt de Fast Marching simulatie herhaald voor een vaarwegbreedte overeenkomstig een maximale boogstraal gelijk aan vier scheepslengtes (R=4L).



Figuur 197 – Relatie tussen de gewichtsfactor voor vaarwegbreedte V_W en de vormfactor γ_W (0.9 in deze studie)

Gewichtsmartix voor uitsluitingsgebieden

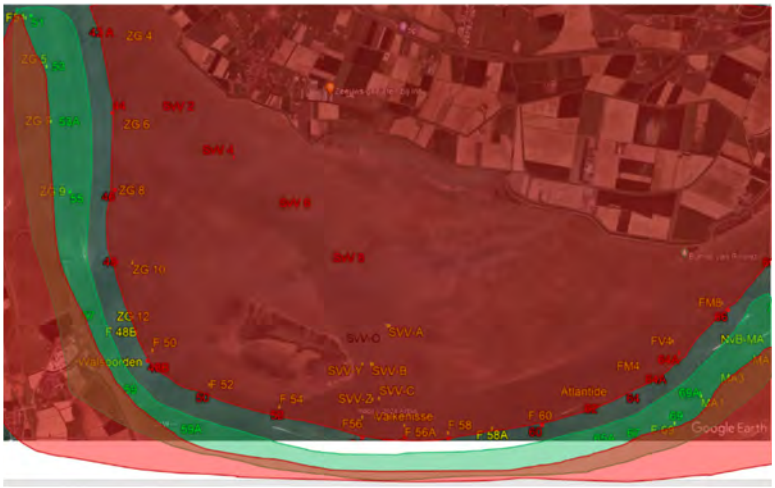
De gewichtsmatrices voor kielspeling en vaarwegbreedte gaan gepaard met uitsluitingsgebieden indien respectievelijk de waterdiepte kleiner is dan de minimale waterdiepte of de afstand tot de dieptelijn kleiner is dan de helft van de minimale vaarwegbreedte. Deze uitsluitingsgebieden worden gekenmerkt door het gewicht in te stellen op nul en worden automatisch berekend uit de input.

Bovendien wordt de mogelijkheid geboden om bijkomende uitsluitingsgebieden toe te voegen, waarbij bepaalde gebieden ad hoc gedefinieerd kunnen worden als ontoegankelijk. De bijkomende uitsluitingsgebieden worden gedefinieerd in de gewichtsmatrix V_{excl}.

In het kader van voorliggende studie werd deze mogelijkheid toegepast om de beschikbaarheid van bepaalde vaarroutes (zoals de nevengeulen) ontoegankelijk te maken. Deze functionaliteit werd bijvoorbeeld toegepast voor het implementeren van de reglementering waarbij de opvaart verboden werd om gebruik te maken van de nevengeul. Een andere toepassing betreft het verbieden van scheepvaart buiten de betonde vaargeulen. Figuren 200 en 201 tonen de uitsluitingsgebieden voor af- en opvaart zoals gedefinieerd voor de conditie maart 2022. De gewichten in de uitsluitingsmatrices kennen slechts twee mogelijke waarden hebben zijnde 0 en 1. Enkel de roosterpunten met gewicht 0 zijn relevant voor de bepaling van de gecombineerde gewichtsmatrix (zie ook (3)).



Figuur 198 – Uitsluitingsgebied (rood) toegepast voor afvaart in maart 2022 op basis van de betonde vaargeul

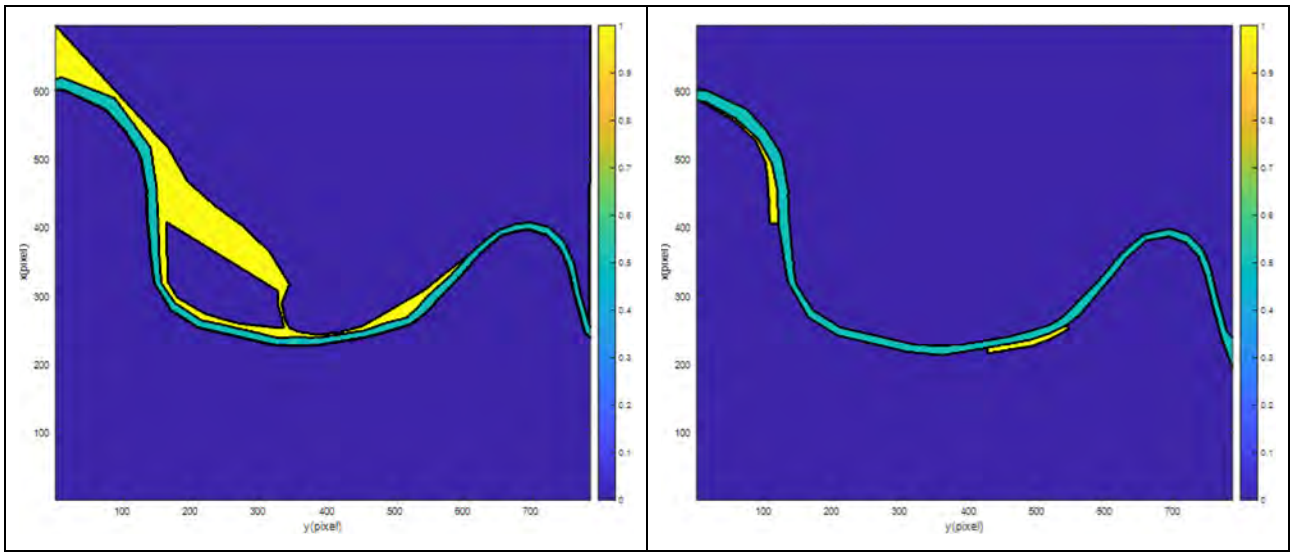


Figuur 199 – Uitsluitingsgebied (rood) toegepast voor opvaart in maart 2022 op basis van de betonde vaargeul

Gewichtsmatrix voor vaarvoorkeur

Indien de betonning in het studiegebied bekend is dan kan deze eveneens toegepast worden om de vaarvoorkeur voor bepaalde vaartrajecten te definiëren. Zo kan in functie van de vaarrichting een voorkeur voor stuurboordswal gedefinieerd worden of kan op basis van het scheepstype een voorkeur voor het gebruik van de fietspaden gedefinieerd worden. De vaarvoorkeur wordt gedefinieerd in de gewichtsmatrix V_{pref}.

Voor de analyse van maart 2022 werd er voor binnenvaart een voorkeursgewicht gelijk aan 0.5 gedefinieerd voor de stuurboordzijde van het hoofdvaarwater en een gewicht gelijk aan 1 voor de fietspaden en de nevengeul (indien toegankelijk). De vaarvoorkeursmatrices voor afvaart en opvaart worden weergegeven in Figuur 202.



Figuur 200 – Vaarvoorkeursmatrices voor afvaart (links) en opvaart (rechts)

Gecombineerde gewichtsmatrix

Op basis van de vier hierboven geïntroduceerde gewichtsmatrices wordt er een gecombineerde matrix berekend waarvoor geldt dat de roosterpunten die uitgesloten (V=0) worden in één van de uitsluitingsmatrices (V_{UKC}, V_W of V_{Excl}) een gewicht nul krijgen.

Voor de andere roosterpunten wordt het gecombineerd gewicht bekomen als een gewogen gewicht van de vier gewichtsmatrices op basis van drie gewichtsfactoren.

$$\begin{cases} V_c^{i,j} = 0, & if\ V_{UKC}^{i,j} = 0\ or\ V_W^{i,j} = 0\ or\ V_{Excl}^{i,j} = 0 \\ V_c^{i,j} = w_{UKC}V_{UKC}^{i,j} + w_W V_w^{i,j} + w_{Pref}V_{Pref}^{i,j}, & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

Waarbij:

- V_c: het gecombineerde gewicht (-);
- w_{UKC} een gewichtsfactor (-) voor het belang van de gewichten gerelateerd aan de kielspeling (in deze studie 0.8);
- w_W een gewichtsfactor (-) voor het belang van de gewichten gerelateerd aan vaarwegbreedte (in deze studie 0.2);
- w_{Pref} een gewichtsfactor (-) voor het belang van de gewichten gerelateerd aan de vaarvoorkeur (in deze studie 0.75).

8.1.3 Dubinspad generatie

Het resultaat van het Fast Marching algoritme is de snelste route die gegenereerd wordt op basis van de gecombineerde gewichtsfactor. Deze route wordt verder de FM-route genoemd. De FM-route is echter niet noodzakelijk navigeerbaar aangezien deze route gepaard kan gaan met discontinuïteiten en belangrijke koerswijzigingen.

Om de FM-route om te zetten naar een navigeerbare route wordt de FM-route omgezet naar een Dubinspad. De Dubins methode (Dubins, 1957) genereert een vaarpad op basis van een set aan opeenvolgende waypoints (de FM-route) en hierbij zal men bewaken dat het vaarpad overeenstemt met de verwachte manoeuvreerbaarheid van een schip. Hiervoor wordt weliswaar gebruik gemaakt van een sterk vereenvoudigd manoeuvreermodel dat ontleend wordt aan de robotica. In het Dubins model worden onderstaande beperkingen gedefinieerd:

- L1: minimale boogstraal (m) van het traject ($R_{\min}$);
- L2: minimale afstand (m) tussen twee opeenvolgende bochten (d_{TP}) om oscillaties in het traject te vermijden (optioneel).

Voor de toepassing in deze studie werd enkel een beperking op de boogstraal gedefinieerd en gelijk gesteld aan 4L (vier maal de scheepslengte).

Door toepassing van de Dubins methode worden de waypoints omgezet in vaarpaden die bestaan uit rechte stukken en bochten waarbij de boogstraal van de bochten steeds groter is dan 4L. Het resultaat van de Dubins methode is een vaartraject opgebouwd uit een groot aantal punten. Om deze polylijn te reduceren werd vervolgens een geometrische vereenvoudiging met minimale afwijking 1 m uitgevoerd door middel van het DP-algoritme (Douglas & Peucker, 1973).

8.1.4 Controleberekening

In het Fast Marching algoritme (zie §8.1.1) werd de vaarwegbreedte in eerste instantie gebaseerd op een minimale boogstraal gelijk aan 10L. Echter bij de bepaling van het Dubinspad (zie §8.1.3) wordt er uitgegaan van een minimale boogstraal gelijk aan 4L. Het is bijgevolg mogelijk dat de voorgestelde route overeenkomstig het Dubinspad gepaard gaat met lokaal kleinere boogstralen dan aangenomen in het Fast Marching algoritme. Bovendien zal ook de positie van het Dubinspad niet exact overeenkomen met de FM-route aangezien het Dubinspad beschouwd kan worden als een navigeerbare (en dus gestroomlijnde) variant van de FM-route.

Ten gevolge van bovenstaande is het niet gegarandeerd dat het Dubinspad voldoet aan de minimale vaarwegbreedte die voorgeschreven is in §8.2 en dient hierop een bijkomende toets uitgevoerd te worden.

Langsheen het Dubinspad werd elke 50 m gecontroleerd of de lokale vaarwegbreedte overeenstemt met de minimale vaarwegbreedte op basis van de lokaal aanwezige kromtestraal van het Dubinspad. Hierbij werden onderstaande validatiecriteria onderzocht:

$$W_{SB_i} > 0.4\, W_{Min_i} \tag{4}$$

$$W_{PS_i} > 0.4\, W_{Min_i} \tag{5}$$

$$W_{SB_i} + W_{PS_i} \geq W_{Min_i} \tag{6}$$

Waarbij:

- i: Positie-index langs het Dubinspad geëvalueerd per 50 m (-);
- W_{SB} De beschikbare vaarwegbreedte aan stuurboord berekend als de afstand tussen de positie langs het Dubinspad en de dieptelijn overeenkomstig de minimale diepte volgens de oriëntatie van het Dubinspad +90°;
- W_{PS} De beschikbare vaarwegbreedte aan bakboord berekend als de afstand tussen de positie langs het Dubinspad en de dieptelijn overeenkomstig de minimale diepte volgens de oriëntatie van het Dubinspad -90°;
- W_{Min} De minimale vereiste vaarwegbreedte berekend op basis van §8.2 en rekening houdend met de kromtestraal van het Dubinspad in positie i;

Bovenstaande formules laten toe dat het schip niet exact in het midden van de vereiste vaarwegbreedte vaart maar een maximale excentriciteit heeft van 10%. De totale beschikbare vaarwegbreedte loodrecht op het Dubinspad dient wel steeds te voldoen aan de minimale vaarwegbreedte.

8.1.5 Iteraties

Indien uit bovenstaande controleberekening blijkt dat de vaarwegbreedte langs het Dubinspad niet voldoet aan de minimale vereiste vaarwegbreedte dan wordt er geconcludeerd dat het Fast Marching algoritme geen gunstig resultaat opleverde en wordt het Fast Marching algoritme een tweede maal uitgevoerd.

Bij de tweede iteratie wordt de gewichtsmatrix voor de vaarwegbreedte berekend op basis van een minimale boogstraal gelijk aan vier scheepslengtes. De beperkingen in de vaarwegbreedtematrix worden hierdoor belangrijker waardoor er een nieuwe FM-route bekomen wordt.

Deze FM-route wordt opnieuw omgezet naar een Dubinspad waarvoor de minimale boogstraal eveneens ingesteld wordt op vier scheepslengtes.

Vervolgens wordt voor dit Dubinspad opnieuw onderzocht of dit pad voldoet aan de vaarwegbreedte. Normaal gezien dient het Dubinspad nu te voldoen aan de controle aangezien dezelfde boogstraal gebruikt wordt in het fast marching algoritme als in de Dubins methode. Echter wanneer door toepassing van de Dubinsmethode de positie van de route meer dan 10% van de minimale vaarwegbreedte afwijkt van de oorspronkelijke FM-route kan de controleberekening toch falen en wordt de reis niet verwerkt.

8.2 Minimale vaarwegbreedte en diepte per scheepstype

Als input voor de gewichtsmatrices voor diepte en vaarwegbreedte (zie §8.1.2) dient per schip een minimale vaarwegdiepte en een minimale vaarwegbreedte gedefinieerd te worden. Hieronder wordt aangegeven op welke manier deze parameters berekend worden. De berekeningsmethode werd ontleend aan de geldende ontwerprichtlijnen voor vaarwegontwerp voor binnenvaart en zeevaart. Vanzelfsprekend dient voor een verdere toepassing van de routebepaling de minimale vereiste vaarwegbreedte voor binnenvaartschepen afgestemd te worden met de sector opdat alle risico's correct vertaald worden in een breedtetoeslag en de binnenvaarschippers de door de routebepaling gegarandeerde vaarwegbreedte en vaarwegdiepte ook aanvaard wordt. De toepassing van de routebepaling voor andere limieten van de vaarwegbreedte en vaarwegdiepte dient het onderwerp te vormen van een sensitiviteitsonderzoek indien de operationele toepassing van deze tool verder onderzocht zou worden.

8.2.1 Minimale waterdiepte

De minimale waterdiepte wordt ontleend aan de huidige minimale kielspeling die door GNA gehanteerd wordt voor de nevengeul (0.6 m) en voor zeevaart in het hoofdvaarwater (12.5% T). De minimale kielspeling wordt gedefinieerd als:

$$\mathrm{UKC}_{Min} = \max\left(0.6\,m; 0.125T\right) \tag{7}$$

$$h_{Min} = T + \mathrm{UKC}_{Min} \tag{8}$$

Waarbij:

- UKC_{Min} De vereiste minimale kielspeling voor navigatie (m)
- T De maximale scheepsdiepgang (m)
- h_{Min} De vereiste minimale waterdiepte (m) voor navigatie voor het onderzochte schip.

Op basis van (7) geldt dat voor schepen met diepgang kleiner dan 4.8 m (wat overeenkomt met alle binnenvaart en pleziervaart) de minimale kielspeling 0.6 m bedraagt. Voor schepen met grotere diepgang wordt de kielspeling berekend als een percentage (12.5 %) van de scheepsdiepgang.

De waarde h_{Min} wordt eveneens gebruikt als de diepte van de oeverlijn die toegepast wordt voor de bepaling van de oeverafstandsmatrix (zie §8.1.2).

Bij de waterdiepte dient opgemerkt wordt dat deze gecombineerd wordt met vaarwegbreedtes uit ontwerprichtlijnen (zie volgende paragrafen) die vaak uitgaan van grotere kielspelingen dan de geldende normen voor de Westerschelde. De minimale waterdiepte (en vaarwegbreedte) die toegepast wordt in de berekening dient voor een operationele toepassing aangepast te worden aan mogelijke risico's die momenteel niet vervat zitten in de bepaling van de minimale waarden. Voor de minimale diepte zou voor de dynamische morfologie van de Schaar van Valkenisse bijvoorbeeld een veiligheidstoeslag ten gevolge van aanzanding toegevoegd kunnen worden.

8.2.2 Minimale vaarwegbreedte voor binnenvaart

De minimale vaarwegbreedte vereist voor binnenvaart werd gebaseerd op Design Guidelines for Inland Waterway Dimensions (PIANC, 2019) waarbij de vaarwegbreedte berekend wordt als een factor van de scheepsbreedte voor rechte vaarwegen aangevuld met een factor in functie van de scheepslengte voor bochten.

$$W_F = c_1 B \tag{9}$$

$$\Delta W_R = \frac{c_2 L^2}{R} \tag{10}$$

$$W_{Min} = W_F + \Delta W_R \tag{11}$$

Waarbij:

- W_F de ontwerpbreedte (m) voor rechte vaarwegen;
- ΔW_R bijkomende vaarwegbreedte in bochten (m);
- W_{Min} de vereiste minimale vaarwegbreedte (m) voor navigatie voor het onderzochte binnenschip (m);
- B de scheepsbreedte (m);
- L de scheepslengte (m);
- R de kromtestraal of boogstraal (m) van de aslijn van de vaargeul in een bocht;
- c_1; c_2 ontwerpcoëfficiënten.

Op basis van PIANC (2019) wordt voor de rechte stukken en in afwezigheid van stroming de coëfficiënt c_1 gedefinieerd als 4.5 waarbij verondersteld wordt dat de vaarweg tweestrooksverkeer dient te faciliteren met een vlotheidskwalificatie A. In geval van stroomsnelheden groter dan 1 m/s wordt de waarde van c_1 verhoogd tot 6.0. Voor stroomsnelheden tussen 0 m/s en 1 m/s wordt c_1 bekomen door lineaire interpolatie tussen 4.5 en 6.0.

De aanwezige stroomsnelheid voor de routebepaling van een vaartraject wordt bekomen als de absolute waarde van het verschil tussen de gemiddelde vaarsnelheid over de grond en de gemiddelde vaarsnelheid door het water zoals bekomen op basis van §2.2.15.

Ook de coëfficiënt c_2 wordt gedefinieerd in functie van de stroomsnelheid en de scheepsafmetingen door interpolatie van Tabel 17.

Tabel 17 – Interpolatietabel voor vaarwegcoëfficiënt voor bochtverbreding (c_2) voor binnenvaart

Scheepsafmetingen		**c_2**			
L	**B**	**V_c =0 m/s**	**V_c =0,5 m/s**	**V_c =1 m/s**	**V_c =1,5 m/s**
110	11,4	0,80	1,00	1,20	1,30
185	11,4	0,80	0,80	0,80	0,90
110	22,8	1,60	1,70	1,90	2,10
185	22,8	1,00	1,10	1,25	1,35

8.2.3 Minimale vaarwegbreedte voor zeevaart

De minimale vaarwegbreedte voor zeevaart wordt bepaald op basis van de ontwerprichtlijnen gedefinieerd in PIANC (2014).

$$W_{Min} = 2W_{BM} + 2W_c + 2W_w + W_{BR} + W_{BG} + \sum W_p + 2\,\Delta W_R \quad (12)$$

Waarbij:

- W_{Min} de vereiste minimale vaarwegbreedte (m) voor navigatie voor het onderzochte zeeschip (m);
- ΔW_R bijkomende vaarwegbreedte in bochten per schip (m);
- W_{BM} de basis vaarwegbreedte per schip (m);
- W_c de bijkomende vaarwegbreedte voor stroming per schip (m);
- W_w de bijkomende vaarwegbreedte voor wind per schip (m);
- W_{BR}, W_{BG} de bijkomende vaarwegbreedte voor oevereffecten per schip (m);
- W_P de bijkomende vaarwegbreedte voor scheepsontmoetingen (m);

Basis vaarwegbreedte

Voor de bepaling van de basis vaarwegbreedte wordt uitgegaan van een schip met gemiddelde manoeuvreereigenschappen waarvoor geldt:

$$W_{BM} = 1.5B \quad (13)$$

Bijkomende vaarwegbreedte stroming

Voor de impact van de stroming op de vaarwegbreedte wordt gebruik gemaakt van de aanbevelingen met betrekking tot langsscheepse stroming (aangezien de dwarsstroming die ervaren wordt door zeeschepen in het studiegebied beperkt is). De bijkomende vaarwegbreedte ten gevolge van stroomsnelheid wordt bepaald in functie van de vaarsnelheid van het schip door het water en wordt geïnterpoleerd uit Tabel 18.

Tabel 18 – Interpolatietabel voor de bijkomende vaarwegbreedte ten gevolge van langsscheepse stroming

STW (kn)	Vc <1.5 kn (0.8 m/s)	1.5 kn < Vc <3.0 kn	Vc >=3.0 kn (1.5m/s)
>= 12	0	0	0.1B
8 – 12	0	0.1B	0.2B
5 - 8	0	0.2B	0.4B

Bijkomende vaarwegbreedte wind

Er worden in voorliggende studie geen windmetingen geanalyseerd waardoor steeds een gematigde wind verondersteld wordt in de bepaling van de minimale vaarwegbreedte. De bijhorende breedtetoeslagen worden gedefinieerd in functie van de vaarsnelheid door het water zoals gepresenteerd in Tabel 19.

Tabel 19 – Interpolatietabel voor de bijkomende vaarwegbreedte ten gevolge van wind, oevers en ontmoetingen

STW (kn)	W_w Moderate wind	W_{BR} en W_{BG}	W_P
>= 12	0.3B	0.7B	1.8B
8 – 12	0.4B	0.5B	1.4B
5 - 8	0.6B	0.3B	1.0B

Bijkomende vaarwegbreedte oevereffecten

De vaarwegbreedte ten gevolge van oevereffecten wordt gedefinieerd als 0.5 B overeenkomstig het gebruikelijke snelheidsprofiel van de zeeschepen in het studiegebied (zie Tabel 19).

Bijkomende vaarwegbreedte scheepsinteractie

De vaarwegbreedte ten gevolge van scheepsinteractie wordt gedefinieerd als 1.4 B overeenkomstig het gebruikelijke snelheidsprofiel van de zeeschepen in het studiegebied (zie Tabel 19).

Bijkomende vaarwegbreedte bochten

De bijkomende vaarwegbreedte in bochten wordt berekend als:

$$\Delta W_R = 0.4B + \frac{L^2}{8R} \quad (14)$$

8.3 Resultaten maart 2022

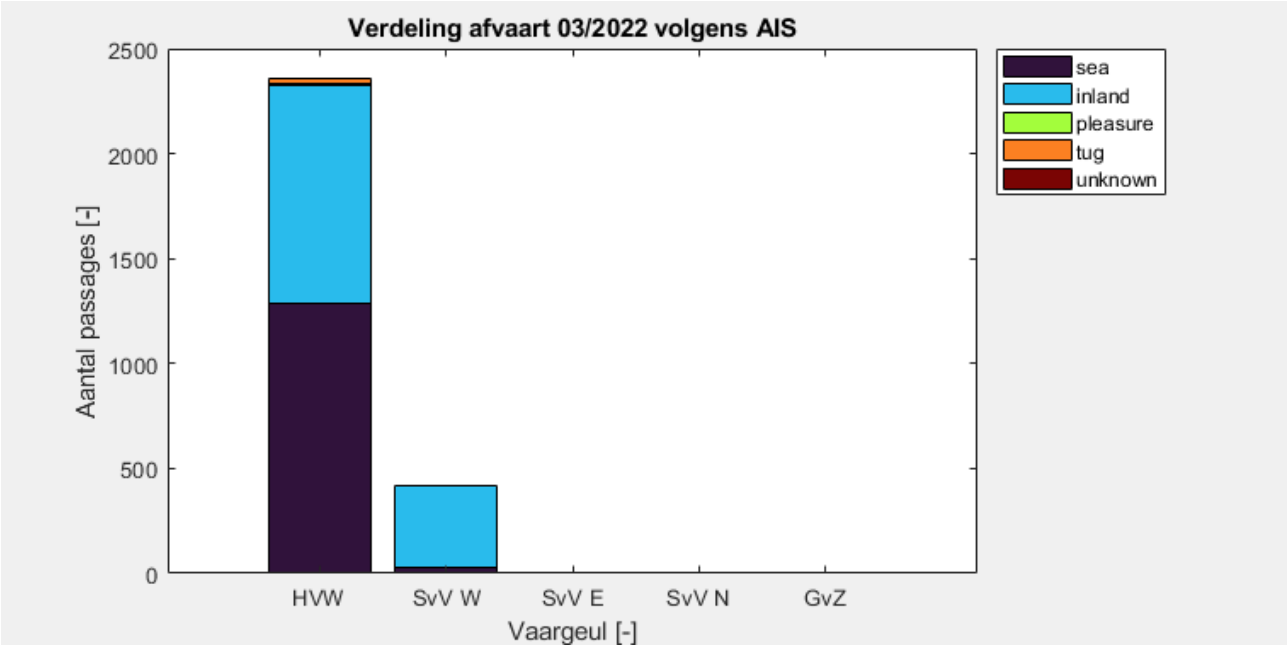
De bovenstaande methodologie werd toegepast op de afvarende vloot uit maart 2022 en de bijhorende omgevingscondities van het studiegebied. Voor elk schip dat zich aanbood te Bath werd de meest optimale route bepaald. Doordat de vaarafstand via de nevengeul korter is dan via het hoofdvaarwater zal, indien mogelijk, gebruik gemaakt worden van de nevengeul. De onderstaande scenario's werden doorgerekend voor de situatie maart 2022:

- afvarende vloot met enkel bathymetrische beperkingen;
- afvarende vloot rekening houdend met betonning en de beschikbaarheid van fietspaden.

8.3.1 Afvarende AIS-trajecten 03/2022

In eerste instantie wordt het verkeersbeeld gepresenteerd dat daadwerkelijk plaats vond in maart 2022. Deze presentatie is gebaseerd op de AIS-trajecten tussen Bath en Hansweert zoals gerapporteerd in § 2.2.6.

Figuur 206 toont de AIS-trajecten van de 2787 afvarende schepen tussen Bath en Hansweert voor de maand maart 2022. In het jaar 2022 was de Schaar van Valkenisse gesloten voor opvaart en kon de afvaart slechts gebruik maken van de smalle westelijke ebschaar (verder SvV W). In §5.3 werd reeds aangetoond dat in deze periode het gebruik van de nevengeul ook voor afvaart eerder beperkt was. In Figuur 203 wordt een meer gedetailleerd overzicht getoond van het gebruik van het hoofdvaarwater en de nevengeul voor de verschillende scheepstypes. Deze figuur illustreert inderdaad dat de afvarende binnenvaart in maart 2022 slechts in beperkte mate gebruik maakte van de nevengeul. Het aantal afvarende binnenschepen in maart 2022 bedroeg 1442. Slechts 390 van de binnenschepen (27%) maakten gebruik kan de Schaar van Valkenisse. Het totale aantal aan afvarende schepen dat in maart 2022 gebruik maakte van het hoofdvaarwater bedroeg 2359 (85% van de totale vloot).



Figuur 201 – Verdeling van de afvarende scheepvaart over het hoofdvaarwater en de Schaar van Valkenisse op basis van AIS-gegevens uit maart 2022

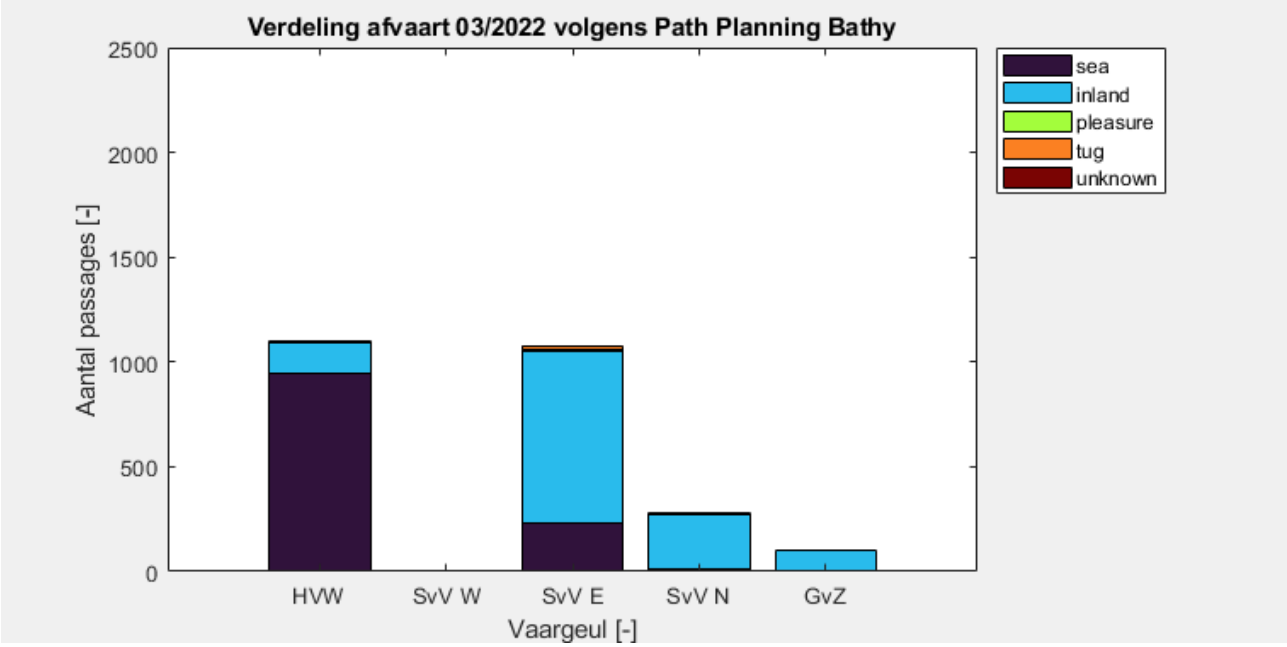
8.3.2 Afvarende routebepaling op basis van bathymetrie

Wanneer de automatische routebepaling enkel gebaseerd wordt op de gewichtsmatrices die rechtstreeks gerelateerd zijn aan de bathymetrie (hierbij worden enkel de gewichtsmatrices voor kielspeling en vaarwegbreedte gehanteerd voor de bepaling van de gecombineerde gewichtsmatrix) dan worden voor de situatie in maart 2022 trajecten bekomen zoals weergegeven in Figuur 207. In dit resultaat valt op dat er verschillende vaargeulen toegepast worden naar gelang de scheepsafmetingen, de scheepsdiepgang en de tijconditie. Deze nevengeulen worden van noord naar zuid geïdentificeerd als de Geul van Zimmerman (GVZ), de noordelijke aanloop van de Schaar van Valkenisse welke goed overeenkomt met de ligging van de nevengeul in 2013 (SvV N), de oostelijke aanloop van de Schaar van Valkenisse die goed overeenkomt met de toegepaste nevengeul in 2021 (SvV E) en de westelijke aanloop van de Schaar van Valkenisse die overeenkomt met de betonde vaargeul in 2022 (SvV W). De verdeling van de vloot over het hoofdvaarwater en de verschillende vaargeulen is weergegeven in Figuur 204. Het totaal aantal schepen dat geëvalueerd werd betrof 2787 (overeenkomstig het aantal beschikbare AIS-trajecten) waarvan voor 2552 schepen (92%) de automatische routebepaling een traject opleverde (dit wil zeggen dat de tweede iteratie voldeed aan de controleberekening, zie §8.1.4). Om een hogere succesfactor te bekomen zouden bijkomende iteraties doorgerekend moeten worden. Bij deze bijkomende iteraties dient de vaarwegbreedte stelselmatig verhoogd te worden tot wanneer de controleberekening een aanvaardbaar pad oplevert. Deze uitbreiding van de methodologie met bijkomende iteraties werd niet geïmplementeerd. De resultaten bekomen na twee iteraties worden voldoende geacht voor de beoordeling van de methode.

Op basis van de automatische routebepaling blijkt nu slechts 43% van de totale vloot gebruik te moeten maken van het hoofdvaarwater terwijl 57% van de vloot gebruik kon maken van één van de beschikbare nevengeulen. Hierbij valt verder op dat voor geen van de schepen een route bepaald werden binnen de betonde vaargeul SvV W.

Wanneer enkel de binnenvaart beschouwd wordt (1321 trajecten) dan blijkt dat voor de binnenvaart slechts 147 (11%) trajecten via het hoofdvaarwater dienden te verlopen. Het overgrote deel van de binnenvaart kan dus gebruik maken van één van de nevengeulen, waarbij naargelang de diepgang en de tijconditie de nevengeul GvZ (98 schepen of 7%), SvV N (256 schepen of 19%) of SvV E (820 schepen of 62%) geselecteerd werd.

Ook voor de zeevaart blijkt uit de automatische routebepaling een potentieel voor het gebruik van de nevengeul voor 19% van de afvarende zeeschepen.



Figuur 202 – Verdeling van de afvarende scheepvaart over het hoofdvaarwater en de Schaar van Valkenisse op basis van een automatische routebepaling rekening houdend met enkel de bathymetrie

8.3.3 Afvarende routebepaling rekening houdend met vaarwegmarkering

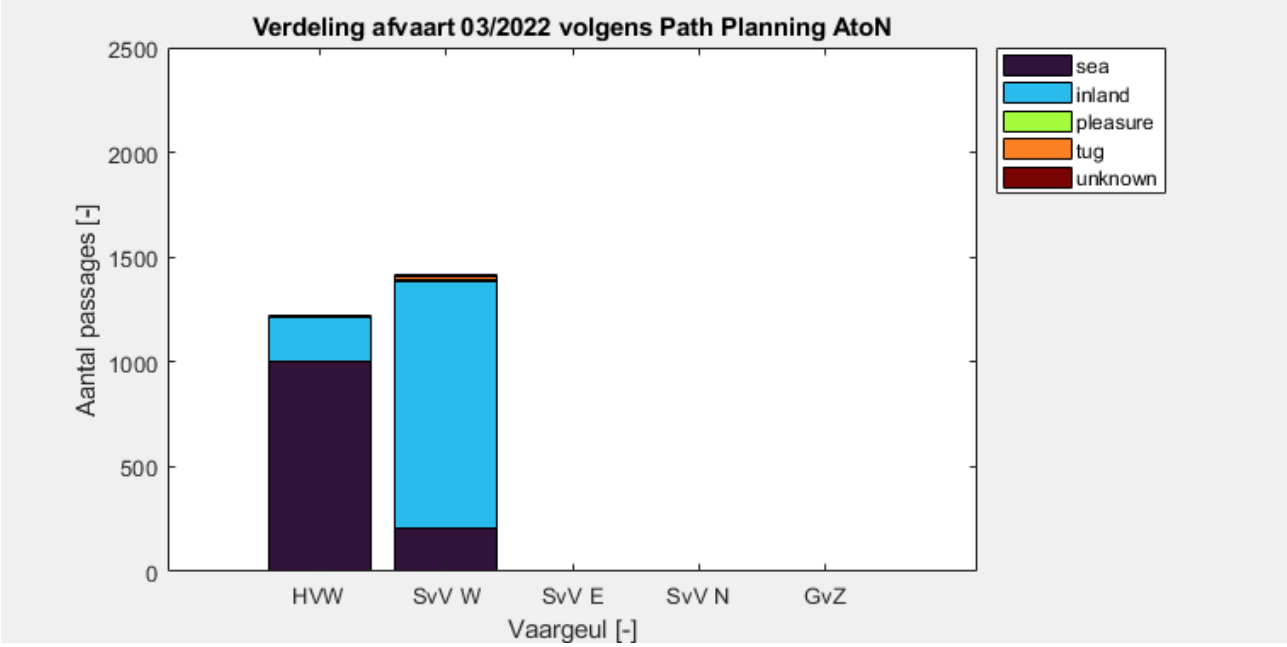
Uit §8.3.2 blijkt dat op basis van de beschikbare bathymetrie er verschillende nevengeulen beschikbaar zijn naar gelang de scheepsdiepgang en de tijconditie waarbij het schip aankomt te Bath. Echter in maart 2022 was geen van deze vaargeulen betond, waardoor deze nevengeulen in de feiten niet beschikbaar waren.

Om rekening te houden met de betonde nevengeul werd een bijkomende routebepaling uitgevoerd waarbij de gecombineerde gewichtsmatrix ook bepaald werd door de uitsluitingsmatrix en de vaarvoorkeursmatrix en bijgevolg berekend werd in overeenstemming met (3). Door uitsluitingsgebieden te definiëren buiten de betonde vaargeulen en fietspaden werd de scheepvaart verplicht om binnen de betonde vaargeulen te blijven. Bovendien werd een vaarvoorkeur gedefinieerd voor het gebruik van de stuurboordswal en van de fietspaden.

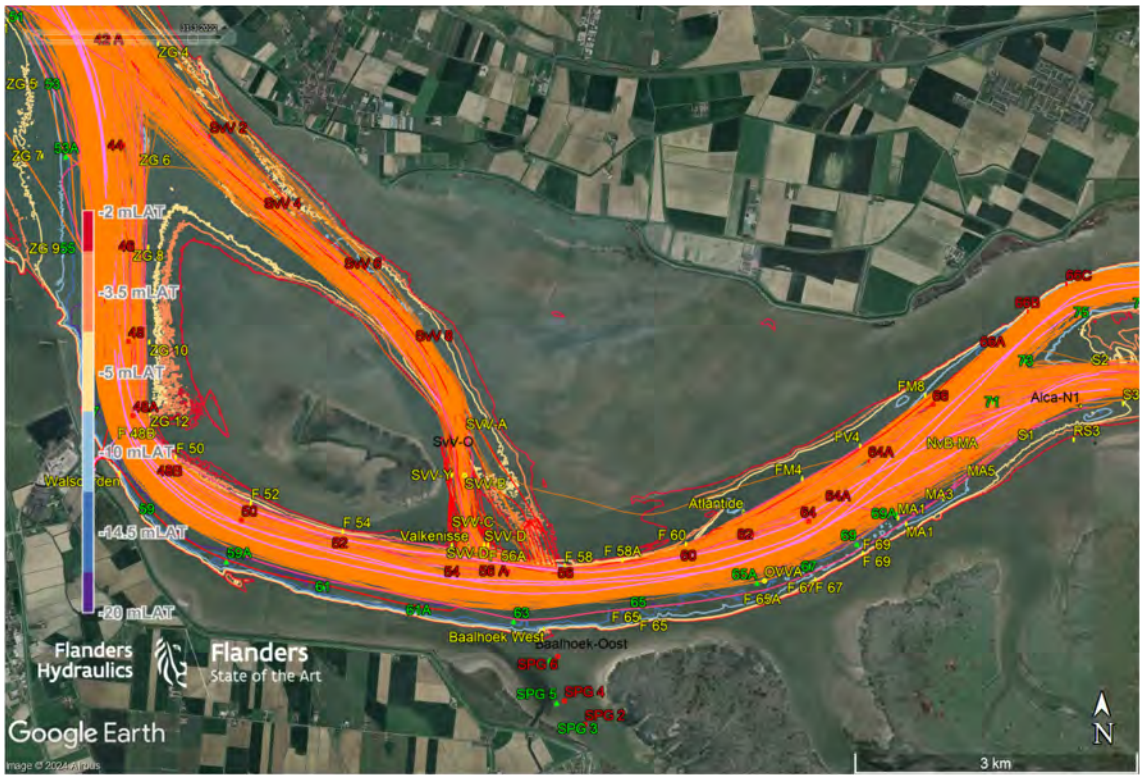
De trajecten bekomen uit de routebepaling met vaarwegmarkering worden weergegeven in Figuur 208. Inderdaad blijkt nu enkel de nevengeul SvV W toegepast te worden en blijkt een belangrijk deel van de afvaart gebruik te maken van de fietspaden in de rode kant. De verdeling van de scheepvaart over de nevengeul en het hoofdvaarwater wordt weergegeven in Figuur 205. Allereerst blijkt dat voor deze simulaties 2634 trajecten (95%) gunstig verwerkt konden worden door de geautomatiseerde routebepaling. Dit aandeel is hoger dan voor de simulatie uit §8.3.2 doordat door rekening te houden met de betonning het schip door de FM-methode centraler op de vaarweg geleid wordt en daardoor de controleberekening vaker voldoet aan de gestelde diepte- en breedtevoorwaarden.

Wanneer de scheepvaart verplicht wordt om de betonde nevengeul te gebruiken dan blijkt deze nevengeul toegankelijk voor 54% van de afvarende schepen. Dit is een relatief beperkte verslechtering ten opzichte van de berekening waarbij alle nevengeulen gebruikt konden worden waarbij voor 57% van de schepen één van de nevengeulen toegepast kon worden.

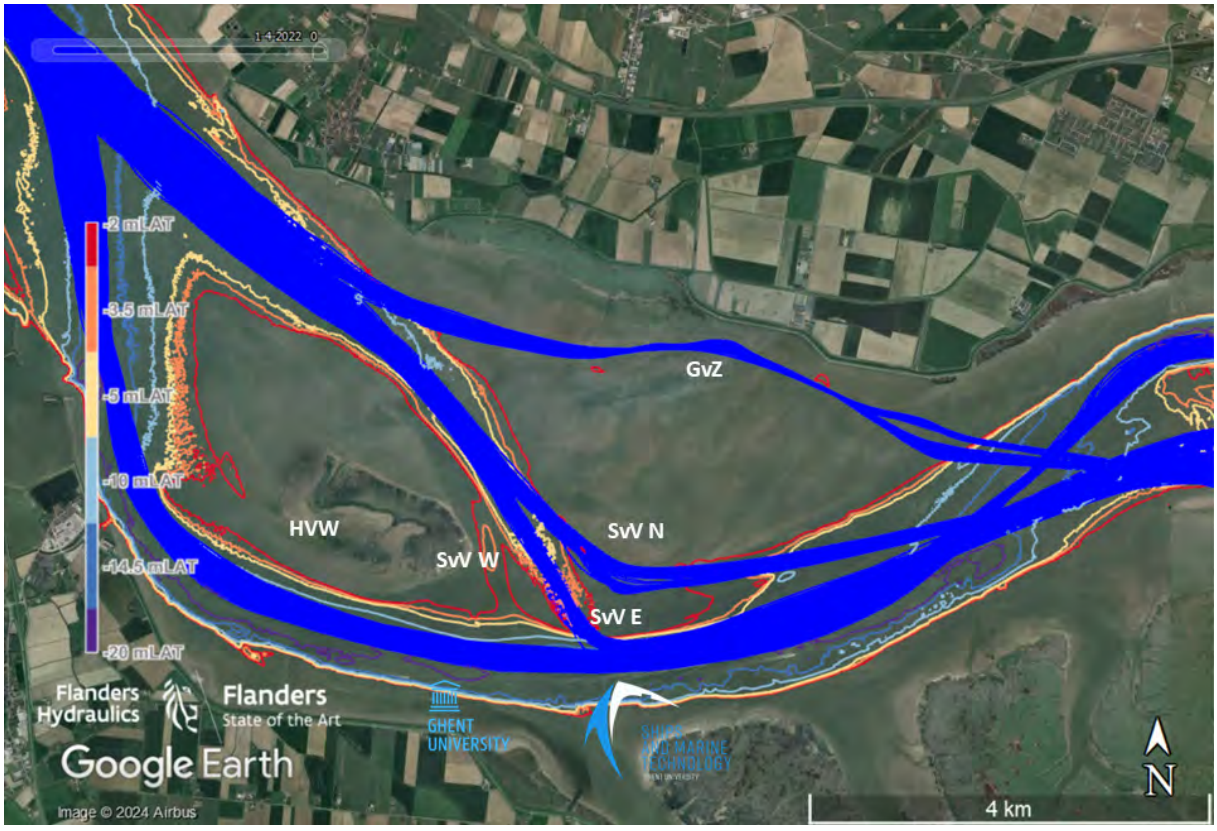
Wanneer het potentiële gebruik van de betonde nevengeul (85% van de binnenvaart en 17% van de zeevaart) vergeleken wordt met het effectieve gebruik van de betonde nevengeul op basis van AIS-trajecten (27% van de binnenvaart en 2% van de zeevaart) dan blijkt voor de situatie in maart 2022 de nevengeul veel minder toegepast wordt dan wat mogelijk zou zijn op basis van de minimale vaarwegbreedtes en dieptes die gedefinieerd werden in §8.2. Hierbij dient bovendien opgemerkt te worden dat deze vaarwegbreedtes gedefinieerd werden voor dubbelstrooksverkeer terwijl in maart 2022 de nevengeul gesloten was voor opvaart en er bijgevolg slechts enkelstrooksverkeer mogelijk was in de nevengeul. De berekening van de vaarwegbreedte werd hieraan echter niet aangepast, waardoor de berekende vaarwegbreedtes verwacht worden om conservatief te zijn.



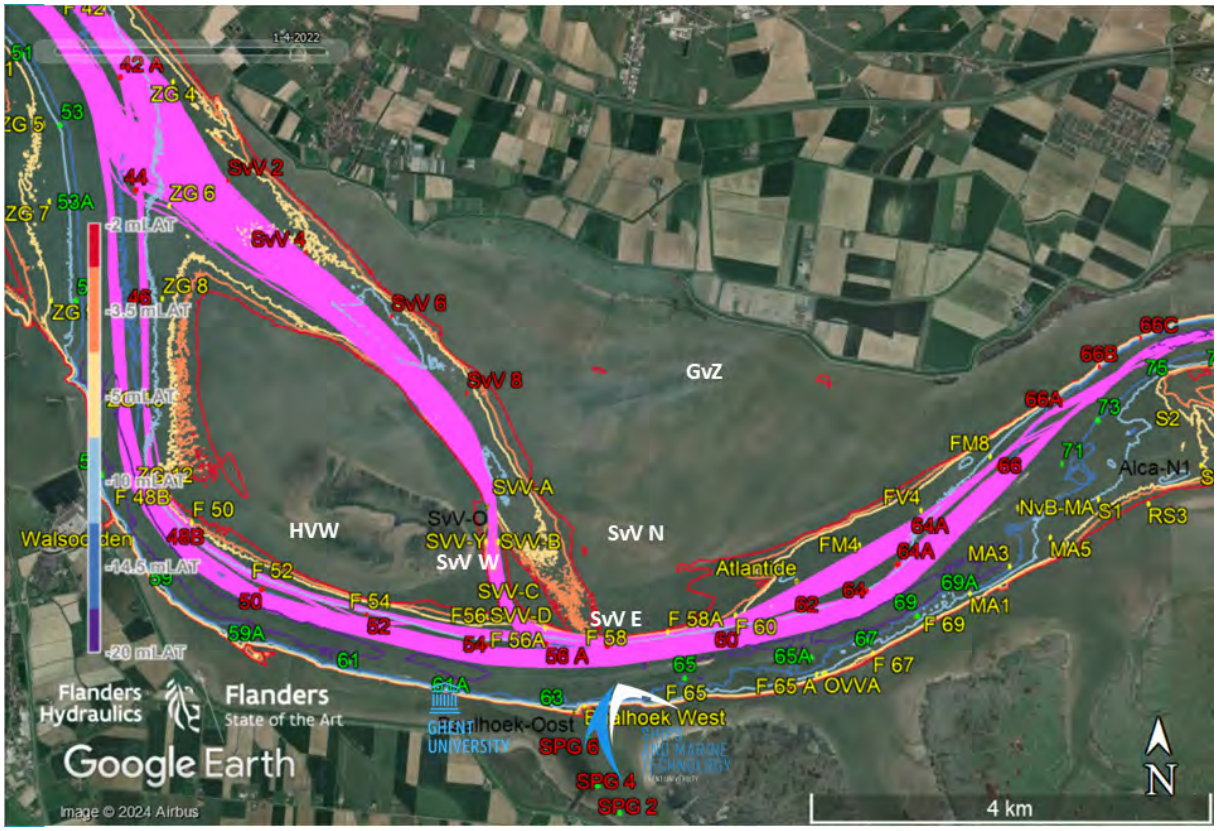
Figuur 203 – Verdeling van de afvarende scheepvaart over het hoofdvaarwater en de Schaar van Valkenisse op basis van een automatische routebepaling rekening houdend met de bathymetrie en de vaarwegmarkering



Figuur 204 – Weergave van AIS-trajecten van afvarende schepen tussen Bath en Hansweert in maart 2022



Figuur 205 – Weergave van trajecten geautomatiseerde routebepaling van afvarende schepen tussen Bath en Hansweert in maart 2022 op basis van bathymetrie



Figuur 206 – Weergave van trajecten geautomatiseerde routebepaling van afvarende schepen tussen Bath en Hansweert in maart 2022 op basis van bathymetrie en vaarwegmarkering

8.3.4 Conclusies maart 2022

De bovenstaande resultaten tonen aan dat de geautomatiseerde routebepaling in staat is om toegankelijke vaartrajecten te identificeren in het vaargebied op basis van een vooropgestelde vaarwegbreedte en vaarwegdiepte, waarbij al dan niet rekening gehouden werd met de aanwezige vaarwegmarkering. De route voor elk individueel schip kan beschouwd worden als de optimale route die het schip kan volgen om van Bath naar Hansweert te varen en die voldoet aan een minimale ruimte rond het schip.

Wanneer de effectief gerealiseerde AIS-trajecten vergeleken worden met de geautomatiseerde routebepaling via de betonde vaargeulen dan blijkt het potentieel voor de ebschaar van de Schaar van Valkenisse veel groter dan het effectieve gebruik. Zo blijkt op basis van de geautomatiseerde routebepaling de nevengeul voor 85% van de binnenvaart toegankelijk te zijn terwijl de AIS-analyse aangeeft dat slechts 27% van de binnenvaart daadwerkelijk gebruik maakte van de nevengeul. Vermoedelijk is dit verschil ingegeven door een grotere veiligheidsmarge die in realiteit onrechtstreeks ingecalculeerd wordt (bijvoorbeeld door rekening te houden met mogelijke sedimentaties van de nevengeul sinds de laatste peiling) of doordat de smalle ruimte tussen de boeien en de scherpe invaarbocht een grotere impact hebben op de beslissing van schippers dan waar de geautomatiseerde routebepaling rekening mee houdt. In dat verband wordt herhaal dat de berekeningen voor minimale diepte en vaarwegbreedte afgestemd dienen te worden met de binnenvaartsector voordat de resultaten van de routebepaling als referentie beschouwd kunnen worden.

Wanneer in een aparte berekening het volledige potentieel van het studiegebied ingenomen kon worden door de scheepvaart, dan bleken er afhankelijk van de scheepsafmetingen, diepgang en tijconditie verschillende nevengeulen geïdentificeerd te worden door de geautomatiseerde routebepaling waarbij nog een beperkt groter potentieel van deze nevengeulen blijkt ten opzichte van de berekening die beperkt was tot de betonde nevengeul. Deze berekening toont ook aan dat de geautomatiseerde routebepaling voor geen enkel schip een voorkeurstraject via de betonde ebschaar aangeeft, doordat de oostelijk gelegen vloedschaar in maart 2022 gepaard ging met een korter vaartraject enerzijds en een diepere en bredere vaargeul anderzijds.

8.4 Toepassingsmogelijkheden

Zoals al eerder aangehaald dienen de aannames in de automatische routebepaling (en dan vooral de minimale diepte en vaarwegbreedte) gevalideerd te worden en is een verdere sensitiviteitsanalyse en validatie van de tool noodzakelijk voordat deze operationeel ingezet kan worden. Doordat de attractiviteit van de Schaar van de Noord veel hoger is dan de Schaar van Valkenisse (en dus aangenomen kan worden dat schippers de Schaar van de Noord absoluut willen gebruiken) lijkt de Schaar van de Noord geschikter voor deze doorontwikkeling dan de Schaar van Valkenisse. Echter wanneer de geautomatiseerde routebepaler verder gevalideerd kan worden aan de praktijk dan zou deze op onderstaande niveaus ingezet kunnen worden:

- ter beoordeling van de beschikbare vaargeulen in een bestaande bathymetrie ter ondersteuning van de vaarwegbeheerder bij het bepalen van de toegankelijkheid en betonning van nevengeulen door deze routebepaling uit te voeren met het maximale schip op de vaarweg;
- ter bepaling van de mogelijke vaarroutes voor scheepvaart in het studiegebied ter ondersteuning van de Vessel Traffic Services;
- ter bepaling van de meest optimale vaarroute voor een individueel schip waarbij het resulterende pad als input kan dienen voor een routeplanner (global path planning) en aldus weergegeven kan worden op de elektronische kaart van het schip. Voor toekomstige autonome of onbemande schepen kan de bekomen vaarroute als input dienen voor een track controller die het schip op deze route stuurt.

Als toekomstige optimalisatie van de methode dient de logica voor de simulatie-iteraties geoptimaliseerd te worden. Hierbij dienen er bijkomende iteraties uitgevoerd te worden tot wanneer de controleberekening een gunstig resultaat oplevert (zie §8.3.3).

9 Samenvatting en conclusie

Door een sterke morfologische dynamiek en een voortschrijdende verondieping van de opwaartse aansluiting op het hoofdvaarwater, kent de nevengeul Schaar van Valkenisse sinds 2018 een belangrijke verminderende nautische toegankelijkheid die in mei 2023 resulteerde in de sluiting van de nevengeul voor binnenvaart.

Het Waterbouwkundig Laboratorium voerde een nautische beoordeling uit voor het vaargebied tussen Bath en Hansweert waarbij verschillende toegankelijkheidsniveaus van de nevengeul Schaar van Valkenisse onderzocht werden. Deze toegankelijkheidsniveaus werden gedefinieerd in overeenstemming met de historische condities van het studiegebied tijdens de periode 2012 en 2022 en rekening houdend met verschillende mogelijke morfologische condities of operationele beheersmaatregelen.

De evaluatie stoelde in belangrijke mate op een historische analyse van het studiegebied waarbij de verkeersafwikkeling gerelateerd werd aan de geldende omgevingscondities. Zo werd een historische analyse uitgevoerd van de aanwezige signalisatie, de bodemcondities en de stromings- en tijcondities. Het scheepvaartverkeer werd gebaseerd op AIS-gegevens bekomen uit de Schelde Radar Keten verrijkt met scheepsgegevens bekomen uit de IVS-databank.

Behalve een globale analyse van de vaarcondities in het studiegebied werd ook een analyse uitgevoerd van de gerapporteerde incidenten in de periode 2012-2022. Deze incidenten werden gerelateerd aan de bijhorende toegankelijkheid en conditie van de Schaar van Valkenisse en deze analyse vormde de basis voor een globale risicobeoordeling voor de nautische veiligheid in het studiegebied.

De uitgevoerde analyse toont de morfologische veranderingen in de Schaar van Valkenisse aan, waarbij het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse migreert naar het westen en het mondingsgebied ondieper werd. De toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse wordt bovendien vergeleken met de toegankelijkheid van de Schaar van de Noord om het belang van de beide nevengeulen in perspectief te plaatsen. De minimale dieptes in de Schaar van de Noord blijken een omgekeerde tendens te vertonen dan in de Schaar van Valkenisse met toenemende dieptes sinds 2017. Zo bleek dat voor binnenvaart die gebruik maakte van de nevengeulen tot 2019 de kleinste waterdieptes ervaren werden in de Schaar van de Noord terwijl vanaf 2019 de kleinste waterdieptes plaats vonden in de Schaar van Valkenisse. Ook de beschikbare breedte van de Schaar van Valkenisse bij verschillende relevante dieptes (-3.5 m LAT en -2.0 m LAT) toont de belangrijke versmalling van de nevengeul Schaar van Valkenisse, terwijl de beschikbare breedtes bij diepte -2.0 m LAT in de Schaar van de Noord veel ruimer en stabieler zijn (en toenemen sinds 2017). Sinds 2022 zijn voor het gemiddelde afvarende traject in de Schaar van de Noord ook significante breedtes (>300 m) beschikbaar ten opzichte van de diepte -3.5 m LAT.

De morfologische veranderingen in de Schaar van Valkenisse resulteerden vanaf 2017 in een verminderd gebruik van de nevengeul door binnenvaart waarbij de belangrijkste veranderingen waarneembaar zijn in 2021 en 2022. In het laatste jaar van de onderzochte periode (2022) was de Schaar van Valkenisse gesloten voor de opvaart en werd enkel de smalle westelijke ebschaar betond waardoor ook de afvarende binnenvaart slechts in beperkte mate (ca. 28%) gebruik maakte van de nevengeul. In dezelfde periode (sinds 2017) blijkt de toepassing van de Schaar van de Noord een omgekeerde trend te vertonen en blijken een toenemend aantal schepen gebruik te maken van de Schaar van de Noord.

De AIS-gegevens werden eveneens toegepast om de historische en geografische variatie van de ontmoetingen in het hoofdvaarwater te bepalen. Vanzelfsprekend heeft het beperkte gebruik van de nevengeul in de jaren 2012 (Schaar van Valkenisse niet betond) en 2022 een grote impact op het aantal ontmoetingen tussen zeevaart en binnenvaart in het hoofdvaarwater. Het aantal van dergelijke ontmoetingen blijken in deze jaren 4 tot 5 maal groter dan de jaren met een optimale toegankelijkheid van de nevengeul (bvb. 2017).

De nevengeul heeft als belangrijke functie om de kleine vaart (binnenvaart en pleziervaart) te scheiden van de zeevaart en wordt met name nuttig geacht op de meest kritische vaarlocaties voor de binnenvaart. De risico's voor de zeevaart konden beoordeeld worden op basis van de AIS-ontmoetingen tussen zeevaart. Hierbij werd de gemiddelde passeerafstand tussen de AIS-posities bij ontmoetingen beschouwd als een maat voor risico's verbonden aan deze ontmoetingslocatie. De analyse van ontmoetingen en passeerafstanden voor zeevaart werd uitgevoerd voor het volledige traject van de Westerschelde en toont aan dat de kleinste passeerafstanden tussen zeevaart optreden in de bocht van Bath (tussen boeien 75 en 75A), in de Pas van Borssele, in de Pas van Rilland, te Baalhoek en in de Bocht van Walsoorden. Voor de bocht van Bath en de Pas van Borssele blijkt ook het aantal ontmoetingen die op deze locaties uitgevoerd worden door zeevaart een duidelijk minimum te vertonen wat aangeeft dat deze locaties bewust gemeden worden als ontmoetingslocatie. Een detailanalyse van de ontmoetingen in de bocht van Walsoorden toonde verder aan dat de bovenmaatse zeeschepen (L≥210 m of T≥10 m) deze locaties ook mijden voor het uitvoeren van oploopmanoeuvres en ontmoetingen wat overeenstemt met de bepalingen in de kennisgeving uit december 2018. Het beperken van deze interacties tussen bovenmaatse schepen is voornamelijk bedoeld om de hinderlijke golfslag in de haven van Walsoorden te beperken en is veel minder waarneembaar wanneer alle zeevaart beschouwd wordt. De resultaten van de AIS-ontmoetingen tonen aan dat de risico's verbonden aan ontmoetingen tussen zeevaart in de bocht van Bath veel groter zijn dan deze gepaard aan ontmoetingen in de bocht van Walsoorden.

Wanneer de incidenten met betrekking tot aanvaringen en near-misses tussen zeevaart en binnenvaart beschouwd worden dan blijken deze in belangrijke mate beïnvloed te worden door vaarwegkruisingen door opvarende binnenvaart uit de Schaar van Valkenisse. De westelijke migratie van de Schaar van Valkenisse blijkt een nadelige invloed te hebben op de koers en ruimte die een opvarend binnenschip heeft wanneer deze het hoofdwater bereikt en dit dient te kruisen richting de groene boeienlijn. Wanneer in 2022 de Schaar van Valkenisse gesloten werd voor de opvaart dan kwamen deze kruisingen niet langer voor. De opvarende binnenvaart diende in 2022 gebruik te maken van het hoofdvaarwater, waarbij voornamelijk ter hoogte van de bocht van Walsoorden een negatieve invloed op het lokale veiligheidsniveau waargenomen werd. Een ander gevolg van deze evolutie betreft het groter aantal incidenten met betrekking tot hinderlijke golfslag doordat de binnenvaart op kortere afstand van de zeevaart voer.

Het nautische veiligheidsniveau verbonden aan de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse werd beoordeeld door een selectie aan stakeholders die deelnamen aan een workshop georganiseerd op 13/09/2024. Hierbij werd besloten dat ondanks de nadelen verbonden aan de aanwezigheid van de binnenvaart in het hoofdvaarwater in 2022 deze conditie gepaard gaat met een hoger veiligheidsniveau dan de conditie in 2021 waarbij de Schaar van Valkenisse wel toegankelijk was voor zowel opvaart als afvaart. Als belangrijkste reden hiervoor werden de eerder vermelde vaarwaterkruisingen door de opvaart vermeld. Een ander negatief aspect aan de conditie van de Schaar van Valkenisse in het jaar 2021 (en de voorafgaandelijke jaren) betreft het dynamische karakter van de nevengeul en de bijhorende regelmatige aanpassing aan de vaarwegmarkering. Deze snel variërende vaarwegmarkering bleek niet steeds tijdig beschikbaar te zijn voor de binnenschippers waardoor deze zich baseerden op verouderd kaartmateriaal voor de navigatie wat resulteerde in een hoog aantal boeiaanvaringen en strandingen buiten de vaargeul.

Ten opzichte van de situatie 2022 werden er verschillende variaties geïdentificeerd die het veiligheidsniveau in het studiegebied positief of negatief beïnvloeden. De belangrijkste variatie die een uitgesproken negatieve invloed zou hebben op het veiligheidsniveau betreft het sluiten van de Schaar van de Noord waardoor de binnenvaart gebruik zou moeten maken van het hoofdvaarwater in de bocht van Bath. De beschikbaarheid van de Schaar van de Noord werd benoemd als een voorwaarde voor de nautische veiligheid op de Westerschelde.

Omgekeerd wordt de toegankelijkheid van de Schaar van Valkenisse geen voorwaarde geacht voor de nautische veiligheid. Toch wordt het meest gunstige scenario gedefinieerd overeenkomstig de conditie in 2013 waarbij zowel de op- als afvaart gebruik maakte van de Schaar van Valkenisse en deze schaar gepaard ging met een stabiele en gestroomlijnde aansluiting op het hoofdvaarwater (gelijkaardig aan de aansluiting van de afwaartse zijde van de Schaar van de Noord op het hoofdvaarwater). Rekening houdend met de morfologische conditie in 2022 wordt de meest gunstige conditie geacht waarbij de opvaart via het hoofdvaarwater vaart en de afvaart gebruik kan maken van de Schaar van Valkenisse. Echter indien de rode kant van het hoofdvaarwater voorzien is van een fietspad (zoals het geval was in 2022) dan wordt het leiden van de afvaart via het hoofdvaarwater geacht slechts een beperkte invloed te hebben op het veiligheidsniveau. De aanwezigheid van een fietspad (zowel in de rode kant als aan de groene kant ter hoogte van Marlemonsche) wordt beschouwd als een belangrijke beheersmaatregel. De deelnemers aan de workshop gaven aan dat de meerwaarde van de fietspaden nog verhoogd zou kunnen worden door (een selectie van) deze boeien te verlichten. Verder wordt voor het mitigeren van de risico's verbonden aan een dynamische vaarwegmarkering de toepassing van AIS-boeien (in combinatie met fysisch aanwezige boeien) als een beheersmaatregel gedefinieerd.

Uit de AIS-analyses bleek dat voor het jaar 2022 de nevengeul Schaar van Valkenisse slechts beperkt benut werd door de afvarende binnenvaart. Er werd in het kader van dit onderzoek door de Universiteit Gent (afdeling Schepen en Mariene Technologie) een geautomatiseerde routebepalingstool ontwikkeld die op twee scenarioberekeningen werd toegepast en die als input voor elk schip een minimale vaarwegbreedte en vaarwegdiepte toepast. Ondanks dat de vaarwegbreedte en dieptes in de ebschaar beperkt zijn toonde de methodologie voor geautomatiseerde routebepaling aan dat de nevengeulen van de Schaar van Valkenisse in maart 2022 door ca. 85% van de afvarende binnenvaart gebruikt kon worden. Daar tegenover staat dat de AIS-analyse illustreert dat in realiteit slechts 27% van de afvarende binnenvaart gebruik maakte van de Schaar van Valkenisse. Deze vergelijking is gebaseerd op de toepassing van een methodologie voor geautomatiseerde routebepaling die toelaat om voor elk schip dat zich aanbiedt in het studiegebied (te Bath of Hansweert) de meest optimale route te berekenen rekening houdend met de scheepseigenschappen, de bathymetrie, de waterstand en de aanwezige betonning. Alvorens deze methode te gebruiken in operationele scheepsbegeleiding en betonning van geulen voor de binnenvaart, dienen de risico's in het vaargebied op een correcte manier vertaald worden naar de vereiste minimale vaarwegbreedte en vaarwegdiepte voor het schip. De methode die hiervoor in de studie toegepast werd dient hiervoor meer in detail afgestemd worden met de resultaten uit de uitgevoerde AIS-analyse. Ook een sensitiviteitsonderzoek van de impact op de aangenomen vaarwegbreedte op de routetoewijzing dient deel te maken van het verdere onderzoek. Rekening houdend met de conclusies uit deze studie lijkt de toepassing van de Schaar van de Noord een geschikter validatiecase voor de geautomatiseerde routebepaling dan de Schaar van Valkenisse.

Referenties

Derveaux, F. (2021). A Fast Marching based Path Planning Algorithm for an Unmanned Surface Vessel in Confined Water. Ghent University

Douglas, D.H.; Peucker, T.K. (1973). Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. *Commun. ACM 10*(*2*): 119–122. doi:10.1145/363067.363120

Dubins, L.E. (1957). On curves of minimal length with a constraint on average curvature, and with prescribed initial and terminal positions and tangents. *Am. J. Math. 79*(*3*): 497–516

Frequentis. (2009). AIS- Logical Shore Station Interface, Interface Design Description. 04A46 E603. Frequentis

He, H.; Mansuy, M.; Verwilligen, J.; Delefortrie, G.; Lataire, E. (2024). Global path planning for inland vessels based on fast marching algorithm. *Ocean Eng. 312*: 119172. doi:10.1016/J.OCEANENG.2024.119172

Heijboer, D. (2024). The effects of passing seagoing vessels on the inland ships in the outer harbour and locks of Hansweert (MSc Thesis). TU Delft. Available at: https://resolver.tudelft.nl/uuid:17530d48-4c76-4972-ab62-087d2abc66bf

ITU-R M.1371-1. (2001). Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band

Luca, E. (2021). Oplegnotitie Scheldedirecteurenvergadering: Scheiding Zee/binnenvaart Schelde. Gemeenschappelijk Nautisch Beheer Scheldegebied

PIANC. (2014). Report 121-2014 Harbour approach channels design guidelines, 121–2014. PIANC. ISBN 9782872232109. 1-317 pp.

PIANC. (2019). InCom WG141 : Design guidelines for inland waterway dimensions

Sethian, J.A. (1996). A fast marching level set method for monotonically advancing fronts. *Appl. Math. 93*: 1591–1595. doi:10.1073/pnas.93.4.1591

Van Dijk, W.; De Vet, L.; van der Werf, J.; Cleveringa, J. (2022). Morfologische ontwikkeling Schaar van Valkenisse - VNSC. D10035973: Arcadis

Verwilligen, J.; Eloot, K.; Meire, D.; Peeters, P. (2021a). Update evaluatiemethodiek - Deelrapport 2 – Bevaarbaarheid. 2.0. *WL Rapporten*, 19_065_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerp

Verwilligen, J.; Eloot, K.; Mostaert, F. (2019). Zijkanaal A (Terneuzen): golfslagmetingen en relatie tot scheepvaart. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 18_081_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Verwilligen, J.; Eloot, K.; Mostaert, F. (2021b). Generiek model manoeuvreerbreedte scheepvaart Beneden-Zeeschelde: eindrapport. Versie 5.0. *WL Rapporten*, 20_074_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Verwilligen, J.; Eloot, K.; Plancke, Y.; Meire, D. (2022a). Actualisatie evaluatiemethodiek Schelde-Estuarium: deelrapport 2. Bevaarbaarheid. Versie 5.0. *WL Rapporten*, 19_065_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=349541

Verwilligen, J.; Lataire, E.; Eloot, K.; Dockx, M. (2022b). Nautisch onderzoek toegankelijkheid Schaar van Valkenisse, Fase 1 en Fase 2. *WL_offerte*, WL_Offerte. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Verwilligen, J.; Vantorre, M.; Eloot, K.; Mostaert, F. (2008). Op- en afvaartregeling voor 8000 (en meer) TEU containerschepen tot de haven van Antwerpen bij een maximale diepgang van 145DM: publiek rapport. *WL Rapporten*, 689_04. Waterbouwkundig Laboratorium/Universiteit Gent: Antwerpen

Verwilligen, J.; Vantorre, M.; Peeters, P.; Mostaert, F. (2014). Vergelijking en optimalisatie toegankelijkheidstools Schelde: deelrapport 3 – AIS-analyse 2012-2013. *WL Rapporten*, 13_015. Waterbouwkundig Laboratorium/Universiteit Gent: Antwerpen

VNSC. (2020). Systeemanalyse toegankelijkheid Schelde-estuarium en Scheldehavens. 44 pp.

VNSC. (2022). Offerteaanvraag voor een te sluiten samenwerkingsovereenkomst m.b.t. 'Nautisch onderzoek Schaar van Valkenisse' met zaaknummer 31182569. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat Programma's, Projecten en Onderhoud

Bijlage 1 Kwaliteitscontrole bij de berekening van passages

Kwaliteitscontrole op passages

Filtering voor unieke tijdsregistraties

In de AIS-trajecten werd een filtering uitgevoerd voor registraties met een identieke registratietijd. De trajecten worden vervolgens gesorteerd volgens oplopende registratietijd.

Filtering voor unieke opeenvolgende positieregistraties

Er wordt gecontroleerd of twee opeenvolgende posities (combinatie van x en y) niet identiek zijn. Indien dit wel het geval is wordt enkel de eerste registratie weerhouden.

Filtering kleine update periode

Indien voor eenzelfde schip twee AIS-updates ontvangen werden binnen één seconde dan wordt enkel de laatste positie weerhouden (er wordt van uitgegaan dat er op de eerst ontvangen boodschap een belangrijke latency opgetreden is).

Kwaliteitscontrole snelheid langs traject

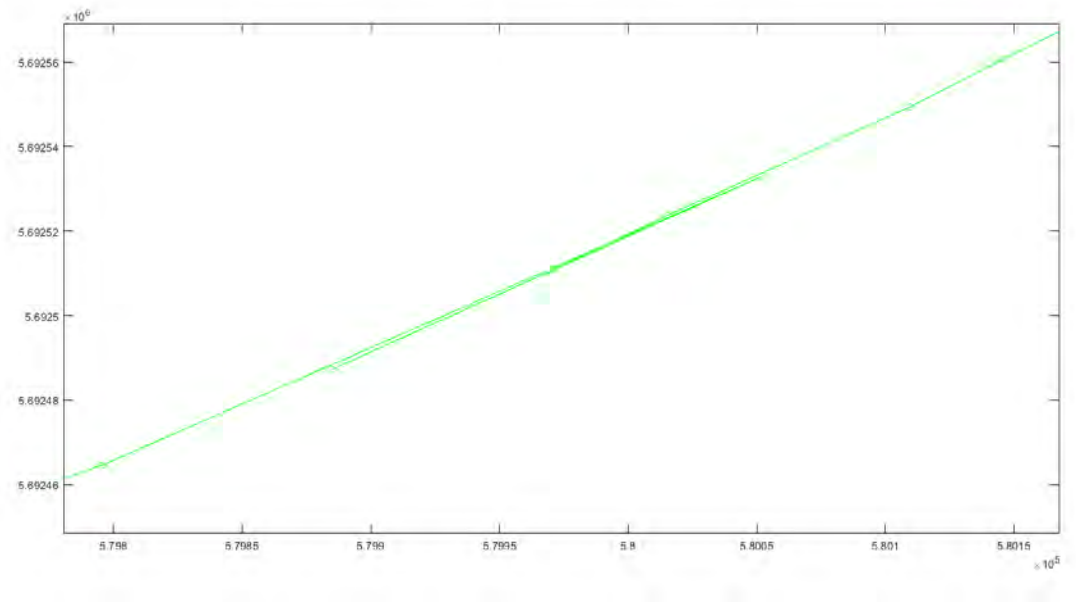
Wanneer de passages tussen twee entrylijnen berekend worden, dan wordt nagegaan of de snelheid langsheen het traject steeds realistische waarden vertoont. De snelheid langs het traject wordt bepaald door voor elke twee opeenvolgende AIS-posities de afstand tussen de posities te verhouden tot de tijd tussen deze posities. Indien de snelheid langs het traject groter wordt dan een vooropgestelde waarde (in deze studie 30 m/s) dan worden er achtereenvolgens drie filteringen onderzocht voor het AIS-traject:

1. filtering op basis van volgorde van posities;
2. filtering op basis van latency;
3. filtering op basis van gestroomlijnd traject.

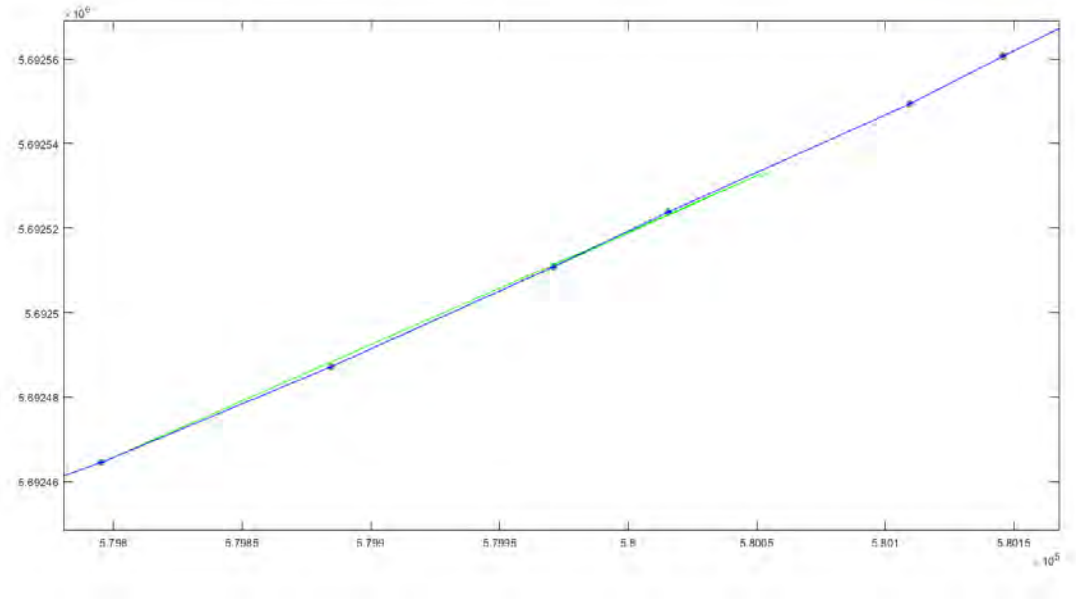
Indien deze filteringen nog steeds aanleiding geven tot een AIS-traject dat het snelheidscriterium schendt, dan wordt het AIS-traject uitgesloten van verdere verwerking.

Filtering op basis van volgorde van posities

In sommige gevallen bleken de ontvangen posities niet on de correcte volgorde ontvangen te worden (zie Figuur 209). Er werden met andere woorden toekomstige posities ontvangen op vroegere tijdstippen. Er wordt aangenomen dat deze sprongen in positie te wijten zijn aan positiebepaling door middel van twee GPS-antennes (één op de scheepsbrug en één aan de boeg) die achtereenvolgens posities doorgeven. Hierdoor was de afstand tussen twee opeenvolgende posities soms erg hoog (namelijk één scheepslengte hoger dan de verwachte afstand) wat aanleiding gaf tot een overschrijding van het snelheidscriterium. Om deze condities te verwijderen uit de dataset, werden de punten verwijderd waarvoor de positie afwijkt van de verwachte volgorde langs het traject (zie Figuur 210).



Figuur 207 – Voorbeeld van scheepsposities in verkeerde volgorde langsheen het traject

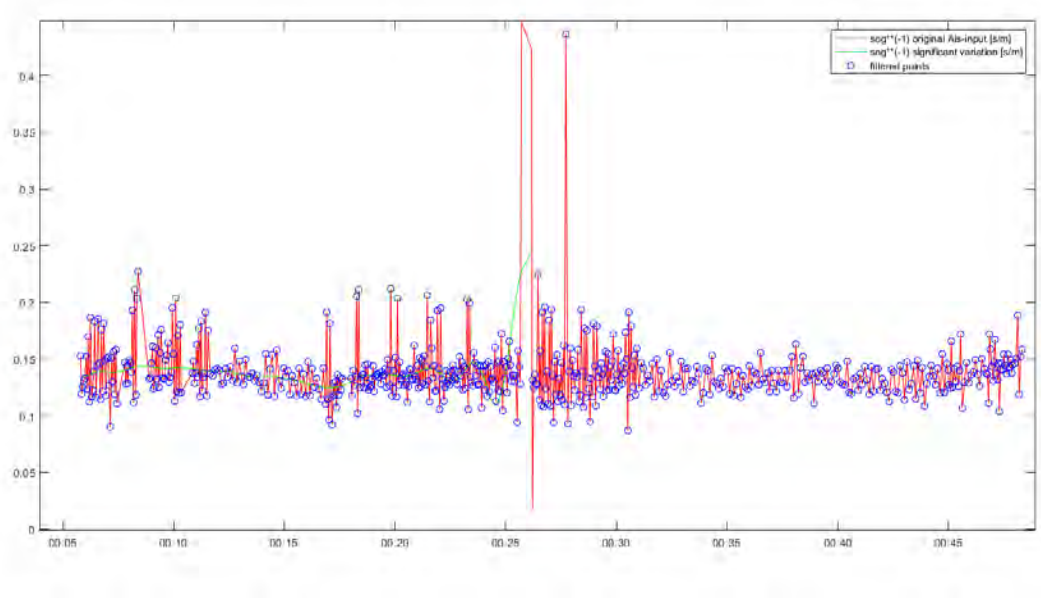


Figuur 208 – Filtering toegepast voor foutieve volgorde van posities langsheen het traject.

Filtering op basis van latency

In sommige gevallen blijkt er een vertraging op te treden op het tijdstip dat het AIS-signaal ontvangen werd in de SRK-keten (latency) en wanneer het signaal verstuurd werd. Dit heeft als gevolg dat de tijdsregistraties in de dataset niet overeenkomen met de posities. Dit geeft typisch aanleiding tot enkele lage snelheden (waarbij de tijdsregistratie achterloopt = latency) gevolg door een erg hoge snelheid (wanneer de tijdsregistratie opnieuw synchroon is met de positie). Dit laatste event kan aanleiding geven tot een overschrijding van het snelheidscriterium (door onrealistisch kleine tijdstappen door voorgaande latency).

Om deze overschrijdingen uit de dataset te weren werden de datapunten onmiddellijk voorafgaand aan de overschrijding en die bovendien gepaard gingen met een significant lage snelheid (die dus toegeschreven wordt aan latency) uit de dataset geweerd (zie Figuur 211).



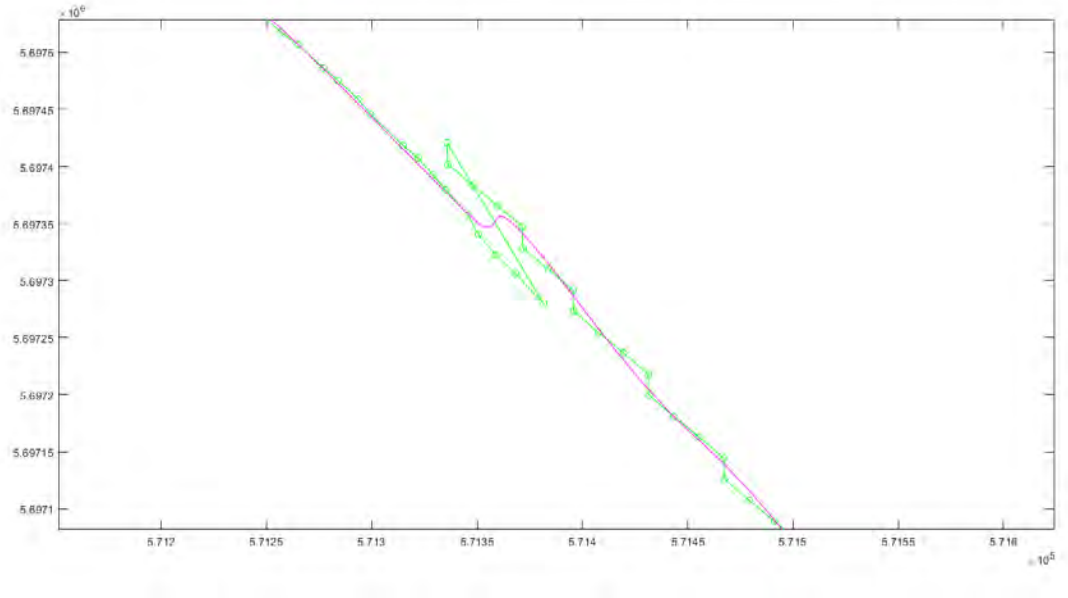
Figuur 209 – Principe verwijderen datapunten met kleine snelheid (grote inverse snelheid) voorafgaand aan datapunt met hoge snelheid (kleine inverse snelheid)

Filtering op basis van gestroomlijnd traject

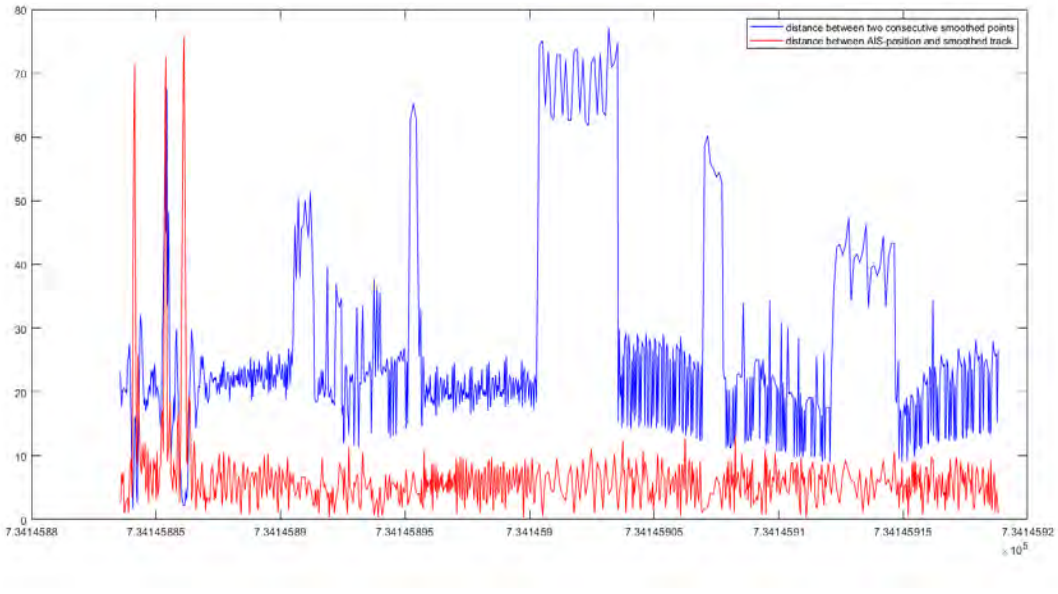
Zoals blijkt uit Figuur 212 werden voor sommige trajecten discontinue sprongen vastgesteld in de AIS-trajecten. De discontinuë sprongen geven aanleiding tot een onrealistische relatie tussen afgelegde weg en tijd (of dus tot onrealistische snelheden) en worden hierdoor in eerste instantie uitgesloten van verdere verwerking (omdat het snelheidscriterium geschonden wordt). Toch is het gewenst om deze AIS-trajecten mee te kunnen nemen in de globale beoordeling van het scheepvaartverkeer. Hiertoe werden de AIS-trajecten als volgt aangepast:

1. Op basis van het AIS-traject werd een gestroomlijnde gemiddeld traject bekomen door een splinemodellering op basis van 6 opeenvolgende AIS-posities (zie magenta lijn in Figuur 212). Deze splinemodellering werd geëvalueerd op dezelfde tijdstippen als waarvoor er AIS-registraties beschikbaar zijn zodat voor elke AIS-registratie zowel een AIS-positie als een gestroomlijnde positie beschikbaar is.
2. De AIS-punten waarvoor geldt dat de afstand tussen twee opeenvolgende gestroomlijnde posities kleiner is dan de afstand tussen de gestroomlijnde positie en de AIS-positie (zie Figuur 213) worden verwijderd uit de AIS-dataset.

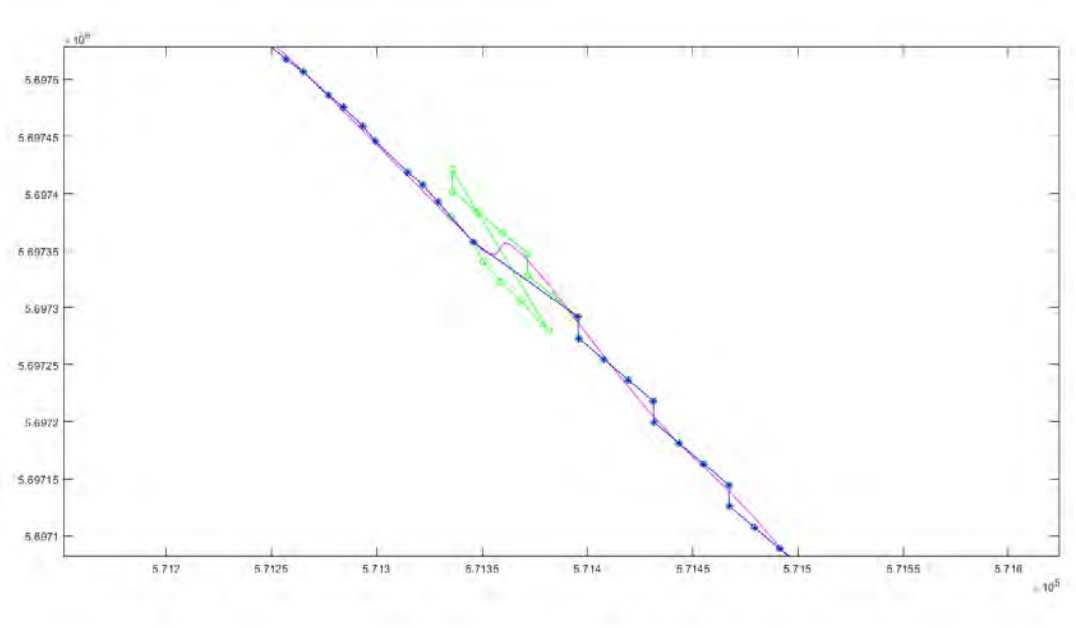
Op deze manier worden de AIS-posities die zich het verst van het gestroomlijnde traject bevinden uit de dataset geweerd (zie Figuur 214). De gereduceerde dataset zal minder discontinuïteit vertonen in de snelheid langs het traject en wordt mogelijks wel weerhouden in de verdere analyse.



Figuur 210 – Voorbeeld van verstoorde AIS-posities (groen) en een gestroomlijnd traject (magenta) gegeneerd op basis van dezelfde AIS-posities



Figuur 211 – Vergelijking tussen de afstand tussen twee opeenvolgende gestroomlijnde posities (blauw) en de afstand tussen de AIS-positie en de gestroomlijnde positie (rood)



Figuur 212 – Voorbeeld van verstoorde AIS-posities (groen) en een gestroomlijnd traject (magenta) gegeneerd op basis van dezelfde AIS-posities en een gefilterd AIS-traject voor verder verwerking (blauw).

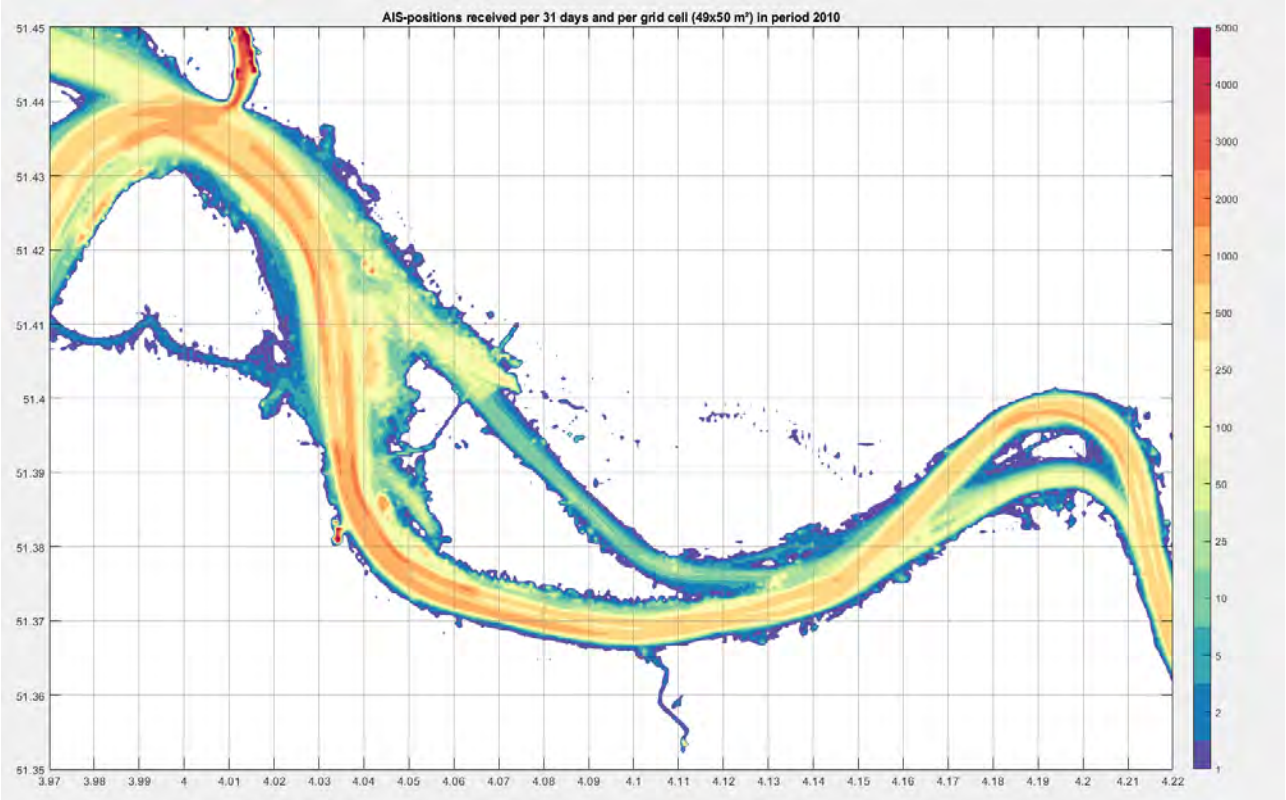
Kwaliteitscontrole tijd tussen twee registraties

Er wordt een kwaliteitscontrole uitgevoerd op basis van een minimale tijd tussen twee opeenvolgende AIS-posities. Indien tijdens een traject de update tussen twee opeenvolgende posities meer dan een minimale tijd bedraagt dan wordt het traject verworpen. In deze studie wordt de minimale tijd ingesteld op 4 minuten.

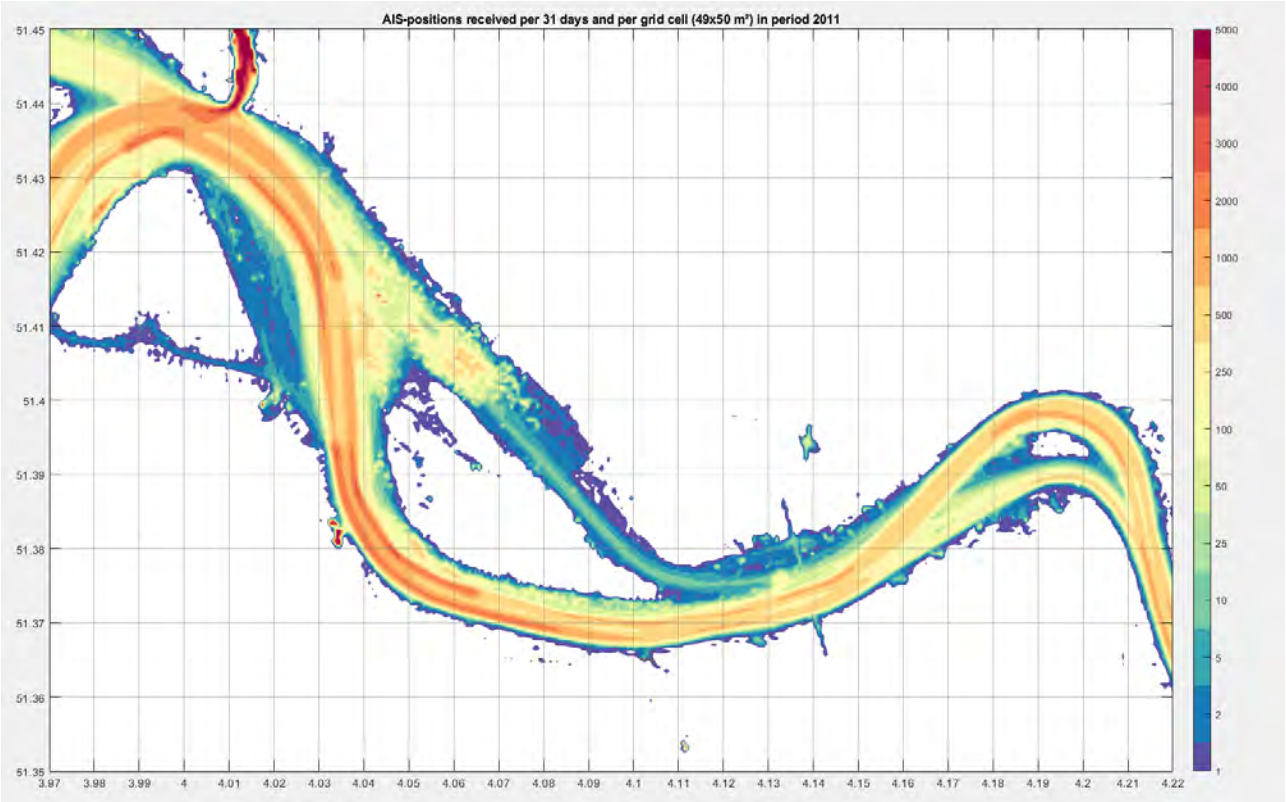
Kwaliteitscontrole afstand tussen twee registraties

Gelijkaardig aan de tijd wordt er een gelijkaardige kwaliteitsfilter toegepast voor de afstand tussen twee opeenvolgende posities. Indien langs een traject de afstand tussen twee opeenvolgende posities groter is dan 2000 m dan wordt het traject verworpen.

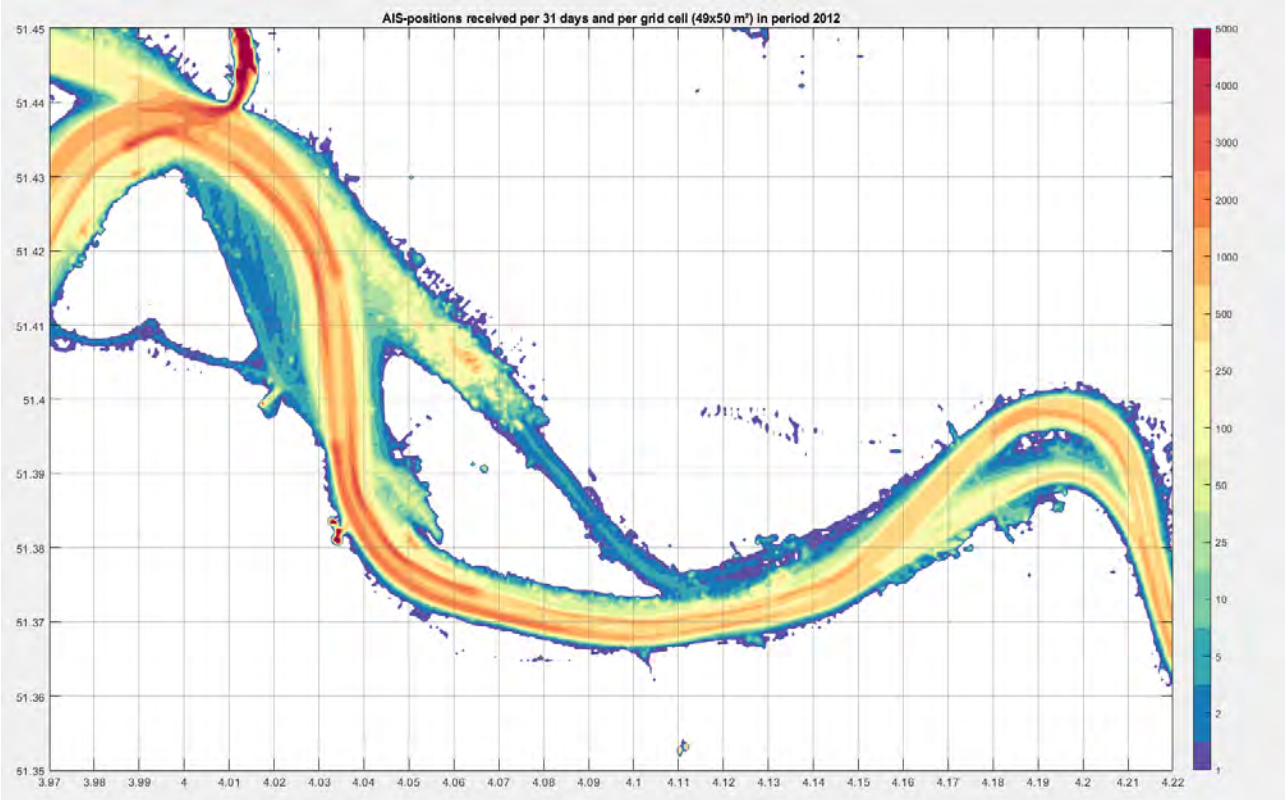
Bijlage 2 Heatmapresultaten per jaar (2010-2022)



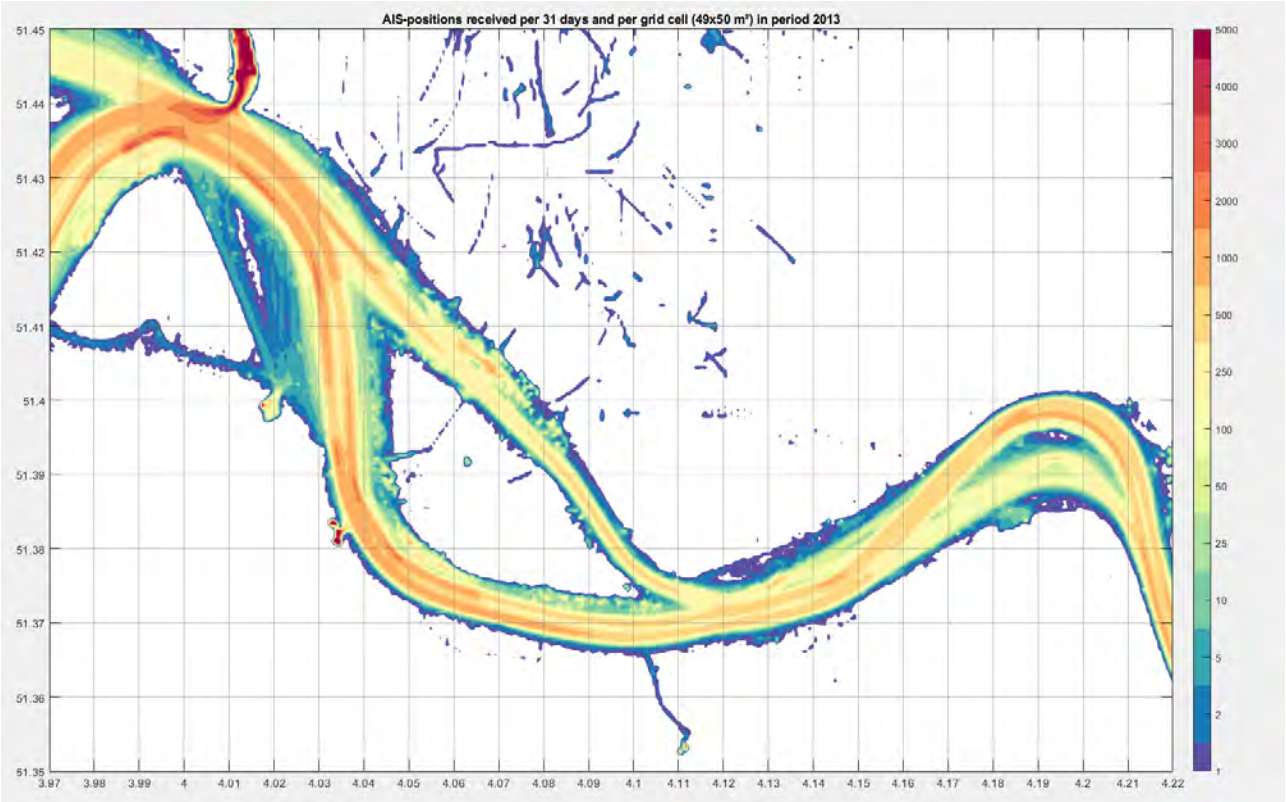
Figuur 213 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2010



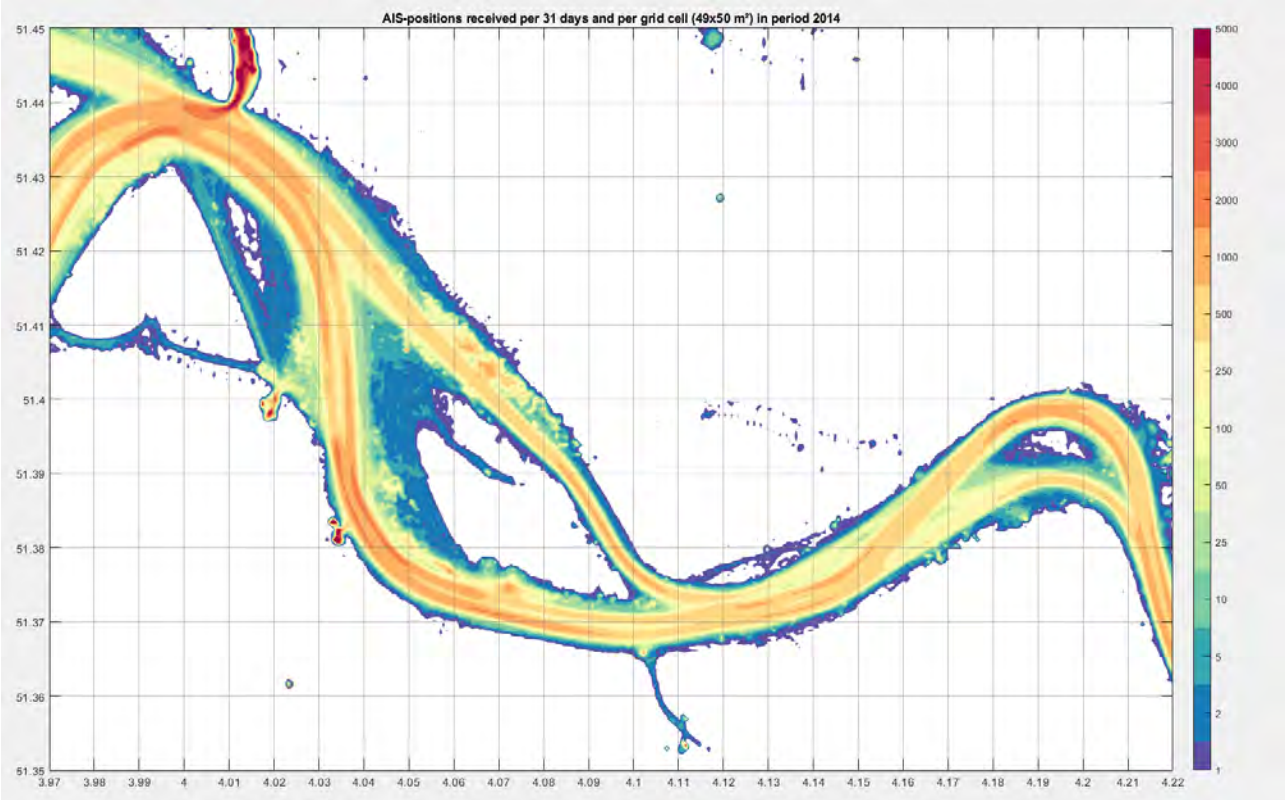
Figuur 214 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2011



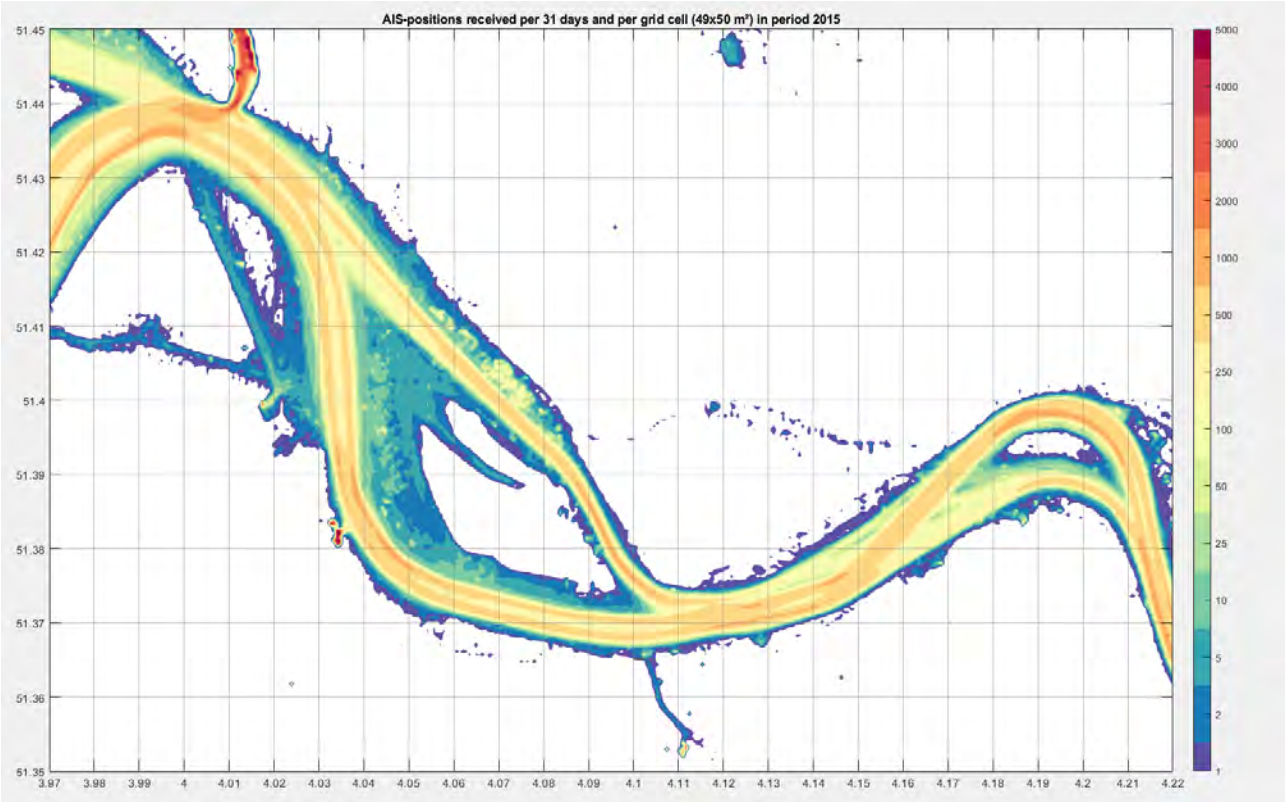
Figuur 215 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2012



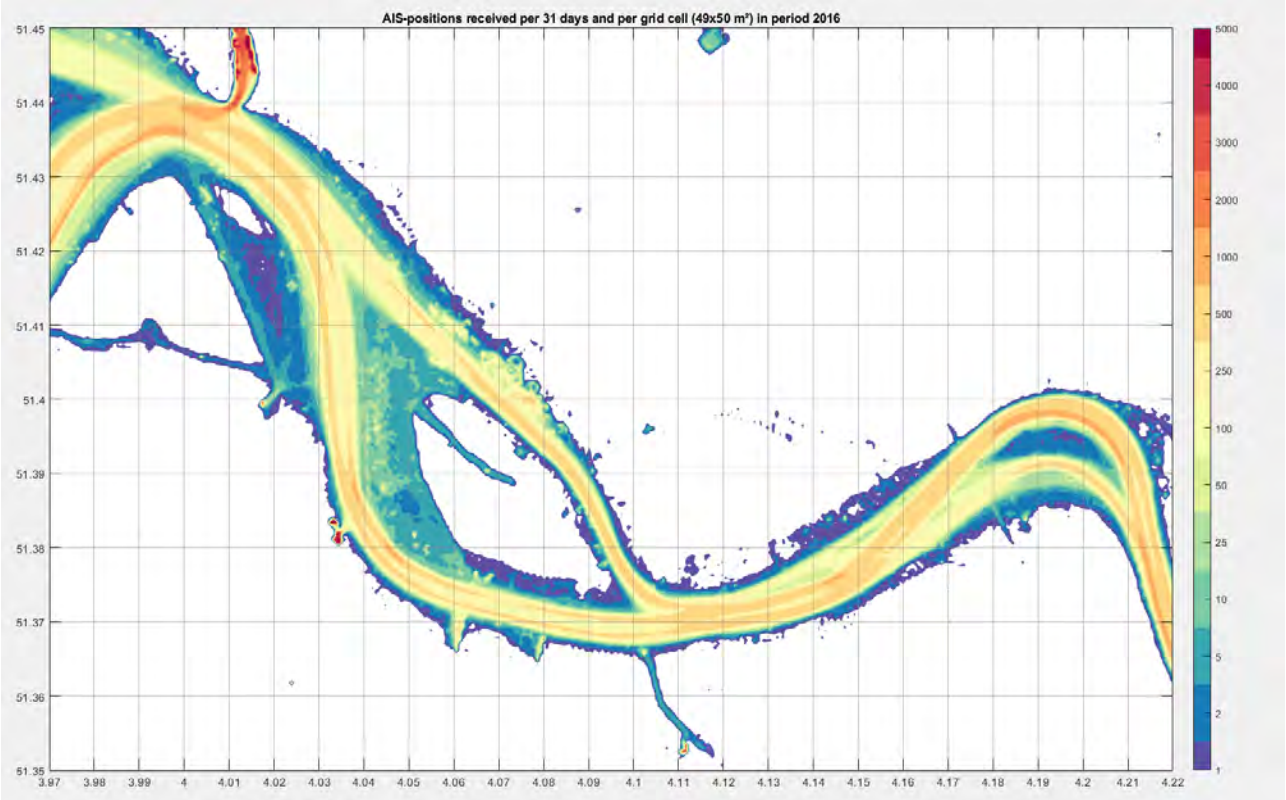
Figuur 216 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2013



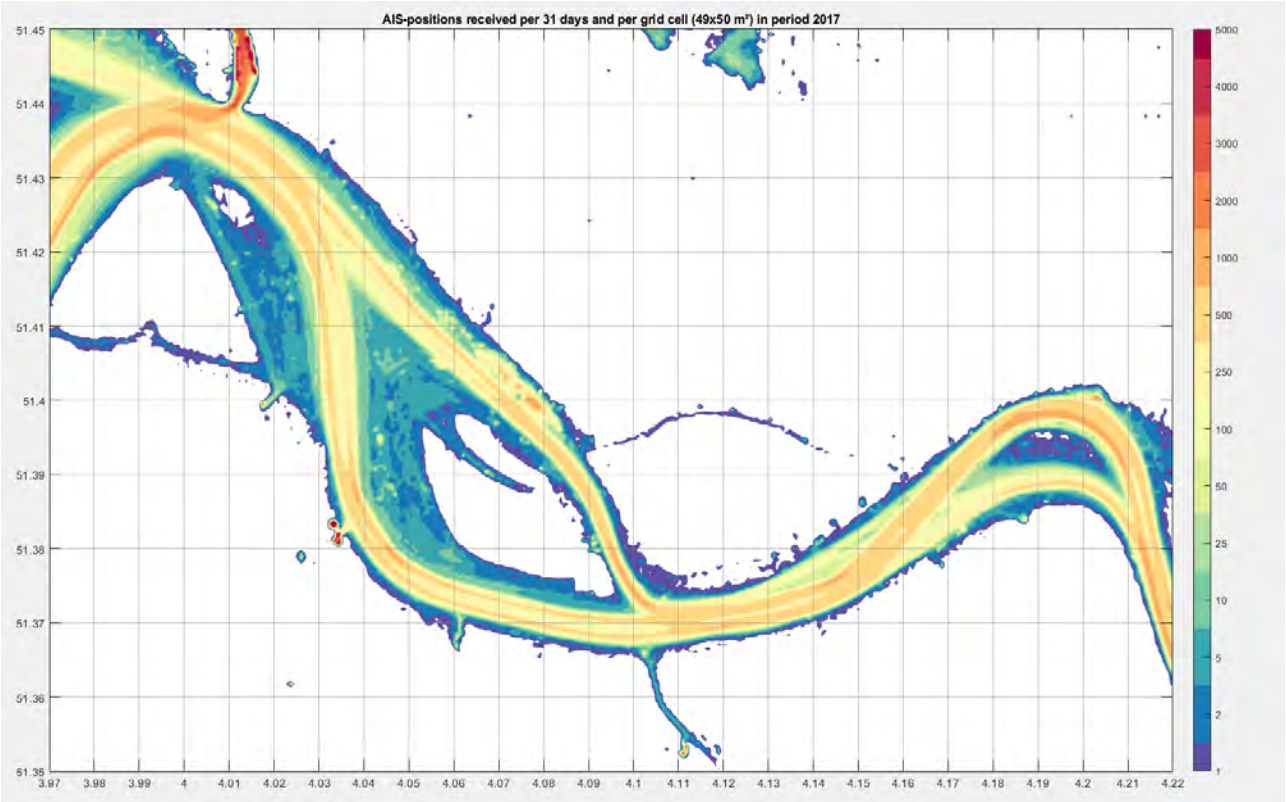
Figuur 217 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2014



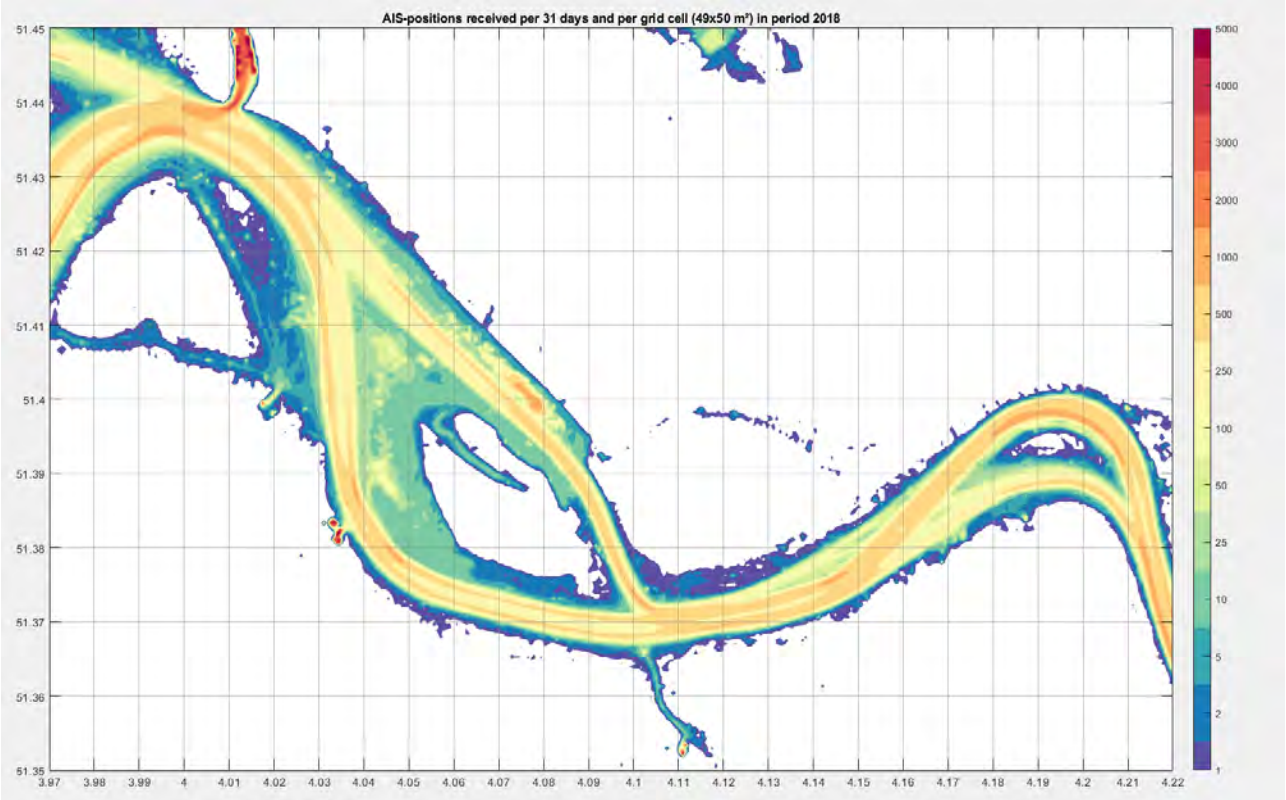
Figuur 218 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2015



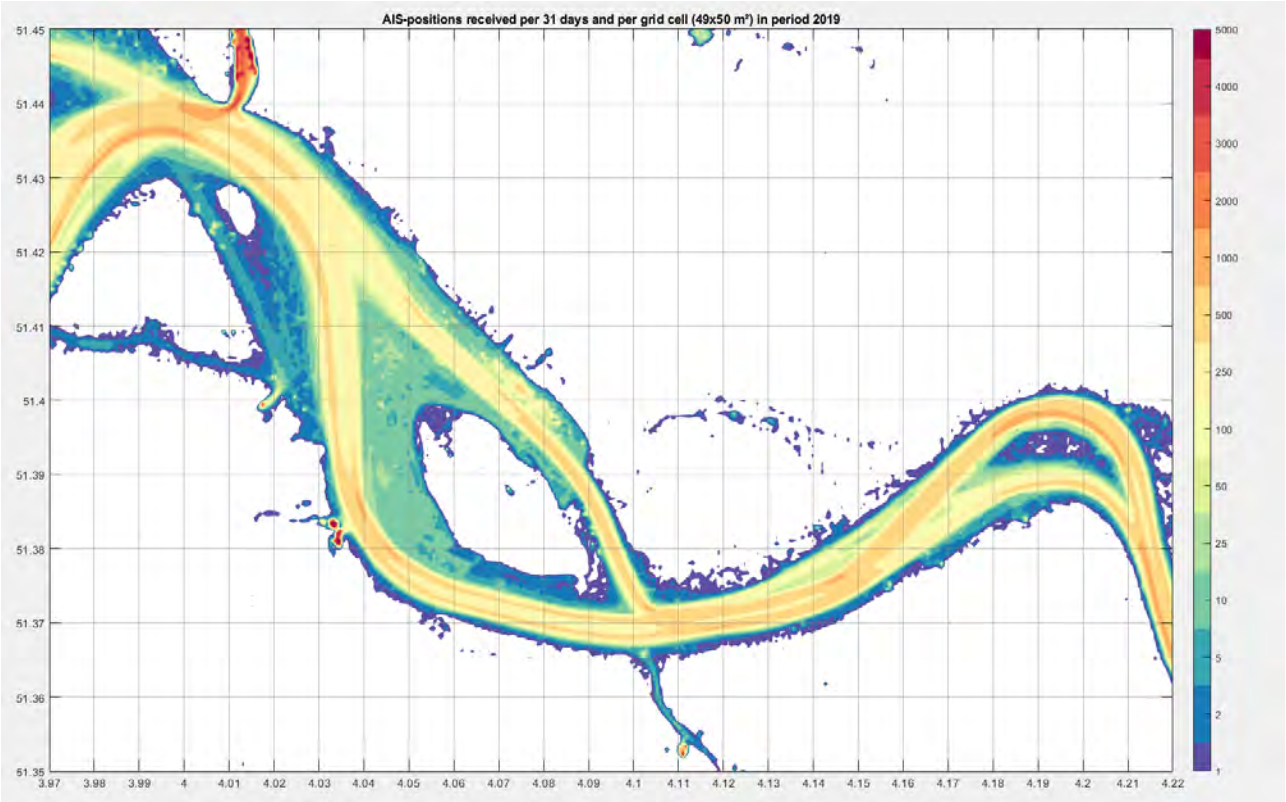
Figuur 219 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2016



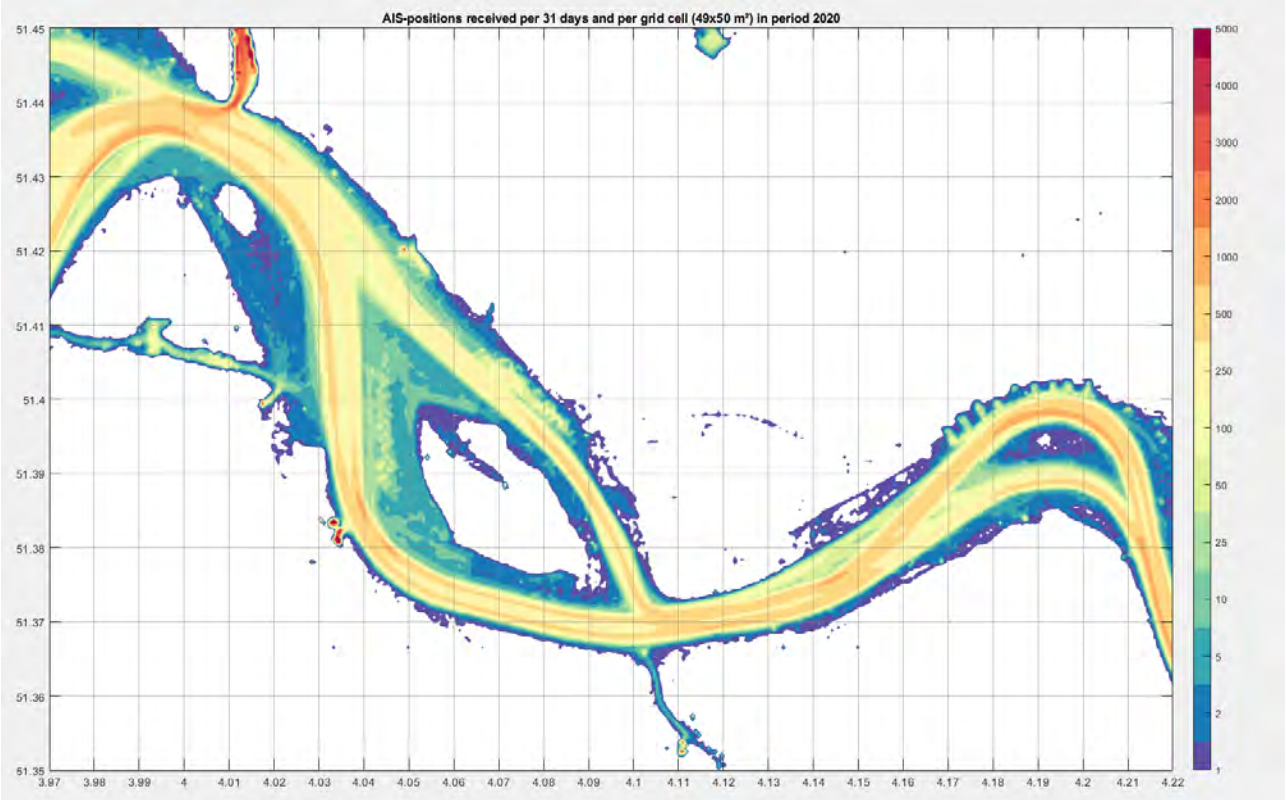
Figuur 220 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2017



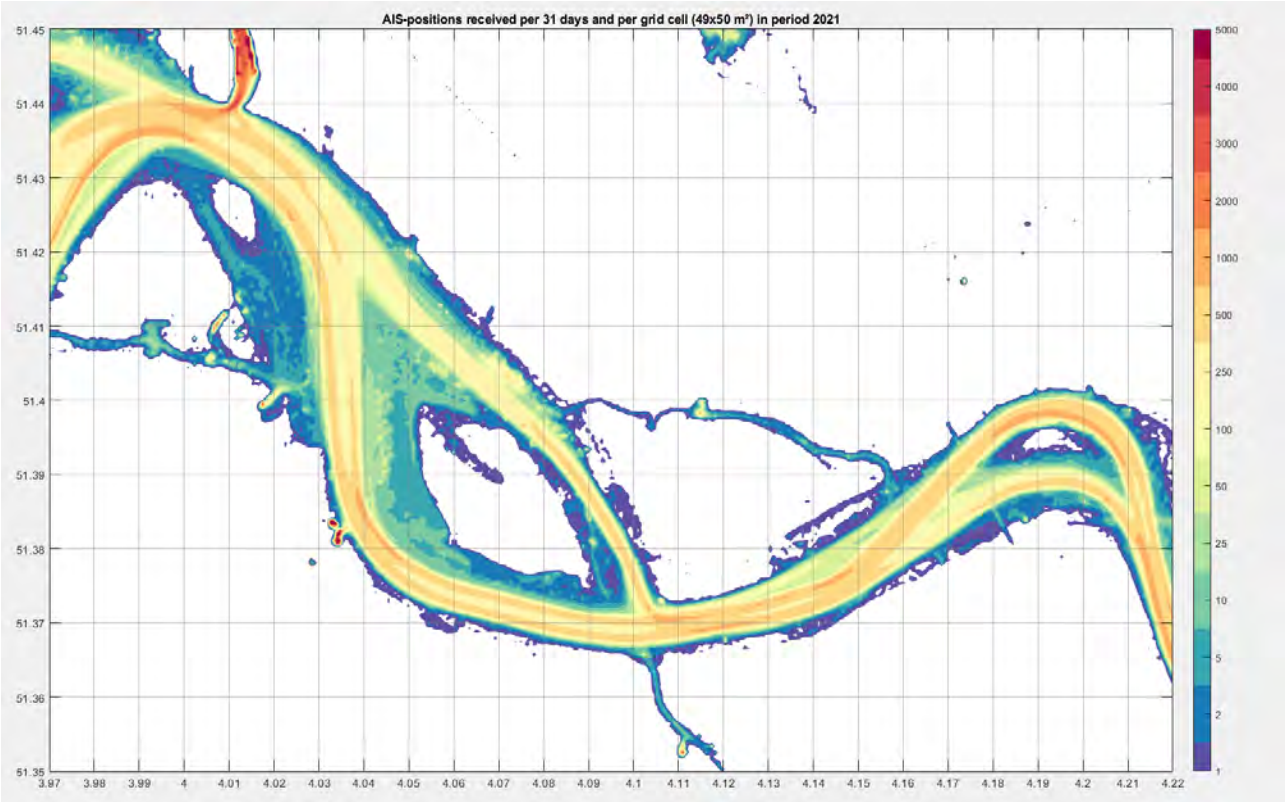
Figuur 221 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2018



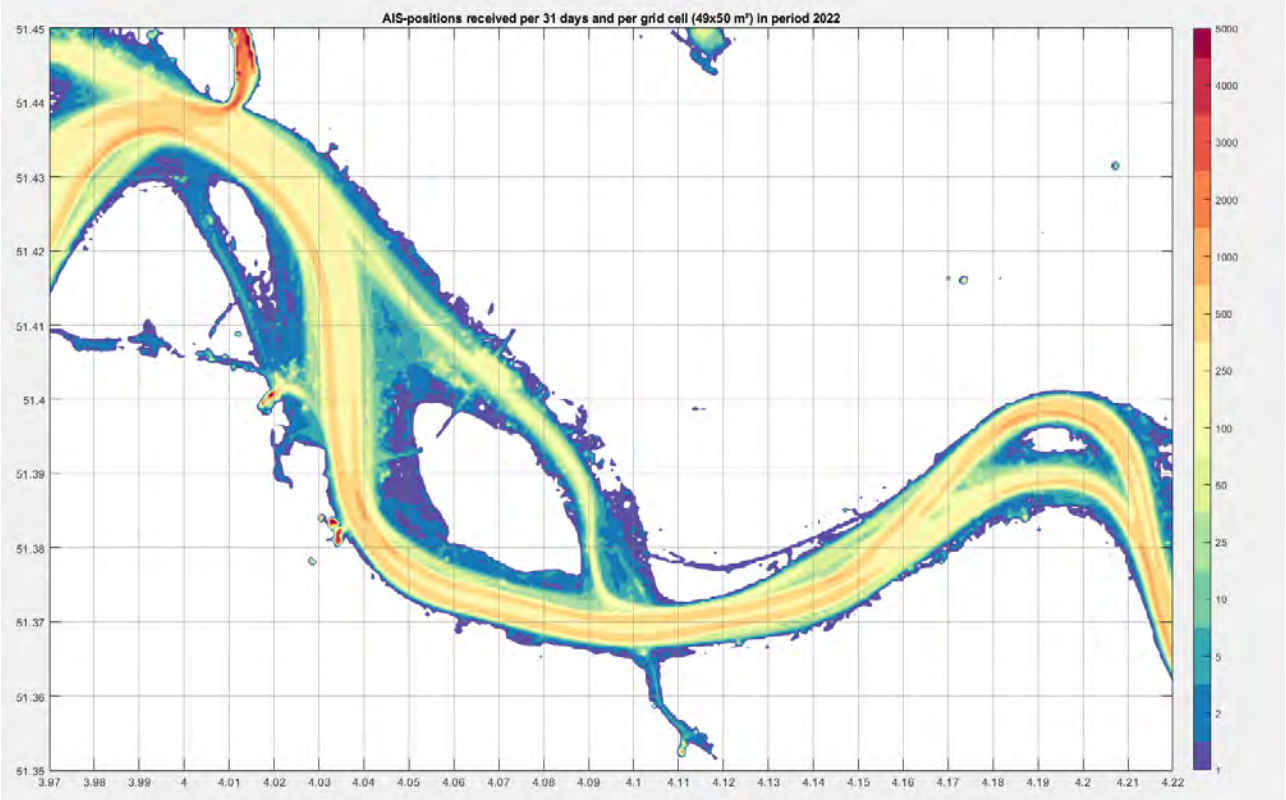
Figuur 222 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2019



Figuur 223 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2020



Figuur 224 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2021



Figuur 225 – Heatmapweergave van AIS-posities in studiegebied voor 2022

Bijlage 3 Digitale bijlages bij rapport

Als bijlage bij dit rapport worden in de finale pdf-versie enkele digitale bestanden ingekapseld. Het betreffen geografisch gerefereerde kmz-bestanden die het native bestandsformaat zijn voor Google Earth™ maar ondersteund worden door het gros van de GIS-viewers. Het merendeel van de aangeboden kmz-bestanden bevatten echter ook tijdsreferenties en kunnen bijgevolg in Google Earth™ geanimeerd worden. Deze functionaliteit wordt door de meeste andere GIS-viewers niet ondersteund.

Onderstaande kmz-bestanden worden digitaal toegevoegd aan het rapport:

- H2: AIS-analyse
  - §2.2.5: Heatmaps
    - 2012_heatmap.kmz
    - 2013_heatmap.kmz
    - 2014_heatmap.kmz
    - 2015_heatmap.kmz
    - 2016_heatmap.kmz
    - 2017_heatmap.kmz
    - 2018_heatmap.kmz
    - 2019_heatmap.kmz
    - 2020_heatmap.kmz
    - 2021_heatmap.kmz
    - 2022_heatmap.kmz
- H3: Analyse signalisatie
  - §3.6 Animatie van boeicondities in KMZ
    - U4
      - 1R46I7OU.kmz
      - 1R46I80U.kmz
      - 1R46U7QU.kmz
    - U5
      - 1R56O7U6.kmz
      - 1R56O806.kmz
      - 1R56U7U6.kmz
- H6: Analyse van incidenten
  - §6.1: Selectie van relevante incidenten
    - overviewIncidents_SvV_2012_2022.kmz

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