



**BETTER SHIPS, BLUE OCEANS**

## **Niet-routegebonden verkeer**

Onderzoek naar modellering niet-routegebonden scheepvaartverkeer (2025)

Rapport nr. : 77004.601-1-MO-rev.1  
Datum : 28 mei 2026  
Versie : rev.1  
Eindrapport

# Niet-routegebonden verkeer

## Onderzoek naar modellering niet-routegebonden scheepvaartverkeer (2025)

Opdrachtgever : Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Gerapporteerd door

Paraaf management :

Versie	Datum	Status	Gecontroleerd door
0.1	24 december 2025	Concept/eerste werkversie	
Rev. 1	28 mei 2026	Eindrapport	

<b>INHOUD</b>	<b>PAGINA</b>
1 AANLEIDING.....	4
2 INLEIDING .....	5
3 UITGANGSPUNTEN.....	6
3.1 AIS-data.....	6
3.2 Indeling in sloopstypes .....	6
4 VERKEERSANALYSE .....	9
4.1 Methode.....	9
4.1.1 De herkomst-bestemmingsmethode .....	9
4.1.2 De stageanalyse .....	12
4.1.3 Gedragsclassificatie .....	13
4.2 Werkvaart .....	14
4.2.1 Windparkverkeer .....	16
4.2.2 Platformverkeer .....	18
4.2.3 Overig verkeer.....	18
4.3 Visserij .....	21
4.4 Recreatievaart .....	23
4.5 Koopvaardij.....	25
4.6 Bevindingen.....	27
5 VERKEERSMODELLERING.....	28
5.1 Oude verkeersdatabase: links & cellen .....	28
5.2 Exposuremodellen & celverkeer.....	29
5.2.1 Schip-schip aanvaringen.....	29
5.2.2 Schip-object aanvaringen.....	30
5.2.3 Verbeterde modellering van verkeer in cellen.....	31
5.3 Nieuwe verkeersdatabase .....	32
5.3.1 Indeling in gedragstypes .....	32
5.3.2 Constructie verkeersdatabase .....	33
5.4 Causation factors.....	33
5.4.1 Classificatie van scheepsongevallen .....	34
5.4.1.1 Methode .....	34
5.4.1.2 Schip-schip aanvaringen.....	34
5.4.1.3 Schip-object aanvaringen .....	35
5.4.2 Kalibratie schip-schip .....	35
5.4.3 Kalibratie schip-object.....	35
5.4.4 Verdere verfijning van causation factors.....	35
5.5 Conclusie.....	36
6 TOEKOMSTIGE VERKEERSSCENARIO'S.....	37
6.1 Mutaties in sloopgedragstypes .....	38
6.2 Mutaties in sloopvaartverkeer.....	39
6.2.1 Modellering extra windparkverkeer .....	39
6.2.2 Verplaatsing routes sloopvaart .....	39
6.2.3 Verplaatsing visserij .....	40

6.3	Mutaties in statische objecten .....	40
6.4	Gevolgschademodellering .....	41
6.5	Overige ontwikkelingen .....	41

## 1 AANLEIDING

Werkvaart, visserij en recreatievaart vertonen op delen van hun reis op zee een “ander gedrag” dan de reguliere doorgaande koopvaardij. Vooral werkvaart en visserij voeren op bepaalde momenten specifieke operaties uit die afwijken van in transit varen. Deze operaties brengen een ander risicoprofiel met zich mee.

In huidige onderzoeken naar scheepvaartveiligheid wordt deze groep schepen “niet-route gebonden” verkeer genoemd, gebaseerd op het fysieke scheepstype. De impact op veiligheid als gevolg van deze schepen is alleen afhankelijk van hun fysieke kenmerken en de tijd dat deze schepen aanwezig zijn in het studiegebied. Er wordt geen rekening gehouden met het gedrag dat deze schepen kunnen vertonen, terwijl juist het type operatie een grote invloed heeft op de scheepvaartveiligheid.

Deze groep schepen vormt ongeveer 50% van het totale aantal aanwezige schepen op de Noordzee. Ontwikkelingen zoals de aanleg van windparken op zee hebben bovendien aanzienlijke gevolgen voor de huidige operaties van schepen. Voor een goed begrip van de scheepvaartveiligheid op de Noordzee, nu en in de toekomst, is het daarom belangrijk om het gedrag en de ontwikkelingen van deze schepen op de Noordzee beter in kaart te brengen. Daarnaast is het belangrijk dat deze groep schepen op een goede en realistische wijze meegenomen worden in (kwantitatieve) nautische risicoanalyses op de Noordzee.

De afgelopen jaren is gebleken dat zowel op het vlak van de verwachte (autonome) ontwikkelingen als op het vlak van de wijze waarop deze groep schepen wordt meegenomen in de risicoanalyses, kennisleemtes zijn. Daarom is deze groep schepen het onderwerp van één van de deelonderzoeken binnen het kennisprogramma “Scheepvaartveiligheid Noordzee 2025” (I&W en MARIN)

Dit onderzoek is een verkennende studie ter ondersteuning van de methodologische keuzes bij het bepalen van modellen voor het berekenen van scheepsaanvaringsfrequenties (SAMSON). De resultaten dienen te worden geïnterpreteerd als een eerste exercitie in de ontwikkeling van toekomstige modellen voor situaties die momenteel nog onvoldoende zijn vastgelegd. De analyses en data in dit rapport zijn exemplarisch en op zichzelf niet geschikt als input voor andere toepassingen.

## 2 INLEIDING

Tot nu toe werd het onderscheid tussen “routegebonden” en “niet-routegebonden” verkeer uitsluitend gemaakt op basis van het fysieke scheepstype, zoals containerschepen, vissersvaartuigen of loodsboten. Het risico (bijvoorbeeld de aanvaarfrequenties) voor deze twee groepen schepen werd op verschillende manieren gekwantificeerd. De afgelopen jaren is echter gebleken dat deze aanpak een te simplistische weergave van de werkelijkheid is. Door de toegenomen complexiteit en de beschikbaarheid van data is het noodzakelijk om deze aanpak te heroverwegen

Het doel van dit project is om beter begrip te krijgen van “niet-routegebonden scheepvaart” op de Nederlandse Noordzee.

De kern van het verbeteren van dit begrip ligt in de observatie dat elk schip niet-routegebonden gedrag kan vertonen. Het opdelen van schepen in twee groepen – ‘routegebonden’ en ‘niet-routegebonden’ – is daarom op zijn zachts gezegd onhandig. Een treffend voorbeeld is een containerschip dat een groot deel van zijn tijd op de Nederlandse Noordzee voor anker ligt, en zich op dat moment dus zeker niet ‘routegebonden’ gedraagt. Andersom gedraagt een bevoorradingsschip op weg naar een platform zich als “routegebonden” schip.

Een belangrijke eerste stap in dit onderzoek is daarom om een nieuwe indeling in scheepstypes te maken, waarbij de indeling gebaseerd is op de fysieke kenmerken en het doel van het schip (gedrag). Hoofdscheepstypes worden koopvaardij, personenvervoer, werkvaart, visserij, recreatievaart en overig verkeer. Elk van deze types kan zich zowel routegebonden als niet-routegebonden gedragen. Toch wordt er voor het gemak in dit rapport nog wel gesproken over niet-routegebonden verkeer. Dit geldt als de verzamelnaam voor alle schepen die geclassificeerd zijn als werkvaart, visserij, recreatievaart of overig verkeer. Deze indeling wordt beschreven in hoofdstuk 3.

Vervolgens wordt het begrip van niet-routegebonden verkeer aan de hand van onderstaande drie onderzoeksvragen verder verdiept. Elke onderzoeksvraag wordt in een los hoofdstuk behandeld.

- Hoe gedraagt niet-routegebonden verkeer zich op de Nederlandse Noordzee?
- Hoe kan de verkeersmodellering aangepast worden om het gedrag van niet-routegebonden verkeer beter te representeren?
- Hoe kan de aangepaste verkeersmodellering gebruikt worden om toekomstige verkeersscenario's te ontwikkelen?

Eerst wordt het huidige gedrag van scheepvaart in kaart gebracht. Hiervoor zijn generieke methodes ontwikkeld die het mogelijk maken om de reizen van schepen op te delen in segmenten met een bepaalde herkomst en bestemming. Deze methodes zijn toegepast op scheepvaartgegevens van de Nederlandse Noordzee in 2024. Een selectie van de resultaten wordt gepresenteerd in dit hoofdstuk.

In hoofdstuk 5 wordt vervolgens toegelicht hoe het geobserveerde gedrag van verkeer gemodelleerd kan worden voor gebruik in kwantitatieve nautische risicoanalyses met scheepvaartongevalrekenmodel SAMSON<sup>1</sup>. Hierbij wordt vooruitgelopen op de ontwikkeling van de nieuwe SAMSON implementatie, die in 2026 wordt opgeleverd. Hierdoor is het niet mogelijk om als onderdeel van dit onderzoek de resultaten van de nieuwe verkeersmodellering te onderzoeken. Aan de andere kant heeft dit er wel voor gezorgd dat de inzichten uit dit project direct toegepast worden in de ontwikkeling van de nieuwe SAMSON implementatie.

De kracht van kwantitatieve nautische risicoanalyses ligt in het voorspellen van ongevalsrisico's in toekomstige situaties. In het laatste hoofdstuk wordt toegelicht hoe de methodes uit de verkeersanalyse en de verkeersmodellering samen toegepast kunnen worden om toekomstige verkeersscenario's te ontwikkelen.

---

<sup>1</sup> Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea

### 3 UITGANGSPUNTEN

In dit hoofdstuk wordt eerst een korte beschrijving van AIS-data gegeven. Vervolgens wordt de scheepstype indeling geïntroduceerd die in dit onderzoek is gebruikt. Deze indeling wijkt af van de indeling die standaard gebruikt wordt tijdens SAMSON of AIS-studies, daarom wordt deze nader toegelicht.

#### 3.1 AIS-data

Belangrijke basis voor dit onderzoek is AIS-data (Automatic Identification System). AIS is een systeem dat gebruikt wordt in de scheepvaart om scheepslocaties met gebruikers van de Noordzee te delen ten behoeve van de veiligheid en doorstroom op zee. AIS-data wordt verzameld door onder andere de Nederlandse Kustwacht, De Kustwacht deelt deze gegevens met MARIN voor het uitvoeren van veiligheidsstudies op de Noordzee.

AIS-data bevat informatie over welk schip op welk moment op welke locatie was. Met behulp van deze gegevens kan inzicht worden verkregen in het gedrag van schepen op de Noordzee. In deze studie is AIS-data uit 2024 gebruikt. AIS-data is alleen beschikbaar van schepen die een AIS-apparatuur hebben en deze aan hebben staan. Alle grotere schepen zijn verplicht een transponder te hebben (en te gebruiken). Echter, kleinere recreatieschepen hebben niet altijd een AIS-transponder. De kleinere schepen zonder transponder worden dus ook niet meegenomen in de scheepvaartmodellering.

#### 3.2 Indeling in scheepstypes

In huidige verkeersanalyses, die als voorbereiding voor een model analyse voor SAMSON worden uitgevoerd, wordt onderscheid gemaakt tussen 35 routegebonden en 8 niet-routegebonden scheepstypes. Dit onderscheid is alleen gebaseerd op de fysieke eigenschappen van het schip en niet op het gedrag dat het schip op een deel van zijn reis vertoont. Immers, een werkschip kan ook routegebonden gedrag vertonen op een deel van zijn reis. Er zijn dus meer factoren die het scheepstype bepalen, dan alleen de fysieke kenmerken.

Daarom is in het kader van dit onderzoek nagedacht over een nieuwe indeling in scheepstypes. Een **eerste voorstel** wordt weergegeven in Tabel 3-1. Deze indeling is in de eerste plaats ontwikkeld met het oog op de huidige studie. Het is echter ook bedoeld als eerste aanzet voor een nieuwe categorisering van schepen op de Nederlandse Noordzee voor de ontwikkeling van verkeersdatabases voor kwantitatieve nautische risicoanalyses met SAMSON. Een definitieve categorisering is een vereiste voor de uitrol van de nieuwe SAMSON implementatie in 2026.

Aangezien het detailniveau van scheepstypen per onderzoek kan verschillen, is gekozen voor een indeling in drie lagen: een subtype met meer detaillering (bijvoorbeeld onderscheid tussen olie- en chemicaliëntankers), een basistype en een "maintype", waarbij vergelijkbare scheepstypen worden samengenomen. Voor veel studies is het waarschijnlijk voldoende om op basis van "type" te werken. Daarentegen kan meer differentiatie essentieel zijn als bijvoorbeeld ladingstype meegenomen moet worden om gevolgschade beter in te schatten.

Als basis voor de indeling in scheepstypes is de schependatabase van Lloyds List Intelligence (Lloyds) gebruikt. Deze database classificeert een groot deel van de schepen op basis van mmsi nummer in Lloyds scheepstypes. Elke Lloyds scheepstype is vervolgens geclassificeerd in een van de scheepstypes van Tabel 3-1. Niet elk schip op de Nederlandse Noordzee is bevat in de Lloyds schependatabase. Schepen die niet in Lloyds staan, worden op basis van AIS type geclassificeerd. Daarnaast zijn er een aantal mmsi (Maritime Mobile Service Identity) nummers gereserveerd voor AIS-transponders die geen schip zijn (voorbeeld in Tabel 3-2). Ten slotte is voor een aantal mmsi nummers die veel voorkomen op de Nederlandse Noordzee maar foutief worden geclassificeerd door bovenstaande aanpak handmatig gedefinieerd welk schip het is. Dit betreft voornamelijk een selectie mmsi nummers van offshore platformen en werkvaartschepen gerelateerd aan windparken.

Tabel 3-1 **CONCEPT: Vernieuwde indeling in sloopstypes**

Maintype	Type	Subtype
Dry Cargo	Bulker	Bulker
Dry Cargo	Container	Container
Dry Cargo	GDC	GDC
Dry Cargo	Heavy load carrier	Heavy load carrier
Dry Cargo	RoRo	RoRo
Fishing	Fishing	Fishing
Tanker	Chemical	Chemical
Tanker	Chemical/Oil	Chemical/Oil
Tanker	Liquid Gas	LNG
Tanker	Liquid Gas	LPG
Tanker	Oil	Oil
Miscellaneous	Miscellaneous	Barge
Miscellaneous	Miscellaneous	Law enforcement
Miscellaneous	Miscellaneous	Navy
Miscellaneous	Miscellaneous	Other
Miscellaneous	Miscellaneous	Research
Miscellaneous	Miscellaneous	Safety
Miscellaneous	Miscellaneous	Unknown
Passenger	Cruise	Cruise
Passenger	Ferry	Ferry
Recreation	Recreation	Recreation
Recreation	Recreation	Sailing
Work vessel	Work vessel	Construction
Work vessel	Work vessel	Drilling
Work vessel	Work vessel	Dredger
Work vessel	Work vessel	Pilot
Work vessel	Work vessel	Production
Work vessel	Work vessel	Supply
Work vessel	Work vessel	Tug

 Tabel 3-2 *Classificatie van mmsi nummers gereserveerd voor AIS-transponders die geen schip zijn [Ref 6.].*

start	eind	maintype	type	subtype
111000000	111999999	No vessel	Aircraft	Aircraft
800000000	899999999	No vessel	Handheld	Handheld
970000000	970999999	No vessel	AIS-SART	AIS-SART
972000000	972999999	No vessel	MOB	MOB
974000000	974999999	No vessel	EPIRB-AIS	EPIRB-AIS
990000000	999999999	No vessel	AtoN	AtoN

Standaard werden sloopstypes opgedeeld in acht grootteklassen. Hierbij had elke klasse kengetallen die het schip van die grootteklasse beschreven en gebruikt werden in de SAMSON modellering. De belangrijkste hiervan zijn lengte, breedte en snelheid van het schip. De volgende stap in het classificeren van schepen is dus om de sloopstypes die in Tabel 3-1 zijn voorgesteld (gedefinieerd) op te delen in grootteklassen, zodat ze preciezer kunnen worden meegenomen in de modellering.

Voor deze nieuwe classificatie is het niet noodzakelijk om elk sloopstypc op te delen in acht grootteklassen. In het kader van performance is het juist beter om het aantal klassen te beperken. Daarom is het voorstel om elk sloopstypc op te delen in 3 grootteklassen op basis van sloeepslenkte. ***De definitieve indeling wordt vastgesteld bij de uitrol van de nieuwe SAMSON.***

## 4 VERKEERSANALYSE

Het doel van dit hoofdstuk is om methodes te ontwikkelen die gebruikt kunnen worden om beter grip te krijgen op verkeersstromen op zee, met als focuspunt de Nederlandse Noordzee.

Eerst wordt de ontwikkelde methodiek toegelicht in sectie 4.1. Deze methode is vervolgens ter illustratie toegepast op AIS-data uit 2024 voor de Nederlandse Noordzee. In de daaropvolgende secties wordt een selectie van de resultaten gepresenteerd voor de groepen werkvaart, recreatievaart, visserij en koopvaardij.

Het primaire doel van dit hoofdstuk is de ontwikkeling van nieuwe methodes. Door de methodes toe te passen op verschillende gebruikersgroepen van de Noordzee en resultaten te visualiseren kan een beeld worden gevormd van het toepassingsgebied van elke methodiek. Vervolgens kunnen de resultaten worden gebruikt als inspiratie voor vragen en inzichten over verkeer op de Noordzee nu en in de toekomst.

### 4.1 Methode

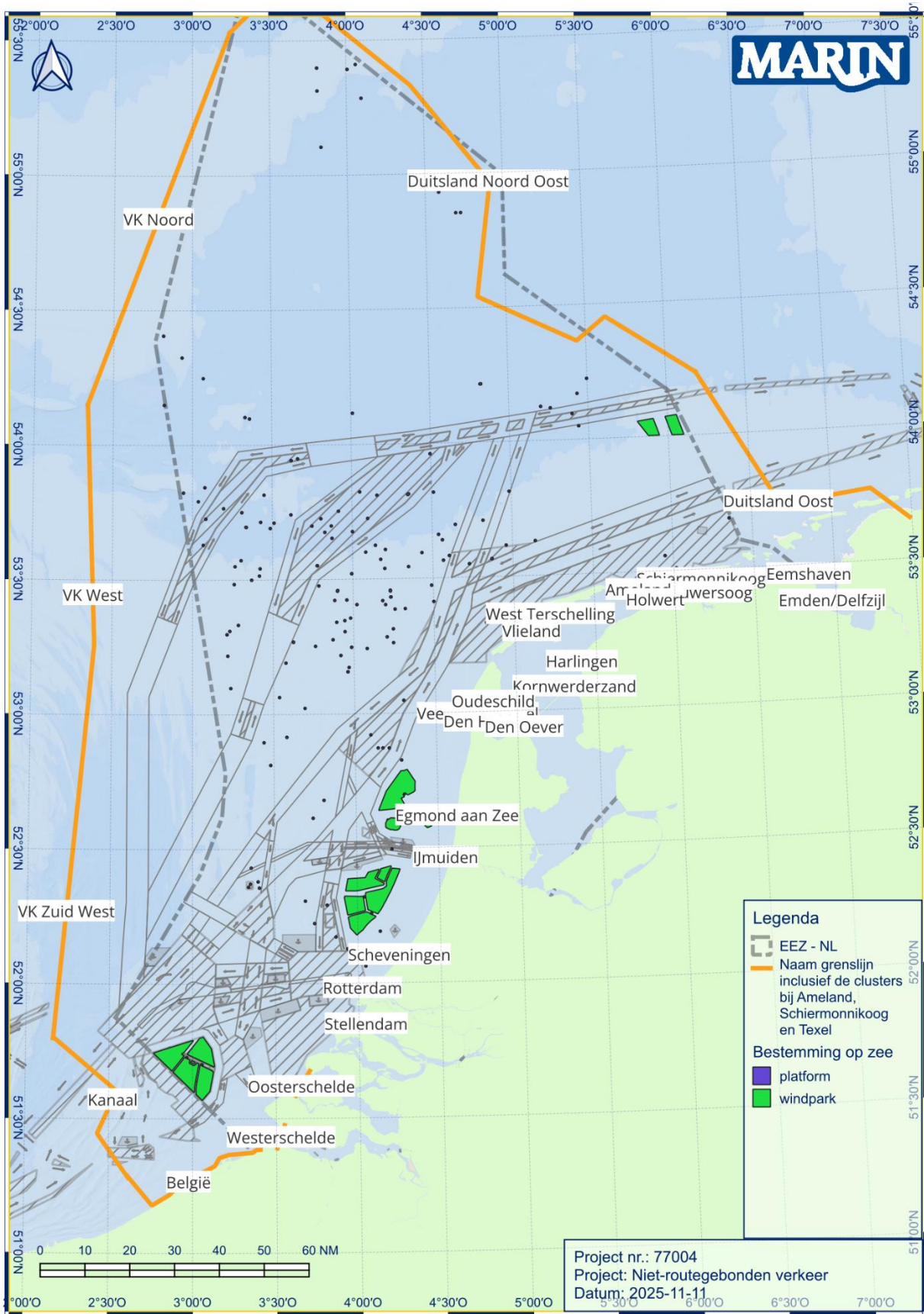
Een gangbare methode om een globale indruk te verkrijgen van het scheepsgedrag op de Noordzee is het analyseren van herkomst en bestemming van schepen, oftewel het vervoerspatroon. Dit gebeurt door de reizen van schepen tussen herkomst- en bestemmingslocaties in kaart te brengen. Voor de koopvaardij en ander routegebonden verkeer is deze aanpak relatief eenvoudig, aangezien dergelijke schepen doorgaans van haven naar haven varen en het aantal havens beperkt is. Deze methode is onder meer toegepast in [Ref 3.] en [Ref 4.] voor de modellering van routegebonden verkeer en wordt nader beschreven in sectie 4.1.1.

Voor niet-routegebonden schepen volstaat het vastleggen van herkomst- en bestemmingshavens echter niet. Deze schepen opereren vaak in specifieke zeegebieden waar zij werkzaamheden uitvoeren. Een supplyschip kan bijvoorbeeld vanuit een haven meerdere platformen achtereenvolgens aandoen, daar operaties verrichten en vervolgens terugkeren naar de thuishaven. Om dit gedrag beter te begrijpen, wordt de zogenoemde *stageanalyse* geïntroduceerd.

Bovenstaande methodes maken segmenten van AIS-tracks van een schip. Een logische vervolgstap is het classificeren van het gedrag per segment. Deze gedragsclassificatie wordt beschreven in sectie 4.1.3.

#### 4.1.1 De herkomst-bestemmingsmethode

Voor het definiëren van herkomst-bestemmingsreizen worden in het studiegebied lijnen getekend die dienen als herkomst dan wel bestemming. In theorie kunnen deze "grenslijnen" overal getekend worden. Echter, logische keuzes zijn de ingang/uitgang van havens en de randen van de Nederlandse Noordzee. De grenslijnen die in deze studie zijn gebruikt staan afgebeeld in Figuur 4-1.



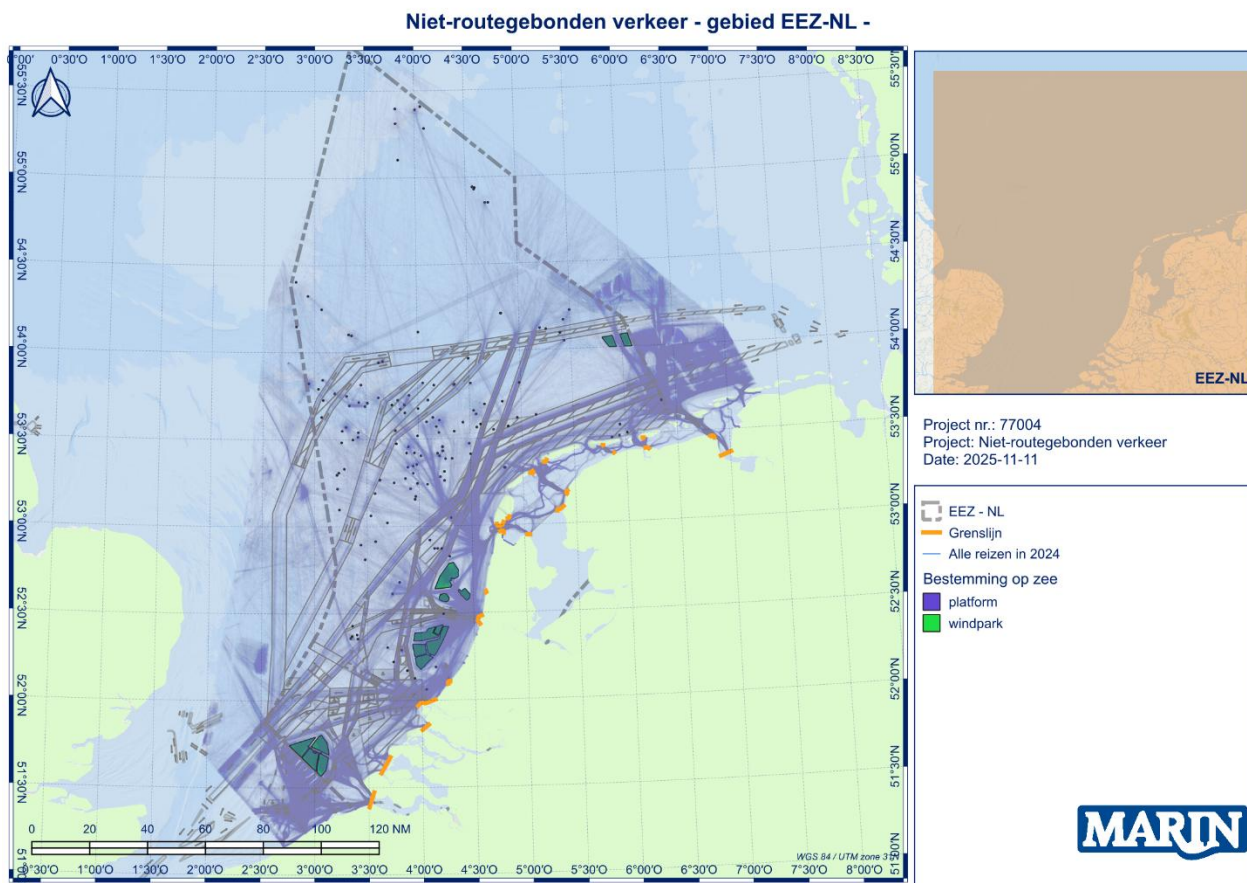
Figuur 4-1 Overzicht van de gebruikte grenslijnen in de studie. Bij havens zijn grenslijnen getekend in de havenmond. Deze zijn dusdanig klein dat ze niet zichtbaar zijn in het overzicht. De grenslijn bij Duitsland Noord Oost is deels iets zuidelijker neergelegd in verband met slechte AIS-dekking ten noorden van de grenslijn.

Met behulp van AIS-data kan per schip worden nagegaan wanneer het over welke grenslijn voer. Deze gegevens kunnen vervolgens gebruikt worden om per AIS-datapunt te bepalen over welke grenslijn het schip het laatst voer (de herkomst) en wat de volgende grenslijn is waar het schip overheen vaart (de bestemming). Dit geeft per schip een verzameling aan herkomst-bestemmingsparen, waarbij het schip in een bepaalde periode van A naar B voer. De verzameling AIS-datapunten die het traject van A naar B beschrijft noemen we een **reis**.

Bovenstaande beschrijving gaat ervan uit dat in het hele studiegebied AIS-data beschikbaar is in een regulier tijdsinterval. In de praktijk is dit echter niet het geval. In gebieden op zee die zich relatief ver van de kust bevinden is de AIS-dekking minder goed. Dit heeft als gevolg dat er niet altijd AIS-gegevens beschikbaar zijn op het moment dat een schip over een grenslijn vaart. Daarnaast kunnen schepen hun AIS-transponder ook uitzetten. Hierdoor kan het tijdsverschil tussen twee AIS-signalen te groot worden om te bepalen of een schip over een bepaalde grenslijn heeft gevaren. Om deze reden wordt de volgende aanpak gevolgd:

1. Als het tijdsverschil tussen twee opeenvolgende AIS-signalen van hetzelfde schip kleiner is dan 10.000 seconden, dan wordt een rechte lijn getekend tussen de locaties van beide AIS-signalen. Vervolgens worden de snijpunten van deze lijn met de grenslijnen bepaald. Als er meer dan één snijpunt is, wordt de grenslijn gekozen die zich het dichtst bij het startpunt van de AIS-lijn bevindt.
2. Als het tijdsverschil tussen twee op een volgende AIS-signalen groter dan 10.000 seconden is, dan wordt voor zowel het startpunt als het eindpunt van de lijn de afstand bepaald tot de verschillende grenslijnen.
  - a. Als de afstand tot de grenslijn voldoende klein is, wordt deze meegenomen als herkomst/bestemming als
    - i. Het schip een snelheid groter dan 1 knoop heeft en zich op open zee bevindt
    - ii. Of als het schip een snelheid kleiner dan 2 knopen heeft en zich in de buurt van een haven bevindt
  - b. Anders krijgt het startpunt/eindpunt van de lijn de herkomst/bestemming "Onbekend".

Met bovenstaande methode en de gekozen grenslijnen zijn voor 2024 de herkomst-bestemmingsreizen bepaald. Deze gegevens kunnen gebruikt worden om een herkomst-bestemmingsmatrix te maken: een matrix die per herkomst/bestemming aangeeft hoeveel schepen die reis hebben gemaakt. Daarnaast kan ook ruimtelijk inzichtelijk gemaakt worden waar schepen met een bepaalde herkomst/bestemming varen (zie Figuur 4-2). Met de gebruikte methode wordt getracht het aantal reizen met onbekende herkomst/bestemming zo klein mogelijk te maken.

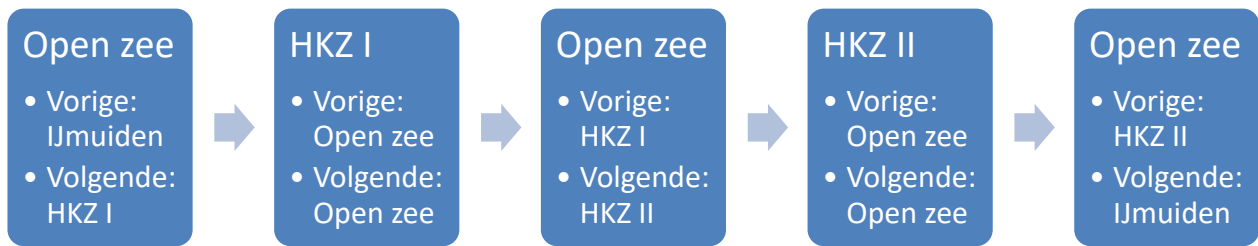


**Figuur 4-2**      *Overzicht van de herkomst-bestemmingsreizen van niet-routegebonden verkeer op de Nederlandse Noordzee in 2024.*

#### 4.1.2 De stageanalyse

Zeker voor niet-routegebonden schepen komt het vaak voor dat een reis begint en eindigt in dezelfde haven, en dat tijdens de reis één of meerdere gebieden worden bezocht. Deze gebieden verschillen per scheepstype. Dit kunnen bijvoorbeeld windparken, visgebieden of platformen zijn. Gegeven een verzameling gebieden en AIS-data, kan per schip bepaald worden wanneer het zich in welk gebied bevond. Een verzameling opeenvolgende AIS-datapunten binnen één gebied, met de eigenschap dat de snelheid van het schip minimaal 10 minuten kleiner dan één knoop (nautische mijl per uur) is noemen we een **bezoek**. De ononderbroken delen van de reis die geen bezoek zijn, worden geclassificeerd als een bezoek aan “Overig”. Met behulp van deze classificatie kan elke herkomst-bestemmingsreis opgedeeld worden in **stages**, waarbij elke stage overeenkomt met een bezoek aan een gebied of een bezoek aan “Open zee”.

Vervolgens kan per reis per stage bepaald worden wat de vorige en de volgende stage is. Voor de eerste stage van de reis wordt de vorige stage gedefinieerd als de herkomst van de reis, voor de laatste stage van de reis wordt de volgende stage gedefinieerd als de bestemming van de reis. In Figuur 4-3 wordt hier een voorbeeld van gegeven.



*Figuur 4-3 Voorbeeld stageanalyse van een schip dat een reis maakt die begint en eindigt in IJmuiden en tijdens zijn reis HKZ I en HKZ II aandoet. De reis bestaat in totaal uit 5 fase, waarvan drie fases plaatsvinden op open zee (dit is de reis naar IJmuiden, HKZ I of HKZ II), één in HKZ I en één in HKZ II.*

#### 4.1.3 Gedragsclassificatie

Met behulp van de herkomst-bestemmingsmethode kan voor elk AIS-datapunt bepaald worden wat de herkomst en bestemming is van het bijbehorende schip. Vervolgens kan met behulp van de stageanalyse bepaald worden in wat de stage is van het datapunt. Een laatste logische stap is om aan elk datapunt een gedragstype toe te wijzen. Als dit gedaan is kan het gedrag voor elke stage van elke reis van elk schip inzichtelijk gemaakt worden.

De gedragsclassificatie kan gebaseerd zijn op eenvoudige drempelwaardes op basis van snelheid. Echter, het is ook mogelijk om dit met geavanceerde algoritmes te bewerkstelligen. Zo is als onderdeel van deze studie onderzocht wat de mogelijkheden zijn om scheepsgedrag te classificeren met behulp van machine learning modellen, met als use-case de visserij ([Ref 5.]).

Voor de verdere analyses in deze studie is ervoor gekozen om gedrag te classificeren in vijf groepen op basis van eenvoudige grenswaarden. Eerst is aan de hand van het standaard scheepsroutenetwerk voor de Noordzee bepaald welke AIS-datapunten aan een link van dit netwerk kunnen worden toegewezen. Een datapunt wordt toegewezen aan een link als

- De afstand van het schip tot de link voldoende klein is
- Het verschil in heading van het schip en de link voldoende klein is.

Wanneer een AIS datapunt aan meerdere links kan worden toegewezen, wordt de link gekozen die het best past bij het datapunt op basis van afstand en heading. Alle datapunten die aan een link zijn toegewezen vertonen **het 'routegebonden' gedragstype**.

Voor de overige tracks wordt eerst bepaald of het een schip betreft dat voor **anker** ligt. De basis voor deze classificatie is de methode ontwikkeld in netwerkanalyse [Ref 2.]. Daarnaast zijn twee kleine aanpassingen gemaakt in het kader van dit onderzoek:

- Elke scheepstype kan voor anker liggen, in plaats van alleen koopvaardij schepen
- Een schip kan op elke plek op de Noordzee voor anker liggen, dus niet alleen in de officieel gedefinieerde ankergebieden

Na deze twee stappen blijft het gedrag over van schepen die niet over een routenetwerk varen en niet voor anker liggen. Dit gedrag wordt opgesplitst in **drie snelheidsklassen**: langzaam (kleiner dan één knoop), gemiddeld (tussen 1 en 9 knopen) en snel (meer dan 9 knopen).

Het gedrag van schepen op de Noordzee in juni 2024 is geclassificeerd met bovenstaande methode en is samengevat in Tabel 4-1. Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat veel koopvaardijsschepen op de Noordzee langer voor anker liggen dan varen. De interpretatie van het gedragstype kan per scheepstype verschillen. Vissersschepen varen 'Routebound' of 'Fast' tussen haven en visgebied en vissen wordt geïdentificeerd met gedragstype 'Medium' of 'Slow'. Zoals hierboven ook beschreven is het goed mogelijk om meer gedragstypes toe te voegen, eventueel afhankelijk van het scheepstype. De huidige indeling in vijf types biedt voor de doeleinden van de huidige studie voldoende aanknopingspunten.

Tabel 4-1 Scheepsgedragstypes in totaal aantal uren op de Noordzee in juni 2024.

Scheepstype	Anchoring	Slow (<1 kn)	Medium (1-9 kn)	Fast (>9kn)	Routebound
<b>Bulker</b>	435	16	5	19	374
<b>Chemical</b>	296	14	4	10	213
<b>Chemical/Oil</b>	997	31	18	30	484
<b>Container</b>	297	36	33	21	570
<b>Ferry</b>	0	23	11	14	49
<b>Fishing</b>	2	405	1284	211	220
<b>GDC</b>	460	63	36	79	1211
<b>LNG</b>	53	13	1	5	52
<b>LPG</b>	211	3	7	9	131
<b>Miscellaneous</b>	3	594	245	98	174
<b>Oil</b>	365	41	11	17	292
<b>Passenger</b>	0	30	4	9	39
<b>Recreation</b>	5	28	760	82	196
<b>RoRo</b>	5	2	4	18	338
<b>Work vessel</b>	65	698	274	120	335

## 4.2 Werkvaart

In deze sectie worden de in sectie 4.1 geïntroduceerde technieken toegepast op werkvaartverkeer in 2024 op de Noordzee. Het primaire doel van deze analyse is om het nut van de beschreven methodes te illustreren. De resultaten in dit hoofdstuk kunnen veel verder worden uitgebreid door meer of minder gebieden te definiëren of het studiegebied te vergroten in tijd of ruimte.

De herkomst-bestemmingsreizen, gedefinieerd in sectie 4.1.1 vormen de basis voor de analyse naar het specifieke gedrag van de werkvaart. Voor werkvaart ligt het in de eerste plaats voor de hand om hun reizen op te delen op basis van hun bezoeken aan windparken of platforms. Voor werkvaart zijn daarom de volgende gebieden gedefinieerd:

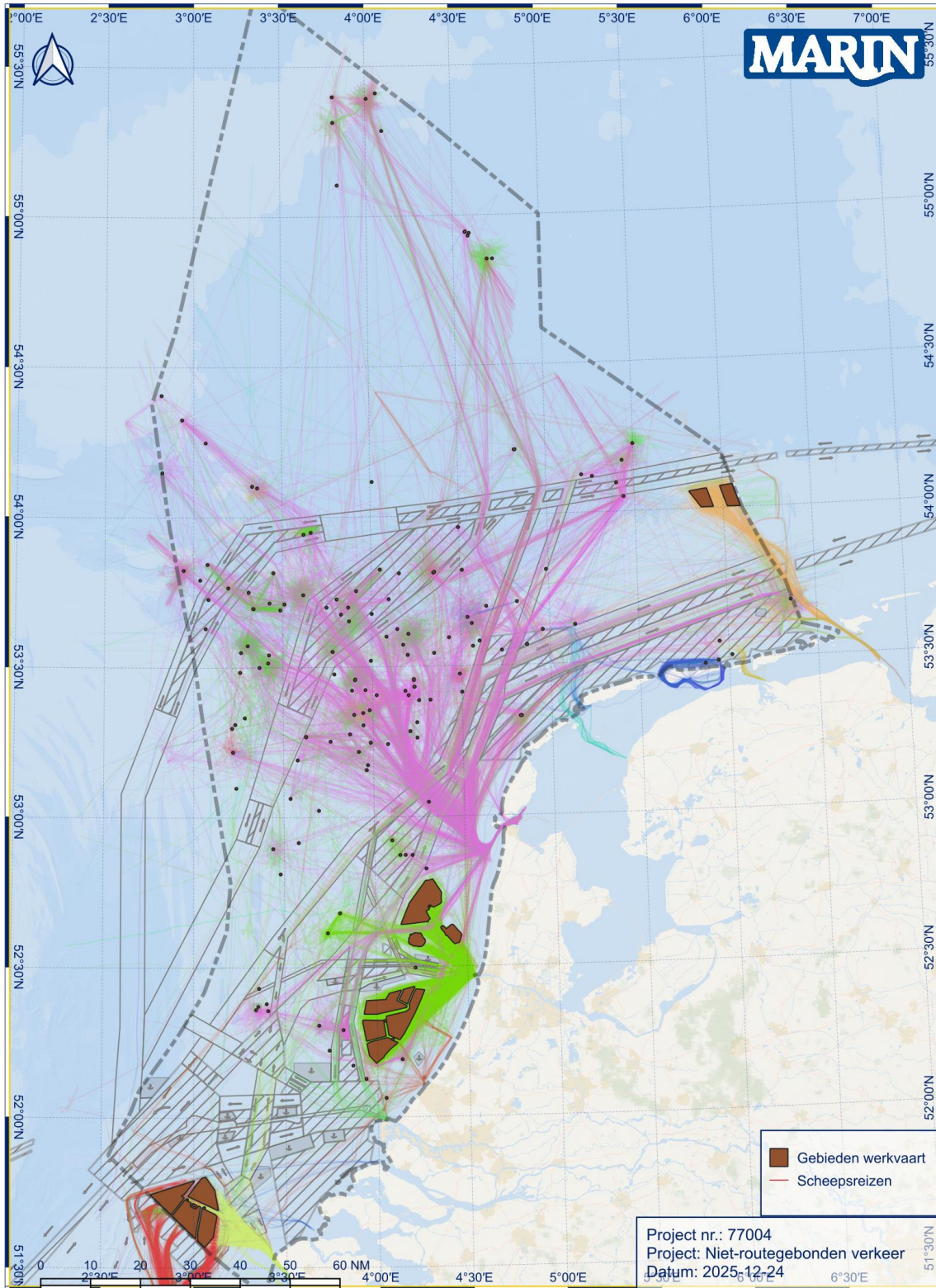
- De windparken op de Nederlandse Noordzee die in 2024 in aanleg of exploitatie waren
- De niet-verwijderde olie en gasplatformen (op basis van gegevens van het NLOG<sup>2</sup>)
- Offshore High Voltage Stations (OHVS) in of nabij windparken.

Het gebied rond een platform wordt gedefinieerd als een cirkel met een straal van 500 meter. Het komt soms voor dat een platform in een windpark ligt. In dit geval bezoekt het schip het platform als de afstand tot het platform kleiner is dan 300 meter, anders bezoekt het schip het windpark.

Op basis van deze gebieden is de stageanalyse uitgevoerd. In Figuur 4-4 is een overzicht weergegeven van de gebieden en de reizen van werkvaartschepen die deze gebieden bezoeken. Aan de hand van deze gebieden wordt windparkverkeer gedefinieerd als alle reizen door werkvaartschepen waarbij een windpark is bezocht. Windparkverkeer wordt in beeld gebracht in sectie 4.2.1. Platformverkeer wordt op een vergelijkbare wijze gedefinieerd als windparkverkeer, en wordt in beeld gebracht in sectie 4.2.2.

<sup>2</sup> Nederlandse Olie- en Gasportaal

De overige reizen zijn die reizen die geen windpark of platform aandoen. Dit verkeer wordt geanalyseerd in sectie 4.2.3.



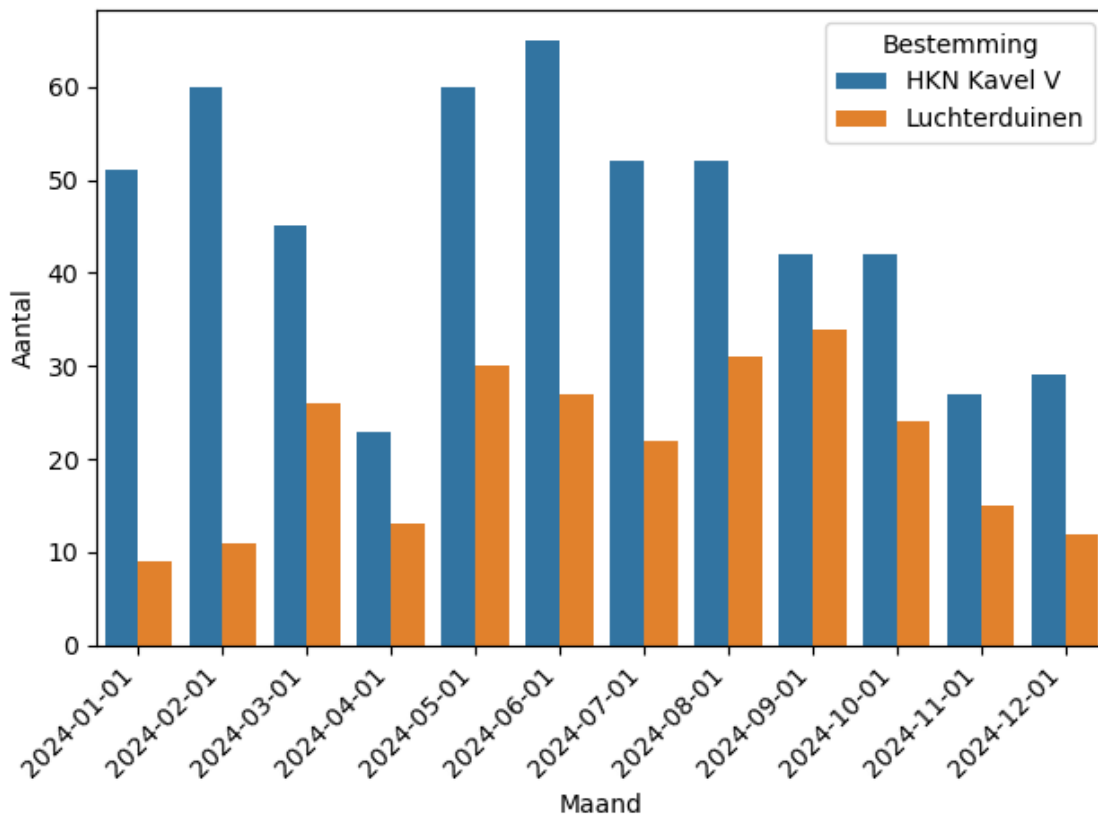
**Figuur 4-4** *Overzicht van de gebieden die gebruikt zijn voor de stageanalyse van werkvaartschepen. Daarnaast zijn alle reizen waarbij minimaal een gebied bezocht is door werkvaart weergegeven. De reizen zijn gekleurd op basis van hun herkomst.*

#### 4.2.1 Windparkverkeer

Windparkverkeer bestaat uit alle reizen van werkvaartschepen waarbij een windpark is bezocht. Met deze gegevens kan een heel scala aan vragen over verkeersstromen gerelateerd aan windparken beantwoord worden. Zo kan bijvoorbeeld het aantal bezoeken van een windpark vanuit een ander gebied inzichtelijk gemaakt worden (Tabel 4-2) en het ruimtegebruik van de reizen naar het windpark (Figuur 4-6, Figuur 4-7). Uit de tabel wordt duidelijk dat schepen in HKZ vaak meerdere kavels bezoeken in één reis, terwijl dit bij HKN Kavel V en Luchterduinen veel minder het geval is. Algemeen genomen volgen schepen vaste routes van haven naar windpark en weer terug.

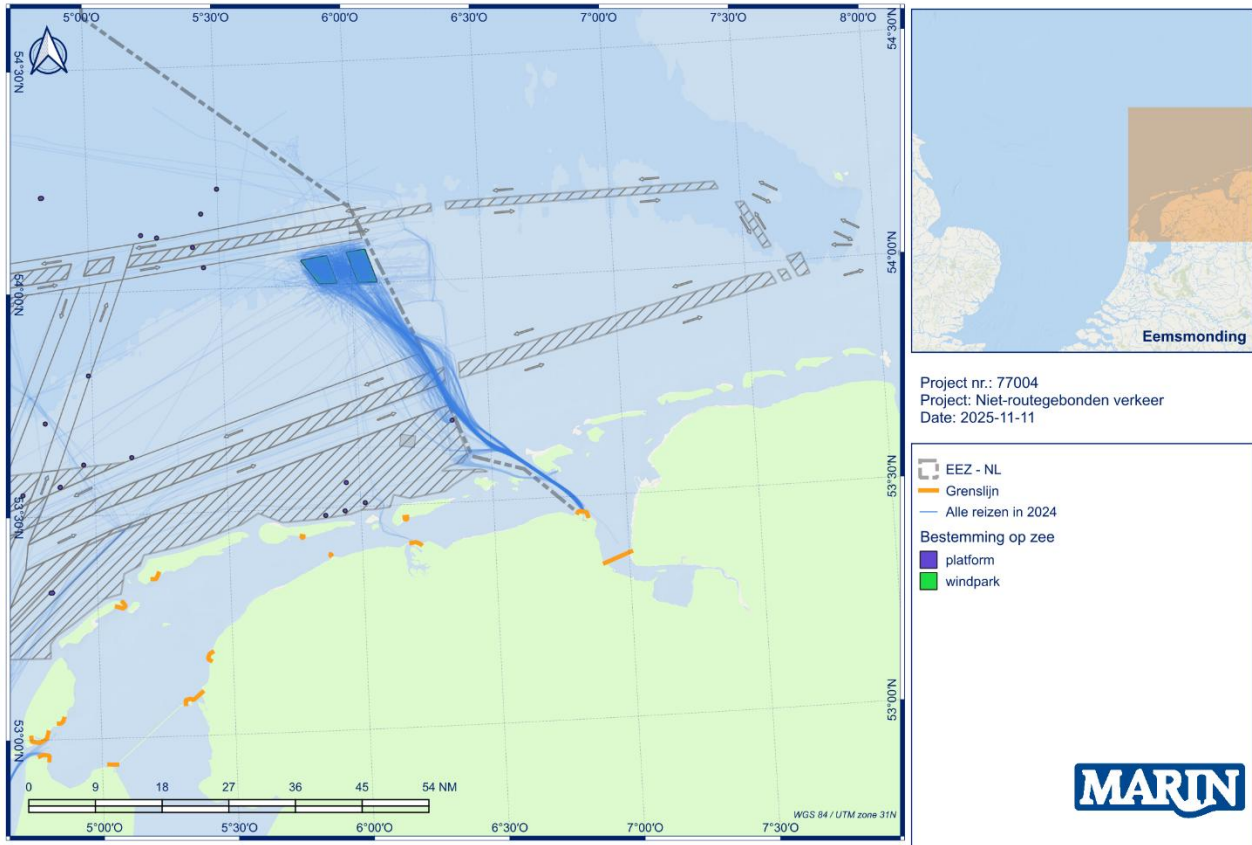
Tabel 4-2 Overzicht van de herkomst van reizen naar een windpark, waarbij de herkomst van de reis niet gelijk is aan de bestemming. Herkomst gebieden waar in totaal minder dan 10 reizen naar een van de windparken starten, zijn weggelaten. Elke rij representeert een herkomst en elke kolom een bestemming.

Herkomst\Bestemming	HKN Kavel V	HKZ Kavel I	HKZ Kavel II	HKZ Kavel III	HKZ Kavel IV	Luchterduinen
HKZ Kavel I	0	0	370	22	314	0
HKZ Kavel II	0	345	0	226	437	0
HKZ Kavel III	0	35	251	0	391	0
HKZ Kavel IV	0	328	524	410	0	5
IJmuiden	527	301	111	147	787	246
NSW OEZ	11	0	0	0	0	0
Onbekend	1	2	3	6	6	1
Scheveningen	0	2	0	1	17	1
Platform	16	1	4	5	254	34



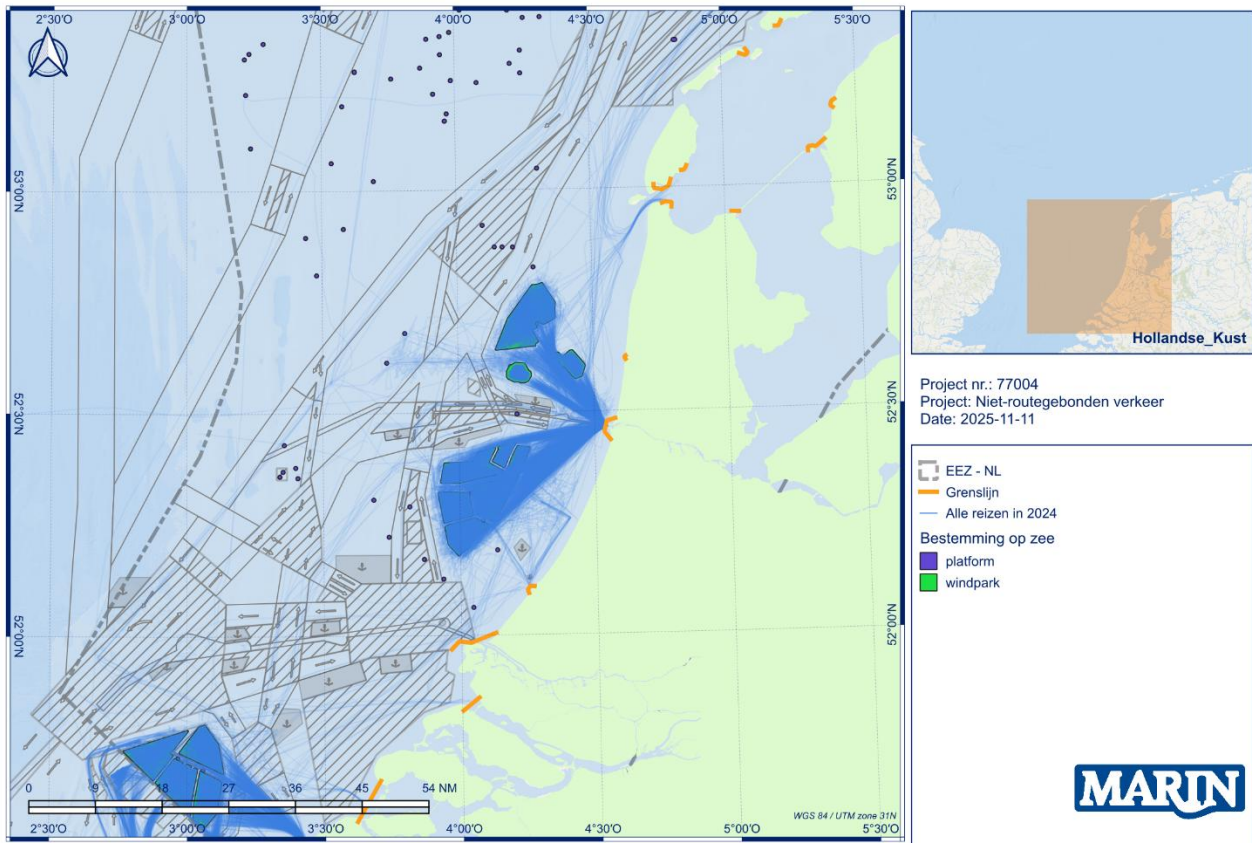
Figuur 4-5 Aantal bezoeken aan windpark HKN of Luchterduinen in 2024 per maand.

Niet-routegebonden verkeer - gebied Eemsmonding - bezoek windpark



Figuur 4-6 Reizen van werkvaartschepen die een bezoek brengen aan Gemini II en/of II in 2024

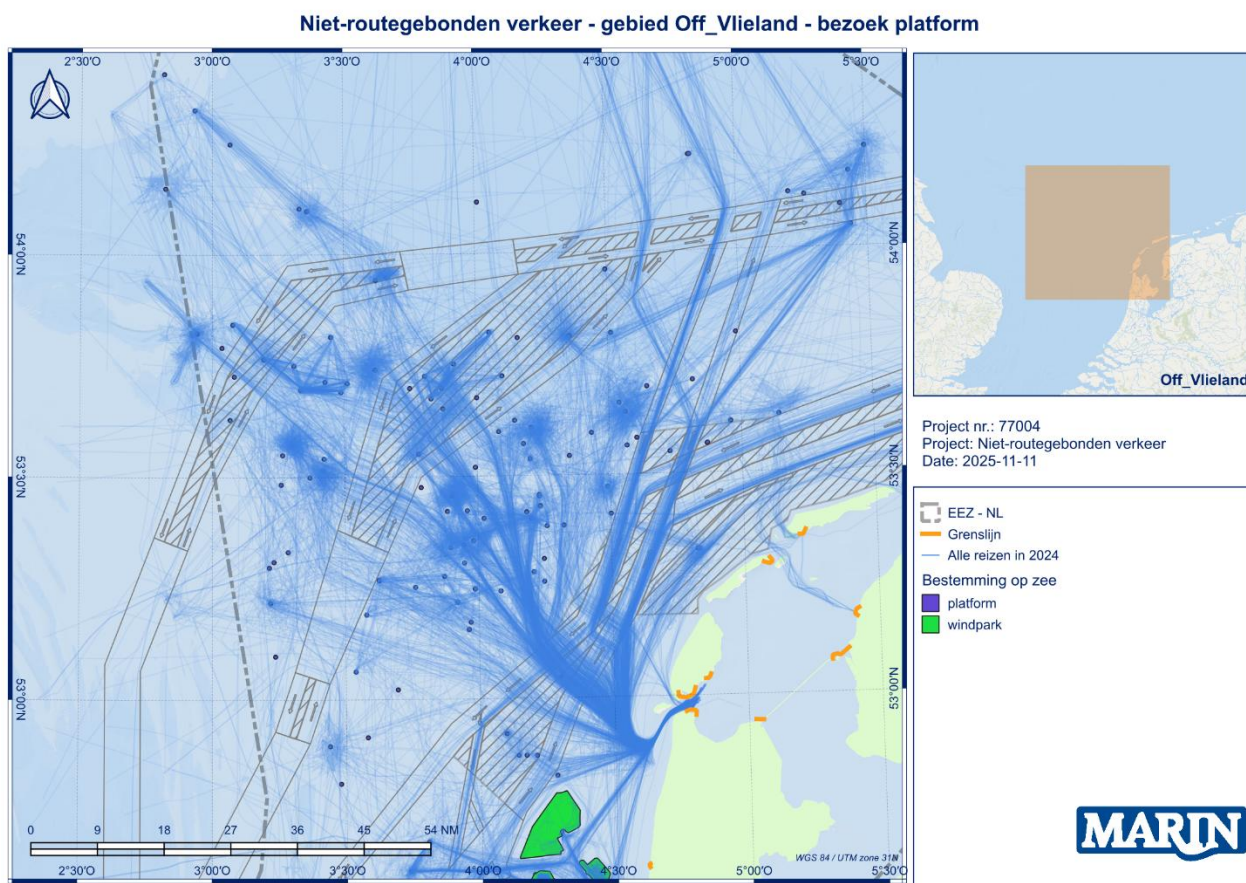
Niet-routegebonden verkeer - gebied Hollandse\_Kust - bezoek windpark



Figuur 4-7 Reizen van werkvaartschepen die een bezoek brengen aan een windpark in 2024.

#### 4.2.2 Platformverkeer

Ook het verkeer van schepen die platformen bezoeken kan in kaart worden gebracht. Een schip brengt een bezoek aan een platform als hij minimaal 10 minuten met een lage snelheid binnen de 500-meterzone van het platform is geobserveerd. Vervolgens kan nagegaan worden welke reizen een platform bezoeken. Voor het onderzoek naar platformverkeer zijn de herkomst-bestemmingsreizen die een bezoek brengen aan een platform eruit gefilterd. Vooral in het noordwestelijke deel van de Noordzee is er veel activiteit van werkvaart in relatie tot offshore platformen (Figuur 4-8). Uit het overzicht komen duidelijk routes naar voren die platformverkeer vaak nemen. Soms komen deze routes zelfs overeen met routes van de koopvaardij, maar ze vormen ook veel eigen routes die alleen door werkvaart gebruikt worden.



Figuur 4-8 Reizen van werkvaartschepen die een gebied rond een platform bezocht hebben in 2024.

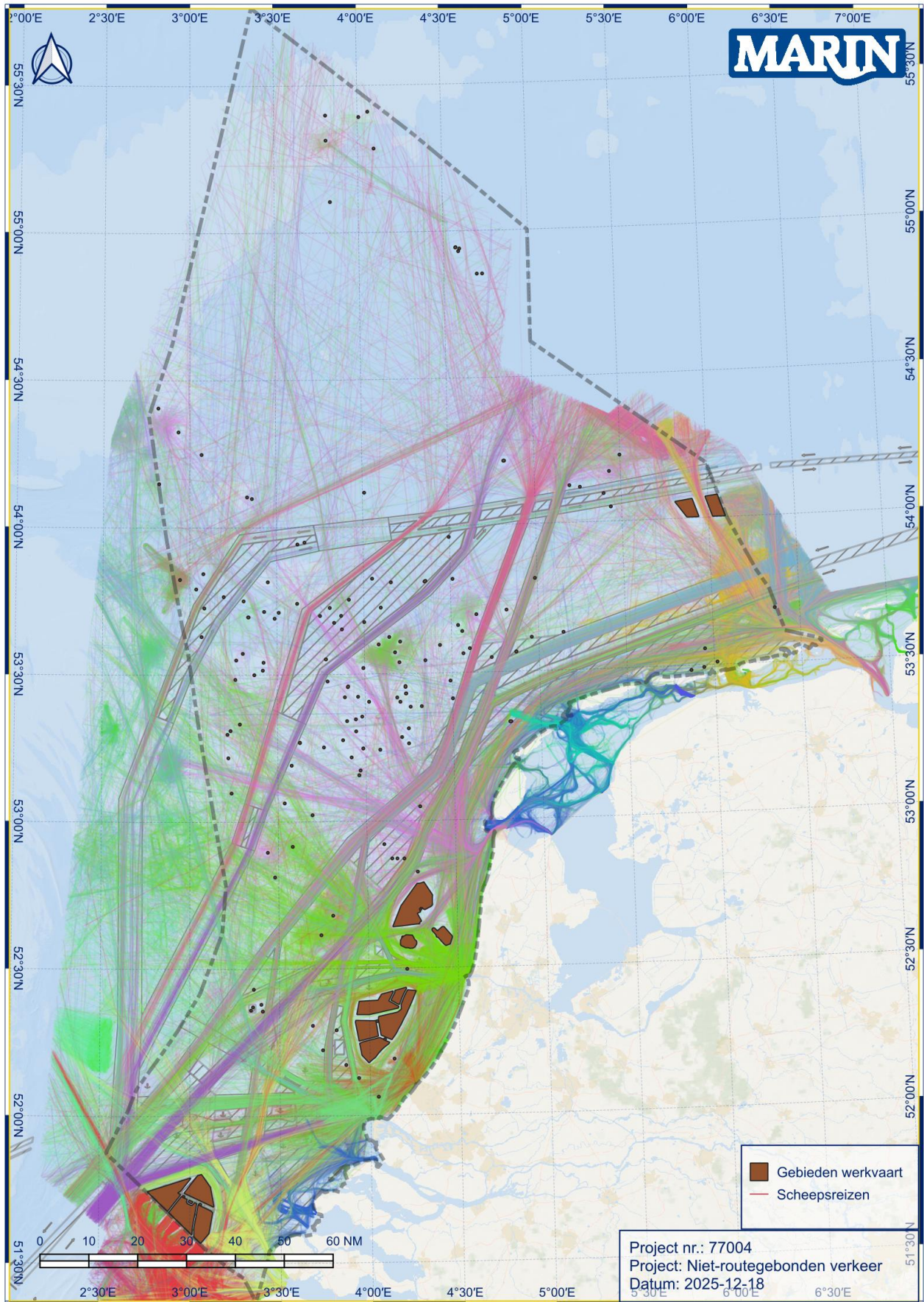
#### 4.2.3 Overig verkeer

Het werkvaartverkeer dat geen platformen en geen windparken bezoekt, noemen we voor het gemak overig verkeer. In Figuur 4-9 staan de reizen van dit verkeer afgebeeld. We kunnen deze reizen in verschillende groepen opdelen:

- Verkeer gerelateerd aan platformen buiten de Nederlandse Noordzee. Deze gebieden zijn niet meegenomen in de huidige analyse. Buitenlandse offshore windparken geven een verklaring voor het verkeer ten oosten van Gemini en ten zuiden van Borssele. Daarnaast liggen er offshore platformen in de Britse Noordzee die worden bezocht door schepen vanuit Nederlandse havens.
- Verkeer gerelateerd aan de bouw van nieuwe offshore windparken (Door De Wind en Hollandse Kust West).
- Baggerschepen hebben een kenmerkend profiel dicht aan de kust. In Figuur 4-10 wordt wat dieper ingezoomd op hun gedrag in de omgeving van IJmuiden. Hier zien we twee groepen schepen actief. Het meest opvallende is het winnen van zand iets verder uit de kust (op lage

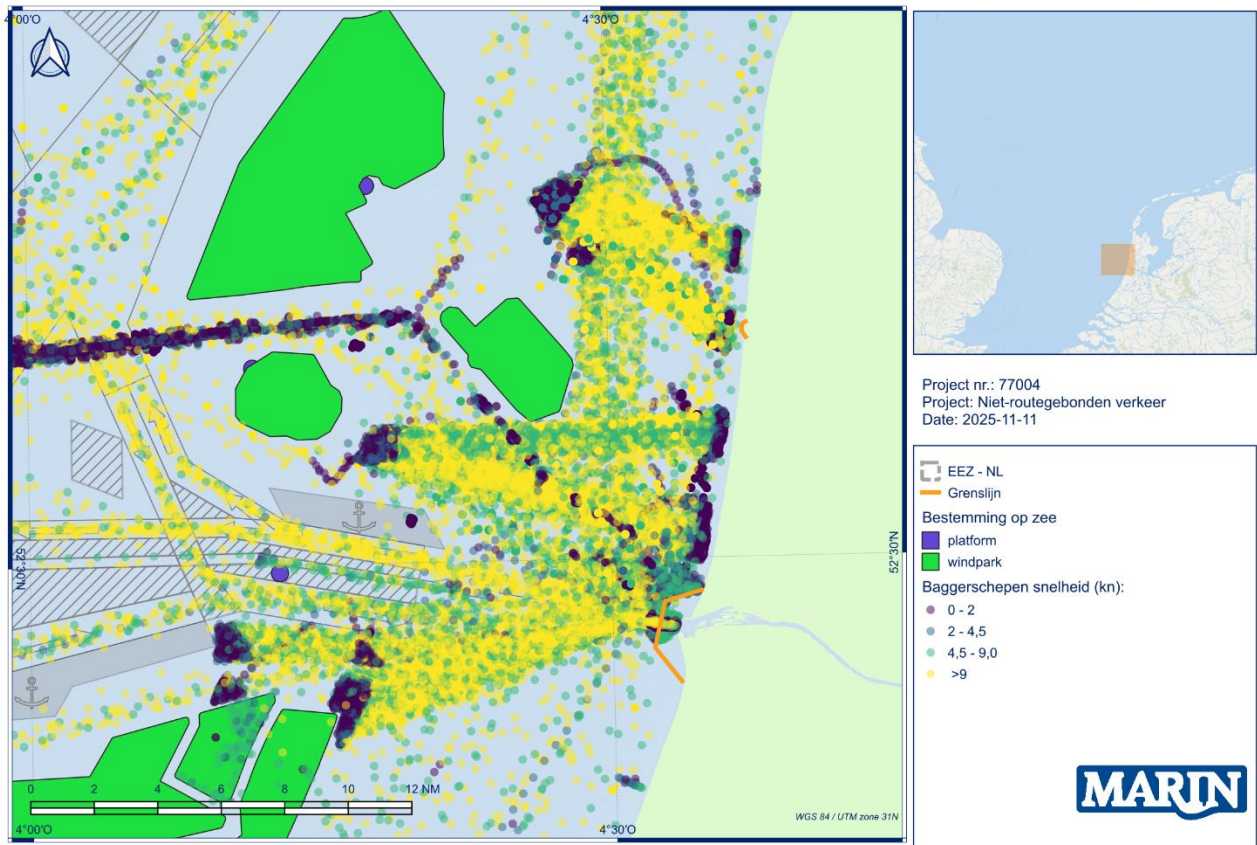
snelheid), vervolgens op hoge snelheid naar de kust varen, en daar het zand vermoedelijk weer opspuiten (lage snelheid). Verder zien we baggerwerkzaamheden bij de havenmonding en verkeersbanen. Ten slotte zien we ook een blauwe stippellijn vlak onder Hollandse Kust Noord waar een baggerschip vermoedelijk bezig is geweest om ruimte voor een kabel/vaarweg te creëren.

- Verder valt op in Figuur 4-9 dat er activiteit is van werkvaartschepen in de buurt van platformen, maar geen bezoek brengt aan een gedefinieerd platform. Het is waarschijnlijk dat dit verkeer in werkelijkheid wel gerelateerd is aan platformen. Echter, ze brengen geen bezoek aan de gebieden die als platform zijn gedefinieerd. Verder onderzoek is nodig om na te gaan of er extra platformen gedefinieerd moeten worden, of dat dit een andere verklaring heeft.
- Tot slot zien we ook een selectie schepen die gedefinieerd zijn als werkvaart, maar alleen over routes varen. Tugs hebben een groot aandeel in dit type reizen, maar ook andere subtypes worden vertegenwoordigd.



**Figuur 4-9** Reizen van werkvaartschepen in 2024 die geen windpark of platform bezoeken. De verschillende kleuren corresponderen met de herkomst van de reis.

## Niet-routegebonden verkeer - gebied IJmond - Baggerschepen operationeel snelheidsprofiel



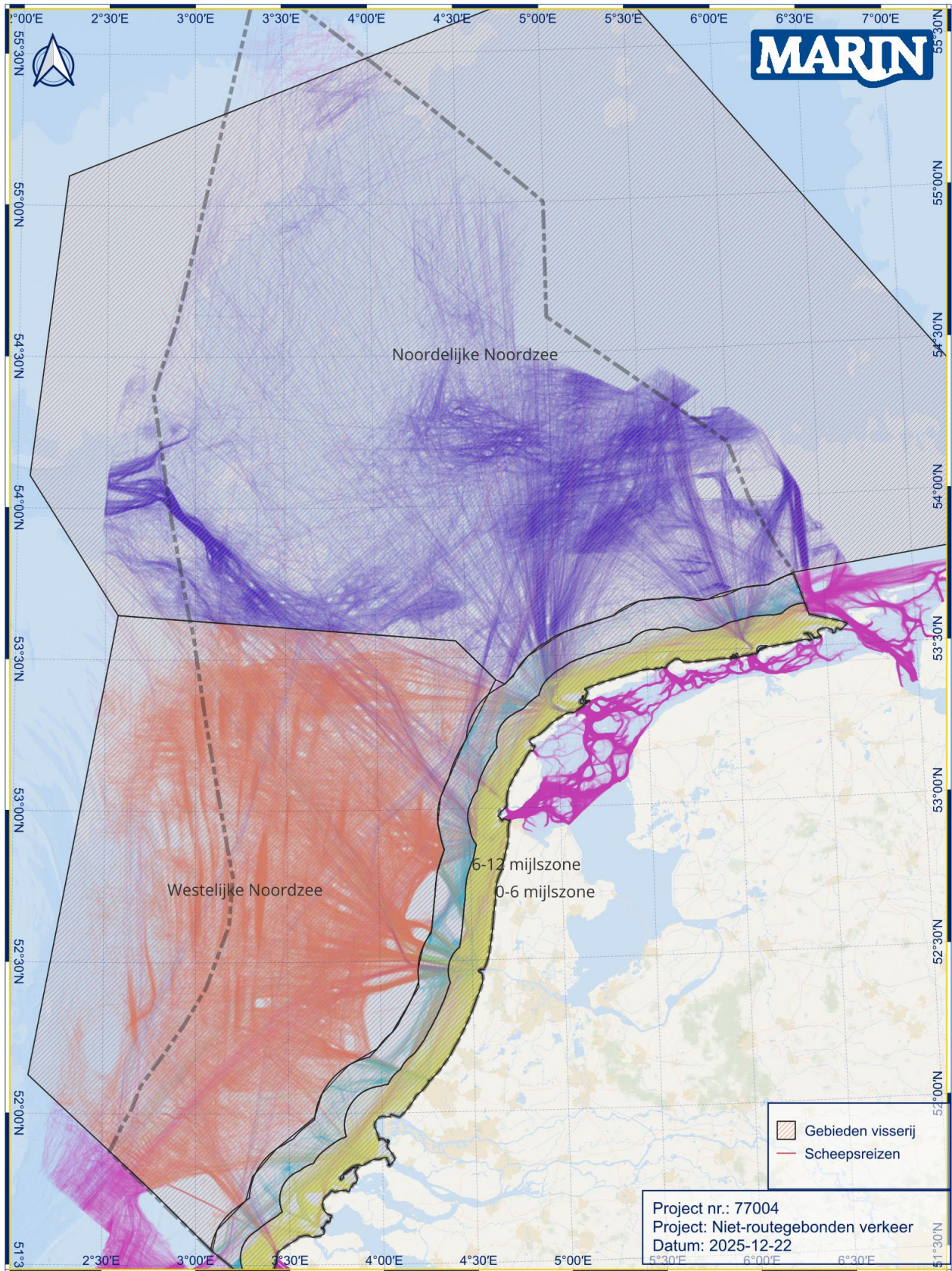
Figuur 4-10 Tracks van baggerschepen in 2024. De kleur van de bolletjes komt overeen met de snelheid in knopen. Baggerschepen met snelheid in knopen, zandsuppleties aan de kust en havenmond uitbagger en lozen verder op zee, lage snelheid wanneer in operatie en hogere snelheid onderweg. Windparken, platforms en het verkeersscheidingsstelsel zijn afgebeeld ten behoeve van het ruimtelijk overzicht.

### 4.3 Visserij

Voor vissers zijn havens en visgebieden globaal gedefinieerd (Figuur 4-11). Een vissersschip bezoekt een visgebied als zijn snelheid minimaal 10 minuten kleiner is dan 5 knopen. In Tabel 4-3 staan de uren weergegeven dat een vissersschip een bepaald gedrag vertoonde in een bepaald gebied. Uit de figuur blijkt dat de reizen van vissersschepen niet goed opgesplitst kunnen worden op basis van ruimtelijke gebieden. Dit geeft een indicatie dat het zinvol kan zijn om visgedrag beter te classificeren zodat reizen van vissersschepen op basis van gedrag gesplitst kunnen worden, in plaats van op basis van het gebied dat ze bezoeken. Een eerste aanzet hiertoe is gegeven in [Ref 5.].

Tabel 4-3 Aantal uren dat vissersschepen in de verschillende gebieden aanwezig waren.

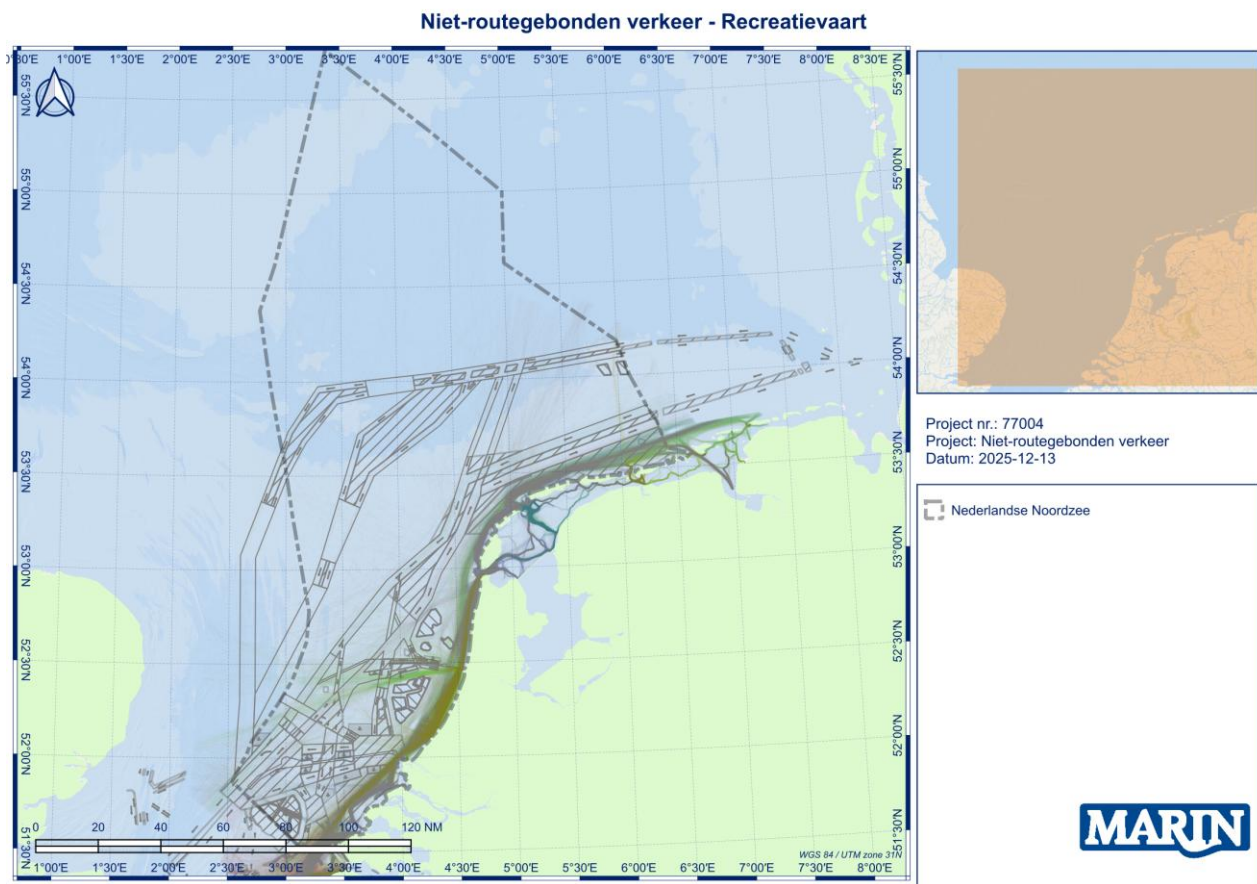
Gebied	Ankerliggen	Slow	Medium	Fast	Routebound	Totaal
0-6 mijlszone	143	17402	168482	13734	22189	221951
6-12 mijlszone	191	1719	5388	3265	3982	14545
Noordelijke Noordzee	0	8564	42819	10296	15651	77330
Westelijke Noordzee	339	11453	58900	9168	27776	107636



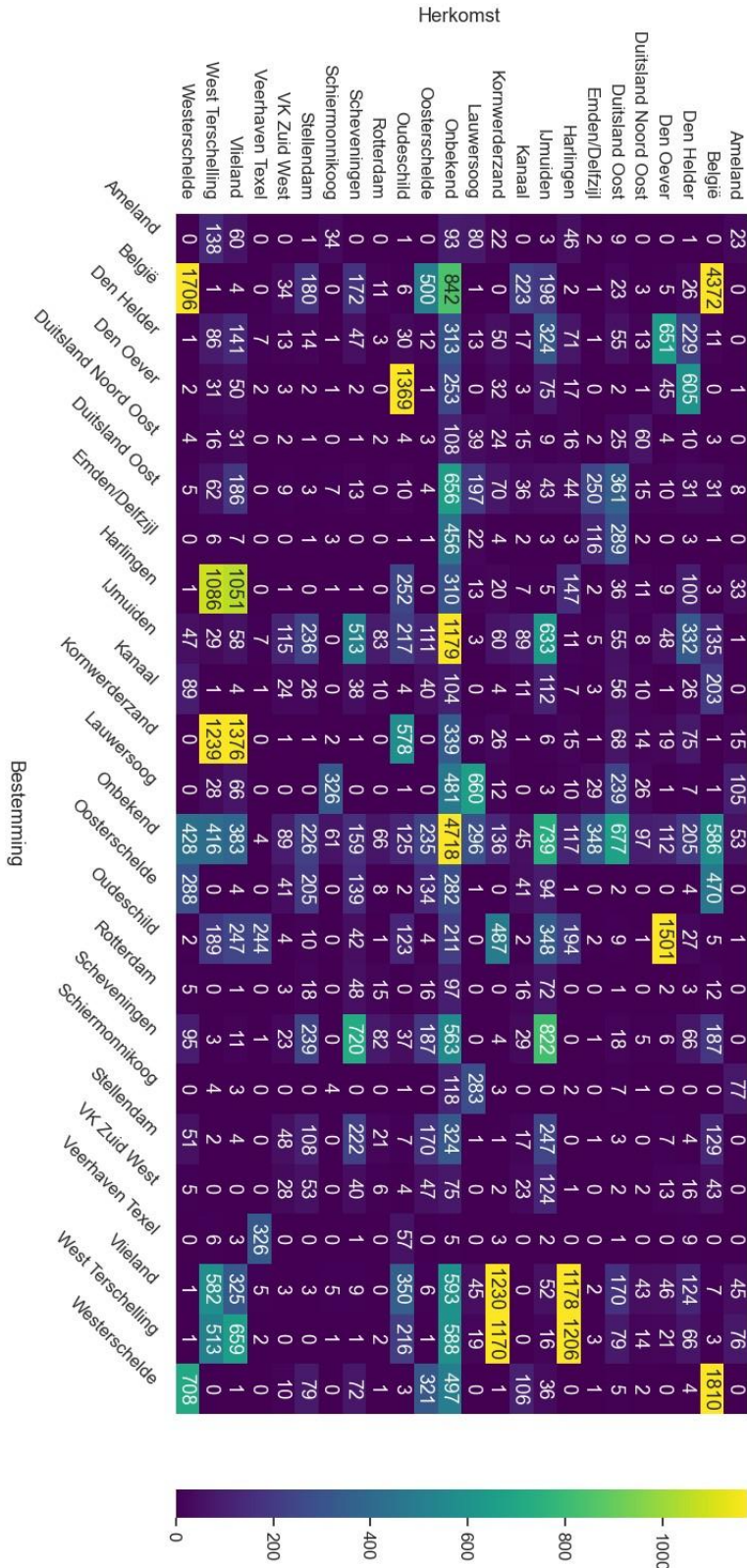
**Figuur 4-11** De globale visgebieden die voor deze studie zijn gedefinieerd en de bijbehorende reizen. Het studiegebied exclusief de twaalfmijlszone is opgedeeld in een westelijke en noordelijke Noordzee. De twaalfmijlszone is opgedeeld in twee delen: maximaal 6 mijl van de kust en minimaal 6 mijl maximaal 12 mijl van de kust.

#### 4.4 Recreatievaart

Recreatieschepen zijn een bijzonder type niet-routegebonden verkeer. Zij varen namelijk vooral van haven naar haven, maar vooral de kleinere havens en ze varen typisch dichters langs de kust. Het ruimtegebruik van de recreatievaart op de Nederlandse Noordzee is in kaart gebracht in Figuur 4-12. Daarnaast is in Figuur 4-13 de herkomst-bestemmingsmatrix behorende bij de reizen van recreatievaart afgebeeld. Vanwege het grote aantal havens zijn een aantal havens waar weinig reizen tussen waren verwijderd. Verder valt op dat de reis België-België veel wordt gemaakt. De reden hiervoor is dat alle havens van België zijn samengevat in één grenslijn (zie Figuur 4-1). Daarnaast valt op dat voor een groot aantal reizen de herkomst/bestemming onbekend is. Gaten in de reisgegevens van een schip zorgen ervoor dat de herkomst/bestemming van een schip niet altijd bekend is. Het is daarom belangrijk om ook altijd het aantal reizen met herkomst/bestemming 'Onbekend' op te nemen in de analyse. Voor specifieke casussen kan vervolgens met een meer in-depth analyse getracht worden een deel van de herkomst/bestemmingsreizen alsnog te classificeren.



Figuur 4-12 Reizen van recreatieschepen in 2024. De reizen zijn gekleurd op basis van hun herkomst.



Figuur 4-13 Herkomst-bestemmingsmatrix voor recreatievaart in 2024.

#### 4.5 Koopvaardij

De koopvaardij zijn die schepen die als hoofddoel hebben om hun vracht van haven naar haven te vervoeren. In deze studie verstaan we onder koopvaardij de schepen die geclassificeerd zijn als 'Dry Cargo', 'Tanker' of 'Passenger' in de scheepstype indeling in sectie 3.2. Het belangrijkste gedragsprofiel van deze schepen is daarom ook routegebonden. Echter, ook de koopvaardijvaart vertoont niet-routegebonden gedrag, wanneer zij in een ankergebied liggen. Dit betekent dat de stageanalyse ook toegepast kan worden op deze groep schepen. Een logische keuze voor de gebieden zijn de ankergebieden op de Nederlandse Noordzee. De stages voor koopvaardij zijn geanalyseerd voor het jaar 2024. In Figuur 4-14 zijn alle koopvaardijreizen die een ankergebied hebben aangedaan in dit betreffende jaar gepresenteerd.

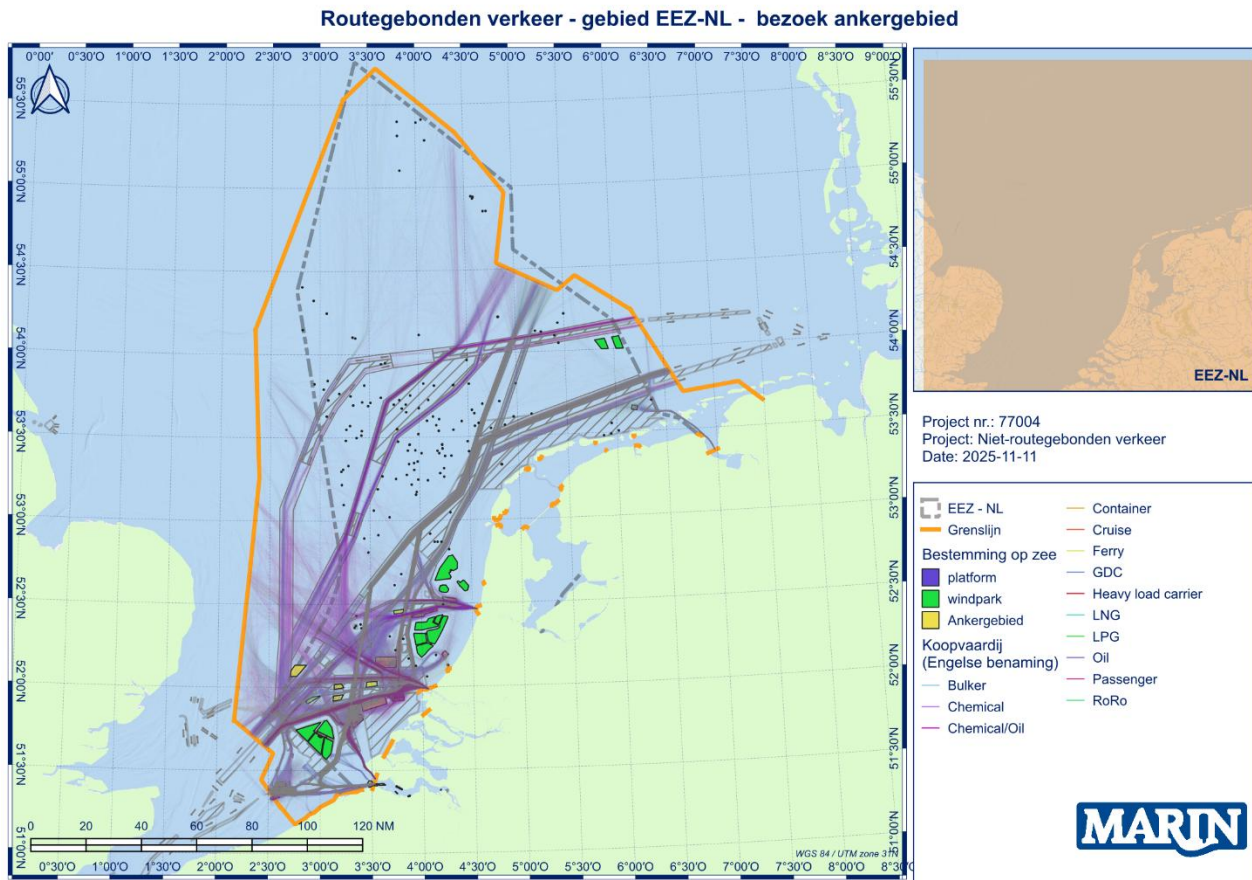
Met behulp van de koopvaardijstages kunnen legio resultaten gegenereerd worden. In Tabel 4-4 is voor elke bestemming het aantal reizen van de koopvaardij schepen geteld, waarbij er onderscheid is gemaakt tussen enerzijds de reizen waarbij een bezoek is gebracht aan een ankergebied en anderzijds reizen waarbij direct door gevaren is naar de bestemming. Voor de meest voorkomende reizen is nog een verdiepingsslag gemaakt in Tabel 4-4. Hier is voor verschillende scheepstypes gekeken of er een bezoek werd gebracht aan de betreffende ankergebieden (of dat er direct is doorgevaren zonder te ankeren).

*Tabel 4-4 Voor elke haven is het aantal reizen van koopvaardij schepen naar die haven geteld, waarbij onderscheid is gemaakt tussen reizen die een bezoek brachten aan een ankergebied en reizen die direct naar de bestemming toe gingen.*

<b>Bestemming</b>	<b>Niet via ankergebied</b>	<b>Via ankergebied</b>
<b>België</b>	5014	1011
<b>Den Helder</b>	1	1
<b>Duitsland Noord-Oost</b>	11911	859
<b>Duitsland Oost</b>	12687	590
<b>Eemshaven</b>	377	69
<b>Emden/Delfzijl</b>	1270	296
<b>Harlingen</b>	38	4
<b>IJmuiden</b>	2909	2200
<b>Kanaal</b>	33119	2435
<b>Onbekend</b>	4045	1772
<b>Rotterdam</b>	16273	7328
<b>Scheveningen</b>	33	54
<b>VK Noord</b>	16	5
<b>VK West</b>	1277	161
<b>VK Zuid-West</b>	6569	390
<b>Westerschelde</b>	14423	7059

Tabel 4-5 Voor de drie havens met het grootste aantal reizen via een ankergebied (zie Tabel 4-4), is per scheepstype het aantal reizen met/zonder bezoek aan een ankergebied weergegeven.

Hoofdtype	Type	Niet via ankergebied			Via ankergebied		
		IJmuiden	Rotterdam	Wester schelde	IJmuiden	Rotterdam	Wester schelde
Dry Cargo	Bulker	280	544	913	325	553	688
	Container	24	5043	3474	6	1429	798
	GDC	1797	3553	4182	453	952	1665
	Heavy load carrier	11	55	32	5	23	7
	RoRo	27	2975	1899	4	13	55
Tanker	Chemical	151	969	942	171	969	936
	Chemical/Oil	435	1660	1642	922	2225	1566
	Liquid Gas	32	496	855	59	313	653
	Oil	127	894	454	254	845	688
Passenger	Cruise	0	47	12	0	1	1
	Ferry	25	37	17	1	5	1
	Passenger	0	0	1	0	0	1



Figuur 4-14 Alle reizen in 2024 van koopvaardij schepen die een ankergebied bezocht hebben.

#### 4.6 Bevindingen

De herkomst-bestemmingsmethode, de stageanalyse en de gedragsanalyse zijn verder ontwikkeld en gedocumenteerd. Met behulp van deze drie technieken is het scheepvaartverkeer op de Nederlandse Noordzee geanalyseerd.

Basis van de analyse was de herkomst-bestemmingsmethode. Hiermee is scheepvaartverkeer samengevat in reizen tussen havens en de grenzen van het studiegebied. Met behulp van deze reizen kan inzicht worden verkregen in welke schepen wanneer welke reizen maken. Een belangrijke factor die de kwaliteit van deze inzichten beïnvloedt is de AIS-dekking. In deze studie zijn grenslijnen gedefinieerd op de randen van het dekkingsgebied van de beschikbare AIS-data. Wanneer er onvoldoende dekking is, kan uit de data niet bepaald worden of een schip over een grenslijn heen is gevaren, met als gevolg dat de herkomst/bestemming onbekend is. Dit kan ook gebeuren als een schip zijn AIS-transponder uitzet. Het is belangrijk om hier rekening mee te houden wanneer een studie naar scheepsreizen gedaan wordt. Hierbij is het belangrijk om de grenslijnen slim te kiezen zodat het aantal gemiste AIS-signalen tot een minimum wordt behouden. Hierbij kan het nodig zijn om voor verschillende scheepstypes andere grenslijnen te definiëren. In deze studie is ervoor gekozen om de grenslijnen iets breder om de Nederlandse Noordzee te leggen, zodat werkvaart dat platformen bezoekt in de buurt van de grens niet steeds over een grenslijn vaart. Bij een vervolgvraag kan het een goede keuze zijn om voor koopvaardij de grenslijnen meer in het dekkingsgebied te leggen.

De stageanalyse maakt het mogelijk om te onderzoeken welke gebieden een schip bezoekt tijdens zijn reis. Hier is het belangrijk om de juiste gebieden te definiëren en ook goed te definiëren wanneer een schip het gebied bezoekt. Deze methode werkt alleen goed voor schepen die specifieke gebieden bezoeken, zoals windparken, platformen of ankergebieden. Voor de visserij bleek de stageanalyse geen geschikte methode te zijn voor analyse. Het segmenteren van reizen van vissers kan het beste gedaan worden op basis van gedragsclassificatie, bijvoorbeeld zoals in [Ref 5.].

Uit de verkeersanalyse van de verschillende groepen schepen, blijkt dat gedrag op de Noordzee grofweg verdeeld kan worden in de volgende groepen:

<b>Gedragstype</b>	<b>Omschrijving</b>
<i>Varen van A naar B over vastgestelde routes</i>	Hier vaart een schip op hoge snelheid van A naar B.
<i>Varen buiten vastgestelde routes</i>	Hier vaart een schip buiten een vastgesteld routenetwerk.
<i>Voor anker liggen</i>	Hier ligt een schip voor anker. Binnen of buiten een officieel ankergebied
<i>Stilliggen, niet voor anker</i>	Hier ligt bijvoorbeeld een schip in de buurt van een platform te wachten op de volgende taak.
<i>Vissen</i>	Hier is een schip aan het vissen
<i>Werk bij een object</i>	Hier is een schip in de buurt van een object op zee ten behoeve van werkzaamheden.

Niet elke gebruikersgroep vertoont elk van de bovengenoemde gedragstypes, maar elke gebruikersgroep vertoont minimaal twee verschillende gedragstypes. De gedragsclassificatie gedefinieerd in sectie 4.1.3 vormt een goede basis om deze gedragstypes te onderscheiden.

## 5 VERKEERSMODELLERING

In het voorgaande hoofdstuk zijn de herkomst, bestemming en het ruimtegebruik van niet-routegebonden scheepvaart in kaart gebracht. Uit deze analyse blijkt dat de huidige modellering van scheepvaart in SAMSON onvoldoende mogelijkheden biedt om de werkelijkheid accuraat te beschrijven. In dit hoofdstuk wordt een nieuwe methodiek geïntroduceerd die het mogelijk maakt niet-routegebonden verkeer beter mee te nemen in de scheepvaartmodellering. Het speerpunt van deze nieuwe methode is dat het verkeer wordt gemodelleerd op basis van scheepsgedrag, in plaats van op basis van fysiek scheepstype. Er wordt uitgegaan van een verkeersdatabase waarin scheepsbewegingen worden gemodelleerd over **links** en **cellen**, waarbij elk scheepstype zowel op links als in cellen kan varen. Daarbovenop wordt het mogelijk om meer informatie over het gedrag op te slaan in de cellen dan in Fortran SAMSON.

Dit hoofdstuk behandelt eerst de huidige verkeersmodellering, hoe SAMSON hiermee aanvaarfrequenties bepaalt en wat de huidige beperkingen zijn in relatie tot niet-routegebonden verkeer. Vervolgens wordt een nieuwe definitie van celverkeer geïntroduceerd, die het mogelijk maakt om nauwkeuriger niet-routegebonden verkeer te modelleren. Dan worden op basis van de bevindingen uit het vorige hoofdstuk **scheepsgedragstypen** gedefinieerd. Deze combinaties van scheepstypes met een gedragstype vormen de basis voor het maken van de nieuwe verkeersdatabase. Daarna wordt toegelicht hoe de links en cellen van een verkeersdatabase gevuld worden met scheepsgedragstypes die een bepaalde tijd op een bepaalde link/cel aanwezig zijn. Ten slotte wordt beschreven hoe met behulp van historische gegevens over scheepvaartongevallen het nieuwe SAMSON model in de praktijk gebruikt kan worden.

Aangezien het verbeteren van de implementatie van niet-routegebonden verkeer in SAMSON vanaf het begin een belangrijke doelstelling was, sluiten de in dit onderzoek uitgevoerde werkzaamheden hier direct op aan. Dit onderzoek heeft belangrijke inzichten opgeleverd die zijn benut bij de ontwikkeling van de nieuwe implementatie van SAMSON. Omdat deze ontwikkeling en modellering parallel plaatsvonden, kon de nieuwe verkeersmodellering nog niet volledig worden doorgerekend met het vernieuwde model. De belangrijkste stappen zijn echter al gezet binnen dit onderzoek, waardoor het doorrekenen van de verkeersdatabase naar verwachting zonder complexe aanvullende stappen kan plaatsvinden.

### 5.1 Oude verkeersdatabase: links & cellen

De basis van een SAMSON verkeersdatabase wordt gevormd door links. Een link is een rechte verbinding tussen twee knooppunten: het beginpunt en het eindpunt (nodes). Een link is bij uitstek geschikt om routegebonden verkeer mee te modelleren: schepen die over vaste routes van A naar B varen. Een traffic link wordt gedefinieerd door het toekennen van verkeersstromen aan de link. Bijvoorbeeld *100 tankers per jaar met een bepaalde snelheidsverdeling*. Daarnaast krijgt elke traffic link een laterale verdeling, die de spreiding van schepen over de breedte van de link beschrijft. Deze breedte beïnvloedt de kans op aanvaringen bij inhaalmanoeuvres: hoe breder de link, hoe kleiner het de kans op een aanvaring.

Links zijn echter beperkt toepasbaar. Alleen schepen die voor gedurende een langere tijd recht doorvaren kunnen goed gemodelleerd worden met behulp van links. Schepen die stilliggen, zoals ankerliggers of werkvaartschepen, baggeraars aan het werk of vissers. Het zijn allemaal voorbeelden van scheepsgedrag die niet met behulp van links gemodelleerd kunnen worden. Bovendien is het in drukbevaren gebieden zoals de Noordzee niet haalbaar om alle rechtlijnige bewegingen via links te modelleren; dit zou leiden tot een zeer complexe en onoverzichtelijke database.

Voor het modelleren van bovengenoemd verkeer wordt het studiegebied opgedeeld in cellen. In de huidige Fortran-versie van SAMSON worden cellen van 4 km bij 4 km toegepast. Al het verkeer dat niet via links wordt gerepresenteerd, wordt samengevat in cellen. Daarbij wordt geen rekening gehouden

met het gedragsprofiel van schepen; er wordt aangenomen dat alle vaarrichtingen even waarschijnlijk zijn en dat elk scheepstype één vaste snelheidsverdeling heeft.

## 5.2 Exposuremodellen & celverkeer

Op basis van de verkeersdatabase berekent SAMSON het aantal potentiële gevaarlijke situaties (**exposure**). Exposure is een maat die beschrijft hoeveel ongevallen er gebeuren als schepen geen rekening met elkaar houden. De exposuremodellen zijn onderverdeeld in twee categorieën:

- **Schip-object aanvaringen:** *drift exposure, ram exposure*
- **Schip-schip aanvaringen:**
  - *Link: exposure tussen schepen op dezelfde link,*
  - *Link-Link: exposure tussen schepen op verschillende links,*
  - *Cel: exposure tussen schepen op een cel,*
  - *Link-Cel: exposure tussen schepen op een link en een cel*

Hieronder wordt voor beide types modellen eerst een korte intuïtieve uitleg gegeven. Vervolgens wordt dieper ingegaan op de implicaties voor celverkeer. Er wordt toegelicht hoe de aannames in Fortran SAMSON aangaande cellen resulteren in een overschatting van exposure. Ten slotte wordt toegelicht hoe deze problemen verholpen kunnen worden in de nieuwe implementatie van SAMSON.

### 5.2.1 Schip-schip aanvaringen

Het principe achter de schip-schip modellen is dat links en cellen het aantal schepen, hun snelheid en vaarrichting per jaar definiëren. Onder de aanname dat passeertijden tussen schepen onafhankelijk zijn (Poissonverdeling), kunnen scheepsbewegingen worden gesimuleerd<sup>3</sup>. Deze simulatie laat schepen rechtdoor varen en schepen wijken niet voor elkaar uit (schepen kunnen dus geen bochten maken). De exposure is een benadering van het verwachte aantal aanvaringen tussen deze gesimuleerde schepen. SAMSON voert niet werkelijk deze (tijd)simulatie uit, maar benadert het resultaat analytisch. De belangrijkste factoren die exposure beïnvloeden zijn:

- **Aantal passages over een link:** verdubbeling van het aantal schepen verdubbelt de exposure met andere links en verviervoudigt de exposure binnen dezelfde link (door inhalen).
- **Totale tijd in een cel:** lineair verband tussen verblijftijd en exposure; verdubbeling van schepen van type A verdubbelt de exposure met type B en verviervoudigt de exposure binnen type A.
- **Snelheid van schip in cel:** Hoe groter de snelheid van het schip, hoe meer passages door de cel en hoe groter de exposure. Echter, dit is geen eenduidig verband, omdat een hogere snelheid de kans op een ontmoeting met een ander schip verkleint.
- **Fysieke afmetingen:** grotere schepen vergroten de kans op aanvaring.
- **Breedte van de link:** smallere links verhogen het risico bij inhalen.
- **Aanvaarhoek:** Wanneer de relatieve koershoek tussen twee schepen klein is, is de exposure ook klein. De exposure neemt toe als de relatieve koershoek groter wordt. De kans dat twee schepen elkaar raken is immers groter als ze in tegengestelde richting varen dan wanneer ze dezelfde kant op varen.

---

<sup>3</sup> Deze aanname heeft een sleutelrol in het exposuremodel en maakt het mogelijk om exposure te bepalen aan de hand van totale verkeersstromen over een periode. Het is belangrijk om te realiseren dat deze aanname als gevolg heeft dat voor schepen die elkaar in de praktijk nooit ontmoeten (bijvoorbeeld vanwege andere tijdsschema's) wél exposure wordt bepaald. Ook kan er exposure bepaald worden voor een schip met zichzelf.

In [Ref 7.] staan de exposuremodellen uitgebreid en kwantitatief beschreven. Bovenstaande punten dienen als richtlijnen voor het intuïtieve begrip van het schip-schipmodel. Aan de hand van deze richtlijnen in combinatie met de observaties uit de verkeersanalyse valt af te leiden dat de aannames voor cellen in Fortran SAMSON (vaste snelheidsverdeling en uniforme distributie van vaarrichting) leiden tot een overschatting van schip-schipexposure.

- **Snelheidsverdeling.** De aanname was dat één scheepstype één vast snelheidsprofiel heeft. In Fortran SAMSON werd voor dit snelheidsprofiel de in-transit snelheid gekozen. Wanneer een werkvaarschip dus langere tijd (zo goed als) stilligt, wordt deze tijd gebruikt om de cel mee te vullen, maar wordt vervolgens de in-transit snelheid gebruikt om exposure te bepalen. Aan de hand van bovenstaande intuïtie volgt dus dat deze methode een sterke overschatting van de hoeveelheid exposure geeft.
- **Uniforme richtingsverdeling.** Aan de hand van de resultaten van de verkeersanalyse blijkt dat alleen voor schepen met een lage snelheid (stilliggende schepen of ankerliggers) een uniforme richtingsverdeling een goede benadering is. Als schepen in cellen een hoge snelheid hebben, is er vaak maar een beperkt aantal richtingen waar ze op varen. Dit betekent dat de gemiddelde relatieve aanvaarhoek lager is dan wanneer elke richting gelijke kans heeft, waardoor de hoeveelheid exposure overschat wordt.

### 5.2.2 Schip-object aanvaringen

Het bepalen van exposure voor schip-objectaanvaringen is conceptueel eenvoudiger dan voor schip-schip. Er wordt aangenomen dat twee events kunnen leiden tot een aanvaring met een object.

- Een motorstoring zorgt ervoor dat een schip op **drift** gaat. Het schip kan verschillende kanten op driften met verschillende snelheden. De kans op een bepaalde driftsnelheid en richting is een functie van de fysieke eigenschappen van het schip en de omgevingscondities. Vervolgens zijn er verschillende maatregelen gedefinieerd met een bepaald slagingspercentage om het driften te stoppen. De kans dat een schip een object raakt is dus de kans dat een schip in de richting van het object gaat driften én dat geen van de maatregelen om de aanvaring te voorkomen slagen.
- Een stuurfout zorgt ervoor dat een schip op **ram** gaat. De snelheid van het schip op ram is gelijk aan de oorspronkelijke snelheid van het schip. Een stuurfout is een vastgestelde afwijking in graden van de oorspronkelijke koers. Standaard zijn er 7 afwijkingen gedefinieerd met een bepaalde kans. Ook voor rammen geldt dat er maatregelen zijn gedefinieerd met een bepaald slagingspercentage om het rammen te stoppen. De kans dat een schip een object raakt is dus de kans dat een schip op ramkoers in de richting van het object is én dat geen van de maatregelen om de aanvaring te voorkomen slagen.

Zowel de kans op een stuurfout als op een motorstoring is gedefinieerd als een kans per gevaren nautische mijl. Er is dus een lineair verband tussen de kans op een schip-object aanvaring tussen een link/cel en een object en het aantal gevaren mijlen in de link/cel. Andere factoren die invloed hebben op de uitkomst van het schip-object model staan beschreven in Tabel 5-1.

Tabel 5-1 Overzicht van factoren die van invloed zijn op de resultaten van het schip-object model.

Factor	Driftmodel	Rammodel
Afstand tot het object	Hoe groter de afstand tot het object, hoe kleiner de kans op een aanvaring	
Snelheid van het schip	<b>Geen invloed.</b> Er wordt aangenomen dat wanneer de motorstoring begint, het schip direct gaat drijven met een stabiele driftsnelheid.	<b>Wel invloed.</b> De ramsnelheid is gelijk aan de snelheid van het schip. Een hogere snelheid van het schip verhoogt de aanvaarfrequentie met het object.
Fysieke afmetingen	De <b>lengte</b> van het schip heeft invloed op de aanvaarfrequentie. Hoe langer het schip hoe groter de kans op een aanvaring.	De <b>breedte</b> van het schip heeft invloed op de aanvaarfrequentie. Hoe breder het schip, hoe groter de kans op een aanvaring
Vaarrichting van het schip	<b>Geen invloed.</b> Het schip beweegt direct in de driftrichting, onafhankelijk van de oorspronkelijke vaarrichting.	<b>Wel invloed.</b> De ramrichting wordt bepaald als een stuurfout ten opzichte van de oorspronkelijke vaarrichting.

In [Ref 7.] staan de exposuremodellen uitgebreid en kwantitatief beschreven. Bovenstaande punten dienen als richtlijnen voor het intuïtieve begrip van het schip-objectmodel. Net als bij het schip-schipmodel kan hier gekeken worden wat de invloed is van de aannames voor cellen van Fortran SAMSON.

- **Snelheidsverdeling.** Door standaard één vast snelheidsprofiel te kiezen per scheepstype, wordt de snelheid van schepen die stilliggen in de buurt van een platform overschat. In Fortran SAMSON wordt voor dit snelheidsprofiel de in-transit snelheid gekozen. Dit heeft geen invloed op het driftmodel, maar wel op het rammodel. De gebruikte ramsnelheid wordt te hoog gekozen (in-transit snelheid in plaats van ~1 knoop). Hierdoor wordt de ramexposure overschat (zie Tabel 5-1.). De snelheidsverdeling heeft niet alleen impact op de aanvaarfrequentie, maar ook op de verwachte gevolgschade. De kinetische energie van de impact van de aanvaring is een functie van gewicht en snelheid van het aanvarende schip. In het geval van een klein supplyschip dat met lage snelheid tegen een platform vaart, is de kinetische energie van de aanvaring relatief klein.
- **Uniforme richtingsverdeling.** Ook voor de richtingsverdeling geldt dat dit geen invloed heeft op het driftmodel. Voor het rammodel is de originele vaarrichting van het schip echter wel relevant (Tabel 5-1.). Afhankelijk van de specifieke situatie levert dit een overschatting of een onderschatting van de hoeveelheid ramexposure.

### 5.2.3 Verbeterde modellering van verkeer in cellen

In de voorgaande sectie is toegelicht dat de aannames in Fortran-SAMSON beperkingen oplegden aan het gebruik van cellen voor het bepalen van representatieve exposure. Deze beperkingen worden in de nieuwe implementatie weggenomen, waardoor een nauwkeurigere modellering van verkeersstromen binnen cellen mogelijk wordt. De belangrijkste verbeteringen zijn:

- **Cellen met richtingsinformatie:** Bij de toewijzing van verkeer aan een cel kan het verkeer worden opgesplitst in groepen met verschillende vaarrichtingen. Hierdoor kan bijvoorbeeld worden gespecificeerd dat 50% van het verkeer in een cel naar het oosten vaart en 50% naar het noorden.
- **Cellen met snelheidsinformatie:** Voor elke combinatie van cel, scheepstype en vaarrichting kan een afzonderlijke snelheidsverdeling worden opgegeven. Dit maakt het mogelijk om variaties in snelheid per verkeersgroep expliciet te modelleren.

Deze uitbreidingen leiden tot een hogere rekencomplexiteit, omdat voor elke unieke combinatie van cel, scheepstype, richting en snelheid de exposure afzonderlijk moet worden bepaald. Desondanks

resulteert dit in een veel nauwkeuriger representatie van het verkeer binnen cellen, wat de betrouwbaarheid van de risicomodellen aanzienlijk vergroot.

### 5.3 Nieuwe verkeersdatabase

Een verkeersdatabase is een modellering van het verkeer. Schepen zijn onderdeel van het verkeer, en zijn geclassificeerd in sloopstypes aan de hand van fysieke kenmerken van het schip. Een essentieel onderdeel van verkeer is dat het een bepaald gedrag vertoont. In een goede verkeersdatabase worden deze gedragskenmerken adequaat gerepresenteerd. Links zijn een goede manier om het gedrag 'recht doorvaren' te modelleren. Elk ander gedrag kan het beste worden gerepresenteerd met cellen. De hierboven geïntroduceerde nieuwe definitie van cellen maakt het mogelijk om verschillende gedragstypes nauwkeurig te modelleren in een verkeersdatabase. Hieronder worden eerst scheepsgedragstypes gedefinieerd. Vervolgens wordt toegelicht hoe een nieuwe verkeersdatabase gemaakt kan worden met behulp van scheepsgedragstypes en de nieuwe definitie van cellen.

#### 5.3.1 Indeling in gedragstypes

In Tabel 5-2 zijn de belangrijkste gedragstypes samengevat, die in de verkeersanalyse van Hoofdstuk 4 zijn geobserveerd. De uitdaging ligt hem erin om AIS-data te classificeren in deze gedragstypes. Het uiteindelijke doel van gedragstypes is een betere ongevalsmodellering met SAMSON. De gedragstypes worden daarom ook gekozen op basis van mate van voorkomen en hun onderscheidend vermogen in SAMSON.

In de huidige studie is ervoor gekozen om de gedragstypes gedefinieerd in sectie 4.1.3 te gebruiken als basis voor scheepsgedragstypes. Deze gedragstypes verschillen niet per sloopstype. De combinatie van sloopstype en gedragstype kan daarentegen gebruikt worden om een interpretatie te geven aan het gedrag. Zo is een langzaam varend vissersschip aan het "Vissen".

Tabel 5-2 Overzicht van de meest voorkomende gedragstypes op de Noordzee

<b>Gedragstype</b>	<b>Omschrijving</b>	<b>Type incident</b>
<i>Varen van A naar B over vastgestelde routes</i>	Hier vaart een schip op hoge snelheid van A naar B.	Schip-schip en schip-object aanvaringen als het gevolg van menselijk falen of van de machine.
<i>Varen buiten vastgestelde routes</i>	Hier vaart een schip buiten vastgestelde routes	Schip-schip en schip-object aanvaringen als het gevolg van menselijk falen of van de machine.
<i>Voor anker liggen</i>	Hier ligt een schip voor anker. Binnen of buiten een officieel ankergebied	Schip-schip en schip-object aanvaringen als het gevolg van het onbedoeld van anker raken van het schip.
<i>Stilliggen</i>	Hier ligt een schip (zo goed als) stil. Vaak in de buurt van een offshore platform.	Schip-schip en schip-object aanvaringen als het gevolg van menselijk falen of van de machine.
<i>Vissen</i>	Hier is een schip aan het vissen	Schip-schip en schip-object aanvaringen als het gevolg van menselijk falen of van de machine.
<i>Werk bij een object</i>	Hier is een schip in de buurt van een object op zee ten behoeve van werkzaamheden.	Schip-schip en schip-object aanvaringen als het gevolg van menselijk falen of van de machine.

### 5.3.2 Constructie verkeersdatabase

Met het classificatiemodel uit sectie 4.1.3 kan voor alle AIS-tracks het scheepsgedragstype worden bepaald. Met deze input kan vervolgens een verkeersdatabase gemaakt worden met scheepsgedragstypes. Dit wordt op de volgende manier gedaan:

- De tracks die als routegebonden zijn geclassificeerd worden gemodelleerd op het bijbehorende routenetwerk. Voor elke lijn op het routenetwerk wordt bepaald hoeveel schepen eroverheen varen en wat de laterale verdeling van het verkeer over de link is. Voor de laterale verdeling wordt de gemiddelde afstand van schepen tot de link bepaald, en de spreiding van die afstand. De laterale verdeling wordt in SAMSON standaard gemodelleerd met een normaalverdeling.
- Voor de tracks die zijn geclassificeerd als ankerliggers wordt de tijd bepaald dat een datapunt zich in een cel bevindt. Die tijd wordt per cel, scheepstype en scheepsgrootte gesommeerd. Ankerliggers liggen zo goed als stil, en daarom wordt bij dit gedragstype aangenomen dat elke heading van het schip dezelfde kans heeft.
- Voor de tracks die overig niet-routegebonden gedrag vertonen (Slow, Medium en Fast), wordt de tijd bepaald dat elke track zich in een cel bevindt. Vervolgens wordt elk datapunt ingedeeld in een richtingsklasse (0, 45, ..., 315) op basis van de heading van de AIS-track. De tijd wordt gesommeerd per cel, scheepstype, scheepsgrootte en richtingsklasse.

De verkregen verkeersdatabase kan vervolgens gebruikt worden om de exposure (het aantal gevaarlijke situaties) te bepalen met SAMSON.

Door de verkeersdatabase zoals hierboven op te bouwen, wordt een nauwkeurigere modellering van het verkeer verkregen. De keerzijde hiervan is dat het ontwikkelen van verkeersdatabases voor nieuwe scenario's complexer wordt. In hoofdstuk 6 worden methodes voor de ontwikkeling van nieuwe verkeersscenario's behandeld.

## 5.4 Causation factors

Exposure is een kwantitatieve maat voor scheepvaartveiligheid, maar zegt van zichzelf niet iets over het werkelijk aantal verwachte ongevallen. Om uitspraken te kunnen doen over het verwachte aantal ongevallen, wordt aangenomen dat er een recht evenredig verband bestaat tussen exposure en ongevallen: twee keer zoveel exposure betekent twee keer zo veel ongevallen. Om deze vertaalslag expliciet te maken zijn causation factors geïntroduceerd. Door exposure te vermenigvuldigen met de causation factor wordt het verwachte aantal ongevallen verkregen. Exposure kan worden geïnterpreteerd als het aantal gevaarlijke situaties als schepen geen rekening met elkaar houden. De causation factor kan worden geïnterpreteerd als de mate waarin schepen succesvol zijn om een werkelijk ongeval te voorkomen in deze gevaarlijke situatie.

Voor een goede modellering van scheepsongevallen, is het dus belangrijk om goed in beeld te hebben welke ongevallen er verwacht kunnen worden. Door aan te nemen dat historische scheepsongevallen representatief zijn voor de toekomst, kunnen deze ongevallen gebruikt worden om de causation factors te kalibreren.

Causation factors zijn sterk afhankelijk van specifieke keuzes die gemaakt worden tijdens de verkeersmodellering. Dit betekent dat ze alleen hergebruikt kunnen worden als de verkeersdatabase op een vergelijkbare manier tot stand is gekomen als bij de verkeersdatabase die gebruikt is om de causation factors te bepalen. In het geval van de nieuwe verkeersdatabase die in dit hoofdstuk is geïntroduceerd, is het dus nodig om nieuwe causation factors te bepalen. Hiertoe worden eerst scheepsongevallen op de Nederlandse Noordzee geclassificeerd. Vervolgens wordt toegelicht hoe het resultaat hiervan gebruikt kan worden om de causation factors voor de nieuwe verkeersdatabase te kalibreren.

### 5.4.1 Classificatie van scheepsongevallen

Er zijn verschillende bronnen voor historische gegevens over scheepsongevallen. Tot nu toe is de Lloyds ongevallen database altijd gebruikt als basis voor de ongevalsrisico's voor SAMSON. Een nadeel van deze ongevallendatabase is dat de omschrijving van ongevallen vaak summier is en dat deze dataset vooral de ongevallen met grote schepen bevat. Het vermoeden is dat in de Lloyds ongevallendatabase ongevallen met kleinere schepen uit de visserij, werkvaart of recreatie vaak ontbreken. Omdat dit juist de groepen schepen zijn die belangrijk zijn voor deze studie, zijn ongevallen uit de SOS-database bijzonder relevant. Echter, wegens privacywetgeving was het niet mogelijk om de SOS-database voor deze studie te gebruiken. De onderstaande classificatie van scheepsongevallen is daarom alleen op Lloyds gegevens gebaseerd.

#### 5.4.1.1 Methode

Uit een eerste inspectie van de ongevalsgegevens bleek dat scheepsongevallen in een aantal logische categorieën opgesplitst kunnen worden. Allereerst kunnen ongevallen opgedeeld worden met behulp van hun locatie:

1. In de haven
2. In rivieren, kanalen of Ooster/Westerschelde
3. In open zee: Noordzee of Waddenzee

In de huidige studie ligt de focus op open zee, dus alleen scheepsongevallen in die categorie worden in detail onderzocht. Daarnaast bleek dat uit de omschrijving van scheepsongevallen ook achterhaald kan worden of er ankerliggers betrokken waren bij het ongeval.

De Lloyds ongevallendatabase voor de periode 2013 t/m 2023 is gebruikt als basis. Vervolgens zijn de ongevallen geselecteerd die zijn geregistreerd op Nederlands grondgebied. Dit resulteert in 814 geregistreerde ongevallen over een periode van 11 jaar<sup>4</sup>. Van deze ongevallen zijn de schip-schip en schip-object aanvaringen in meer detail bekeken. Zo is per incident bepaald wat de locatie van het ongeval was, of er ankerliggers betrokken waren en voor schip-object welk object is aangevaren.

#### 5.4.1.2 Schip-schip aanvaringen

In de periode van 2013 t/m 2023 zijn er door Lloyds 22 schip-schip ongevallen geregistreerd (met 44 betrokken schepen) op de Noordzee. 12 van deze ongevallen zijn bestempeld als 'serious', de overige 10 niet.

Tabel 5-3 *Betrokken schepen bij schip-schip aanvaringen op de Noordzee geregistreerd door Lloyds in 2013 t/m 2023.*

<b>Scheepstype</b>	Standaard	Ankerligger
<b>Bulker</b>	4	1
<b>Container</b>	3	3
<b>Fishing</b>	9	1
<b>GDC</b>	5	1
<b>Liquid Gas</b>	0	1
<b>Miscellaneous</b>	1	0
<b>Passenger-Ferry</b>	1	0
<b>Recreation</b>	1	0
<b>RoRo</b>	1	0
<b>Tanker</b>	5	5
<b>Work vessel</b>	1	0
<b>Onbekend</b>	1	0
<b>Totaal</b>	<b>34</b>	<b>10</b>

<sup>4</sup> Deze resultaten zijn alleen gebaseerd op een analyse van de Lloyds-database en voor het vervolg moeten deze nog naast resultaten op basis van de SOS-database of andere onderzoeken gelegd worden.

### 5.4.1.3 Schip-object aanvaringen

In de periode van 11 jaar zijn 8 schip-object ongevallen geregistreerd op de Noordzee. Drie daarvan betrof een aanvaring met een platform of windturbine (Tabel 5-4). In het geval van de bulker en de tanker was er sprake van significante schade aan het platform. Bij de aanvaring van het vissersschip met de windturbine was er sprake van significante schade aan het schip. Het incident met JuliettaD is door Lloyds primair als schip-schip aanvaring geregistreerd waardoor deze nu niet in de tabel met schip-object aanvaringen wordt benoemd. Deze kan in een nieuwe kalibratie van de causation factors uiteraard wel worden meegenomen.

Tabel 5-4 *Schip-object aanvaringen op de Noordzee geregistreerd door Lloyds in 2013 t/m 2023.*

<b>Scheepstype</b>	Platform	Turbine
<b>Bulker</b>	1	0
<b>Fishing</b>	0	1
<b>Tanker</b>	1	0

### 5.4.2 Kalibratie schip-schip

Nu de historische ongevals cijfers bekend zijn, kunnen de causation factors worden gekalibreerd. De standaard aanpak om causation factors voor schip-schip te kalibreren is als volgt. Voor een vast gedefinieerd gebied en een gekozen tijdsinterval wordt:

1. Met behulp van SAMSON de exposure bepaald met behulp van een verkeersdatabase van het gekozen gebied.
2. De historische ongevallen in dat gebied voor het gekozen tijdsinterval bepaald.

Door het aantal werkelijk gebeurde ongevallen te delen door de hoeveelheid exposure wordt de causation factor verkregen. Hierbij kan ervoor gekozen worden om één globale causation factor te kiezen. Het is ook mogelijk om per scheepsgedragstype een causation factor te kiezen. Vaak wordt ervoor gekozen om verschillende scheepstypes te groeperen en elke groep één causation factor toe te wijzen. Dit wordt gemotiveerd door het feit dat er relatief weinig scheepvaartongevallen gebeuren, waardoor het lastig is om goede kwantitatief onderbouwde causation factors te verkrijgen.

### 5.4.3 Kalibratie schip-object

Voor schip-object exposure wordt een iets andere weg gekozen. De kans op een motorstoring per nautische mijl wordt namelijk bepaald met behulp van de drifters database van Rijkswaterstaat. Hiermee kan het aantal aanvaringen als gevolg van driften bepaald worden voor het studiegebied. Vervolgens wordt aangenomen dat de overige historische ongevallen waarbij een object is aangevaren het gevolg waren van een stuurfout. Dit maakt het mogelijk om ook de kans op een stuurfout per nautische mijl te berekenen. Ook hier geldt dat de kans op een stuurfout/motorstoring in theorie per scheepsgedragstype gedefinieerd kan worden, maar dat het een uitdaging is om onderbouwing te vinden voor individuele keuzes uit historische ongevalsgegevens.

### 5.4.4 Verdere verfijning van causation factors

Causation factors kunnen ook gebruikt worden om kwantitatief te maken dat een bepaald scheepstype of een bepaald gedragstype gevaarlijker of veiliger is dan wat het standaard exposuremodel voorspelt op basis van snelheid, richting en fysieke dimensies van het schip. Mogelijk is het personeel aan boord van een werkvaartschip extra alert, waardoor de kans op een stuurfout kleiner wordt. Het is in theorie mogelijk om binnen SAMSON elke causation factor van elk scheepsgedragstype aan te passen. In de praktijk blijft het echter lastig om deze keuzes te verantwoorden met de beperkte gegevens over ongevallen.

Om deze reden wordt aangeraden om de focus niet te leggen op het finetunen van causation factors, maar op het interpreteren van de resultaten, met de kennis dat de precieze causation factor van elk scheepsgedragstype niet bekend is. Door niet alleen de aanvaarfrequentie mee te nemen, maar ook de consequentie van de aanvaring, kan meer grip op de resultaten worden verkregen. Immers, aanvaringen van kleine werkschepen op een platform zullen vaak een dusdanig lage impact hebben dat ze mogelijk verwaarloosbaar zijn voor de algemene veiligheid van schip en object. Door bij elke aanvaarfrequentie apart na te gaan wat de impact is voor de scheepvaartveiligheid in het studiegebied, kunnen de resultaten van de kwantitatieve analyse beter gebruikt worden als input voor verdiepende kwalitatieve risicostudies en beleid.

## **5.5 Conclusie**

In dit hoofdstuk is aangetoond dat de huidige verkeersmodellering in SAMSON onvoldoende aansluit bij de complexe werkelijkheid van niet-routegebonden scheepvaart. Met name de vereenvoudigde aannames voor verkeer in cellen – zoals uniforme vaarrichtingen en vaste snelheidsverdelingen – leiden tot een systematische overschatting van risico's, zowel voor schip-schip als schip-object aanvaringen.

Om deze beperkingen te verhelpen is een nieuwe methodiek ontwikkeld waarin scheepsgedrag centraal staat. In plaats van uitsluitend te modelleren op basis van fysieke scheepstypen, wordt gebruikgemaakt van scheepsgedragstypen die beter aansluiten bij de werkelijke operaties op zee, zoals varen buiten routes, vissen, ankeren en werken bij objecten. Deze gedragsbenadering vormt de basis voor een nieuwe verkeersdatabase waarin verkeer flexibeler en realistischer kan worden beschreven.

Een belangrijke verbetering is de uitbreiding van celmodellering, waarbij nu expliciet rekening kan worden gehouden met variaties in vaarrichting en snelheid binnen een cel. Hierdoor kan niet-routegebonden verkeer nauwkeuriger worden gerepresenteerd, wat resulteert in een betrouwbaardere bepaling van exposure. De keerzijde hiervan is een toename in modelcomplexiteit, met name bij het opstellen van verkeersdatabases voor nieuwe scenario's.

Daarnaast is toegelicht hoe causation factors noodzakelijk zijn om de vertaalslag te maken van potentiële gevaarlijke situaties (exposure) naar verwachte aantallen ongevallen. Omdat deze factoren sterk afhankelijk zijn van de gekozen modellering, is het essentieel om ze opnieuw te kalibreren voor de nieuwe verkeersdatabase. Historische ongevalsdata bieden hiervoor een basis, al blijft de beschikbaarheid en representativiteit van deze data een aandachtspunt.

Samenvattend biedt de in dit hoofdstuk geïntroduceerde aanpak een duidelijke verbetering in de modellering van scheepvaartverkeer binnen SAMSON. Door scheepsgedrag expliciet te modelleren en de beperkingen van de oude celdefinitie weg te nemen, ontstaat een robuustere en realistischer basis voor risicoanalyse. Dit vergroot de bruikbaarheid van SAMSON als instrument voor het beoordelen van scheepvaartveiligheid, met name in drukbevaren en complex gebruikte gebieden zoals de Noordzee.

## 6 TOEKOMSTIGE VERKEERSSCENARIO'S

Hoofdstuk 5 beschreef hoe op basis van AIS-data een gedetailleerde verkeersdatabase opgebouwd kan worden en hoe met het scheepvaartveiligheidsrekenmodel SAMSON de ongevalsfrequenties behorende bij de verkeersdatabase bepaald worden. De resultaten van zo'n ongevalsmodellering geven een beeld van de historische veiligheidssituatie in het studiegebied. De kracht van ongevalsmodelleringmodellen zoals SAMSON ligt echter niet primair in het voorspellen van ongevalsfrequenties van historische situaties, maar in het berekenen van verwachte ongevalsfrequenties in toekomstscenario's. Deze prognoses vormen een essentiële basis voor beleidsvorming, infrastructuurplanning en regelgeving in het studiegebied.

Om kwantitatieve uitspraken te doen over het verwachte toekomstige veiligheidsniveau is het noodzakelijk om toekomstscenario's voor scheepvaartverkeer te ontwikkelen. Het vertrekpunt hiervoor is de huidige situatie, waarop gerichte mutaties worden toegepast. Deze mutaties kunnen worden onderverdeeld in drie categorieën:

- **Scheepsgedragstype:** aanpassingen in fysieke afmetingen, vaarsnelheid of causation factors,
- **Verkeersstromen:** wijzigingen in de locatie en intensiteit van verkeersstromen,
- **Statische objecten:** toevoeging of verwijdering van infrastructuur zoals windturbines of platforms.

De uitdaging ligt in het onderbouwen en kwantificeren van deze wijzigingen. In dit hoofdstuk wordt beschreven welke technieken toegepast kunnen worden om toekomstige verkeersscenario's te creëren die als input kunnen dienen voor kwantitatieve maritieme risicoanalyses met SAMSON aan de hand van kwalitatieve verwachtingen over ontwikkelingen op de Nederlandse Noordzee. Daarnaast wordt kort aandacht besteed aan ontwikkelingen die invloed hebben op gevolgschade of die niet binnen SAMSON kunnen worden gemodelleerd.

In 2024 heeft MARIN in opdracht van I&W een studie gedaan naar de verwachte ontwikkelingen op de Noordzee in relatie tot het veiligheidsniveau van de Noordzee [Ref 1.]. In deze studie is uitgebreid kwalitatief onderzoek gedaan naar de verwachte ontwikkelingen op de Noordzee, zoals

- Bouw windparken op zee,
- Extra infrastructuur (geen windparken),
- Kwaliteit bemanning,
- Alternatieve brandstoffen,
- Windvoortstuwning,
- Schaalvergroting,
- Internationale spanningen en terrorisme.

Daarnaast zijn in [Ref 1.] ook per gebruikersgroep de relevante risico-ontwikkelingen in kaart gebracht (Tabel 6-1). In dit hoofdstuk wordt aan de hand van deze ontwikkelingen nader toegelicht hoe toekomstige verkeersscenario's kunnen worden geïmplementeerd. Hierbij ligt de nadruk op het documenteren van het instrumentarium om toekomstscenario's te modelleren. Het daadwerkelijk creëren van deze scenario's is geen onderdeel van het huidige onderzoek.

Tabel 6-1 *Relevante risico-ontwikkelingen voor de verschillende gebruikersgroepen uit de risico-ontwikkelingen studie [Ref 1.].*

Gebruikersgroep	Vlootontwikkeling	Relevante (risico-)ontwikkelingen
<b>Aquacultuur (mossel- en zeewierkweek binnen windparken)</b>	Toename op de middellange termijn	Losraken van systemen, toename scheepsbewegingen
<b>Visserij</b>	Afname	Windparken, nieuwe vloot, nieuwe vistechnieken
<b>Containervaart</b>	Toename	Windparken, extreem weer, autonome scheepvaart, alternatieve brandstoffen
<b>Recreatievaart</b>	Lichte toename	Windparken, extreem weer, minder ervaring
<b>Tankers (olie, gas, chemicaliën en CO2)</b>	Lichte toename	Windparken, autonomie, bemanning
<b>werkvaart - crewing</b>	Toename	Bemanning, extreem weer, meer verkeer en mensen
<b>werkvaart – offshore installatie</b>	Toename	Windparken
<b>Baggerindustrie</b>	nvt	nvt
<b>Roro/Ferry</b>	Lichte afname (RoRo)	Windvoortstuwning, alternatieve energiebronnen, windparken, kwaliteit bemanning
<b>Cruise</b>	Lichte toename	Grotere schepen, alternatieve brandstoffen, max. hellingshoek
<b>General cargo en bulk schepen</b>	Lichte afname	Windvoortstuwning, alternatieve energiebronnen, windparken, kwaliteit bemanning
<b>Onderzoekschepen</b>	nvt	nvt
<b>Jachten (superjachten)</b>	Lichte toename	Hogere snelheid, brand, complexe apparatuur

## 6.1 Mutaties in scheepsgedragstypes

Ontwikkelingen op de Noordzee die niet zozeer invloed hebben op verkeersstromen, maar juist op scheepseigenschappen, kunnen worden meegenomen door de kenmerken van de scheepstypes aan te passen. Zo kan schaalvergroting van de scheepvaart gemodelleerd worden door de fysieke afmetingen van een scheepstype te vergroten. Alternatieve brandstoffen en windvoortstuwning hebben mogelijk impact op de vaarsnelheid van het schip. Daarnaast kunnen ontwikkelingen ook impact hebben op de causation factors van scheepstypes. Door de causation factor van een ongevalstype te verhogen kan meegenomen worden dat een bepaalde ontwikkeling een hoger risicoprofiel heeft.

Een schip dat deels gebruikt maakt van windvoortstuwning is bijvoorbeeld mogelijk minder wendbaar waardoor de kans op een aanvaring groter wordt (bij bepaalde weersomstandigheden). Dit kan meegenomen worden door de causation factor voor schip-schipongevallen te verhogen. Ook door een verandering van de verwachte "kwaliteit" van de bemanning kan de kans op een schip-schipongeval hoger zijn. Daarnaast kan per ontwikkeling bepaald worden of het de kans op een motorstoring of stuurfout verhoogt. Hoewel het wijzigen van causation factors in theorie een goede manier is om sommige ontwikkelingen mee te nemen in een toekomstscenario, is het lastig om een ontwikkeling te kwantificeren in een stijging van de causation factor. Er zijn immers nog geen gegevens beschikbaar over ongevallen als het gevolg van deze ontwikkeling. Het is daarom essentieel om goed te documenteren welke keuzes gemaakt worden in het toekomstscenario, en wat de (kwalitatieve) onderbouwing van elke keuze is. In veel situaties kan het beter zijn om ervoor te kiezen de causation factors niet aan te passen. In plaats daarvan kunnen kwalitatieve verwachtingen en gegevens over de verkeersdatabase meegenomen worden bij de interpretatie van de ongevalsfrequentie.

## 6.2 Mutaties in scheepvaartverkeer

Door de verkeersstromen in het studiegebied aan te passen kunnen verwachtingen over wijzigingen in scheepvaartintensiteiten of verplaatsing van verkeer gemodelleerd worden. Deze techniek kan bijvoorbeeld gebruikt worden als er verwachtingen zijn dat bepaalde routes door bepaalde scheepstypes meer gebruikt gaan worden.

Een belangrijke factor die veel impact heeft op toekomstig scheepvaartverkeer is de aanleg van windparken. Op de Noordzee worden grote veranderingen in het scheepvaartverkeer verwacht als het gevolg van de aanleg van offshore windparken. Het effect van de komst van windparken is tweeledig. Zo komt er in het windpark extra scheepvaartverkeer als gevolg van de aanleg/exploitatie van het windpark en mogelijk medegebruik. Aan de andere kant geldt er een scheepvaartverbod voor overige schepen. Scheepvaart dat niet gerelateerd is aan het windpark mag namelijk het windpark niet in, waardoor hun gedrag en ruimtegebruik kan veranderen als gevolg van de aanleg van een windpark.

Ondanks het feit dat er de afgelopen jaren al een aantal offshore windparken zijn aangelegd in de Noordzee, blijft het lastig om de kwantitatieve gevolgen voor scheepvaart in te schatten. Nieuwe parken worden verder uit de kust gebouwd waardoor het verkeerspatroon van de aanleg/onderhoud schepen anders is en de nieuwe parken zijn groter en hebben daardoor meer impact op andere werkvaart en visserij. Hieronder wordt toegelicht hoe elementen uit de verkeersanalyse van hoofdstuk 4 gebruikt kunnen worden in combinatie met expert knowledge om weloverwogen keuzes te maken voor mutaties in het scheepvaartverkeer als het gevolg van de aanleg van windparken. Hoewel de focus ligt op de gevolgen van de aanleg van windparken, kunnen de gebruikte technieken ook goed ingezet worden voor verkeersmutaties als gevolg van andere ontwikkelingen, zoals de aanleg/exploitatie van andere infrastructuur (bijvoorbeeld maricultuur of drijvende zonnecellen).

### 6.2.1 Modelling extra windparkverkeer

In de studie risicoanalyse Search and Rescue [Ref 8.], die in 2025 is uitgevoerd, is voor het eerst in een SAMSON studie het verkeer gemodelleerd voor zowel aanleg als exploitatie van een windpark. Hiertoe had Rijkswaterstaat informatie aangeleverd over de verwachte hoeveelheid verkeer voor toekomstige windparken op de Noordzee. Aangezien deze parken verder uit de kust liggen, is het verkeerspatroon voor deze parken structureel anders dan voor de parken dicht bij de kust. Voor de parken dichtbij de kust kunnen werkvaartschepen namelijk regelmatig heen en weer varen, terwijl dit niet meer haalbaar is voor de nieuwe parken.

De modellering in [Ref 8.] was gebaseerd op zogeheten Service Operation Vessels (SOVs) die gedurende een periode van meerdere weken in het windpark blijven. De modellering kon nog niet gebruik maken van de inzichten uit dit onderzoek, waardoor er geen rekening is gehouden met het gedragsprofiel van de SOVs. Dit resulteert vermoedelijk in een overschatting van de aanvaarfrequenties. Wanneer de nieuwe principes voor celverkeer uit dit onderzoek worden toegepast in combinatie met de verwachte verkeerscijfers uit [Ref 8.], kunnen de aanvaarfrequenties als gevolg van windparkverkeer een stuk nauwkeuriger worden geschat. Wanneer één SOV gedurende langere tijd in één cel wordt gemodelleerd, dient wel rekening gehouden te worden met de beperkingen van SAMSON. Het schip-schip exposuremodel weet namelijk niet dat het één schip betreft, waardoor een deel van de berekende exposure het gevolg zal zijn van interactie van de SOV met zichzelf (zie voetnoot in sectie 5.2.1).

### 6.2.2 Verplaatsing routes scheepvaart

Door de aanleg van windparken met een doorvaartverbod voor niet-windpark gerelateerde schepen, worden schepen gedwongen een andere route te kiezen. Voor koopvaardij is dit bijvoorbeeld meegenomen in de studie naar scheepvaartveiligheid op de SN10 [Ref 3.] en voor het onderzoek voor de Partiële Herziening [Ref 4.]. Tot nu toe wordt in SAMSON studies bijna nooit rekening gehouden met de routes van werkvaart door geplande windparken. De meest gebruikte aanpak was om al het werkvaartverkeer, gemodelleerd in cellen, net buiten het windpark te vegen. Dit kan gezien worden als

een worst case benadering voor het windpark in kwestie, omdat met deze methode relatief veel scheepvaart in de buurt van het windpark wordt gemodelleerd. Echter, wanneer het verkeer in de praktijk andere routes kiest, wordt met deze methode de scheepvaartveiligheid op andere plekken op zee overschat.

Door het gedrag van werkvaartschepen over meerdere jaren beter in beeld te brengen, bijvoorbeeld met behulp van de methodes verkend in de verkeersanalyse van hoofdstuk 4, kunnen weloverwogen keuzes gemaakt worden om een nauwkeurigere werkvaartmodellering tot stand te brengen. Het is belangrijk om te realiseren dat ook met betere kennis over het historische gedrag van werkvaartschepen, het nog steeds een uitdaging blijft om voorspellingen te doen voor de toekomst. Wanneer aangenomen wordt dat de verkeersstromen ten behoeve van platformen gelijk blijven in het toekomstscenario, maar dat de routes ernaar toe wijzigen door de afsluiting van gebieden, kunnen nieuwe routes getekend worden. Vervolgens kan het routegebonden deel van de reis van werkvaartverkeer gerouteerd worden over deze nieuwe routes.

### **6.2.3 Verplaatsing visserij**

Wanneer gebieden worden afgesloten voor de visserij, is het lastiger om een goede voorspelling te doen wat voor gevolgen dit heeft op toekomstige visactiviteiten. Supply-schepen moeten immers nog steeds naar hetzelfde platform varen, maar een visser is niet dusdanig gebonden aan een specifieke locatie. Momenteel wordt er nog veel gevestigd op plekken waar in de toekomst windparken gebouwd gaan worden. Dit betekent dat de aanleg van windparken grote impact heeft op de visserij. Er zijn grofweg drie verschillende manieren om toekomstige visserij te modelleren:

1. De visactiviteit in windparken stopt en komt niet terug in andere gebieden. Dit kan gemodelleerd worden door het celverkeer van vissers in het windpark te verwijderen.
2. De visactiviteit in windparken verplaatst naar andere gebieden. Dit kan gemodelleerd worden door het celverkeer van vissers in het windpark te verdelen over de andere visgebieden. De eenvoudigste manier om dit te aan te pakken is door eerst de visserij uit het windpark te verwijderen en vervolgens de overige visserij met een constant percentage te verhogen zodat de totale visactiviteit gelijk blijft.
3. De visactiviteit intensiveert in de directe omgeving van het windpark. Hiervoor kan het visserijverkeer in het windpark naar de rand net buiten het park geveegd worden. Deze methode wordt ook wel 'fishing the line' genoemd, en is een worst case modellering voor de scheepvaartveiligheid in de directe omgeving van het windpark.

In de praktijk is het antwoord waarschijnlijk een combinatie van bovenstaande drie methodes. In het kader van dit onderzoek hebben twee overleggen plaatsgevonden met experts van de Wageningen Universiteit die zich bezighouden met visserij op de Noordzee. Parallel aan dit onderzoek zijn zij een complex model aan het kalibreren [Ref 9.] dat de verplaatsing van visserij modelleert. Mogelijk kan in de toekomst de uitkomst van dit model gebruikt worden als input voor toekomstscenario's voor SAMSON studies.

### **6.3 Mutaties in statische objecten**

In de toekomst zullen de objecten op de Noordzee wijzigen. Het aantal windturbines zal stijgen door de eerdergenoemde aanleg van windparken. Daarnaast vinden er ook wijzigingen plaats in de offshore platformen. Een deel van de olie-en gasplatformen worden ontmanteld, anderen worden omgebouwd voor andere doeleinden zoals opslag van Carbon Capture & Storage (CCS). Naast impact op scheepvaartverkeer, waarvoor hierboven is uitgelegd hoe dit meegenomen kan worden, dienen ook de statische objecten van het verkeersscenario geüpdatet te worden. Als de fysieke afmetingen en locatie van elke platform/turbine bekend zijn, kunnen deze eenvoudig toegevoegd worden aan het scenario. Als er nog onzekerheid is over de locatie van een object, kan ervoor gekozen worden om verschillende locaties mee te nemen met een bepaalde waarschijnlijkheid.

#### **6.4 Gevolgschademodelering**

Ontwikkelingen op de Noordzee kunnen niet alleen de kans op ongevallen beïnvloeden, maar ook de omvang van de gevolgschade. Hoewel dit aspect buiten de scope van deze studie valt, is het relevant om te benoemen dat bepaalde trends een significante impact kunnen hebben op de verwachte schade bij incidenten. Een voorbeeld hiervan is de toenemende toepassing van alternatieve brandstoffen. Sommige van deze brandstoffen zijn aanzienlijk brandgevaarlijker dan conventionele diesel, waardoor de gevolgen van een scheepvaartongeval substantieel kunnen toenemen.

#### **6.5 Overige ontwikkelingen**

Niet alle toekomstige ontwikkelingen kunnen worden meegenomen in het kwantitatieve veiligheidsmodel SAMSON. Een illustratief voorbeeld is het risico van internationale spanningen en terrorisme. Deze factoren worden niet als ongevalstypen in SAMSON gemodelleerd en vereisen alternatieve methoden voor risicokwantificering.

Het is daarom van belang om per aspect van een toekomstscenario te beoordelen of opname in de SAMSON-modellering toegevoegde waarde heeft. Voor ontwikkelingen die niet op een zinvolle wijze in SAMSON kunnen worden meegenomen, dient een separate risicobeoordeling te worden uitgevoerd.

## REFERENTIES

- [Ref 1.] A. Nap et al, Risico-ontwikkelingen en mitigatie 77000, 28 december 2024, Wageningen.
- [Ref 2.] K. Kauffman et al, Netwerkanalyse Noordzee 2024 34243, Wageningen
- [Ref 3.] Y. Koldenhof en C. van der Gaag, FSA – SN10 – Phase II 34686, 4 september 2024
- [Ref 4.] C. van der Gaag en Y. Koldenhof, Kwantitatieve analyse scheepvaartincident frequenties voor de Partiële Herziening Programma Noordzee 35680, 29 november 2024
- [Ref 5.] C. Jackson, Clusteren en Classificeren van het Gedrag van Visserschepen 77004, december 2025
- [Ref 6.] ITU-R, Recommendation ITU-R M.585-6, Assignment and use of identities in the maritime mobile service, januari 2012
- [Ref 7.] Y. Koldenhof, C. van der Tak & others, SAMSON: Technical documentation 30751, 27 maart 2019
- [Ref 8.] C. van der Gaag et al, Risicoanalyse Search and Rescue 77004, 22 oktober 2025
- [Ref 9.] Displace model, <https://displace-project.org/>

MARIN  
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen  
The Netherlands

T +31 317 49 39 11  
E [info@marin.nl](mailto:info@marin.nl)

I [www.marin.nl](http://www.marin.nl)  
   