



Vlaanderen
is wetenschap



Vliegbewegingen van grote meeuwen in de voorhaven van Zeebrugge

Studie in het kader van geplande windturbines in de westelijke voorhaven

Robin Daelemans, Wouter Courtens, Hilbran Verstraete, Marc Van de walle & Eric Stienen

**INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK**

Auteurs:

[Robin Daelemans](#) , Wouter Courtens, Hilbran Verstraete, Marc Van de walle, Eric Stienen

Reviewers:

Willem Verlinden, Hilde Eggermont

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

Vestiging:

INBO Brussel, Herman Teirlinckgebouw, Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel, België
vlaanderen.be/inbo

e-mail:

robin.daelemans@inbo.be

Wijze van citeren:

Daelemans, R., Courtens, W., Verstraete, H., Van de walle, M. & Stienen, E. (2025). Vliegbewegingen van grote meeuwen in de voorhaven van Zeebrugge. Studie in het kader van geplande windturbines in de westelijke voorhaven. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (66). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.134107689

D/2025/3241/451

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (66)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Hilde Eggermont

Foto cover:

Yves Adams / Vilda

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

Port of Antwerp-Bruges (POAB).



Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding 4.0 Internationaal](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)-licentie.

VLIEGBEWEGINGEN VAN GROTE MEEUWEN IN DE VOORHAVEN VAN ZEEBRUGGE

Studie in het kader van geplande windturbines in de
westelijke voorhaven

Robin Daelemans, Wouter Courtens, Hilbran Verstraete, Marc Van de walle, Eric
Stienen

doi.org/10.21436/inbor.134107689

Dankwoord

In deze studie werd beroep gedaan op het vogelzenderennetwerk dat deel uitmaakt van de Vlaamse bijdrage aan LifeWatch, gefinancierd door het FWO. Dit netwerk werd gerealiseerd in nauwe samenwerking met de Universiteit Gent (met bijzondere dank aan Hans Matheve), de Universiteit Antwerpen, VLIZ (Francisco Hernandez) en het LifeWatch-team van het INBO (Peter Desmet en Bart Aelterman).

Reviewer: Willem Verlinden (SWEKO)

Studie uitgevoerd in opdracht van Port of Antwerp-Bruges (POAB)

Samenvatting

De voorhaven van Zeebrugge is een gebied van uitzonderlijk ornithologisch belang en herbergt internationaal belangrijke aantallen van verschillende kustbroedvogels en overwinterende vogels. Het is een belangrijk broedgebied voor grote meeuwen, waaronder de kleine mantelmeeuw (*Larus fuscus*) en zilvermeeuw (*Larus argentatus*). In het kader van de geplande installatie van windturbines in de westelijke voorhaven werd onderzocht welke vliegroutes deze meeuwen volgen wanneer zij zich van of naar het havengebied verplaatsen. De resultaten van deze studie zullen, in combinatie met de specificaties van de geplande windturbines, geïntegreerd worden in aanvaringsmodellen om het aanvaringsrisico met de geplande turbines zo nauwkeurig mogelijk te kunnen inschatten.

De analyse baseert zich op GPS-gegevens van 133 individuele meeuwen die tussen 2013 en 2023 in Zeebrugge werden gezenderd. De dataset omvatte in totaal 75998 vliegbewegingen van of naar het havengebied. Ondanks de beperkte temporele resolutie van de zenderdata (gemiddeld één locatiemeting per acht minuten), konden duidelijke patronen in seizoensgebonden activiteit en vliegrichting worden vastgesteld.

Zowel kleine mantelmeeuwen als zilvermeeuwen maken intensief gebruik van de zones in de westelijke voorhaven waar de nieuwe windturbines zijn gepland. Kleine mantelmeeuwen vliegen vooral van of naar het zuidzuidoosten en noordwesten, terwijl zilvermeeuwen vaker zuidelijke en zuidwestelijke richtingen aanhouden. Tijdens het broedseizoen betekent dit dat kleine mantelmeeuwen vaak over de westelijke strekdam en de dokken en bedrijventerreinen van de westelijke voorhaven vliegen. Zilvermeeuwen volgen vergelijkbare routes, maar vliegen de westelijke strekdam doorgaans meer aan de zuidelijke zijde over. De koppeling van vliegrichtingen aan broedlocaties toont bovendien aan dat de intensiteit van vliegbewegingen ruimtelijk varieert binnen de voorhaven naargelang de ligging en omvang van de broedkolonies.

Hoewel deze studie waardevolle inzichten biedt in de seizoensgebonden activiteit en de algemene vliegrichtingen van kleine mantelmeeuwen en zilverbmeeuwen in de voorhaven van Zeebrugge, is het aangewezen deze data te combineren met aanvullende terreinwaarnemingen en tellingen die meer informatie bieden over het vlieggedrag en de vlieghoogtes van de meeuwen in de directe omgeving van de geplante windturbines. Gerichte tellingen zijn bovendien ook essentieel om inzicht te krijgen in de aantallen en ruimtelijke spreiding van vogels tijdens de winterperiode, wanneer de voorhaven ook wordt gebruikt door overwinterende meeuwen uit noordelijkere populaties.

Ten slotte richt deze analyse zich uitsluitend op twee meeuwensoorten, terwijl de voorhaven ook van groot belang is voor andere vogelsoorten, zoals de grote stern (*Thalasseus sandvicensis*) en de visdief (*Sterna hirundo*), die er in internationaal significante aantallen broeden. Hun vliegroutes en foerageerpatronen binnen en buiten het havengebied blijven echter grotendeels onbekend. Verdere kennisopbouw over het vlieggedrag, de habitatvoorkeur en de verstoringsgevoeligheid van alle vogelsoorten die de voorhaven gebruiken als broed-, rust- of foerageergebied is daarom essentieel voor een integrale, wetenschappelijk onderbouwde beoordeling van de ecologische effecten van windenergieontwikkeling in de voorhaven van Zeebrugge.

English abstract

The outer port of Zeebrugge is an area of exceptional ornithological importance, hosting internationally significant numbers of various coastal breeding birds and wintering birds. It is also an important breeding area for large gulls, including lesser black-backed gulls (*Larus fuscus*) and herring gulls (*Larus argentatus*). In the context of the planned installation of wind turbines in the western outer port, we investigated which flight routes these gulls use when moving to and from the port area. The results of this study will be combined with the technical specifications of the planned wind turbines and integrated into collision-risk models, in order to estimate collision risk with the turbines as accurately as possible.

The analysis is based on GPS data from 133 individual gulls tagged in Zeebrugge between 2013 and 2023 by the Research Institute for Nature and Forest. The dataset contains a total of 75998 flights to or from the port area. Despite the limited temporal resolution of the tracking data (on average one location fix every eight minutes), clear patterns in seasonal activity and flight direction could be identified.

Both lesser black-backed gulls and herring gulls make intensive use of the zones in the western outer port where the new wind turbines are planned. Lesser black-backed gulls mainly fly to and from the south-southeast and northwest, whereas herring gulls more frequently follow southerly and south-westerly directions. During the breeding season, this implies that lesser black-backed gulls regularly pass over the western breakwater and the docks and industrial areas of the western outer port. Herring gulls follow broadly similar routes, but usually cross the western breakwater slightly further to the south. Linking flight directions to breeding locations further shows that the intensity of flight activity varies spatially within the port area, depending on the location and size of the breeding colonies.

Although this study provides valuable insights into the seasonal activity patterns and general flight directions of lesser black-backed gulls and herring gulls in the outer port of Zeebrugge, it is advisable to combine these data with additional field observations and dedicated counts that can provide more detailed information on flight behaviour and flight altitudes in the immediate vicinity of the planned wind turbines. Targeted counts are also essential to understand the numbers and spatial distribution of birds during the winter period, when the outer port is also used by overwintering gulls from more northerly populations.

Finally, this analysis focuses exclusively on two gull species, whereas the outer port is also of major importance for other bird species, such as sandwich terns (*Thalasseus sandvicensis*) and common terns (*Sterna hirundo*), which breed there in internationally significant numbers. Their flight routes and foraging patterns inside and outside the port area, however, remain largely unknown. Further knowledge development on flight behaviour, habitat preferences and sensitivity to disturbance for all bird species that use the outer port as a breeding, roosting or foraging area is therefore essential for an integrated, scientifically sound assessment of the ecological effects of wind energy development in the outer port of Zeebrugge.

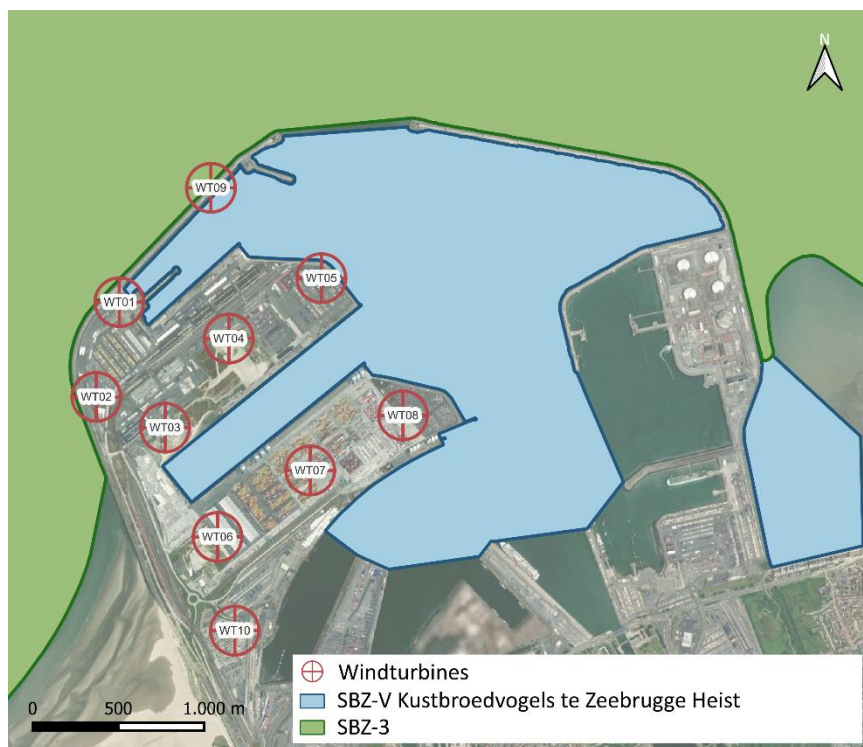
Inhoudstafel

Dankwoord	2
Samenvatting	3
English abstract	4
1. Inleiding	6
2. Materiaal en methode	9
2.1 Studiesoorten	9
2.2 GPS-gegevens	10
2.3 Dataverwerking	10
3. Resultaten	12
3.1 Vliegrichtingen kleine mantelmeeuwen	13
3.2 Zilvermeeuwen	15
4. Discussie	18
Referenties	20
Bijlage	22
Lijst van figuren	31
Lijst van tabellen	31

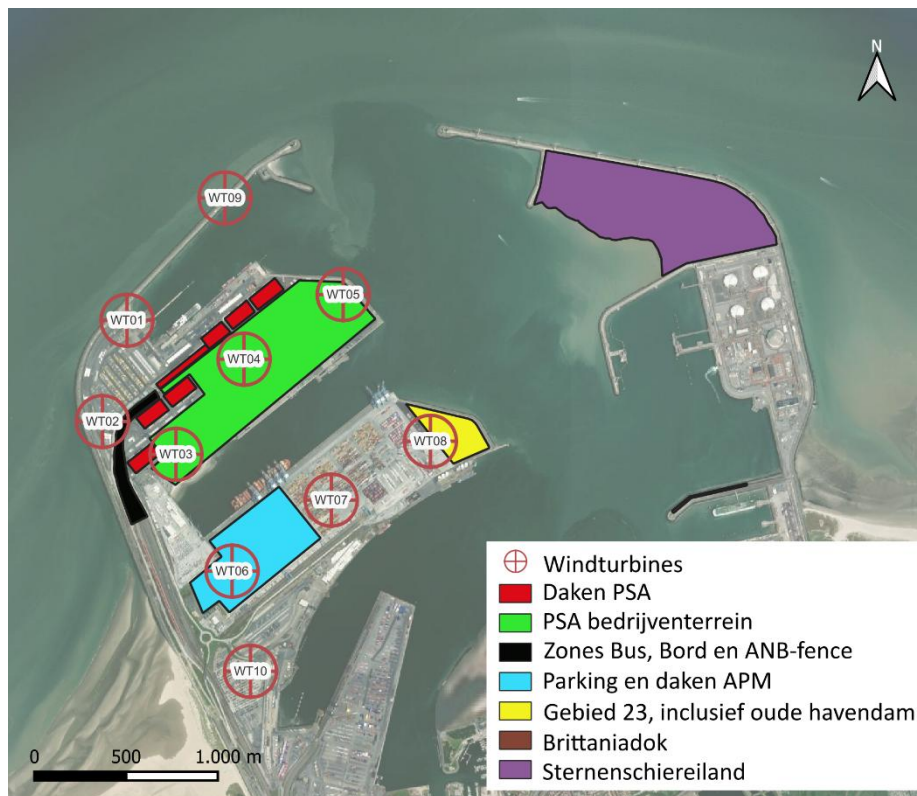
1. INLEIDING

De voorhaven van Zeebrugge heeft een hoge ornithologische waarde en herbergt internationaal belangrijke aantallen van verschillende kustbroedvogels en overwinterende vogels. Het gebied is van nationaal en internationaal belang voor drie sternensoorten die in de voorhaven broeden: dwergstern (*Sternula albifrons*), visdief (*Sterna hirundo*) en grote stern (*Thalasseus sandvicensis*). Voor de instandhouding van het leefgebied van deze soorten werd onder bevoegdheid van het Vlaamse Gewest de Speciale Beschermingszone “SBZ-V Kustbroedvogels te Zeebrugge-Heist” aangeduid. Deze Speciale Beschermingszone omvat zowel de broedgebieden (Sternenschiereiland en Vlaams Natuurreservaat “VNR-Baai van Heist”) als de voorhavendokken, die intensief als foerageergebied worden gebruikt (Figuur 1). Het aansluitende mariene deel van het foerageergebied is onder federale bevoegdheid aangeduid als Speciale Beschermingszone “SBZ-3”. Naast het belang voor sternen is de voorhaven van Zeebrugge ook een belangrijk broedgebied voor grote meeuwen. Ondanks dat het aantal broedparen in de voorhaven na 2013 sterk is afgenomen door een sterke afname van het areaal aan geschikt broedgebied en de aanwezigheid van vossen, broedde er in de periode 2014-2024 nog steeds 10.6-26.0% van de Vlaamse populatie zilvermeeuwen (*Larus argentatus*) en 24.4-74.4% van de Vlaamse populatie kleine mantelmeeuwen (*Larus fuscus*).

De ligging van het Sternenschiereiland en de voornaamste broedgebieden voor kleine mantel- en zilvermeeuwen worden weergegeven in Figuur 2, de overeenkomstige aantallen broedparen in Figuur 3. Daarnaast is het havengebied ook een belangrijk doortrek- en overwinteringsgebied voor tal van andere watervogels zoals verschillende soorten steltlopers en eenden.

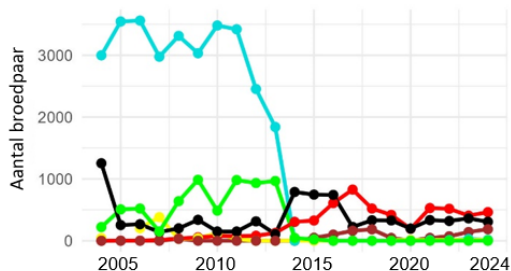


Figuur 1. Speciale beschermingszones voor vogels in en rond de haven van Zeebrugge en locaties van de geplande windturbines.



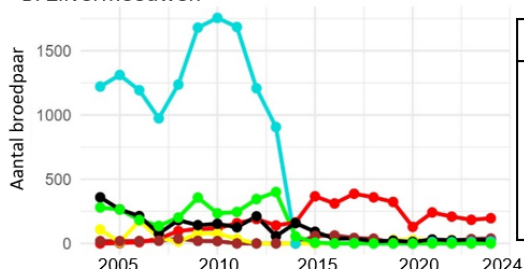
Figuur 2. Broedgebieden van meeuwen en stern in de voorhaven van Zeebrugge en locaties van de geplande windturbines. De belangrijkste broedgebieden voor kleine mantel- en zilvermeeuwen zijn de daken van PSA (rood), zones Bus, Bord en ANB-fence (zwart) en het Brittaniadok in de oostelijke voorhaven (bruin).

A. Kleine mantelmeeuwen



Broedlocaties	Aantallen 2024
Daken PSA	462
PSA bedrijventerrein	0
Zones Bus, Bord en ANB-fence	307
Parking en daken APM	15
Gebied 23 + oude havendam	18
Brittaniadok	186

B. Zilvermeeuwen



Broedlocaties	Aantallen 2024
Daken PSA	196
PSA bedrijventerrein	0
Zones Bus, Bord en ANB-fence	26
Parking en daken APM	15
Gebied 23 + oude havendam	20
Brittaniadok	38

Figuur 3. Evolutie van het aantal broedparen van kleine mantel- en zilvermeeuwen op de verschillende broedlocaties in de voorhaven van Zeebrugge. Het aantal broedparen voor 2024 wordt weergegeven aan de rechterkant.

2. MATERIAAL EN METHODE

2.1 STUDIESOORTEN

De kleine mantelmeeuw (*Larus fuscus*) en de zilvermeeuw (*Larus argentatus*) behoren tot de grote meeuwen en komen beide algemeen voor langs de Noordzeekust. Van nature broeden beide soorten op de grond in open kusthabitats zoals duinen, strandvlakten en schorren. In toenemende mate worden echter ook daken van gebouwen in stedelijke en industriële omgevingen als broedlocatie gebruikt, een verschuiving die onder meer wordt toegeschreven aan habitatverlies door verstedelijking en industriële uitbreiding, evenals aan het vermijden van predatie door vossen. Kleine mantelmeeuwen zijn migranten: veel individuen overwinteren in Zuidwest-Europa of West-Afrika. Zilvermeeuwen zijn vaker standvogel of kortetrek migrant, en overwinteren doorgaans binnen West-Europa. Beide soorten zijn generalistische en opportunistische foerageerders die uiteenlopende voedselbronnen gebruiken, waaronder vis, mariene ongewervelden en terrestrische prooien zoals regenwormen, kleine zoogdieren, vogeleieren en kuikens. Daarnaast maken ook menselijke voedselresten en bijvangst uit de visserij een belangrijk deel van hun dieet uit. Beide soorten broeden in kolonies van enkele tot duizenden broedparen en leggen gewoonlijk twee tot drie eieren per nest. Het broedseizoen start in april, met de eileg meestal rond eind april – begin mei, en loopt doorgaans tot eind juli. Zilvermeeuwen worden echter soms al vanaf januari in de kolonies waargenomen, terwijl kleine mantelmeeuwen meestal vanaf eind maart tot begin april aanwezig zijn op hun broedplaatsen. Zowel zilvermeeuwen als kleine mantelmeeuwen vertonen een sterke mate van broedplaatstrouw: individuen keren vaak jaar na jaar terug naar dezelfde kolonie en zelfs naar dezelfde nestlocatie binnen de kolonie.

Wat betreft hun relatie met windmolens blijkt uit verschillende studies dat zilvertmeeuwen en kleine manteltmeeuwen tot de meest kwetsbare soorten behoren. Hun gevoeligheid komt tot uiting in zowel verhoogde aanvaringsrisico's als mogelijke verstoringseffecten. Verschillende studies tonen aan dat zilvertmeeuwen en kleine manteltmeeuwen tot de soorten behoren met het hoogste risico op aanvaringen, zowel op zee (Johnston et al., 2023; Furness et al., 2013; Ross-Smith et al., 2016; Bradbury et al., 2014) als aan land (Everaert, 2014; Balotari-Chiebao et al., 2021; Thaxter et al., 2019). Als mogelijke reden hiervoor wordt verwezen naar hun relatief grote vlieghoogte, waardoor ze zicht tijdens hun vlucht relatief vaker dan andere soorten binnen het bereik van de rotorbladen bevinden. Tegelijk vertonen meeuwen doorgaans weinig uitgesproken vermijdingsgedrag ten opzichte van windturbines, wat hun risico op aanvaringen verder verhoogt (Dierschke et al., 2016; Cook et al., 2014; Vanermen et al., 2019, Everaert, 2014). Echter, de vlieghoogte, vliegsnelheid en vlieggedrag – en bijgevolg ook het aanvaringsrisico – zijn sterk afhankelijk van de locatie, het landschapstype en de gedragscontext (Ross-Smith et al., 2016). Zo vliegen meeuwen doorgaans hoger over zee dan over land, en hoger en sneller tijdens migratievluchten dan tijdens het foerageren. Het is daarom cruciaal om deze soort- en locatiespecifieke parameters per projectgebied te bepalen zodat het aanvaringsrisico accuraat kan worden ingeschat.

Naast aanvaringen spelen ook verstoringseffecten een rol. Hoewel meeuwen minder uitgesproken mijdingsgedrag vertonen dan veel andere zeevogels, zijn er aanwijzingen voor zowel mesovermijding (het mijden van bepaalde delen van een windpark of afzonderlijke turbines) als microvermijding (waarbij er pas op het laatste moment wordt uitgeweken voor de rotorbladen) (Cook et al, 2018; Furness et al., 2019; Vanermen et al., 2019). Hun hoge mate van plaatstrouw en het gebruik van voorspelbare vliegroutes tussen broed- en foerageergebieden

2.2 GPS-GEGEVENS

Tabel 1. Aantal kleine mantel- en zilvermeeuwen waarvan GPS-gegevens beschikbaar zijn per jaar in de periode 2013-2023.

<i>Jaar</i>	<i>Kleine mantelmeeuwen</i>	<i>Zilvermeeuwen</i>
2013	22	-
2014	34	-
2015	34	-
2016	38	-
2017	29	10
2018	21	10
2019	8	6
2020	4	5
2021	7	2
2022	22	1
2023	29	0

2.3 DATAVERWERKING

Om de vliegrichtingen van en naar het havengebied van Zeebrugge in kaart te brengen, werd eerst een selectie gemaakt van GPS-logs binnen een straal van 50 km rond de voorhaven. Vervolgens werden alle logs met een temporele resolutie lager dan 30 minuten weggelaten, en werden de overblijvende gegevens herschaald naar een resolutie van 20 minuten. Op deze manier werd een gebalanceerde dataset samengesteld, waarbij elke meting even zwaar doorwoog en temporele correlatie tussen opeenvolgende metingen werd vermeden (Shamoun-Baranes et al., 2017; Vanermen et al., 2019). Vervolgens werden alleen opeenvolgende logs overgehouden waarvan de eerste log zich binnen het voorhavengebied bevond en de tweede

log zich buiten het voorhavengebied bevond (of omgekeerd), om alleen de trajecten van- en naar de voorhaven over te houden. Dit resulteerde in een dataset met 75998 vliegtrajecten van in totaal 133 kleine mantel- en zilvermeeuwen over een periode van 10 jaar.

Het aantal vliegbewegingen van en naar het nest neemt geleidelijk toe naarmate de eileg nadert. De vliegactiviteit bereikt een piek zodra de kuikens uit het ei komen en regelmatig gevoerd moeten worden. Na het uitvliegen van de kuikens neemt de vliegfrequentie opnieuw af. Buiten het broedseizoen – dus vóór de eileg en na het uitvliegen van de kuikens – betreft het voornamelijk verplaatsingen van en naar diverse rustplaatsen binnen de voorhaven. Het gaat dan bijvoorbeeld om het Sternenschiereiland, diverse parkings en de westelijke strekdam. Ook net buiten de voorhaven, grenzend aan de westelijke strekdam, bevindt zich een belangrijk rustgebied dat vooral in de periode direct na het broedseizoen (augustus en september) intensief wordt gebruikt. Omdat zowel de frequentie als de richting van deze vliegbewegingen aanzienlijk kunnen variëren doorheen het jaar, werd de dataset opgesplitst in vier perioden:

1. Pre-eifase: begin januari tot half mei
2. Eifase: half mei tot half juni
3. Kuikenfase: half juni tot eind juni
4. Post-kuikenfase: begin augustus tot eind december

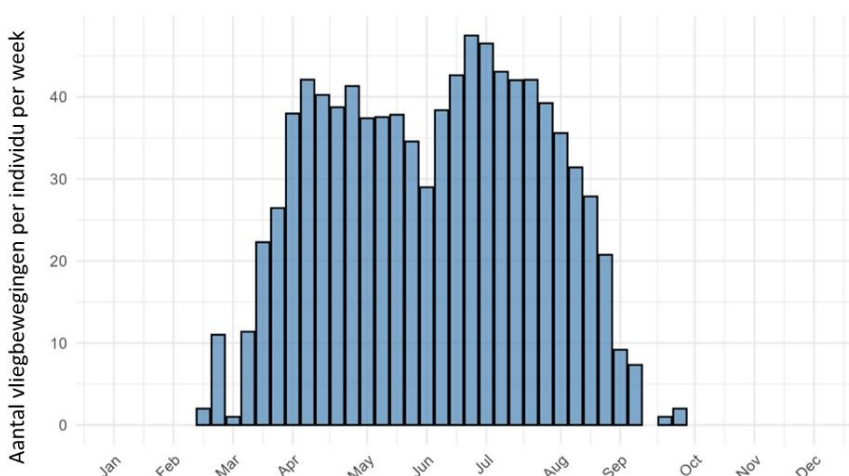
Voor elke periode werden de geregistreerde trajecten verder opgedeeld in inkomende en uitgaande vluchten. Om vervolgens de ruimtelijke verdeling van de vliegbewegingen binnen de voorhaven te analyseren, werd ervoor gekozen om te werken met algemene vliegrichtingen eerder dan de individuele trajecten op kaart uit te zetten. De exacte locatie van de individuele trajecten wordt immers zeer sterk bepaald door welke individuen er juist gezenderd zijn, terwijl we er vanuit kunnen gaan dat de algemene vliegrichtingen wel grotendeels gelijk zijn voor alle meeuwen. Wanneer de meeuwen bijvoorbeeld op zee gaan foerageren om voedsel te verzamelen voor hun kuikens, gebeurt dit meestal in noordwestelijke richting. De precieze route waarlangs ze het havengebied overvliegen, wordt in dat geval grotendeels bepaald door hun nestlocatie. Meeuwen die broeden in de westelijke voorhaven zullen dan eerder over de westelijke strekdam vliegen, terwijl meeuwen met een nest in de oostelijke voorhaven (bijvoorbeeld aan het Brittaniadok) eerder via de vaargeul vertrekken wanneer ze dezelfde noordwestelijke koers aanhouden.

Voor elk van de bovengenoemde perioden werd een staafdiagram gemaakt, weergegeven in een windroos, waarbij de lengte van de staaf de relatieve frequentie van een bepaalde vliegrichting aangeeft. De frequentie werd bepaald als het aantal vliegbewegingen per meeuwdag. Het totaal aantal meeuwdagen per periode werd berekend als het aantal dagen waarbinnen een individu minstens één traject van of naar de voorhaven aflegde, opgeteld voor alle meeuwen. Om een indicatie te bekomen van de ruimtelijke verdeling van het vliegverkeer binnen het havengebied tijdens de broedperiode (eifase en kuikenfase), werden de windroosdiagrammen gekoppeld aan de gekende broedlocaties. Door de frequenties van de verschillende vliegrichtingen per locatie te vermenigvuldigen met het totaal aantal broedende vogels (gezenderd en ongezonderd) per locatie van 2024, werden vervolgens kaartbeelden gegenereerd die een relatieve indicatie geven van de zones in de voorhaven waar de meeuwen meer of minder frequent overvliegen. Buiten de broedperiode, wanneer de voorhaven voornamelijk gebruikt wordt als rust- en overwinteringsgebied, is er weinig geweten over de verspreiding en de aantallen van de meeuwen, en werden bijgevolg alleen de algemene vliegrichtingen gegeven. Alle analyses werden uitgevoerd in R v.4.2.2. (R Core Team, 2024).

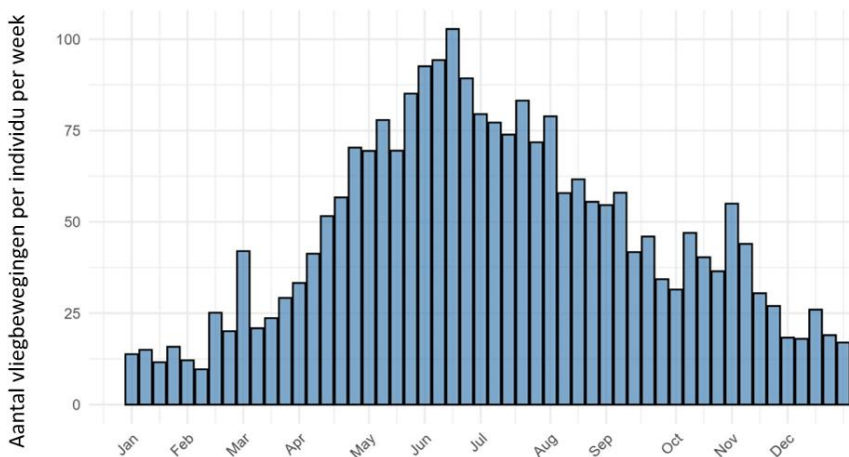
3. RESULTATEN

In totaal werden 75998 vliegbewegingen van of naar het voorhavengebied gefilterd uit de GPS-dataset. Hiervan waren 57731 trajecten afkomstig van kleine mantelmeeuwen en 18267 van zilvermeeuwen. Voor beide soorten piekte het aantal vliegbewegingen in het broedseizoen en tijdens de zomermaanden (Figuur 4). Terwijl gezenderde kleine mantelmeeuwen afwezig waren in november, december en januari, werden er voor de zilvermeeuwen wel nog trajecten geregistreerd in deze periode, zij het met een aanzienlijk lagere frequentie.

A. Kleine mantelmeeuwen



B. Zilvermeeuwen

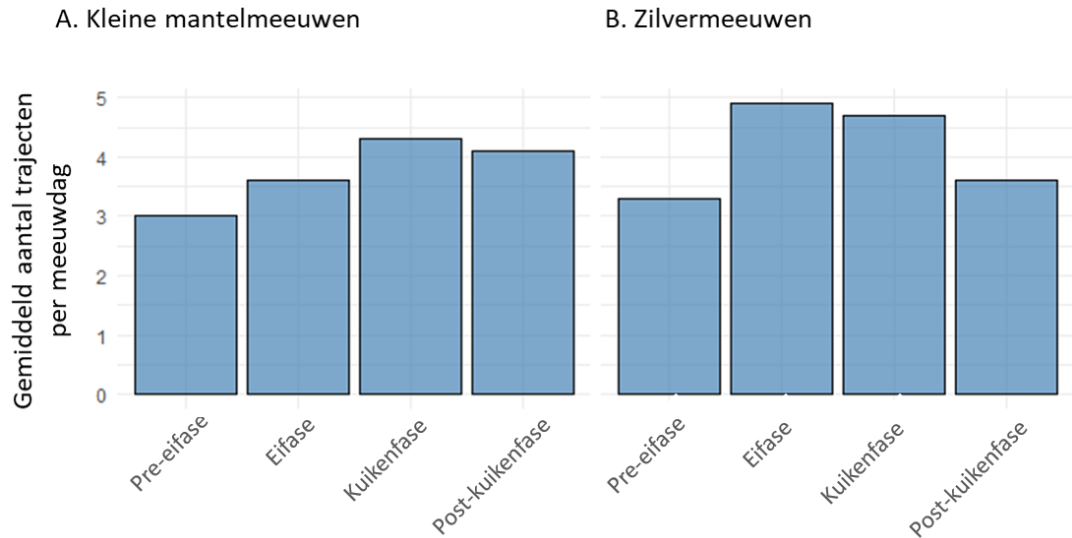


Figuur 4. Aantal vliegbewegingen van en naar het voorhavengebied per meeuw per week voor kleine mantelmeeuwen (A) en zilvermeeuwen (B).

Ook het aantal trajecten per meewdag — gedefinieerd als het gemiddeld aantal vliegbewegingen per dag waarop een individu minstens één traject van of naar de voorhaven aflegde — was het hoogst tijdens het broedseizoen. Kleine mantelmeeuwen registreerden gemiddeld 3,6 trajecten per meewdag tijdens de eifase en 4,3 tijdens de kuikenfase (Figuur 5). Bij zilvermeeuwen lag dit gemiddelde op respectievelijk 4,9 en 4,7 trajecten per meewdag. In

////////////////////////////////////

de periode voorafgaand aan de eileg (januari tot half mei) bedroeg het gemiddelde 3,0 trajecten voor kleine mantelmeeuwen en 3,3 voor zilvermeeuwen. Na het uitvliegen van de kuikens was dit 4,1 trajecten per meeuwdag voor kleine mantelmeeuwen en 3,6 voor zilvermeeuwen.

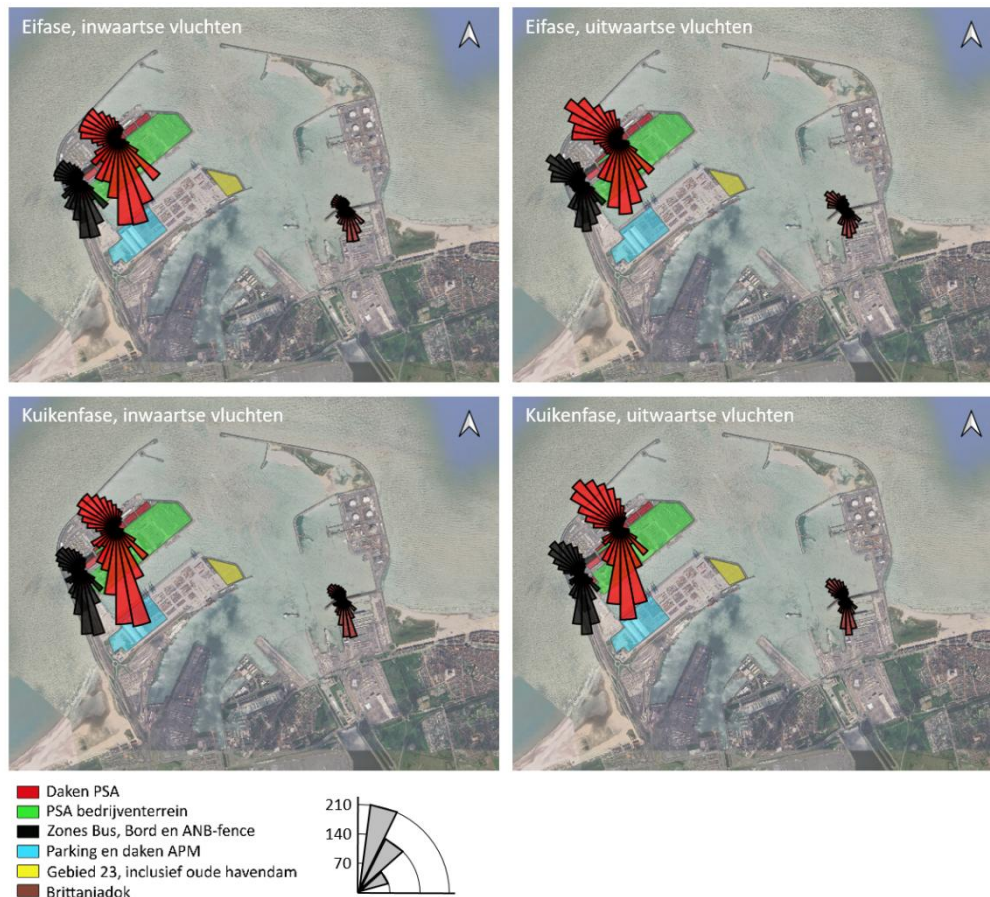


Figuur 5. Gemiddeld aantal trajecten van of naar de voorhaven per meeuwdag voor kleine mantelmeeuwen (A) en zilvermeeuwen (B).

3.1 Vliegrichtingen kleine mantelmeeuwen

Zowel bij het in- als uitvliegen van het voorhavengebied vertonen kleine mantelmeeuwen een uitgesproken voorkeur voor richtingen tussen ZZO en NW (Figuur 6). De windroosdiagrammen tonen echter aan dat deze richtingen niet symmetrisch worden gebruikt: meeuwen verlaten het havengebied relatief vaker in noordwestelijke richting dan dat ze daarvandaan terugkeren. Omgekeerd komen ze relatief vaker het gebied binnen vanuit het ZZO dan dat ze in die richting vertrekken. Dit patroon suggereert dat meeuwen net iets vaker eerst foerageren op zee (richting NW), daarna uitrusten op land buiten het havengebied, en ten slotte terugkeren naar het havengebied vanuit het ZZO. Deze ruimtelijke gebruikspatronen komen het hele jaar door voor, maar er is wel een seizoensgebonden verschuiving zichtbaar. In het vroege broedseizoen (pre-eifase en eifase) domineren vliegbewegingen in de richting van het ZZO. Naarmate het seizoen vordert (kuikenfase en vooral post-kuikenfase), verschuift deze voorkeur geleidelijk naar het zuiden en zelfs het ZZW. Deze verandering hangt vermoedelijk samen met een ander habitatgebruik buiten de voorhaven — meer agrarisch gebied in de pre-eifase en eifase, en een meer stedelijk landschap wanneer er kuikens zijn — maar mogelijk speelt ook verplaatsingen binnen de voorhaven een rol. Tijdens het broedseizoen leidt een landinwaartse route vanuit de broedkolonies eerder richting ZZO, terwijl later in het jaar — bijvoorbeeld in herfst en winter — landinwaartse verplaatsingen vanuit mogelijke rustplaatsen zoals het sternenschiereiland eerder een ZZW-richting aannemen.

Voor de broedperiode (eifase en kuikenfase), werden de windroosdiagrammen bovenop de gekende broedlocaties ingetekend en vermenigvuldigd met het totaal aantal meeuwen per locatie in het jaar 2024 (Figuur 7). De belangrijkste vliegroutes van kleine mantelmeeuwen van en naar de broedlocaties bevinden zich over de westelijke strekdam en de dokken en bedrijventerreinen van de westelijke voorhaven.

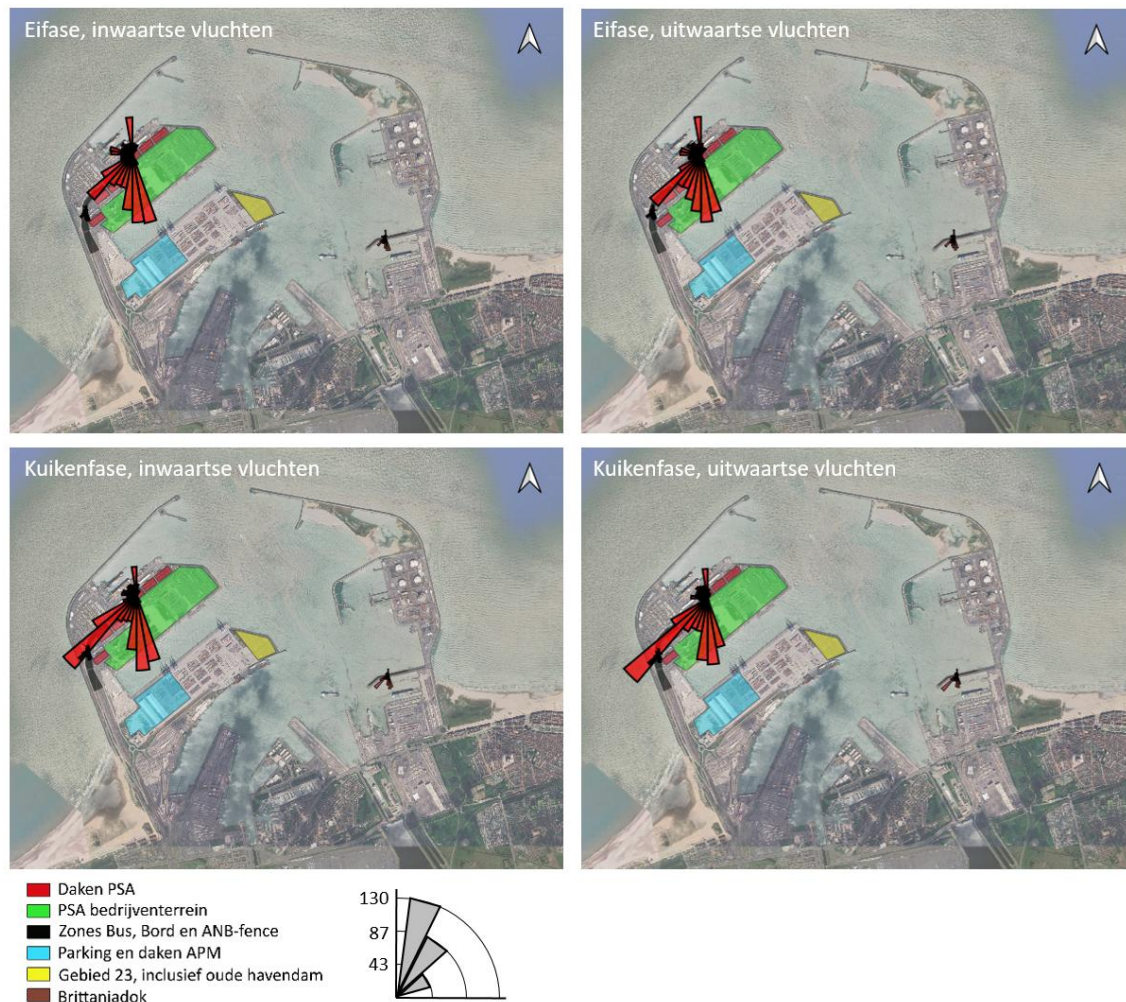


Figuur 7. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten van kleine mantelmeeuwen per dag van en naar de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied. De staafdiagrammen werden opgesteld door het aantal trajecten per meeuwdag, afgelegd in een bepaalde windrichting, te vermenigvuldigen met het totaal aantal meeuwen per broedlocatie (gezenderd en ongezonderd opgeteld). De kleuren van de diagrammen geven de exacte broedlocatie aan. Grotere versies van de kaarten worden weergegeven in Appendix 2-5.

3.2 ZILVERMEEUWEN

Bij zowel het in- als uitvliegen van het voorhavengebied gaan de zilvermeeuwen voornamelijk richting het zuiden (Z) en het zuidwesten (ZW), en in mindere mate ook naar het noorden (Figuur 8). Vanaf de eifase neemt het aantal trajecten richting ZW toe. Deze bewegingen betreffen voornamelijk verplaatsingen van en naar de strandhoofden en andere harde substraten meteen ten westen van Zeebrugge, die frequent worden gebruikt als foerageer- en rustplaats (Figuur A1). Op basis van enkele trajecten met hoge temporele resolutie (logintervallen van 20 seconden) kon een meer gedetailleerde analyse van individuele vliegroutes worden uitgevoerd. Hieruit blijkt dat sommige meeuwen eerst zuidwaarts vliegen en vervolgens de kustlijn volgen richting de strandhoofden. Na de herschaling naar een logfrequentie van 20 minuten, lijkt het echter alsof de meeuwen rechtstreeks in zuidelijke en zuidwestelijke richting vliegen. Tijdens het broedseizoen worden daarnaast een beperkt aantal trajecten in noordelijke richting waargenomen. Hoewel sommige van deze verplaatsingen waarschijnlijk verband houden met foerageeractiviteiten op zee, blijkt uit de data ook dat een aanzienlijk aantal individuen slechts tot net buiten het havengebied vliegt om te rusten op de betonblokken aan de zeezijde van de westelijke strekdam (Figuur A1).

Voor de broedperiode (eifase en kuikenfase), werden de windroosdiagrammen bovenop de gekende broedlocaties ingetekend en vermenigvuldigd met het aantal broedpaar per locatie (Figuur 9). De belangrijkste vliegroutes van zilvermeeuwen van en naar de broedlocaties gaan over de westelijke strekdam, maar meer landinwaarts dan de kleine mantelmeeuwen. Daarnaast wordt er ook veel van en naar het zuiden gevlogen over de dokken en bedrijventerreinen in de westelijke voorhaven.



Figuur 9. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten van zilvermeeuwen per dag van en naar de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied. De staafdiagrammen werden opgesteld door het aantal trajecten per meeuwdag, afgelegd in een bepaalde windrichting, te vermenigvuldigen met het aantal meeuwen per broedlocatie. De kleuren van de diagrammen geven de exacte broedlocatie aan. Grotere versies van de kaarten worden weergegeven in Appendix 6-9.

4. DISCUSSIE

Onze resultaten tonen aan dat kleine mantelmeeuwen en zilvermeeuwen intensief gebruik maken van de zones in de westelijke voorhaven waar de nieuwe windturbines zijn ingepland. Beide soorten vertonen seizoensgebonden patronen in activiteit, met het hoogste aantal vliegbewegingen tijdens het broedseizoen en de zomermaanden. Kleine mantelmeeuwen vliegen vooral van of naar ZZO en NW, terwijl zilvermeeuwen vaker Z en ZW aanhouden. Deze vliegrichtingen impliceren duidelijke ruimtelijke patronen binnen het havengebied tijdens het broedseizoen: kleine mantelmeeuwen vliegen daarbij vaak over de westelijke strekdam en de dokken en bedrijventerreinen van de westelijke voorhaven. Zilvermeeuwen volgen vergelijkbare routes, maar vliegen de westelijke strekdam doorgaans meer aan de zuidelijke zijde over. De koppeling van windroosdiagrammen aan broedlocaties toont bovendien dat de intensiteit van vliegbewegingen varieert binnen de voorhaven, afhankelijk van het aantal broedpaar per locatie.

Hoewel deze analyse waardevolle inzichten oplevert in het seizoensgebonden gebruik en de algemene vliegrichtingen van kleine mantelmeeuwen en zilverbmeeuwen in de voorhaven van Zeebrugge, zijn er enkele belangrijke beperkingen. De beschikbare GPS-data hebben een relatief lage temporele resolutie, met gemiddeld één meting per acht minuten. Dit is onvoldoende om exacte vliegroutes of vlieghoogtes binnen de voorhaven te reconstrueren. Voor een gedetailleerde analyse van de densiteit en hoogte van vliegbewegingen binnen de voorhaven op kleine schaal (bijvoorbeeld in raster van 100 × 100 meter) zou bijkomende data met een logfrequentie van enkele seconden vereist zijn. Door de lage resolutie van onze huidige dataset blijven korte, lokale verplaatsingen en fijnmazige ruimtelijke patronen onder de radar. Nochtans zijn net deze bewegingen cruciaal om het aanvaringsrisico en de mogelijke verstoringseffecten van windturbines correct te kunnen inschatten. In dit opzicht kunnen gerichte terreinwaarnemingen en tellingen waardevolle aanvullende informatie verschaffen over het vlieggedrag en de vlieghoogtes van meeuwen in de directe omgeving van de geplande windturbines.

Daarnaast ontbreekt er buiten het broedseizoen gedetailleerde informatie over zowel de aantallen meeuwen die zich in de voorhaven ophouden als over hun exacte ruimtelijke spreiding. Dit vormt een belangrijke beperking voor de interpretatie en extrapolatie van de GPS-gegevens in deze periode. Zo suggereren de beschikbare data dat er tijdens de wintermaanden nauwelijks zilvermeeuwen in de voorhaven aanwezig zijn. Dit beeld is echter vertekend: de gezenderde individuen, allen afkomstig uit de broedkolonies in Zeebrugge, migreren zuidwaarts in de winter, maar tegelijkertijd vindt er een instroom plaats van zilvermeeuwen uit noordelijker gelegen kolonies waarvoor de voorhaven een belangrijk overwinteringsgebied vormt. Naast deze soorten overzomeren en overwinteren er veel jonge grote mantelmeeuwen afkomstig uit Noorwegen en Duitsland (blijkens aflezingsen van geringde individuen) in de voorhaven. De kennis over individuen die vanuit andere gebieden naar Zeebrugge komen is echter zeer beperkt.

Naast seizoenale patronen zijn er nog tal van andere factoren die een invloed hebben op de vliegbewegingen van meeuwen, maar waarvan ook niet exact geweten is hoe ze het vlieggedrag van de meeuwen in de voorhavens beïnvloeden. Het gaat dan bijvoorbeeld over individuele variatie in voedselvoorkeur, alsook omgevingsinvloeden zoals dag-nachtritmië, weersomstandigheden en getij. Deze parameters kunnen een belangrijke rol spelen in de timing,

Tot slot moet worden benadrukt dat deze studie zich specifiek richt op het in kaart brengen van vliegrichtingen van kleine mantelmeeuwen en zilvermeeuwen. Hoewel deze informatie essentieel is voor het inschatten van het aanvaringsrisico met windturbines, beslaat ze slechts één aspect van de bredere ecologische impact. Informatie voor de analyse van andere relevante effecten, zoals verstoring en functioneel habitatverlies, vallen buiten het bestek van deze analyse. Daarnaast beperkt deze studie zich tot twee soorten, terwijl het voorhavengebied van Zeebrugge ook voor andere vogelsoorten van groot belang is als broed-, foerageer- of rustgebied. Er broeden bijvoorbeeld ook internationaal significante aantallen grote stern en visdieven in de voorhaven, maar hun foerageergedrag en vliegroutes binnen en buiten het havengebied blijven nagenoeg onbekend. Recente systematische gegevens over vliegbewegingen van stern binnen het havengebied ontbreken, op enkele losse waarnemingen na. Wel toonde een masterscriptie uit 2005 aan dat grote stern en visdieven die broeden op het Sterneneiland de kolonie hoofdzakelijk in westelijke richting verlaten, wat suggereert dat een aanzienlijk deel over de westelijke strekdam vliegt richting hun foerageergebieden op zee (Alvarez del Villar D'Onofrio et al., 2005). Ook in 2025 werden op bepaalde dagen veel passages van grote stern over de westdam waargenomen (eigen observaties), afhankelijk van de windrichting ook op rotorhoogte. Stern behoren, samen met meeuwen en roofvogels, tot de soortgroepen met het hoogste risico op aanvaringen met windturbines (Balotari-Chiebao et al., 2021). Bovendien hebben stern ook een lange generatieduur, een lage reproductiesnelheid en een sterke habitatvoorkeur wat betreft foerageer- en broedplaatsen. Verhoogde mortaliteit en verstoring door windmolens in de nabijheid van kolonies of foerageergebieden kan daardoor resulteren in een lager reproductiesucces, met op termijn negatieve effecten op populatieniveau (Balotari-Chiebao et al., 2021; Marques et al., 2021; Van Bemmelen et al., 2023). Gerichte kennisopbouw over het vlieggedrag en de verstoringsgevoeligheid van stern is daarom van groot belang voor een integrale impactanalyse.

Referenties

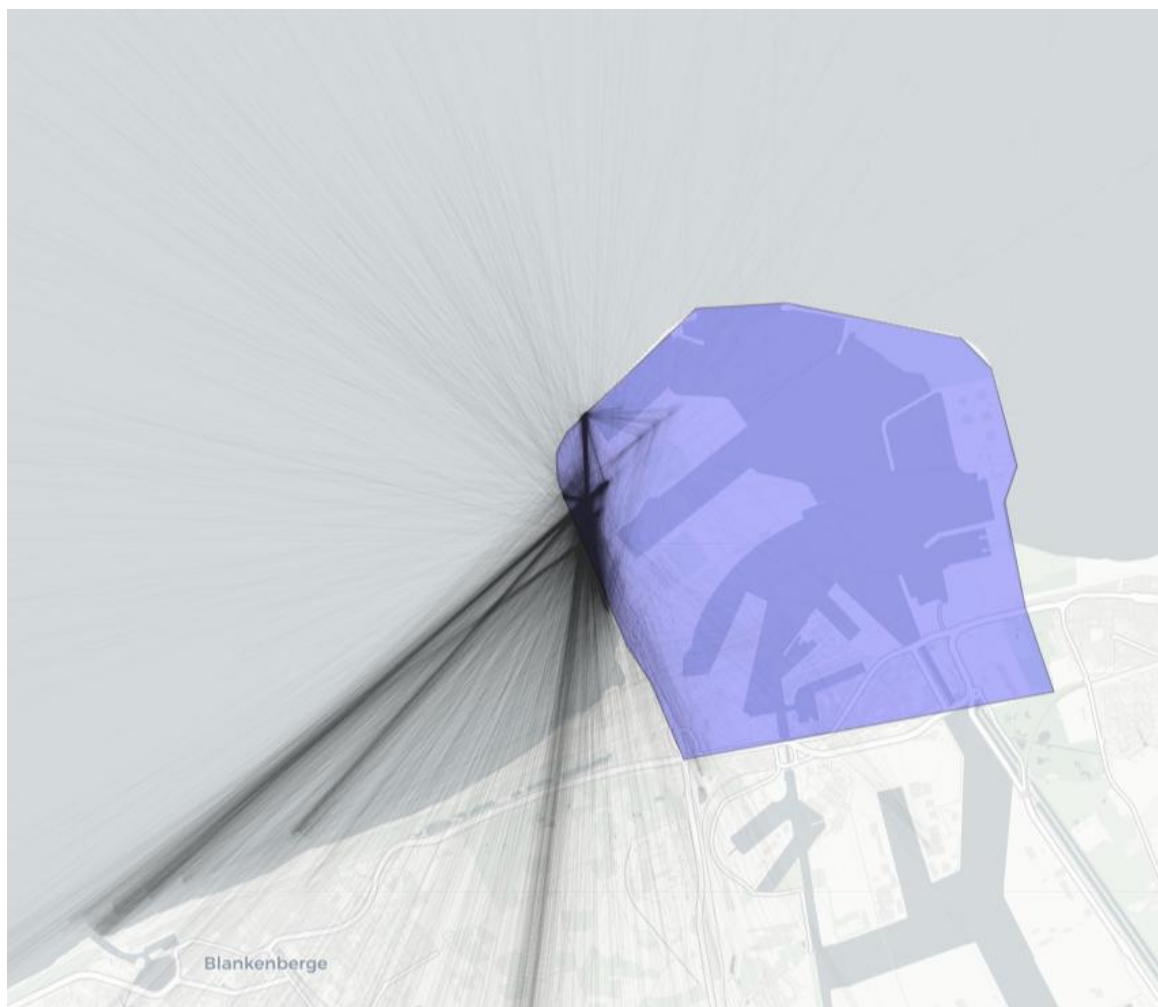
- Balotari-Chiebao, F., Valkama, J., & Byholm, P. (2021). Assessing the vulnerability of breeding bird populations to onshore wind-energy developments in Finland. *Ornis Fennica*, 98, 59–73. <http://atlas3.lintuatlas.fi/>
- Alvarez del Villar D'Onofrio, A. M. (2005). Foraging areas for Sandwich and common terns in Belgian marine waters. Masterscriptie. Vrije Universiteit Brussel
- Bradbury, G., Trinder, M., Furness, B., Banks, A. N., Caldow, R. W. G., & Hume, D. (2014). Mapping Seabird Sensitivity to offshore wind farms. *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106366>
- Cook, A. S. C. P., Humphreys, E. M., Bennet, F., Masden, E. A., & Burton, N. H. K. (2018). Quantifying avian avoidance of offshore wind turbines: Current evidence and key knowledge gaps. *Marine Environmental Research*, 140, 278-288. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.06.017>
- Dierschke, V., Furness, R. W., & Garthe, S. (2016). Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. *Biological Conservation*, 202, 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.016>
- Estellés-Domingo, I. & López-López, P. (2024). Effects of wind farms on raptors: A systematic review of the current knowledge and the potential solutions to mitigate negative impacts. *Animal Conservation*. <https://doi.org/10.1111/acv.12988>
- Everaert, J. (2014). Collision risk and micro-avoidance rates of birds with wind turbines in Flanders. *Bird Study*, 61(2), 220–230. <https://doi.org/10.1080/00063657.2014.894492>
- Everaert, J., & Stienen, E. W. M. (2007). Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium): Significant effect on breeding tern colony due to collisions. *Biodiversity and Conservation*, 16(12), 3345–3359. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9082-1>
- Furness, R. W., Wade, H. M., & Masden, E. A. (2013). Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of Environmental Management*, 119, 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.01.025>
- Furness, R.W. (2019). Avoidance rates of herring gull, great black-backed gull and common gull for use in the assessment of terrestrial wind farms in Scotland. Scottish Natural Heritage Research Report No. 1019.
- Johnston, D. T., Thaxter, C. B., Boersch-Supan, P. H., Davies, J. G., Clewley, G. D., Green, R. M. W., Shamoun-Baranes, J., Cook, A. S. C. P., Burton, N. H. K., & Humphreys, E. M. (2023). Flight heights obtained from GPS versus altimeters influence estimates of collision risk with offshore wind turbines in Lesser Black-backed Gulls *Larus fuscus*. *Movement Ecology*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40462-023-00431-z>
- Lentini, P.E., Lumsden, L.F. & van Harten E.M. (2025). Assessment, mitigation and monitoring of onshore wind turbine collision impacts on wildlife: A systematic review of the international peer-reviewed literature, and its relevance to the Victorian context. Arthur Rylah Institute for Environmental Research. Technical Report Series No. 389. Department of Energy, Environment and Climate Action, Heidelberg, Victoria.
- Marques, A.T., Batalha, H., Rodrigues, S., Costa, H., Pereira, M.J.R., Fonseca, C., Mascarenhas, M. & Bernardino, J. (2014). Understanding bird collisions at wind farms: an updated

review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179, 40-52. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.08.017>

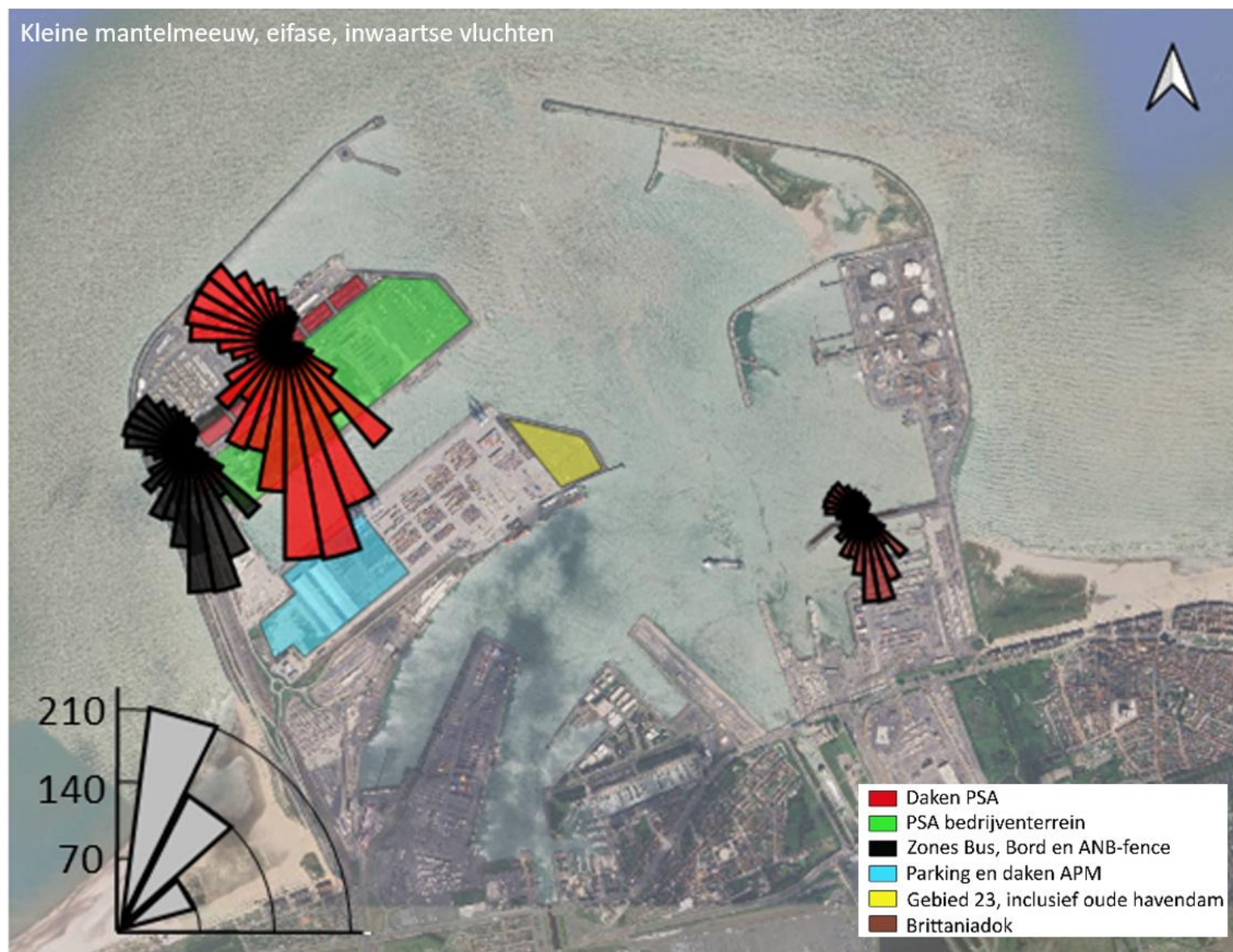
- Marques, A. T., Batalha, H., & Bernardino, J. (2021). Bird Displacement by Wind Turbines: Assessing Current Knowledge and Recommendations for Future Studies. *Birds*, 2(4), 460–475. <https://doi.org/10.3390/birds2040034>
- Masden, E. A., & Cook, A. S. C. P. (2016). Avian collision risk models for wind energy impact assessments. *Environmental Impact Assessment Review*, 56, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2015.09.001>
- May, R. F. (2015). A unifying framework for the underlying mechanisms of avian avoidance of wind turbines. *Biological Conservation*, 190, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.004>
- R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing (Version 4.2.2). R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ross-Smith, V. H., Thaxter, C. B., Masden, E. A., Shamoun-Baranes, J., Burton, N. H. K., Wright, L. J., Rehfish, M. M., & Johnston, A. (2016). Modelling flight heights of lesser black-backed gulls and great skuas from GPS: a Bayesian approach. *Journal of Applied Ecology*, 53(6), 1676–1685. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12760>
- Shamoun-Baranes, J., Burant, J. B., van Loon, E. E., Bouten, W., & Camphuysen, C. J. (2017). Short distance migrants travel as far as long distance migrants in lesser black-backed gulls *Larus fuscus*. *Journal of Avian Biology*, 48(1), 49–57. <https://doi.org/10.1111/jav.01229>
- Thaker, M., Zambre, A., & Bhosale, H. (2018). Wind farms have cascading impacts on ecosystems across trophic levels. *Nature Ecology and Evolution*, 2(12), 1854–1858. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0707-z>
- Thaxter, C. B., Ross-Smith, V. H., Bouten, W., Clark, N. A., Conway, G. J., Masden, E. A., Clewley, G. D., Barber, L. J., & Burton, N. H. K. (2019). Avian vulnerability to wind farm collision through the year: Insights from lesser black-backed gulls (*Larus fuscus*) tracked from multiple breeding colonies. *Journal of Applied Ecology*, 56(11), 2410–2422. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13488>
- Tolvanen, A., Routavaara, H., Jokikokko, M., & Rana P. (2023). How far are birds, bats, and terrestrial mammals displaced from onshore wind power development? – A systematic review. *Biological Conservation* 288, 110382. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110382>
- Van Bemmelen, R. S. A., Leemans, J. J., Collier, M. P., Green, R. M. W., Middelveld, R. P., Thaxter, C. B., Fijn, R. C. (2023). Avoidance of Offshore Wind Farms by Sandwich Terns Increases with Turbine Density. *Ornithological Applications* 2024, 126 (1). <https://doi.org/10.1093/ornithapp/duad055>.
- Vanermen, N., Courtens, W., Daelemans, R., Lens, L., Müller, W., van de Walle, M., Verstraete, H., & Stienen, E. W. M. (2019). Attracted to the outside: A meso-scale response pattern of lesser black-backed gulls at an offshore wind farm revealed by GPS telemetry. *ICES Journal of Marine Science*, 77(2), 701–710. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz199>

Bijlage

Figuur A1. Voorbeeld van de vliegroutes van zilvermeeuwen van en naar het havengebied tijdens het broedseizoen (ei- en kuikenfase). De zwarte lijnen duiden individuele vliegtrajecten aan.

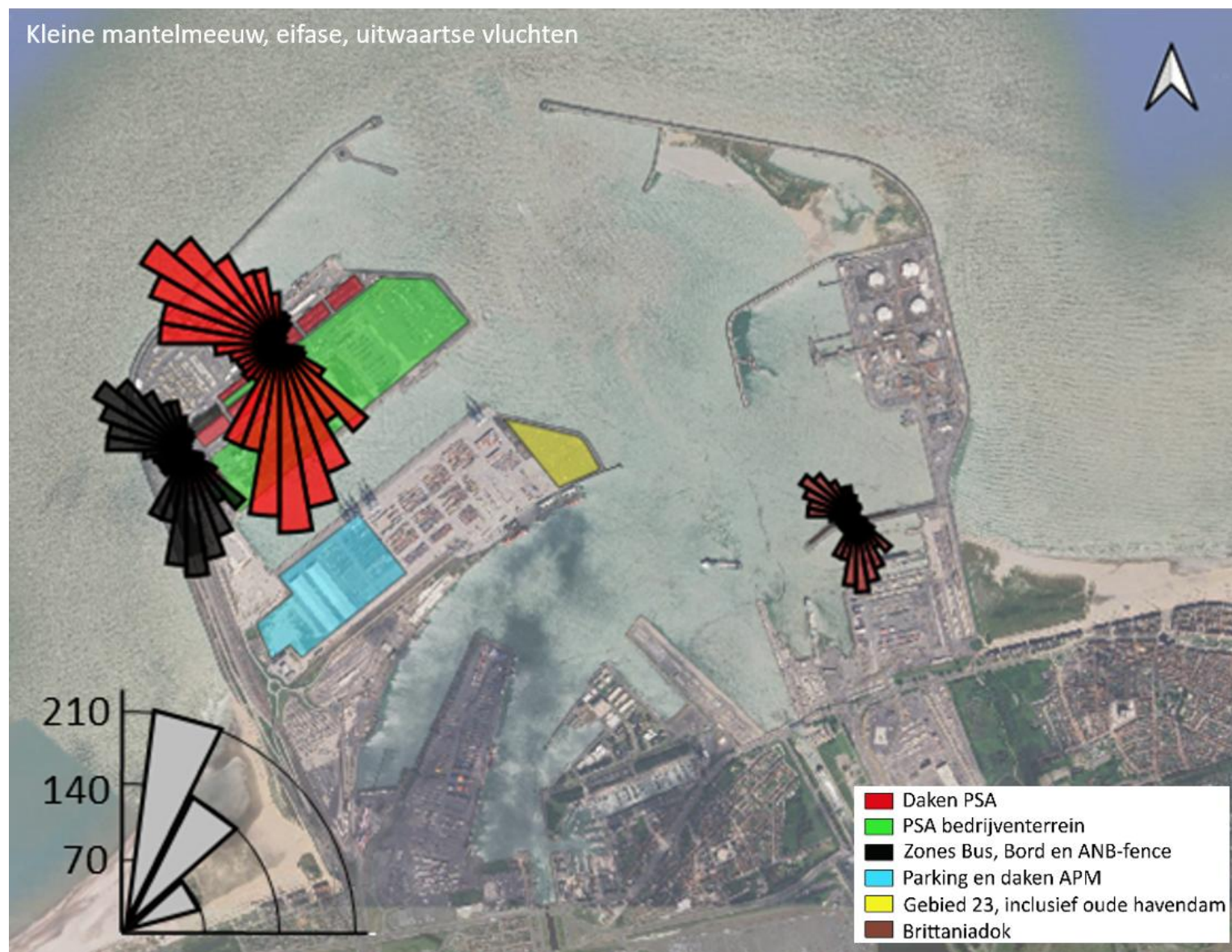


Kleine mantelmeeuw, eifase, inwaartse vluchten

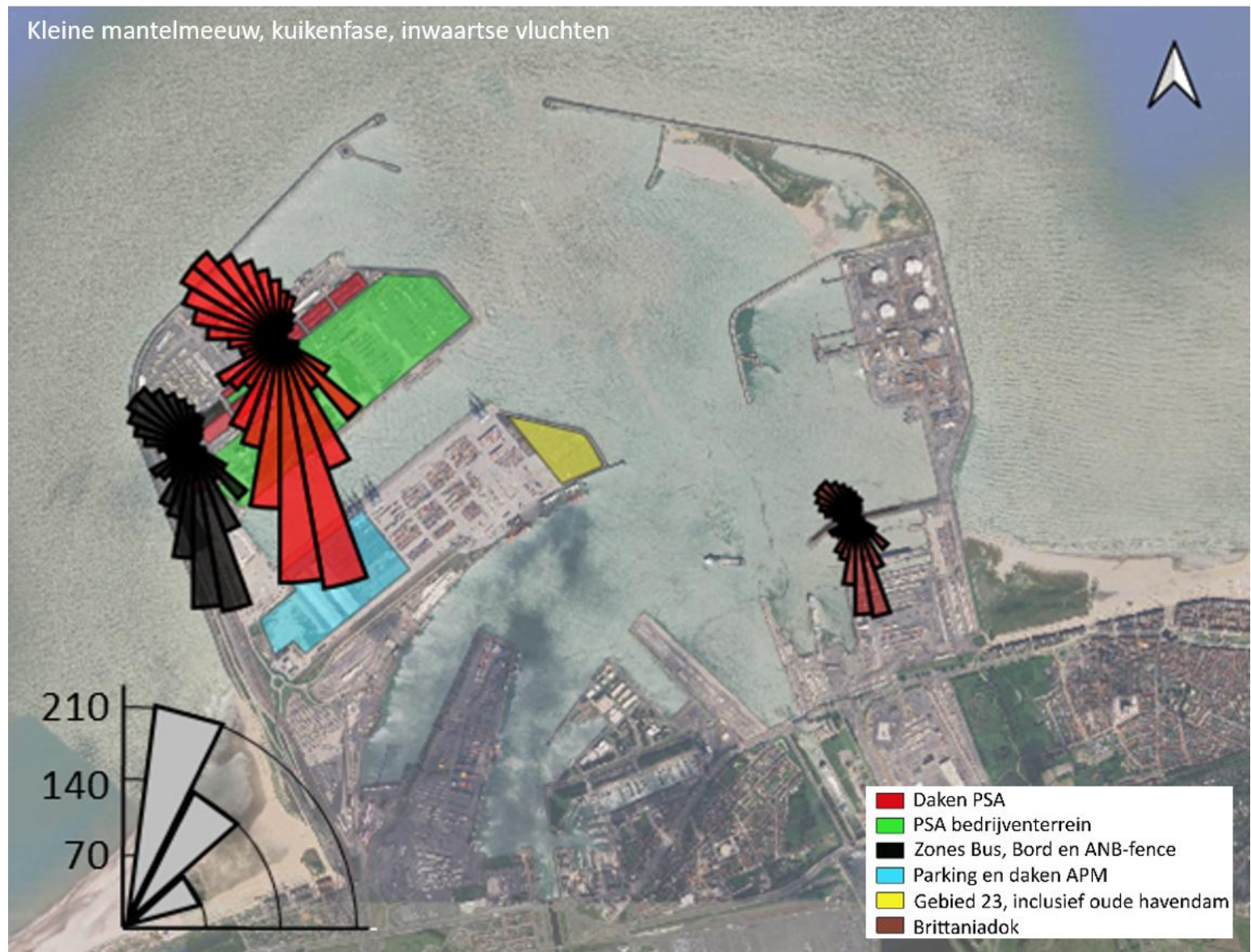


Figuur A2. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten per dag van kleine mantelmeeuwen naar de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied tijdens de eifase.

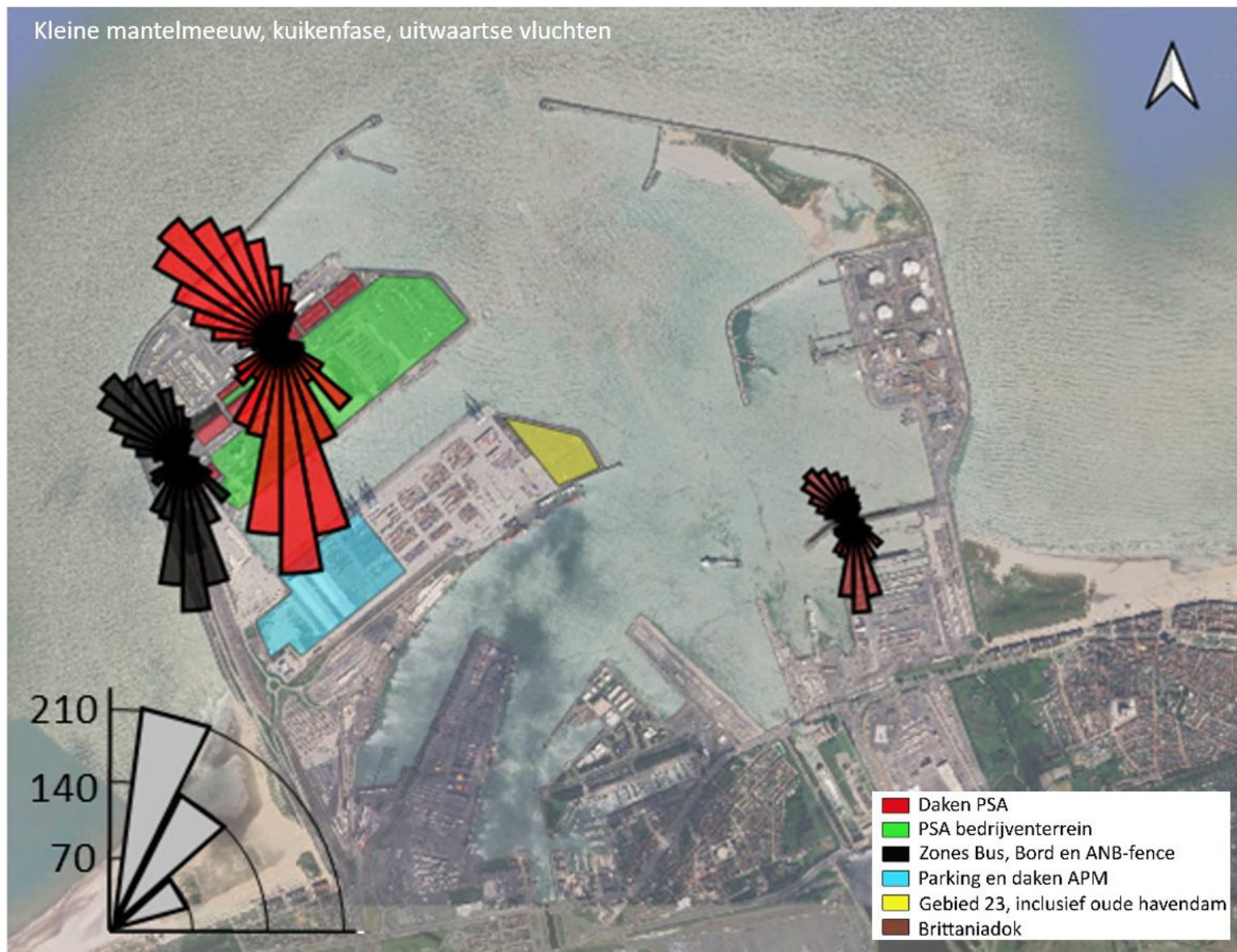
Kleine mantelmeeuw, eifase, uitwaartse vluchten



Figuur A3. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten per dag van kleine mantelmeeuwen vanuit de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied tijdens de eifase.



Figuur A4. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten per dag van kleine mantelmeeuwen naar de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied tijdens de kuikenfase.

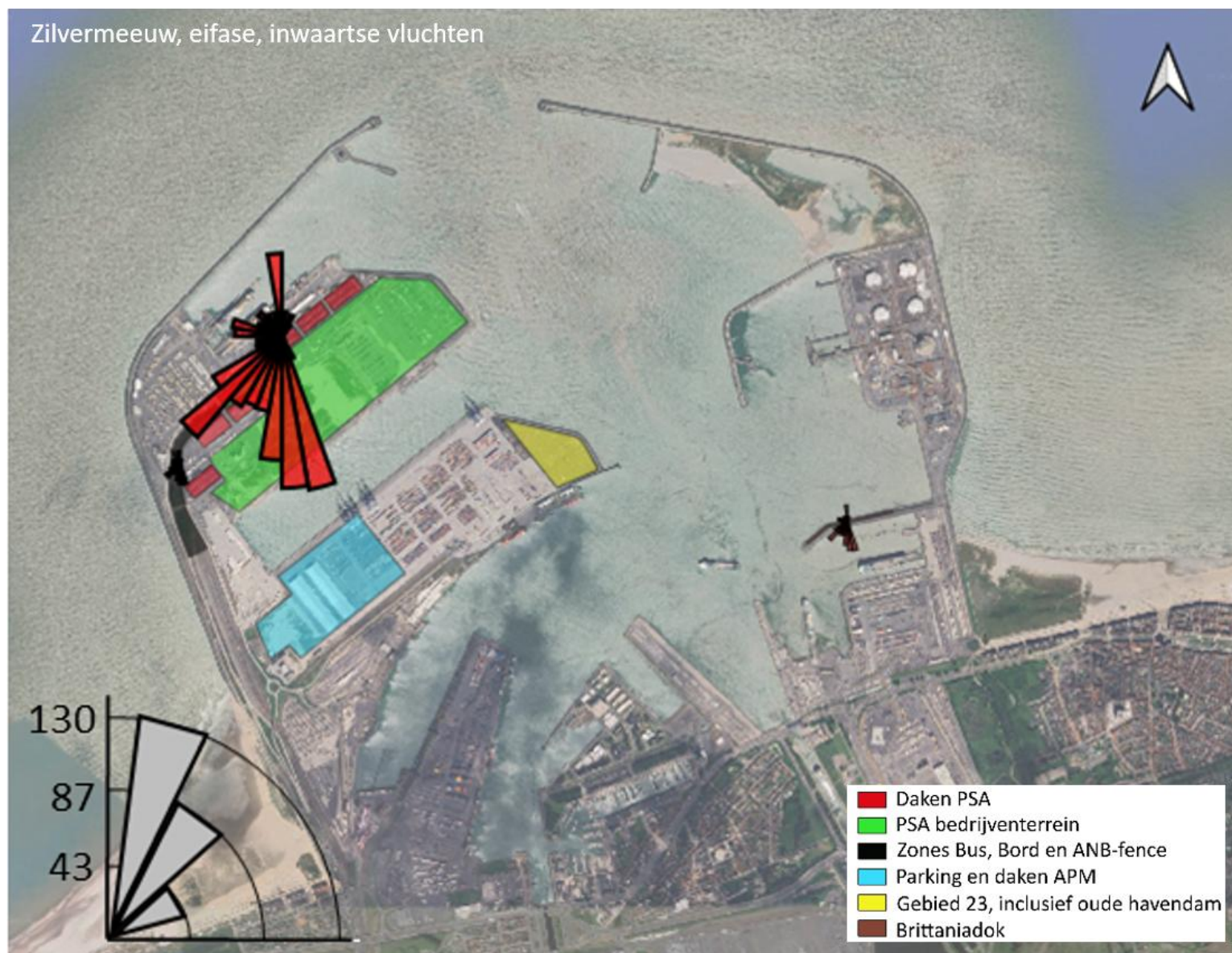


Figuur A5. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten per dag van kleine mantelmeeuwen vanuit de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied tijdens de kuikenfase.

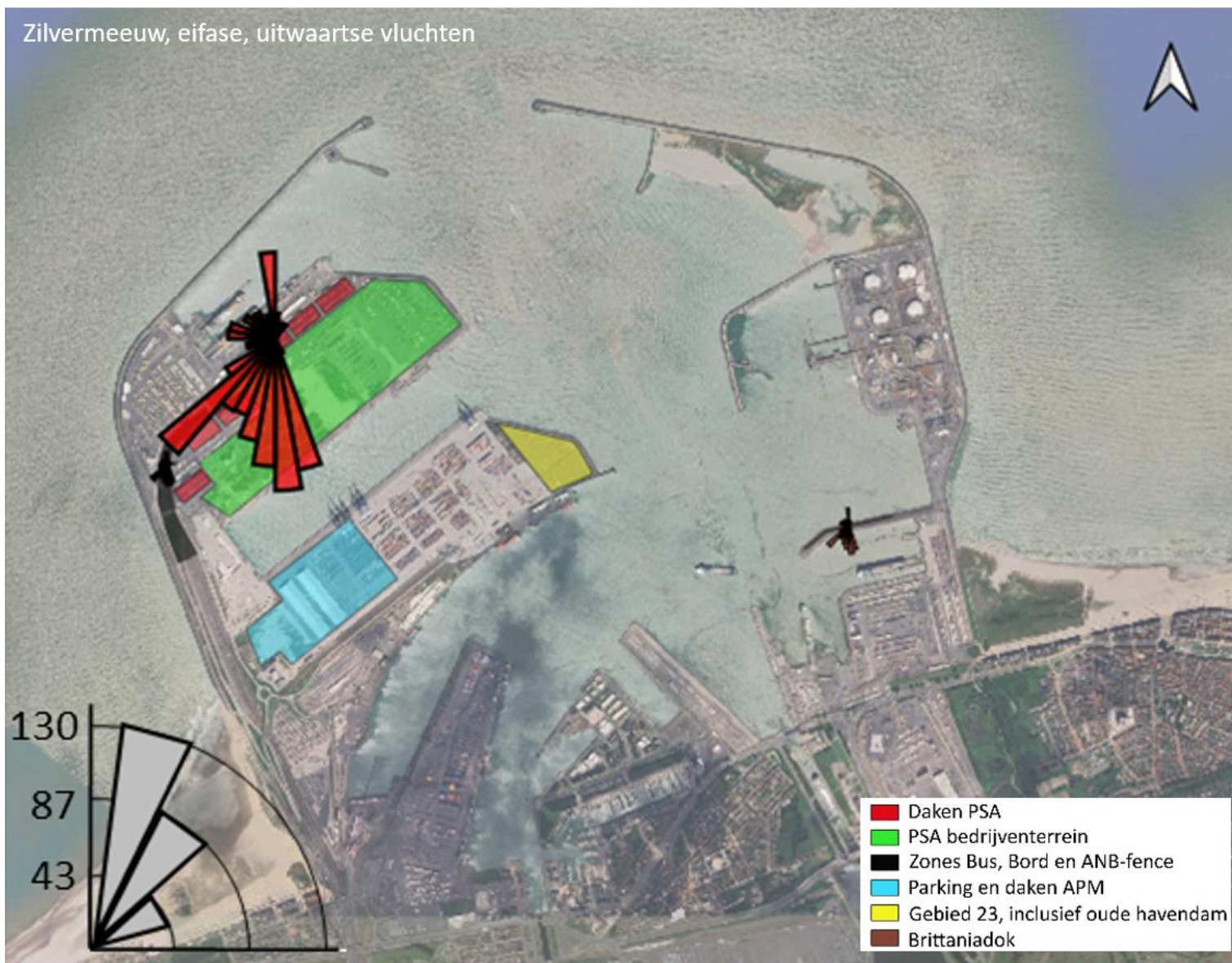
Zilvermeeuw, eifase, inwaartse vluchten



Figuur A6. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten per dag van zilvermeeuwen naar de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied tijdens de eifase.

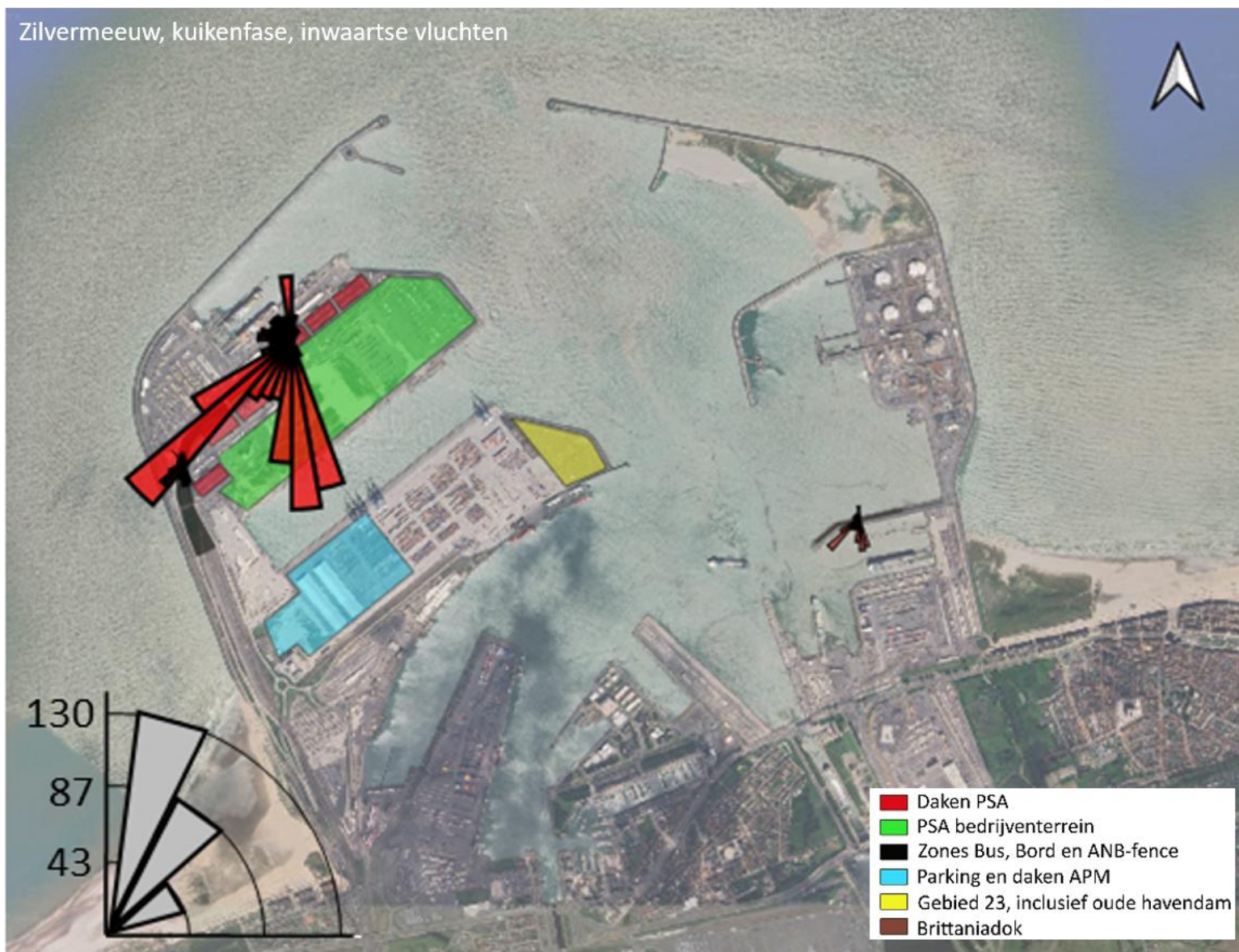


Zilvermeeuw, eifase, uitwaartse vluchten



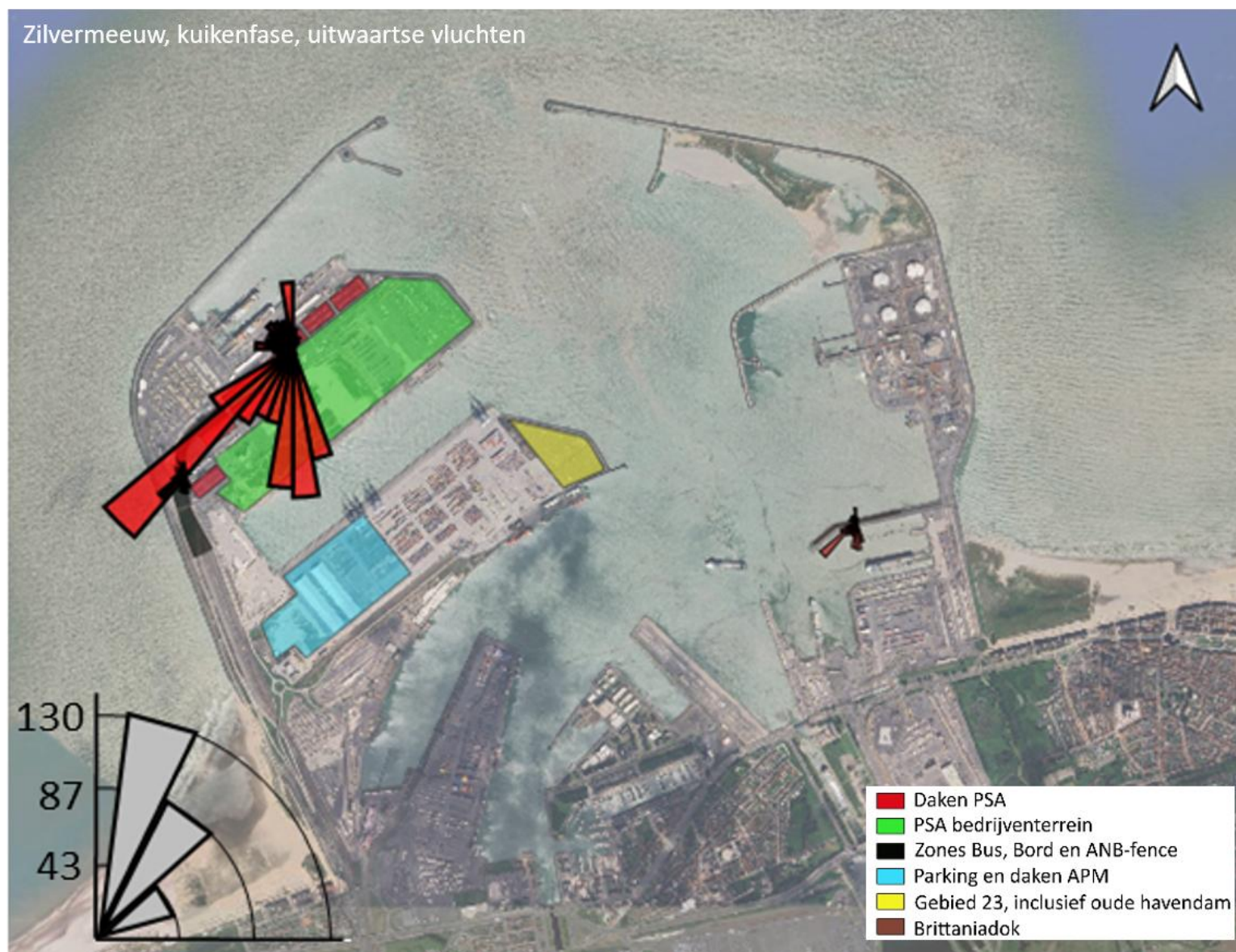
Figuur A7. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten per dag van zilvermeeuwen vanuit de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied tijdens de eifase.

Zilvermeeuw, kuikenfase, inwaartse vluchten



Figuur A8. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten per dag van zilvermeeuwen naar de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied tijdens de kuikenfase.

Zilvermeeuw, kuikenfase, uitwaartse vluchten



Figuur A9. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten per dag van zilvermeeuwen vanuit de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied tijdens de kuikenfase.

Lijst van figuren

Figuur 1. Speciale beschermingszones voor vogels in en rond de haven van Zeebrugge en locaties van de geplande windturbines.

Figuur 2. Broedgebieden van meeuwen en sterns in de voorhaven van Zeebrugge en locaties van de geplande windturbines. De belangrijkste broedgebieden voor kleine mantel- en zilvermeeuwen zijn de daken van PSA (rood), zones Bus, Bord en ANB-fence (zwart) en het Brittaniadok in de oostelijke voorhaven (bruin).

Figuur 3. Evolutie van het aantal broedparen van kleine mantel- en zilvermeeuwen op de verschillende broedlocaties in de voorhaven van Zeebrugge. Het aantal broedparen voor 2024 wordt weergegeven aan de rechterkant.

Figuur 4. Aantal vliegbewegingen van en naar het voorhavengebied per meeuw per week voor kleine mantelmeeuwen (A) en zilvermeeuwen (B).

Figuur 5. Gemiddeld aantal trajecten van of naar de voorhaven per meeuwdag voor kleine mantelmeeuwen (A) en zilvermeeuwen (B).

Figuur 6. Vliegrichtingen van de gezenderde kleine mantelmeeuwen bij het binnen vliegen van de voorhaven (linker kolom) en bij het verlaten van het voorhavengebied (rechter kolom). De staafdiagrammen geven het gemiddelde aantal trajecten weer die per meeuwdag worden afgelegd in een bepaalde windrichting. Voor elk van de perioden (pre-eifase, eifase, kuikenfase en post-kuikenfase) werden aparte diagrammen opgesteld.

Figuur 7. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten van kleine mantelmeeuwen per dag van en naar de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied. De staafdiagrammen werden opgesteld door het aantal trajecten per meeuwdag, afgelegd in een bepaalde windrichting, te vermenigvuldigen met het totaal aantal meeuwen per broedlocatie (gezenderd en ongezonderd opgeteld). De kleuren van de diagrammen geven de exacte broedlocatie aan. Grotere versies van de kaarten worden weergegeven in Appendix 2-5.

Figuur 8. Vliegrichtingen van de gezenderde zilvermeeuwen bij het binnen vliegen van de voorhaven (linker kolom) en bij het verlaten van het voorhavengebied (rechter kolom). De staafdiagrammen geven het gemiddelde aantal trajecten weer die per meeuw per dag worden afgelegd in een bepaalde windrichting. Voor elk van de perioden (pre-eifase, eifase, kuikenfase en post-kuikenfase) werden aparte diagrammen opgesteld.

Figuur 9. Richting en gemiddeld aantal vliegtrajecten van zilvermeeuwen per dag van en naar de voornaamste broedlocaties in het voorhavengebied. De staafdiagrammen werden opgesteld door het aantal trajecten per meeuwdag, afgelegd in een bepaalde windrichting, te vermenigvuldigen met het aantal meeuwen per broedlocatie. De kleuren van de diagrammen geven de exacte broedlocatie aan. Grotere versies van de kaarten worden weergegeven in Appendix 6-9.

Lijst van tabellen

Tabel 1. Aantal kleine mantel- en zilvermeeuwen waarvan GPS-gegevens beschikbaar zijn per jaar in de periode 2013-2023.